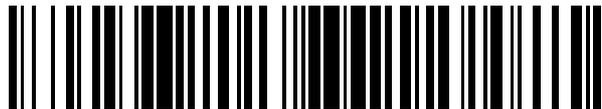


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 575 996**

51 Int. Cl.:

F03D 1/00 (2006.01)

B64C 3/18 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 3/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2010 E 10764015 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2016 EP 2419624**

54 Título: **Pala de turbina eólica y método de fabricación de la misma**

30 Prioridad:

13.04.2009 US 168672 P

21.04.2009 US 171139 P

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

04.07.2016

73 Titular/es:

MAXIFLOW MANUFACTURING INC. (100.0%)

5475 Spring Garden Road, 7th Floor

Halifax, NS B3J 3T2, CA

72 Inventor/es:

VASUDEVA, KAILASH y

BEDI, SANJEEV

74 Agente/Representante:

ISERN CUYAS, María Luisa

ES 2 575 996 T3

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

DESCRIPCIÓN

Pala de turbina eólica y método de fabricación de la misma.

- 5 La presente invención es una pala de turbina eólica que incluye segmentos unidos juntos de extremo a extremo en una disposición predeterminada.

Antecedentes de la invención

- 10 En las turbinas eólicas de eje horizontal, las palas son habitualmente relativamente largas, por ejemplo, de 20 a 40 metros de longitud. En general, la mayoría de las turbinas eólicas de eje horizontal incluyen dos o tres palas. En general, el peso de las palas es un factor limitante en el diseño de turbinas eólicas, y se conocen diferentes materiales y métodos de construcción destinados a concebir palas lo suficientemente fuertes para
15 soportar los esfuerzos a los que están sometidas, pero con el peso mínimo.

- En la técnica anterior, se utilizan normalmente diversas técnicas de fabricación de material compuesto de fibra de vidrio para hacer las palas de turbina eólica hoy conocidas. Dichas técnicas suponen habitualmente la realización de trabajo manual, es
20 decir, son relativamente costosas, y pueden conllevar algunos problemas de control de calidad. Normalmente, la pala entera se forma en una sola pieza.

- Otra desventaja de las palas de turbinas eólicas conocidas es el costo de construcción de turbinas eólicas que utilizan dichas palas. Típicamente, cada pala de la técnica anterior
25 se forma respectivamente como una unidad integral, y cada pala debe ser transportada al sitio en el que va a ser ensamblada la turbina. En algunos casos, sin embargo, no es posible construir una turbina eólica en una ubicación apropiada debido a las dificultades que conlleva el transporte al sitio de las palas completamente formadas. Además, debido al gran tamaño de cada pala, el ensamblaje de las turbinas eólicas conocidas tiende a ser
30 relativamente caro.

- Además, si se daña una pala de una sola pieza del estado de la técnica (por ejemplo, durante el ensamblaje o el funcionamiento), entonces usualmente toda la pala debe ser reemplazada. Esto conlleva costes significativos. Las patentes EP 0019691 A1 y
35 WO 2006/005944 A1 revelan palas de turbina eólica que incluyen segmentos de acuerdo con el estado de la técnica.

Sumario de la invención

- 40 Por las razones precedentes, existe la necesidad de una pala de turbina eólica mejorada dirigida o que mitigue a una o más de las desventajas de la técnica anterior.

- En su aspecto amplio, la invención proporciona un segmento de una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1.
45

- En otro aspecto, la invención proporciona una pala de turbina eólica que incluye un número de los segmentos unidos juntos de extremo a extremo en una disposición predeterminada de manera que los respectivos subconjuntos de recubrimiento de los segmentos cooperan para formar una superficie sustancialmente lisa de la pala de turbina
50 eólica.

Cada segmento incluye adicionalmente al menos uno o más bastidores internos posicionados en la cavidad interna, para soportar al menos parcialmente el subconjunto de recubrimiento.

- 5 Cada bastidor interno incluye una pluralidad de tubos de bastidor de fibra allí dentro, que se extienden sustancialmente entre los extremos interior y exterior de cada segmento respectivamente.

10 En otro de sus aspectos, segmentos seleccionados de entre los segmentos cooperan con segmentos cooperantes seleccionados de entre los segmentos, respectivamente, para unir los segmentos seleccionados y los segmentos cooperantes seleccionados de entre los segmentos, juntos de extremo a extremo en la disposición predeterminada.

15 En todavía otro aspecto, cada seleccionado incluye adicionalmente una serie de elementos de acoplamiento montados en el mismo, cada elemento de acoplamiento extendiéndose más allá de un primer extremo preseleccionado de cada seleccionado. Cada seleccionado cooperante incluye un número de aberturas en un segundo extremo preseleccionado del mismo en el que los elementos de acoplamiento son admisibles respectivamente, cuando el primer extremo preseleccionado de cada seleccionado y el
20 segundo extremo preseleccionado de cada seleccionado cooperante de los segmentos están comprometidos, para fijar juntos el seleccionado y el cooperante de los segmentos en la disposición predeterminada.

25 En otro de sus aspectos, cada seleccionado incluye además una serie de elementos de acoplamiento de bastidor montados en el bastidor interno de cada seleccionado respectivamente. Cada elemento de acoplamiento de bastidor se extiende más allá del primer extremo preseleccionado de cada seleccionado. Cada cooperante de los segmentos incluye un número de aberturas del bastidor en el bastidor interno del mismo en el que los elementos de acoplamiento del bastidor son admisibles cuando el primer
30 extremo preseleccionado del seleccionado y el segundo extremo preseleccionado del cooperante de los segmentos están comprometidos, para fijar juntos el seleccionado y el cooperante uno de los segmentos en la disposición predeterminada.

35 En otro aspecto, cada bastidor interno en cada seleccionado de los segmentos incluye una pestaña adaptada para recibir un elemento de fijación en la misma. Cada bastidor interno en cada cooperante de los segmentos incluye una pestaña cooperante adaptada para recibir el elemento de fijación en la misma. Cuando el primer extremo preseleccionado del seleccionado y el segundo extremo preseleccionado del cooperante de los segmentos están comprometidos, la pestaña y la pestaña cooperante son
40 asegurables entre sí por el elemento de fijación, para fijar juntos el seleccionado y el cooperante de los segmentos en la disposición predeterminada.

45 En otro aspecto, cada citado espacio se llena sustancialmente con un elemento de relleno al menos parcialmente adaptado para reforzar un subconjunto de soporte incluyendo los tubos de fibra y el elemento de relleno, para soportar al menos parcialmente el subconjunto de recubrimiento.

50 En otro de sus aspectos, la invención incluye un método de fabricación de un segmento de una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 9.

En otro aspecto, un ejemplo que no forma parte de la invención comprende un método de fabricación de una pala de turbina eólica que incluye, primero, proveer un número de segmentos de pala de turbina, estando cada segmento adaptado para cooperar con otros segmentos para juntos extremo-a-extremo en una disposición predeterminada de manera que los respectivos subconjuntos de recubrimiento de los segmentos cooperen para formar una superficie sustancialmente lisa de la pala de turbina eólica. Seguidamente, los segmentos se unen los unos a los otros entre sí en la disposición predeterminada.

Breve descripción de los dibujos

La invención se entenderá mejor con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

Fig. 1 es una vista isométrica de una parte de una realización de la pala de turbina de la invención;

Fig. 2 es una parte de una sección transversal (tomada en la sección Y de la Fig. 1) de una porción de la pala de turbina de la Fig. 1, dibujada a una escala mayor;

Fig. 3 es una parte de una sección transversal (tomada en la sección Z de la Fig. 1) de una porción de la pala de turbina de la Fig. 1;

Fig. 4 es una sección transversal de otra realización del conjunto de pala de turbina, dibujado a una escala menor;

Fig. 5 es una sección transversal de la otra realización del conjunto de pala de turbina de la invención;

Fig. 6 es una sección transversal de la otra forma de realización del conjunto de pala de turbina;

Fig. 7 es una sección transversal de la otra realización del conjunto de pala de turbina de la invención;

Fig. 8 es una sección transversal de la otra realización del conjunto de pala de turbina de la invención;

Fig. 9 es una vista isométrica de una realización de un bastidor interno de la invención para ser posicionado dentro de cuerpo, dibujado a una escala mayor;

Fig. 10 es una vista isométrica del bastidor interno de la Fig. 9 con un subconjunto de soporte posicionado en el bastidor interior;

Fig. 11 es una vista isométrica del subconjunto de soporte y el bastidor interno de la Fig. 11 con un subconjunto de recubrimiento posicionado parcialmente sobre él;

Fig. 12 es una vista isométrica de tres segmentos de una realización de la pala de turbina de la invención, posicionado para la fijación de los mismos entre sí;

Fig. 13 es una vista isométrica de una realización de la pala de turbina de la invención;

Fig. 14 es una vista isométrica de una parte de una realización alternativa de un conjunto de pala de turbina de la invención, dibujada a una escala mayor;

5 Fig. 15 es una vista lateral de la parte de la Fig. 14 con un subconjunto de recubrimiento posicionado sobre él;

10 Fig. 16A es una vista lateral de realizaciones de dos segmentos cooperantes de la pala de turbina de la invención con elementos de acoplamiento alineados para ser recibidos en las aberturas, dibujados a una escala menor;

Fig. 16B es una vista lateral de los segmentos de la Fig. 16A, con partes de los mismos recortadas;

15 Fig. 17 es una vista del extremo de uno de los segmentos de la Fig. 16A;

Fig. 18A es una vista del extremo de otra realización del segmento de la invención, dibujado a una escala menor;

20 Fig. 18B es una vista del extremo de un segmento adaptado para acoplarse con el segmento de la Fig. 18A; y

Fig. 18C es una sección transversal de los segmentos de las Figs. 18A y 18B, posicionados para el acoplamiento el uno con el otro.

25 **Descripción detallada**

En los dibujos adjuntos, los mismos numeras de referencia designan a los elementos correspondientes durante la exposición. Se hace primero referencia a las Figs. 1-3, 9-12, 13, y 16A-18C para describir una realización de una pala de turbina eólica de acuerdo
30 con la invención indicada generalmente por el número 20. Como se puede ver en la Fig. 13, la pala 20 incluye preferiblemente uno o más segmentos 22 que se extienden entre los extremos interior y exterior 24, 26 de la misma. Cada segmento incluye preferiblemente una pluralidad de tubos de fibra 28 que se extienden a lo largo longitudes preseleccionadas del segmento 22, respectivamente, como se describirá. Los tubos de
35 fibra de 28 se encuentran preferiblemente separados transversalmente uno de otro respectivamente, para definir los espacios 30 entre los mismos (Figs. 2, 3). Como también se describirá, el segmento 22 preferiblemente también incluye un subconjunto de recubrimiento 32 que se encuentra, al menos parcialmente, soportado por los tubos de fibra de 28.

40 Se entenderá que, con fines ilustrativos, se exageren los tamaños de los tubos de fibra en algunos dibujos. Los tubos de fibra 28 se forman de cualquier manera adecuada, utilizando cualquier material o materiales adecuados. Por ejemplo, en una realización, los tubos de fibra se forman envolviendo tejido de fibra de carbono alrededor de un elemento
45 central sustancialmente cilíndrico, que se retira una vez que el tejido de fibra de carbono es tratado (en cualquier forma adecuada) de forma que mantenga su forma. El tejido de fibra de carbono incluye, como es sabido, fibras de carbono. Cada tubo de fibra 28 define un orificio 29 en el mismo. Se entenderá que las fibras de carbono son relativamente pequeñas en diámetro, por ejemplo entre aproximadamente 0,005 mm y
50 aproximadamente 0,010 mm.

Se entenderá también que los tubos de fibra 28 pueden incluir cualquier material adaptado para soportar una tensión relativamente importante. Los tubos de fibra 28 pueden incluir, por ejemplo, fibras de Kevlar o fibra de vidrio o cualquier otro material que tenga una resistencia generalmente similar y otras características. Preferiblemente, cada tubo de fibra 28 se extiende sustancialmente a lo largo de toda la longitud del segmento 22 en el que están colocados, para formar un segmento relativamente fuerte. Para formar la pala de turbina eólica 20, los segmentos 22 están preferiblemente unidos juntos de extremo a extremo en una disposición predeterminada de manera que los respectivos subconjuntos de recubrimiento 32 de los segmentos 22 cooperan para formar una superficie sustancialmente lisa 21 de la pala de turbina eólica 20, como también se describirá. Los segmentos 22 están ensamblados en una disposición predeterminada para formar la pala 20, que se extiende entre un extremo de montaje 23 (conectable al rotor de la turbina eólica) y un extremo exterior 25 (Fig. 1).

Los tubos de fibra 28 están incluidos en un subconjunto de soporte 35. La distancia 30 entre los tubos de fibra o varillas 28 varía preferiblemente a lo largo de la longitud de la pala 20 (Figs. 2, 3). Como se puede ver en las Figs. 2 y 3, en una realización, cada espacio 30 se llena sustancialmente con un elemento de relleno 34 que se acopla a los tubos de fibra 28, para reforzar el subconjunto de recubrimiento 32. Los elementos de relleno 34 pueden ser de cualquier material o materiales adecuados. El elemento de relleno 34 esta hecho preferiblemente de material relativamente menos denso. Por ejemplo, el elemento de relleno 34 puede ser una madera ligera, para fortalecer el segmento y proporcionar flexibilidad. Sin embargo, otros materiales (por ejemplo, un compuesto adecuado o un metal adecuado, formado en una matriz de panal de abeja para otorgar fuerza, como se describirá) se pueden utilizar como el elemento de relleno. Preferiblemente, el elemento de relleno se adapta, al menos parcialmente, para el fortalecimiento del subconjunto de soporte 35.

Alternativamente, los espacios de separación 30 pueden estar abiertos, es decir, no recubiertos con elemento de relleno. En una realización, los tubos de fibra 28 se colocan preferiblemente en una capa subyacente 31. Los tubos de fibra 28 y la capa subyacente 31 comúnmente, o los tubos de fibra 28, la capa subyacente, y los elementos de relleno 34, según sea el caso, se conocen comúnmente como el subconjunto de soporte 35, que al menos parcialmente soporta el subconjunto de recubrimiento 32.

El subconjunto de recubrimiento 32 es preferentemente cualquier material de recubrimiento adecuado o materiales que se puedan formar de acuerdo con el diseño general de la pala con un acabado de superficies exteriores aceptable. Como se conoce en la técnica, se requiere que la superficie de la pala (una vez ensamblada) sea relativamente suave. El subconjunto de recubrimiento 32 está, al menos parcialmente, soportado por el subconjunto de soporte 35. En una realización, por ejemplo, el subconjunto de recubrimiento incluye capas de tejido de fibra de carbono utilizada con epoxi, es decir, unidas con resina epoxi. La ventaja del tejido de fibra de carbono es que puede proporcionar un borde preciso, lo que se traduce en menos ruido durante el funcionamiento de la turbina eólica. Por ejemplo, un número de capas de tejido de fibra de carbono son mostradas en la Fig. 11.

En una realización, el subconjunto de soporte 35 y el subconjunto de recubrimiento 32 están unidos, de manera preferente, firmemente entre sí. Por ejemplo, como se muestra en las Figs. 2 y 3, en las que el subconjunto de soporte 35 incluye el material de relleno, el material de relleno y los tubos de fibra 28 están unidos de forma segura al subconjunto de

recubrimiento 32. Debido a que los expertos en la técnica serán conscientes de las diversas maneras de asegurar el subconjunto de recubrimiento 32 al subconjunto de apoyo 35, no es necesario describir dicha unión con más detalle.

- 5 Se entenderá que, durante la construcción del segmento 22, el subconjunto de soporte 35 se encuentra soportado preferiblemente por una molde adecuado (no se muestra). En esta realización, está formado el subconjunto de soporte 35 y el subconjunto de recubrimiento 32 se coloca sobre el mismo mientras el molde esta en su lugar. Una vez que se forman el subconjunto de soporte 35 y el subconjunto de recubrimiento 32, se
10 retira el molde.

Aplicabilidad industrial

15 En la práctica, los tubos de fibra están posicionados en el molde, y los elementos de relleno están situados en los espacios entre los tubos de fibra, para formar el subconjunto de soporte 35. El subconjunto de recubrimiento 32 se coloca en el subconjunto de soporte 35, para formar cada segmento individualmente. Los segmentos 22 están unidos entre sí para formar la pala 20. La pala 20, en su extremo 24A (Fig. 13), está unida al rotor (no mostrado) en un conjunto de turbina por cualquier medio de fijación adecuado.

20 En una realización, la pala 20 incluye preferiblemente un número de segmentos 22 que están unidos entre sí de extremo a extremo respectivamente. Por ejemplo, como se muestra en la Fig. 12, tres segmentos (identificados para mayor claridad como 22A, 22B, y 22C, respectivamente) son acoplables entre sí de extremo a extremo. (El elemento interno se ha omitido de las Figs. 12 y 13 en aras de una mayor claridad de la ilustración). Como puede apreciarse en las Figs. 12 y 13, los segmentos están diseñados para encajar en la disposición predeterminada, es decir, un primer extremo preseleccionado de un segmento esta formado para acoplarse con un segundo extremo preseleccionado del
25 siguiente segmento. Trabajando hacia el exterior desde el rotor, se forma el extremo exterior de cada segmento para acoplarse con el siguiente segmento hacia el exterior, hasta que se alcanza el segmento más externo (es decir, incluyendo el extremo exterior 25). Por ejemplo, como se puede ver en la Fig. 12, el extremo 24C esta formado para encajar en el extremo 26B, y el extremo 24B está formado para encajar en el extremo 26A.

35 Preferiblemente, cada uno de los segmentos 22A-22C se presionan juntos (Fig. 12) para formar la pala 20 (Fig. 13). Cuando los segmentos están presionados juntos, se encajan los elementos de acoplamiento en las aberturas u orificios correspondientes para estos, según será descrito. Por ejemplo, el segmento 22C puede ser presionado en la dirección indicada por la flecha 90 en la Fig. 12 de manera que el extremo interior 24C se acople al extremo exterior 26B, y los elementos de acoplamiento en el extremo 24C se acoplen a las aberturas en el extremo 26B. De modo similar, el segmento 22A puede ser presionado como indica la flecha 92 de modo que el extremo 26A se acople en el extremo 24B. Se podrá apreciar por parte de los expertos en la técnica que el segmento
40 puede ser ensamblado de varias maneras. Una vez que los segmentos están unidos juntos, como se muestra en la Fig. 13, las costuras formadas en la superficie 21 en las juntas entre los segmentos se pueden rellenar o cubrir de cualquier manera adecuada, utilizando cualquier material apropiado. Por ejemplo, una cinta adhesiva adecuada puede ser utilizada para cubrir una costura en la superficie.

50

El subconjunto de soporte 35 y el subconjunto de recubrimiento 32 definen preferiblemente, al menos parcialmente, una cavidad interna 38 en cada segmento 22 (Figs. 16B, 17). Preferiblemente, cada segmento 22 también incluye uno o más bastidores internos 40 posicionados en la cavidad interna 38, para soportar, al menos parcialmente, el subconjunto de recubrimiento 32, y el subconjunto de soporte 35. El bastidor interno 40 incluye preferiblemente una serie de tubos de fibra de bastidor 42 en el mismo. Los tubos de fibra de bastidor 42 se extienden sustancialmente entre los extremos interior y exterior de cada segmento 22. Preferiblemente, los seleccionados de los segmentos 22 cooperan con los cooperantes seleccionados de los segmentos 22, respectivamente, para unir los segmentos 22 juntos de extremo a extremo en la disposición predeterminada.

En una realización, los seleccionados de los segmentos 22 incluyen adicionalmente uno o más elementos de acoplamiento montados en cada seleccionado 22. Cada elemento de acoplamiento 44 se extiende más allá de un primer extremo preseleccionado 60 de cada dicho seleccionado 22. Cada cooperante de los segmentos 22 incluye una serie de aberturas 62 en un segundo extremo preseleccionado 64. Los elementos de acoplamiento 44 son admisibles en las aberturas 62 respectivamente, cuando se acoplan el primer extremo preseleccionado 60 y el segundo extremo preseleccionado 64, para la fijación junta del seleccionado y el cooperante de los segmentos 22 en la disposición predeterminada.

Por ejemplo, el seleccionado 22L de los segmentos 22 y el cooperante 22R de los segmentos 22 se muestran en las Figs. 16A y 16B. Los elementos de acoplamiento 44 están colocados preferiblemente en tubos de fibra de 28L (Fig. 16B) en el segmento 22L, de modo que las partes expuestas 76 de los elementos de acoplamiento 44 se extienden más allá del primer extremo preseleccionado 60 del segmento 22L. Preferiblemente, cada elemento de acoplamiento 44 esta formado para ser recibido en los tubos de fibra 28L, (Fig. 16B), y las porciones no expuestas 78 (Fig. 16B) se sostienen en los tubos de fibra de 28L. En una realización, las porciones no expuestas 78 se sostienen en los tubos de fibra 28L mediante un adhesivo (no mostrados). (Se entenderá que solo se muestre en la Fig. 16B, un tubo de fibra 28R y un tubo de fibra de 28L para simplificar la ilustración).

Preferiblemente, el segmento 22L se mueve hacia el segmento 22R (es decir, en la dirección indicada por la flecha "A" en la Fig. 16A) hasta que las partes expuestas 76 están completamente insertadas en los tubos de fibra 28R y el primer y segundo extremos 60, 64 están acoplados. (Se entenderá que solo se muestren en la Fig. 16A, las partes de los tubos de fibra 28R en las que se acoplan las partes expuestas 76, para claridad de la ilustración). Alternativamente, el segmento 22R se mueve hacia el segmento 22L (es decir, en la dirección indicada por la flecha "B" en la Fig. 16A), o ambos segmentos 22L y 22R se mueven uno hacia el otro, hasta que están acoplados el primer y segundo extremos 60, 64.

Preferiblemente, antes de que cada parte expuesta 76 sea insertada en el tubo de fibra de 28R, la parte expuesta 76 se cubre con un adhesivo adecuado 80 (Fig. 16B). El pegamento, una vez seco, sostiene, al menos parcialmente, la parte expuesta 76 en el tubo de fibra 28R.

Se apreciará por los expertos en la técnica que los elementos de acoplamiento 44 pueden, alternativamente, estar situados parcialmente en uno de los segmentos 22L, 22R, y parcialmente posicionados en el otro.

En una realización, cada seleccionado incluye un número de elementos de acoplamiento del bastidor 66 montados en el bastidor interior 40 de cada seleccionado. Cada elemento de acoplamiento del bastidor 66 se extiende más allá del primer extremo preseleccionado 60 de cada seleccionado 22. Cada cooperante de los segmentos 22 incluye un número

5 aberturas del bastidor 68 en el segundo extremo preseleccionado 64 en las que los elementos de acoplamiento del bastidor 66 son admisibles en el primer extremo preseleccionado 60 y se acoplan el segundo extremo preseleccionado 64, para unir juntos el seleccionado y el cooperante de los segmentos 22 en la disposición predeterminada.

10 En una realización, los elementos de acoplamiento del bastidor 66 sobresalen del primer extremo preseleccionado 60, y son admisibles en las aberturas 68 del bastidor en el segmento 28R. Los elementos de acoplamiento del bastidor 66 es tan montados en el bastidor interno 40L (Figs. 16B, 17). Las aberturas del bastidor están en el bastidor

15 interno 40R (Figs. 16B, 17). Preferiblemente, el adhesivo se coloca sobre los elementos de acoplamiento del bastidor 66 antes de que se inserten en las aberturas del bastidor, para hacer que los elementos de acoplamiento del bastidor 66 se mantengan en las aberturas 68 del bastidor una vez que el adhesivo se haya secado.

20 Preferiblemente, cada bastidor interno 40 incluye una pestaña 70 adaptada para recibir un elemento de fijación 72 en la misma. Cada bastidor interno 40 de cada cooperante de los segmentos incluye una pestaña cooperante adaptada para recibir el elemento de fijación 72 en la misma. Cuando el primer extremo preseleccionado 60 y el segundo extremo preseleccionado 64 están acoplados, la pestaña 70 y la pestaña cooperante se

25 aseguran entre sí por medio de elemento de fijación 72, para unir juntos el seleccionado y el cooperante de los segmentos 22 en la disposición predeterminada.

En las Figs. 18A-18C, se muestran los segmentos 22Q y 22P. En el segmento 22P, el bastidor interno 40P incluye la pestaña cooperante 70P, que incluye orificios roscados 82

30 en los que tornillos 72Q son admisibles mediante roscado. Los tornillos 72Q están montados de forma giratoria en la pestaña 70Q en el bastidor interno 40Q. Después de que los extremos 62P, 64Q estén unidos, los tornillos 72Q se acoplan mediante rosca en los agujeros 82P, y seguidamente se aprietan, para unir firmemente los extremos 62P, 64Q entre sí. En la práctica, el tornillo se acopla en un encaje (no mostrado) a la que se

35 ha unido una extensión, de una manera que resulta conocida para los expertos en la técnica.

Se entenderá que los elementos de acoplamiento 44P tienen adhesivo 80 situado sobre ellos antes de que los elementos de acoplamiento estén colocados en las aberturas

40 correspondientes (no mostrados) en el extremo 64Q. En consecuencia, los expertos en la técnica apreciarán que los segmentos estarán firmemente unidos entre sí una vez que los elementos de acoplamiento están asegurados en las aberturas por el adhesivo ya seco, y los elementos de fijación 72 han sido apretados.

45 De lo anterior, se puede observar que los segmentos de la invención pueden ser de un tamaño favorable para el transporte y ensamblaje en el sitio, lo que resulta en menores costes de transporte y montaje.

Se muestran realizaciones adicionales de la invención en las Figs. 4-8, 14, y 15.

En otra realización, una pala de turbina eólica 120 incluye un bastidor interno 140, para soportar, al menos parcialmente, el segmento 122. Como se puede ver en las Figs 4 y 6, el bastidor interior 140 está preferiblemente diseñado para fortalecer el conjunto de la pala 120 en general con un bastidor con un peso mínimo.

5

Se entenderá que, en la construcción de cada segmento 122, el bastidor interno 140 preferiblemente se construye primero, y el subconjunto de soporte 135 se coloca en el bastidor interno 140. El subconjunto de recubrimiento 132 se coloca en el subconjunto de soporte. El bastidor interno 140 se mantiene en su lugar con el fin de fortalecer el conjunto de la pala 120. El bastidor interno puede incluir un número de elementos específicos situados a lo largo de la longitud de la pala, como se describirá.

10

En otra realización, el bastidor interno 240 en la pala 220 incluye preferiblemente una pluralidad de tubos de fibra de bastidor 242 situados dentro del mismo. Preferiblemente, los tubos de fibra de bastidor 242 están sustancialmente alineados con los tubos de fibra 228 en el segmento 222.

15

En esta realización, el bastidor interno 240 esta armado, y se coloca el subconjunto de soporte 235 en el bastidor interno 240. Se coloca el subconjunto de recubrimiento 232 en el subconjunto de soporte 235.

20

Como se puede ver en la Fig. 9, el bastidor interno 240 incluye preferiblemente una pluralidad de elementos de bastidor 243. (El bastidor interno se muestra en la Fig. 9 es el ilustrado en la Fig. 7). Por ejemplo, se identifican en la Fig. 9 los elementos de bastidor 243A, 243B, 243C, y 243D con fines ilustrativos. Los tubos de fibra de bastidor 242 están situados en los elementos, y los tubos de fibra de bastidor individuales pueden extenderse a través de varios elementos 243. En una realización, se utilizan tubos de fibra de bastidor de diferentes longitudes, para fijar en el segmento en el que el bastidor interno se va a situar. A modo de ejemplo, un tubo de fibra de bastidor identificado como 242x se extiende solo desde el elemento 243A al elemento 243D, debido a su posición cercana a los bordes exteriores de los elementos.

25

30

Los tubos de fibra de bastidor 242 preferiblemente están hechos de cualquieras fibras adecuadas, y de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, en una realización, los tubos de fibra de bastidor se forman envolviendo tejido de fibra de carbono alrededor de un elemento central sustancialmente cilíndrico. Sin embargo se entenderá que los tubos de fibra de bastidor 242 pueden estar hechos de otro material o materiales adecuados, por ejemplo, fibras de Kevlar, o fibra de vidrio. Con el fin de minimizar los costes de producción, se prefiere que los tubos de fibra 228 y los tubos de fibra de bastidor 242 tengan sustancialmente e mismo diámetro y espesor.

35

40

El subconjunto de soporte 235 se posiciona en el bastidor interno 240. Se entenderá que los elementos 243 están trabados en su lugar por cualquier medio adecuado, para asegurar los elementos de bastidor 243 al subconjunto de soporte 235 El subconjunto de soporte 235 incluye preferiblemente elementos en forma de lama 236 que se mantienen en posición en los tubos de fibra 228 por cualquier medio adecuado (Fig. 10). Posteriormente, el subconjunto de recubrimiento 232 se coloca en el subconjunto de soporte 235 Como se muestra en la Fig. 11, el subconjunto de recubrimiento puede ser aplicado en capas 237A, 237B, 237C. Las capas múltiples se muestran en la Fig. 11 únicamente con fines ilustrativos, y se comprenderá que el segmento 220 esta

45

50

completado cuando se hayan aplicado todas las capas, de un extremo 224 al otro extremo 226.

5 En otra realización, un bastidor interno 340 que incluye un número de tubos de fibra de bastidor 342, llena sustancialmente la cavidad interna del segmento 322 (Fig. 8). Preferiblemente, los tubos de fibra de bastidor 342 se colocan siguiendo un patrón predeterminado con relación a cada otro por uno o más elementos de bastidor 346 para soportar las segundas fibras de carbono 344.

10 En otra realización la pala de turbina eólica se forma primero, proporcionando uno o más bastidores internos y segundo, situando de tubos de fibra separados de cada otro siguiendo un patrón predeterminado en un subconjunto de soporte que esta soportado, al menos parcialmente, por el bastidor interior. Finalmente, uno o más subconjuntos de recubrimiento están posicionados en el subconjunto de soporte.

15 Otra realización del subconjunto de soporte 435 de la invención se muestra en las Figs 14 y 15. Los tubos de fibra de 428 están separados uno de otro y el elemento de relleno 434 esta colocado entre el subconjunto de recubrimiento 432 (Fig. 15) y la capa subyacente 431. (El subconjunto de recubrimiento 432 no se muestra en la Fig. 14 para fines de
20 ilustración). Como puede verse en las Figs. 14 y 15, los tubos de fibra 428 preferiblemente están soportados por el elemento de relleno 434 y también separados por dicho elemento de relleno 434. Específicamente, las partes más cortas 454 del elemento de relleno 434 están posicionadas, respectivamente, entre la capa subyacente 431 y los tubos de fibra 428. También, las partes más largas 456 del elemento de relleno
25 434 se extienden entre el subconjunto de cubierta 432 y la capa subyacente 431 y están situadas entre los tubos de fibra 428. Como se muestra en las Figs. 14 y 15, los tubos de fibra 428 se definen sustancialmente por los respectivos ejes 450 de los mismos.

30 En una realización, el elemento de relleno 434 incluye preferiblemente un cuerpo en forma de una matriz en la que una pluralidad de aberturas alargadas 451 se encuentran posicionadas sustancialmente de forma ortogonal a los ejes 450 de los tubos de fibra 428. Se prefiere que las aberturas 451 estén sustancialmente definidas por los respectivos ejes 452 de los mismos.

35 El elemento de relleno 434 esta hecho preferiblemente de láminas 458 de un material adecuado para formar una estructura sustancialmente laminar. Las láminas 458 están preferiblemente unidas entre sí de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, las láminas 458 pueden estar hechas de Kevlar, y pueden estar pegadas entre sí.

40 El elemento de relleno 434 tiene una resistencia y rigidez sustancial en dirección paralela a los ejes 452, pero también es relativamente flexible en la dirección ortogonal a los mismos es decir, en la dirección paralela a los ejes 450 de los tubos de fibra. La geometría del elemento de relleno es inherentemente muy fuerte, en la dirección paralela a los ejes 452. Estas características son deseables debido a las fuerzas a las que esta
45 sometida la pala de la turbina. Además, con el elemento de relleno 434, una forma más compleja del segmento se forma relativamente de manera más fácil.

50 Se apreciará, por parte de los expertos en la técnica, que la invención puede tomar muchas formas, y que dichas formas están dentro del alcance de la invención como se describe anteriormente. Las descripciones anteriores son ejemplos, su alcance no debe limitarse a las versiones preferidas proporcionadas en el mismo.

REIVINDICACIONES

1. Un segmento (22) alargado de una pala de turbina eólica (20), comprendiendo dicho segmento (22) alargado:

5

una pluralidad de tubos de fibra (28) que se extienden respectivamente a lo largo de longitudes preseleccionadas del segmento (22);

10

dichos tubos de fibra (28) estando lateralmente separados respectivamente uno de otro para definir espacios (30) entre ellos;

15

un subconjunto de recubrimiento (32) soportado, al menos parcialmente, por los tubos de fibra (28) y que define, al menos parcialmente, una cavidad interna (38), **caracterizado** porque,

20

tiene al menos un bastidor interno (40) situado en la cavidad interna (38), para soportar, al menos parcialmente, el subconjunto de recubrimiento (38); y

dicho bastidor interno (40) comprende una pluralidad de tubos de fibra de bastidor (42, 242, 342) en el mismo, extendiéndose sustancialmente dichos tubos de fibra de bastidor (42, 242, 342) entre los extremos interior y exterior del segmento (22).

2. Una pala de turbina eólica (20) que comprende una pluralidad de segmentos (22), comprendiendo cada segmento:

25

una pluralidad de tubos de fibra (28) que se extienden respectivamente a lo largo de longitudes preseleccionadas del segmento (22);

30

dichos tubos de fibra (28) estando lateralmente separados respectivamente uno de otro para definir espacios (30) entre ellos;

un subconjunto de recubrimiento (32) soportado, al menos parcialmente, por los tubos de fibra (28) y que define, al menos parcialmente, una cavidad interna (38).

35

los segmentos (22) juntos de extremo a extremo en una disposición predeterminada de tal manera que los respectivos subconjuntos de recubrimiento (22) de dichos segmentos cooperan para formar una superficie sustancialmente lisa (21) de la pala de turbina eólica (20), **caracterizada** porque,

40

cada dicho segmento (22) comprende adicionalmente al menos un bastidor interno (40) situado en la cavidad interna (38), para soportar, al menos parcialmente, el subconjunto de recubrimiento (32),

45

comprendiendo cada dicho bastidor interno (40) una pluralidad de tubos de fibra de bastidor (42, 242, 342) en el mismo, extendiéndose sustancialmente dichos tubos de fibra de bastidor (42, 242, 342) entre los extremos interior y exterior de dicho segmento (22).

50

3. Una pala de turbina eólica (20) según la reivindicación 2 en la que los seleccionados (22L) de dichos segmentos cooperan con los cooperantes (22R) seleccionados de dichos segmentos, respectivamente, para unir juntos dichos segmentos de extremo a extremo en una disposición predeterminada.

4. Una pala de turbina eólica según la reivindicación 3 en la que:

5 cada dicho seleccionado (22L) de dichos segmentos comprende adicionalmente una pluralidad de elementos de acoplamiento (44) montados en cada seleccionado (22L), cada elemento de acoplamiento (44) extendiéndose a lo largo de un primer extremo preseleccionado (60) de cada dicho seleccionado (22L); y

10 cada dicho cooperante seleccionado (22RL) de dichos segmentos comprende una pluralidad de aberturas (68) en un segundo extremo preseleccionado (64) del mismo en el que dichos elementos de acoplamiento (44) son admisibles cuando el primer extremo preseleccionado (60) de cada dicho seleccionado (22L) y el segundo extremo preseleccionado (64) de dicho cooperante seleccionado (22R) de dichos segmentos están unidos, a fin de fijar juntos dicho seleccionado (22L) y dicho cooperante (22R) de dichos segmentos en la disposición predeterminada.

15 5. Una pala de turbina eólica según la reivindicación 4 en la que:

20 cada dicho seleccionado (22L) comprende adicionalmente una pluralidad de elementos de acoplamiento de bastidor (66) montados en dicho bastidor interno (40L) de cada dicho seleccionado (22L), cada dicho elemento de acoplamiento de bastidor (66) extendiéndose a lo largo del primer extremo preseleccionado (60) de cada dicho seleccionado (22L); y

25 cada dicho cooperante (22RL) de dichos segmentos comprende una pluralidad de aberturas de bastidor (68) en el bastidor interno (40R) del mismo en el que dichos elementos de acoplamiento de bastidor (66) son admisibles cuando el primer extremo preseleccionado (60) de dicho seleccionado (22L) y el segundo extremo preseleccionado (64) de dicho cooperante (22R) de dichos segmentos están unidos, a fin de fijar juntos dicho seleccionado (22L) y dicho cooperante (22R) de dichos segmentos en la disposición predeterminada.

30 6. Una pala de turbina eólica según la reivindicación 5 en la que:

35 cada dicho bastidor interno (40L) en cada dicho seleccionado (22L) de los segmentos comprende una pestaña (70) adaptada para recibir en ella un elemento de conexión (72);

40 cada dicho bastidor interno (40RL) en cada dicho cooperante (22L) de dichos segmentos comprende una pestaña cooperante adaptada para recibir en ella el elemento de conexión (72);

45 cuando el primer extremo preseleccionado (60) de dicho seleccionado (22L) y el segundo extremo preseleccionado (64) de dicho cooperante (22R) de dichos segmentos están conectados, la pestaña (70) y la pestaña cooperante se encuentran aseguradas juntas por el elemento de conexión (72), para la fijar juntos dicho seleccionado (22L) y dicho cooperante (22R) de dichos segmentos en la disposición predeterminada.

50 7. Una pala de turbina eólica (20) según la reivindicación 2 en la que cada dicho espacio (30) se rellena sustancialmente con un elemento de relleno (34) al menos parcialmente adaptado para reforzar un subconjunto de soporte (35) que comprende los tubos de fibra

(28) y el elemento de relleno (34), para soportar, al menos parcialmente, el subconjunto de recubrimiento (32).

5 8. Una pala de turbina eólica según la reivindicación 7, en la que el elemento de relleno (34) incluye un cuerpo en forma matriz en el que una pluralidad de aberturas alargadas (451) es tan posicionadas de manera ortogonal a los ejes (450) de los tubos de fibra (28, 428).

10 9. Un método de fabricación de un segmento (22) de una pala de turbina eólica (20) que comprende:

15 (a) proporcionar al menos un bastidor interior (40) que comprende en su interior una pluralidad de tubos de fibra de bastidor (42) que se extienden sustancialmente entre los extremos interior y exterior del segmento (22),

20 (b) la colocación de tubos de fibra (28) separados unos de otros en un patrón predeterminado de manera que los tubos de fibra (28) estén soportados, al menos parcialmente, por dicho al menos un bastidor interno (40), para formar un subconjunto de soporte (35), extendiéndose respectivamente los tubos de fibra (28) a lo largo de longitudes preseleccionadas del segmento; y

(c) colocar al menos un subconjunto de recubrimiento (32) en el subconjunto de soporte (35).

25

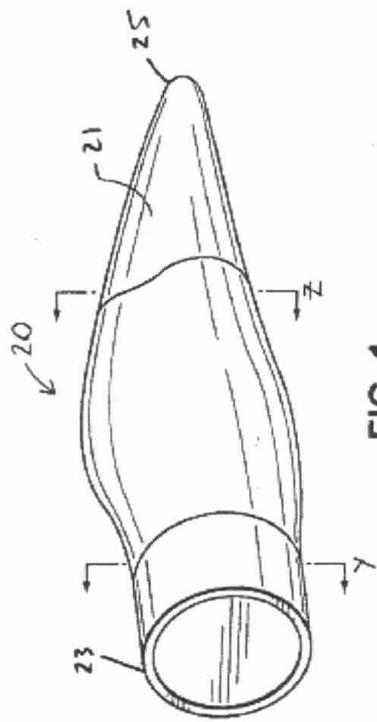


FIG. 1

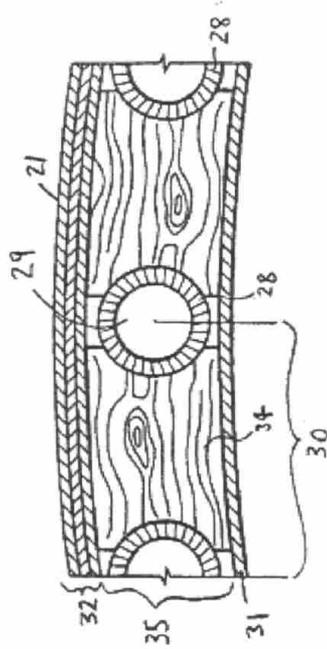


FIG. 2

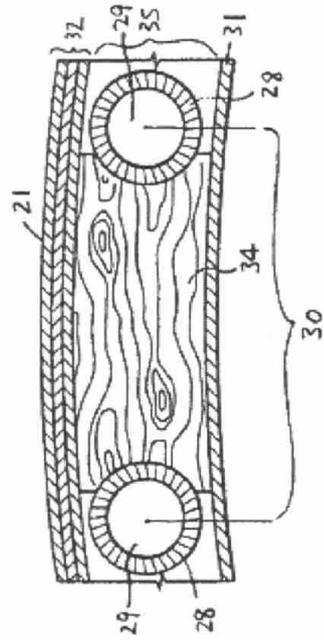


FIG. 3

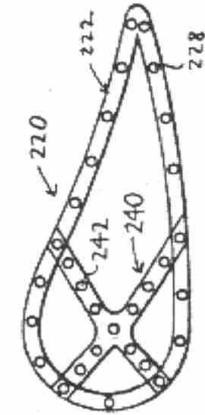


FIG. 5

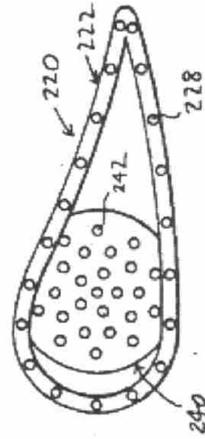


FIG. 7

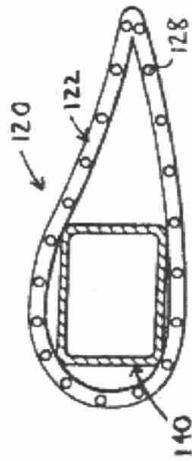


FIG. 4

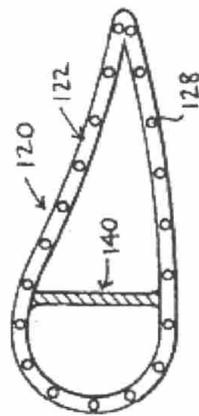


FIG. 6

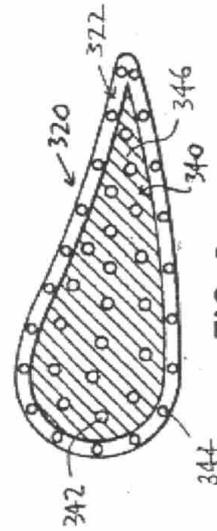


FIG. 8

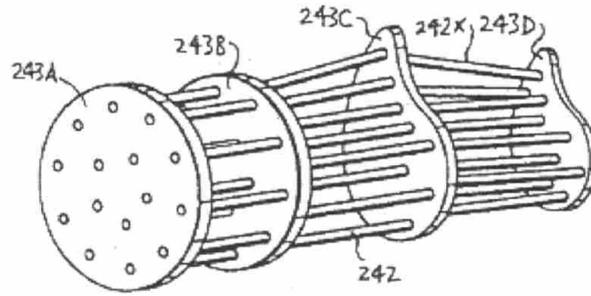


FIG. 9

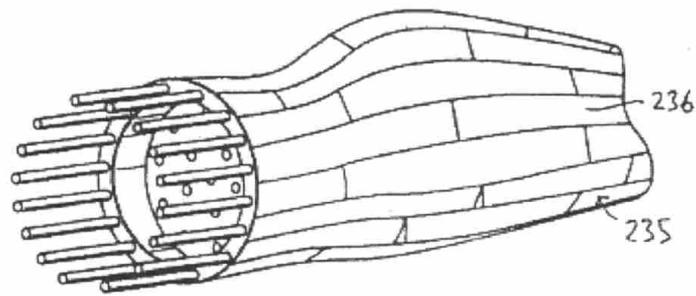


FIG. 10

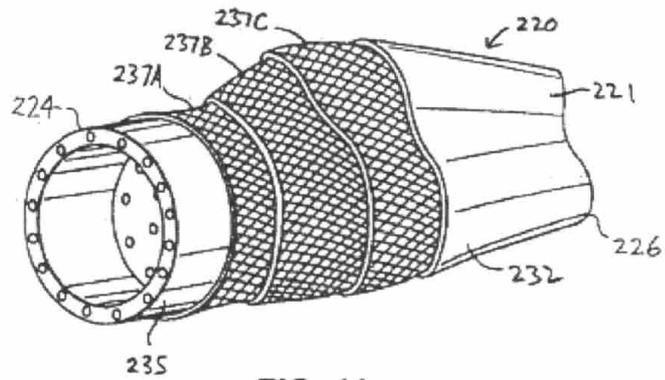


FIG. 11

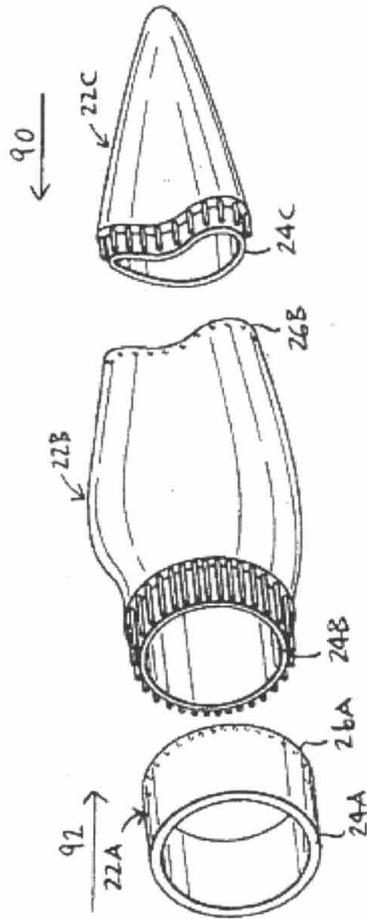


FIG. 12

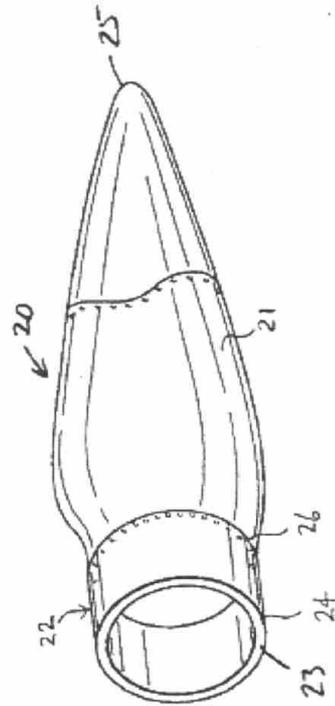


FIG. 13

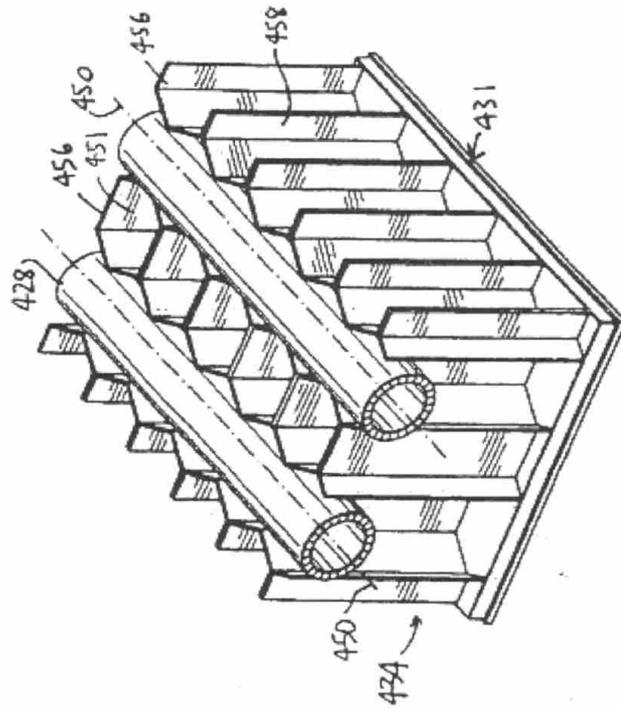


FIG. 14

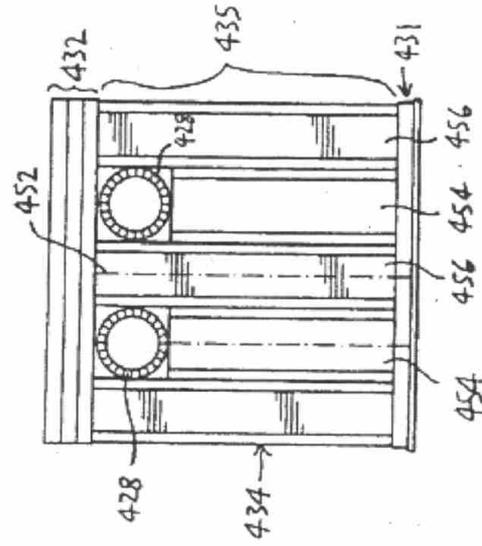


FIG. 15

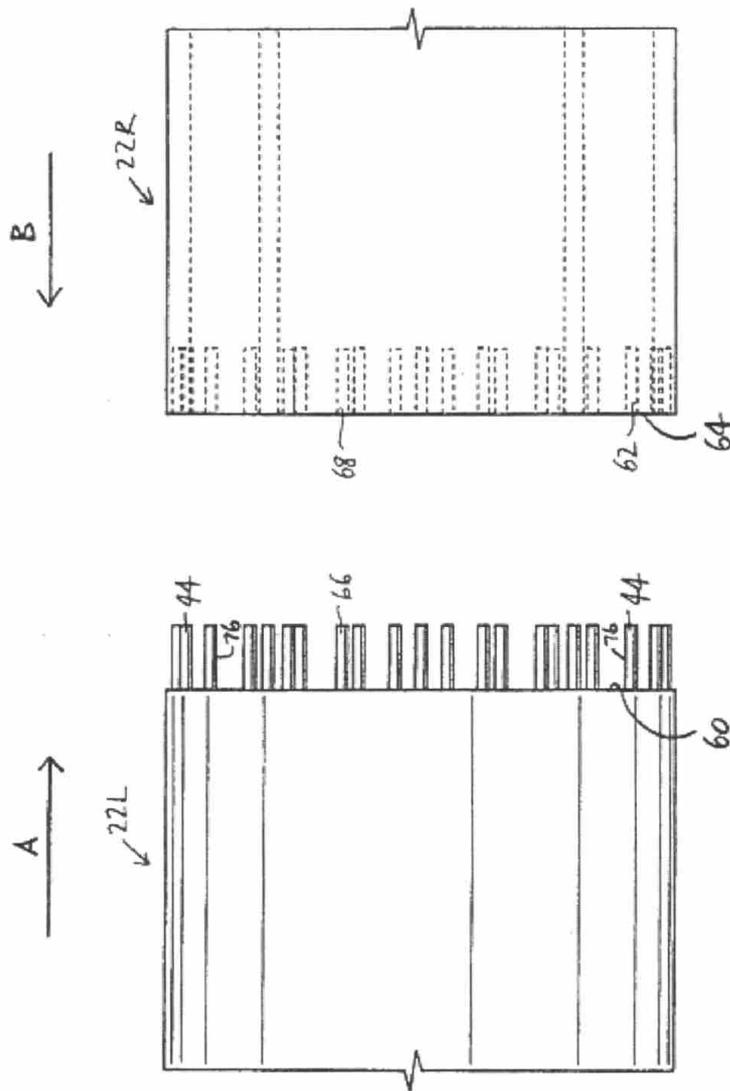


FIG. 16A

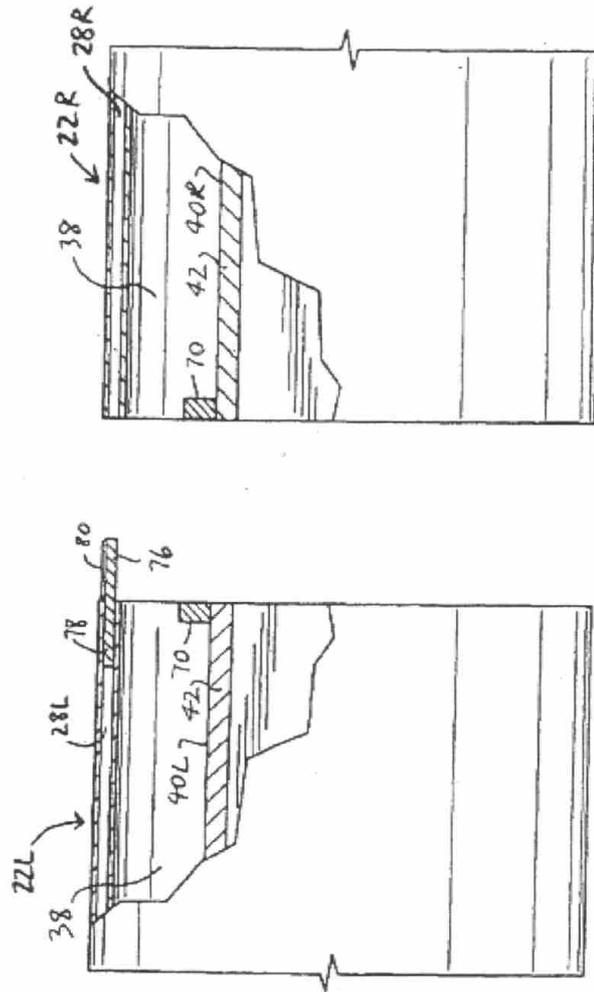


FIG. 16B

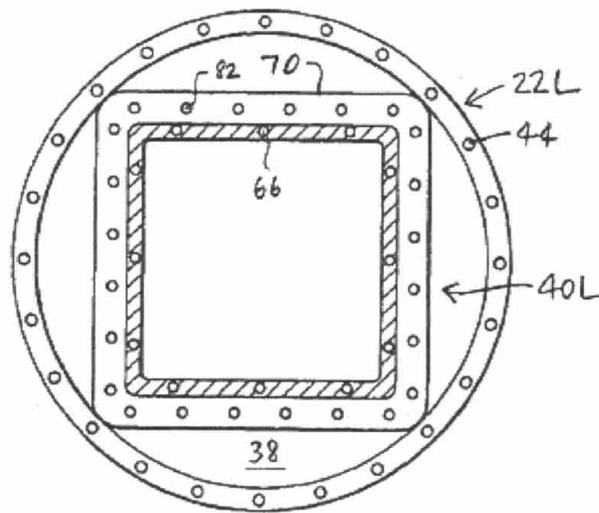


FIG. 17

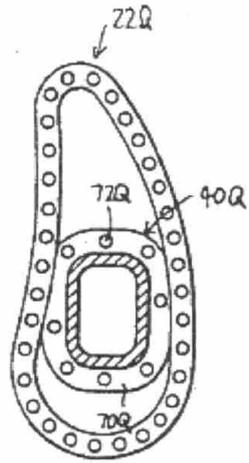


FIG. 18A

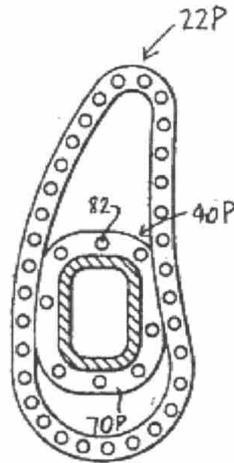


FIG. 18B

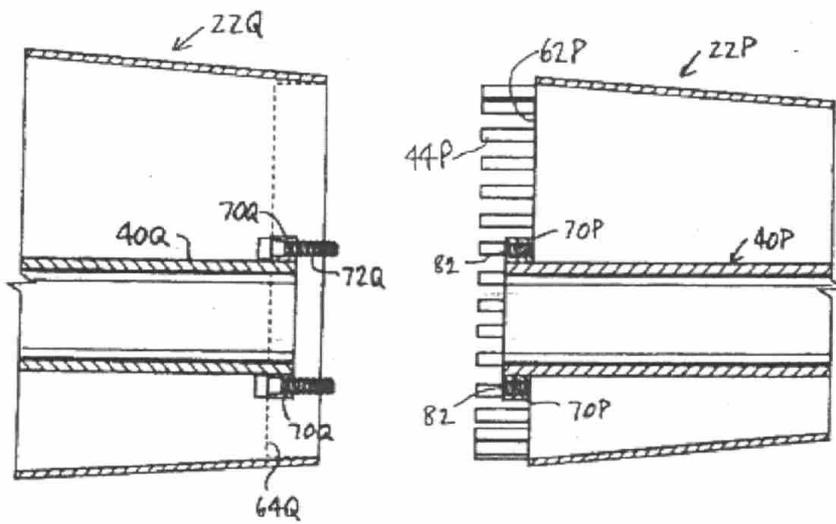


FIG. 18C