

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 526**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2010 E 16159275 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2017 EP 3070326**

54 Título: **Pala de turbina eólica y método de construcción 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:

13.04.2018

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:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 663 526 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 construcción de la misma

5 Campo de la invención

La presente invención es una pala de turbina eólica que incluye segmentos unidos entre sí de extremo a extremo en una disposición predeterminada.

10 Antecedentes de la invención

En turbinas eólicas de eje horizontal, las palas suelen ser relativamente largas, por ejemplo, de 20-40 metros de longitud. Generalmente, la mayoría de las turbinas eólicas de eje horizontal incluyen dos o tres palas. En general, el peso de las palas es un factor restrictivo en el diseño de turbinas eólicas, y se conocen diferentes materiales y métodos de construcción que tienen por objeto proporcionar palas que son suficientemente fuertes para soportar las tensiones a las que son sometidas, pero que tienen un peso mínimo.

En la técnica anterior, normalmente se utilizan diversas técnicas de fabricación de compuestos de fibra de vidrio para fabricar las palas de turbinas eólicas conocidas. Estas técnicas implican normalmente trabajo manual, es decir, son relativamente costosas, y puede haber algunos problemas de control de calidad. Normalmente, la pala completa se forma de una pieza.

Otra desventaja de las palas de turbinas eólicas conocidas es el coste de construcción de una turbina eólica utilizando dichas palas. Normalmente, cada pala de la técnica anterior se forma como una unidad completa respectivamente, y cada pala debe transportarse al terreno en el que se vaya a montar la turbina. En algunos casos, sin embargo, no es posible construir una turbina eólica en un lugar ventajoso debido a las dificultades que supone transportar las palas completamente formadas al terreno. Además, debido al gran tamaño de cada pala, el montaje de turbinas eólicas conocidas tiende a ser relativamente caro.

Asimismo, si se daña una pala de una sola pieza de la técnica anterior (por ejemplo, durante el montaje o el funcionamiento), normalmente hay que reemplazar toda la pala. Esto conlleva gastos importantes. Los documentos WO 2006/005944 A1 y EP 0 019 691 A1 desvelan palas de turbinas eólicas de acuerdo con la técnica anterior.

35 Sumario de la invención

Por los motivos anteriores, hay necesidad de una pala de turbina eólica mejorada que aborde o mitigue una o más de las desventajas de la técnica anterior.

En su aspecto general, la invención proporciona un segmento alargado de una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1.

En otro aspecto, la invención proporciona una pala de turbina eólica que incluye una cantidad de los segmentos unidos entre sí de extremo a extremo en una disposición predeterminada de manera que los respectivos subconjuntos de cubierta de los segmentos cooperan para formar una superficie sustancialmente lisa de la pala de turbina eólica.

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

En otro aspecto más, cada uno seleccionado adicionalmente incluye una cantidad de elementos coincidentes montados en su interior, extendiéndose cada elemento coincidente más allá de un primer extremo preseleccionado de cada uno seleccionado. Cada uno cooperante seleccionado incluye una cantidad de aberturas en un segundo extremo preseleccionado del mismo en el que los elementos coincidentes pueden recibirse respectivamente cuando el primer extremo preseleccionado de cada uno seleccionado y el segundo extremo preseleccionado de cada uno cooperante seleccionado de los segmentos se acoplan, para unir el uno seleccionado y el uno cooperante de los segmentos entre sí en la disposición predeterminada.

En otro de sus aspectos, cada uno seleccionado también incluye una cantidad de elementos coincidentes de armazón montados en el armazón interno de cada uno seleccionado respectivamente. Cada elemento coincidente de armazón se extiende más allá del primer extremo preseleccionado de cada uno seleccionado. Cada uno cooperante de los segmentos incluye una cantidad de aberturas de armazón en el armazón interno del mismo en el que los elementos coincidentes de armazón pueden recibirse cuando el primer extremo preseleccionado del uno seleccionado y el segundo extremo preseleccionado del uno cooperante de los segmentos se acoplan, para unir el uno seleccionado y el uno cooperante de los segmentos entre sí en la disposición predeterminada.

En otro aspecto, cada armazón interno en cada uno seleccionado de los segmentos incluye un reborde adaptado para recibir una sujeción en su interior. Cada armazón interno en cada uno cooperante de los segmentos incluye un reborde cooperante adaptado para recibir la sujeción en su interior. Cuando el primer extremo preseleccionado del uno seleccionado y el segundo extremo preseleccionado del uno cooperante de los segmentos se acoplan, el reborde y el reborde cooperante pueden asegurarse entre sí mediante la sujeción, para unir el uno seleccionado y el uno cooperante de los segmentos entre sí en la disposición predeterminada.

Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 2 en la que cada dicho espacio es llenado esencialmente por un elemento llenador al menos parcialmente adaptado para reforzar un subconjunto de soporte que incluye los tubos de fibra y el elemento llenador, para soportar al menos parcialmente el subconjunto de cubierta.

En otro de sus aspectos, la invención incluye un método de fabricación de un segmento de una pala de turbina eólica que incluye, en primer lugar, proporcionar uno o más armazones internos. Después, los tubos de fibra se colocan separados entre sí en un patrón predeterminado para que los tubos de fibra estén soportados al menos parcialmente por el armazón interno, para formar un subconjunto de soporte. Por último, se coloca uno o más subconjuntos de cubierta sobre el subconjunto de soporte.

En otro aspecto, la invención incluye un método de fabricación de una pala de turbina eólica que incluye, en primer lugar, proporcionar una cantidad de segmentos de la pala de turbina, estando cada segmento adaptado para cooperar con otros segmentos para encajar de extremo a extremo en una disposición predeterminada para que los respectivos subconjuntos de cubierta de los segmentos cooperen para formar una superficie sustancialmente lisa de la pala de turbina eólica. Después, los segmentos se unen entre sí en la disposición predeterminada.

Breve descripción de los dibujos

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

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

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

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

la Figura 4 es una sección transversal de otra realización del conjunto de pala de turbina de la invención, dibujado a menor escala;

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

la Figura 6 es una sección transversal de la otra realización del conjunto de pala de turbina de la invención;

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

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

la Figura 9 es una vista isométrica de una realización de un armazón interno de la invención que va a colocarse dentro del cuerpo, dibujado a mayor escala;

la Figura 10 es una vista isométrica del armazón interno de la Figura 9 con un subconjunto de soporte colocado sobre el armazón interno;

la Figura 11 es una vista isométrica del subconjunto de soporte y el armazón interno de la Figura 11 con un subconjunto de cubierta parcialmente colocado encima;

la Figura 12 es una vista isométrica de tres segmentos de una realización de la pala de turbina de la invención, colocados para la unión de los mismos entre sí;

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

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

la Figura 15 es una vista lateral de la parte de la Figura 14 con un subconjunto de cubierta colocado encima;

la Figura 16A es una vista lateral de realizaciones de dos segmentos cooperantes de la pala de turbina de la

invención con elementos coincidentes alineados para ser recibidos en aberturas, dibujados a menor escala;

la Figura 16B es una vista lateral de los segmentos de la Figura 16A, con partes del mismo separadas;

5 la Figura 17 es una vista de extremo de uno de los segmentos de la Figura 16A;

la Figura 18A es una vista de extremo de otra realización del segmento de la invención, dibujada a menor escala;

10 la Figura 18B es una vista de extremo de un segmento adaptado para coincidir con el segmento de la Figura 18A; y

la Figura 18C es una sección transversal de los segmentos de las Figuras 18A y 18B, colocados para su acoplamiento entre sí.

15 Descripción detallada

En los dibujos adjuntos, números de referencia iguales designan elementos correspondientes en todas partes. Primero se hace referencia a las Figuras 1-3, 9-12,13, y 16A-18C para describir una realización de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención indicada generalmente mediante el número 20. Como puede observarse en la Figura 13, la pala 20 incluye preferentemente uno o más segmentos 22 que se extienden entre extremos interiores y exteriores 24,26 del mismo. Cada segmento incluye una pluralidad de tubos 28 de fibra que se extienden a lo largo de longitudes preseleccionadas del segmento 22 respectivamente, como se describirá. Los tubos 28 de fibra están lateralmente separados entre sí respectivamente para definir espacios 30 entre ellos (Figuras 2,3). Como se describirá también, el segmento 22 incluye además un subconjunto de cubierta 32 que está soportado al menos parcialmente por los tubos 28 de fibra.

Se entenderá que, con fines de ilustración, los tamaños de los tubos de fibra se han agrandado en algunos de los dibujos. Los tubos 28 de fibra se forman de cualquier manera adecuada, utilizando cualquier material o materiales apropiados. Por ejemplo, en una realización, los tubos de fibra se forman envolviendo tejido de fibra de carbono alrededor de un elemento central esencialmente cilíndrico, que se retira, una vez que se trata el tejido de fibra de carbono (de cualquier manera adecuada) para que mantenga su forma. El tejido de fibra de carbono incluye fibras de carbono, como se sabe. Cada tubo 28 de fibra define un diámetro 29 en su interior. Se entenderá que las fibras de carbono tienen un diámetro relativamente pequeño, por ejemplo, entre aproximadamente 0,005 mm y aproximadamente 0,010 mm.

También se entenderá que los tubos 28 de fibra pueden incluir cualquier material adaptado para soportar una tensión relativamente importante. Los tubos 28 de fibra pueden incluir, por ejemplo, fibras Kevlar, fibra de vidrio o cualquier otro material que tenga una resistencia y otras características generalmente similares. Preferentemente, cada tubo 28 de fibra se extiende esencialmente a lo largo de toda la longitud del segmento 22 en el que están colocados, para proporcionar un segmento relativamente resistente. Para formar la pala 20 de turbina eólica, los segmentos 22 están preferentemente unidos entre sí de extremo a extremo en una disposición predeterminada de manera que los respectivos subconjuntos de cubierta 32 de los segmentos 22 cooperan para formar una superficie sustancialmente lisa 21 de la pala 20 de turbina eólica, como se describirá también. Los segmentos 22 se montan en la disposición predeterminada para formar la pala 20, que se extiende entre un extremo de montaje 23 (que puede unirse al rotor de la turbina eólica) y una punta externa 25 (Figura 1).

Los tubos 28 de fibra están incluidos en un subconjunto de soporte 35. La distancia 30 entre los tubos o varillas 28 de fibra varía preferentemente a lo largo de la longitud de la pala 20 (Figuras 2, 3). Como puede observarse en las Figuras 2 y 3, en una realización, cada espacio 30 es llenado esencialmente por un elemento llenador 34 que se acopla a los tubos 28 de fibra, para reforzar el subconjunto de cubierta 32. Los elementos llenadores 34 pueden ser cualquier material o materiales apropiados. El elemento llenador 34 se fabrica preferentemente de un material relativamente menos denso. Por ejemplo, el elemento llenador 34 puede ser una madera ligera, para reforzar el segmento y proporcionar flexibilidad. Sin embargo, pueden utilizarse otros materiales (por ejemplo, un compuesto apropiado o un metal apropiado, formado en una estructura de nido de abeja para reforzar, como se describirá) como elemento llenador. Preferentemente, el elemento llenador se adapta al menos parcialmente para reforzar el subconjunto de soporte 35.

Como alternativa, los espacios 30 pueden estar abiertos, es decir, no ser llenados por elementos llenadores. En una realización, los tubos 28 de fibra se colocan preferentemente sobre una capa subyacente 31. Los tubos 28 de fibra y la capa subyacente 31 conjuntamente, o los tubos 28 de fibra, la capa subyacente, y los elementos llenadores 34, según sea el caso, se denominan conjuntamente el subconjunto de soporte 35, que soporta al menos parcialmente el subconjunto de cubierta 32.

El subconjunto de cubierta 32 es preferentemente cualquier material o materiales de cubierta apropiados que puedan formarse de acuerdo con el diseño general de la pala con un acabado de superficie exterior aceptable. Como se sabe en la técnica, se requiere que la superficie de la pala (una vez montada) sea relativamente lisa. El

subconjunto de cubierta 32 está soportado al menos parcialmente por el subconjunto de soporte 35. En una realización, por ejemplo, el subconjunto de cubierta incluye capas de tejido de fibra de carbono utilizadas con epoxi, es decir, pegadas 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, en la Figura 5 11 aparece una cantidad de capas de tejido de fibra de carbono.

En una realización, el subconjunto de soporte 35 y el subconjunto de cubierta 32 están preferentemente unidos de forma segura entre sí. Por ejemplo, como se muestra en las Figuras 2 y 3, donde el subconjunto de soporte 35 incluye el material de relleno, el material de relleno y los tubos 28 de fibra están unidos de manera segura al subconjunto de cubierta 32. Puesto que los expertos en la técnica conocerían los diversos modos de asegurar el subconjunto de cubierta 32 al subconjunto de soporte 35, no es necesario describir dicha unión con más detalle.

Se entenderá que, durante la construcción del segmento 22, el subconjunto de soporte 35 es soportado preferentemente por un molde apropiado (no mostrado). En esta realización, el subconjunto de soporte 35 se moldea y el subconjunto de cubierta 32 se coloca encima mientras el molde está en posición. Una vez moldeados el subconjunto de soporte 35 y el subconjunto de cubierta 32, se retira el molde.

Aplicabilidad industrial

Durante el funcionamiento, los tubos de fibra se colocan sobre el molde, y los elementos llenadores se colocan en los espacios entre los tubos de fibra, para formar el subconjunto de soporte 35. El subconjunto de cubierta 32 se coloca sobre el subconjunto de soporte 35, para formar cada segmento de forma individual. Los segmentos 22 se unen entre sí para formar la pala 20. La pala 20, en su extremo 24A (Figura 12), se une al rotor (no mostrado) en un conjunto de turbina mediante cualquier medio de sujeción adecuado.

En una realización, la pala 20 incluye preferentemente una cantidad de segmentos 22 que están unidos de extremo a extremo entre sí respectivamente. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 12, tres segmentos (identificados para mayor claridad como 22A, 22B, y 22C respectivamente) pueden unirse entre sí de extremo a extremo. (El elemento interno se ha omitido de las Figuras 12 y 13 para mayor claridad de la ilustración.) Como puede observarse en las Figuras 12 y 13, los segmentos están diseñados para encajar en la disposición predeterminada, es decir, un primer extremo preseleccionado de un segmento se forma para coincidir con un segundo extremo preseleccionado del siguiente segmento. Funcionando hacia fuera desde el rotor, el extremo exterior de cada segmento se forma para coincidir con el siguiente segmento exterior, hasta que se alcanza el segmento más exterior (es decir, el que incluye la punta externa 25). Por ejemplo, como puede observarse en la Figura 12, el extremo 24C se forma para encajar en el extremo 26B, y el extremo 24B se forma para encajar en el extremo 26A.

Preferentemente, cada uno de los segmentos 22A-22C se presionan juntos (Figura 12), para formar la pala 20 (Figura 13). Cuando los segmentos se presionan juntos, los elementos coincidentes se reciben en aberturas o diámetros correspondientes para ello, como se describirá. Por ejemplo, el segmento 22C puede presionarse en la dirección indicada mediante la flecha 90 en la Figura 12 para que el extremo interior 24C se acople al extremo exterior 26B, y los elementos coincidentes en el extremo 24C se acoplan a las aberturas en el extremo 26B. De modo similar, el segmento 22A puede presionarse como se indica mediante la flecha 92 para que el extremo 26A se acople al extremo 24B. Los expertos en la técnica entenderán que el segmento puede montarse de diversas formas. Una vez que los segmentos estén unidos entre sí, como se muestra en la Figura 13, las juntas formadas en la superficie 21 en las uniones entre los segmentos pueden rellenarse o cubrirse de cualquier manera adecuada, utilizando cualquier material apropiado. Por ejemplo, puede utilizarse una cinta adhesiva apropiada para cubrir una junta en la superficie.

El subconjunto de soporte 35 y el subconjunto de cubierta 32 definen al menos parcialmente una cavidad 38 interna en cada segmento 22 (Figuras 16B, 17). Cada segmento 22 incluye además uno o más armazones internos 40 colocados en la cavidad 38 interna, para soportar al menos parcialmente el subconjunto de cubierta 32, y el subconjunto de soporte 35. El armazón 40 interno incluye preferentemente una cantidad de tubos 42 de fibra de armazón en su interior. Los tubos 42 de fibra de armazón se extienden esencialmente entre los extremos interiores y exteriores de cada segmento 22. Preferentemente, unos seleccionados de los segmentos 22 cooperan con unos cooperantes seleccionados de los segmentos 22 respectivamente, para unir los segmentos 22 entre sí de extremo a extremo en la disposición predeterminada.

En una realización, unos seleccionados de los segmentos 22 incluyen adicionalmente uno o más elementos coincidentes montados en cada uno seleccionado 22. Cada elemento coincidente 44 se extiende más allá de un primer extremo preseleccionado 60 de cada dicho uno seleccionado 22. Cada uno cooperante de los segmentos 22 incluye una cantidad de aberturas 62 en un segundo extremo preseleccionado 64 del mismo. Los elementos coincidentes 44 pueden recibirse en las aberturas 62 respectivamente cuando el primer extremo preseleccionado 60 y el segundo extremo preseleccionado 64 se acoplan, para unir el uno seleccionado y el uno cooperante de los segmentos 22 entre sí en la disposición predeterminada.

Por ejemplo, el uno seleccionado 22L de los segmentos 22 y el uno cooperante 22R de los segmentos 22 aparecen

en las Figuras 16A y 16B. Los elementos coincidentes 44 están colocados preferentemente en tubos 28L de fibra (Figura 16B) en el segmento 22L, de manera que las partes expuestas 76 de los elementos coincidentes 44 se extienden más allá del primer extremo preseleccionado 60 del segmento 22L. Preferentemente, cada elemento coincidente 44 se forma para ser recibido en los tubos 28L de fibra (Figura 16B), y las partes no expuestas 78 (Figura 16B) se mantienen en los tubos 28L de fibra. En una realización, las partes no expuestas 78 se mantienen en los tubos 28L de fibra mediante adhesivo (no mostrado). (Se entenderá que solamente se muestran un tubo 28R de fibra y un tubo 28L de fibra en la Figura 16B para simplificar la ilustración.)

Preferentemente, el segmento 22L se mueve hacia el segmento 22R (es decir, en la dirección indicada mediante la flecha "A" en la Figura 16A) hasta que las partes expuestas 76 estén totalmente insertadas en los tubos 28R de fibra y el primer y segundo extremos 60,64 se acoplen. (Se entenderá que en la Figura 16A solamente se muestran las partes de los tubos 28R de fibra en las que se acoplan las partes expuestas 76, para mayor claridad de ilustración.) Como alternativa, el segmento 22R se mueve hacia el segmento 22L (es decir, en la dirección indicada mediante la flecha "B" en la Figura 16A), o ambos segmentos 22L y 22R se mueven uno hacia el otro, hasta que el primer y segundo extremos 60, 64 se acoplen.

Preferentemente, antes de que cada parte expuesta 76 se inserte en el tubo 28R de fibra, la parte expuesta 76 se cubre con un adhesivo 80 apropiado (Figura 16B). El pegamento, una vez curado, mantiene al menos parcialmente la parte expuesta 76 en el tubo 28R de fibra.

Los expertos en la técnica entenderán que los elementos coincidentes 44 pueden, como alternativa, colocarse parcialmente en uno de los segmentos 22L, 22R, y colocarse parcialmente en la otra.

En una realización, cada uno seleccionado incluye una cantidad de elementos coincidentes de armazón 66 montados en el armazón 40 interno de cada uno seleccionado. Cada elemento coincidente de armazón 66 se extiende más allá del primer extremo preseleccionado 60 de cada uno seleccionado 22. Cada uno cooperante de los segmentos 22 incluye una cantidad de aberturas de armazón 68 en el segundo extremo preseleccionado 64 en el que los elementos coincidentes de armazón 66 pueden recibirse en el primer extremo preseleccionado 60 y el segundo extremo preseleccionado 64 se acoplan, para unir el uno seleccionado y el uno cooperante de los segmentos 22 entre sí en la disposición predeterminada.

En una realización, los elementos coincidentes de armazón 66 sobresalen del primer extremo preseleccionado 60, y pueden recibirse en las aberturas de armazón 68 en el segmento 28R. Los elementos coincidentes de armazón 66 se montan en el armazón 40L interno (Figuras 16B, 17). Las aberturas de armazón están en el armazón 40R interno (Figuras 16B, 17). Preferentemente, se pone adhesivo sobre los elementos coincidentes de armazón 66 antes de que sean insertados en las aberturas de armazón, para hacer que los elementos coincidentes de armazón 66 se mantengan en las aberturas de armazón 68 una vez se haya curado el adhesivo.

Preferentemente, cada armazón 40 interno incluye un reborde 70 adaptado para recibir una sujeción 72 en su interior. Cada armazón 40 interno en cada uno cooperante de los segmentos incluye un reborde cooperante adaptado para recibir la sujeción 72 en su interior. Cuando el primer extremo preseleccionado 60 y el segundo extremo preseleccionado 64 se acoplan, el reborde 70 y el reborde cooperante pueden asegurarse entre sí mediante la sujeción 72, para unir el uno seleccionado y el uno cooperante de los segmentos 22 entre sí en la disposición predeterminada.

En las Figuras 18A-18C, se muestran los segmentos 22Q y 22P. En el segmento 22P, el armazón interno 40P incluye el 40P cooperante 70P, que incluye orificios roscados 82 en los que pueden recibirse pernos 72Q a rosca. Los pernos 72Q se montan giratoriamente en el reborde 70Q en el armazón interno 40Q. Después de que los extremos 62P, 64Q se acoplen, los pernos 72Q se acoplan a rosca en los orificios 82P, y después se aprietan, para acoplar firmemente los extremos 62P, 64Q entre sí. En la práctica, el perno se acopla mediante un casquillo (no mostrado) al que se ha unido una extensión, de una manera que conocerían los expertos en la técnica.

Se entenderá que se pone adhesivo 80 encima de los elementos coincidentes 44P antes de que los elementos coincidentes se coloquen en las correspondientes aberturas (no mostradas) en el extremo 64Q. En consecuencia, los expertos en la técnica entenderán que los segmentos se unen entre sí de manera segura una vez que los elementos coincidentes se aseguran en las aberturas mediante el adhesivo curado, y las sujeciones 72 han sido apretadas.

De lo anterior, puede observarse que el tamaño de los segmentos de la invención puede adaptarse para el transporte y montaje en el terreno, dando lugar a menores gastos de transporte y montaje.

En las Figuras 4-8,14, y 15 se muestran realizaciones adicionales de la invención.

En otra realización, una pala de turbina eólica 120 de la invención incluye un armazón interno 140, para soportar al menos parcialmente el segmento 122. Como puede observarse en las Figuras 4 y 6, el armazón interno 140 está diseñado preferentemente para reforzar la pala 120 en conjunto, teniendo el armazón un peso mínimo.

Se entenderá que, en la construcción de cada segmento 122, el armazón interno 140 se construye preferentemente en primer lugar, y el subconjunto de soporte 135 se coloca sobre el armazón interno 140. El subconjunto de cubierta 132 se coloca sobre el subconjunto de soporte. El armazón interno 140 permanece en su lugar para reforzar la pala 120 en conjunto. El armazón interno puede incluir una cantidad de elementos distintos colocados a lo largo de la longitud de la pala, como se describirá.

En otra realización, el armazón interno 240 en una pala 220 incluye preferentemente una pluralidad de tubos 242 de fibra de armazón colocados en su interior. Preferentemente, los tubos 242 de fibra de armazón están esencialmente alineados con los tubos 228 de fibra en el segmento 222.

En esta realización, se construye el armazón interno 240, y el subconjunto de soporte 235 se coloca sobre el armazón interno 240. El subconjunto de cubierta 232 se coloca sobre el subconjunto de soporte 235.

Como puede observarse en la Figura 9, el armazón interno 240 incluye preferentemente una pluralidad de elementos de armazón 243. (El armazón interno mostrado en la Figura 9 es el ilustrado en la Figura 7.) Por ejemplo, los elementos de armazón 243A, 243B, 243C, y 243D se identifican en la Figura 9 con fines de ilustración. Los tubos 242 de fibra de armazón se colocan en los elementos, y tubos de fibra de armazón individuales pueden extenderse a través de diversos elementos 243. En una realización, se utilizan tubos de fibra de armazón de diferentes longitudes, para encajar en el segmento en el que vaya a colocarse el armazón interno. A modo de ejemplo, un tubo de fibra de armazón identificado como 242X solo se extiende desde el elemento 243A al elemento 243D, debido a su posición cerca de los bordes externos de los elementos.

Los tubos 242 de fibra de armazón se fabrican preferentemente de cualesquiera fibras apropiadas, de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, en una realización, los tubos de fibra de armazón se forman envolviendo tejido de fibra de carbono alrededor de un elemento central esencialmente cilíndrico. Sin embargo, se entenderá que los tubos 242 de fibra de armazón pueden fabricarse de otro material o materiales apropiados, por ejemplo, fibras Kevlar o fibra de vidrio. Con el fin de minimizar los costes de producción, se prefiere que los tubos 228 de fibra y los tubos 242 de fibra de armazón sean esencialmente iguales en diámetro y grosor.

El subconjunto de soporte 235 se coloca sobre el armazón interno 240. Se entenderá que los elementos 243 se bloquean mediante cualquier medio apropiado, para asegurar los elementos de armazón 243 al subconjunto de soporte 235. El subconjunto de soporte 235 incluye preferentemente elementos de listón 236 que se mantienen en su lugar sobre los tubos 228 de fibra mediante cualquier medio apropiado (Figura 10). Posteriormente, el subconjunto de cubierta 232 se coloca sobre el subconjunto de soporte 235. Como se muestra en la Figura 11, el subconjunto de cubierta puede aplicarse en las capas 237A, 237B, 237C. En la Figura 11 se muestran múltiples capas únicamente con fines ilustrativos, y se entenderá que el segmento 220 está completo cuando se hayan aplicado todas las capas, desde un extremo 224 al otro extremo 226.

En otra realización, un armazón interno 340 que incluye una cantidad de tubos 342 de fibra de armazón llena esencialmente la cavidad interna del segmento 322 (Figura 8). Preferentemente, los tubos 342 de fibra de armazón se colocan en un patrón predeterminado uno respecto a otro mediante uno o más elementos de armazón 346 para soportar las segundas fibras de carbono 344.

En otra realización, la pala de turbina eólica se forma en primer lugar proporcionando uno o más armazones internos y en segundo lugar poniendo tubos de fibra separados entre sí en un patrón predeterminado en un subconjunto de soporte que es soportado al menos parcialmente por el armazón interno. Por último, uno o más subconjuntos de cubierta se colocan sobre el subconjunto de soporte.

Otra realización del subconjunto de soporte 435 de la invención aparece en las Figuras 14 y 15. Los tubos 428 de fibra están separados entre sí y el elemento llenador 434 se coloca entre el subconjunto de cubierta 432 (Figura 15) y la capa subyacente 431. (El subconjunto de cubierta 432 no aparece en la Figura 14 con fines de ilustración.) Como puede observarse en las Figuras 14 y 15, los tubos 428 de fibra están soportados preferentemente por el elemento llenador 434 y también están separados por el elemento llenador 434. Específicamente, partes más cortas 454 del elemento llenador 434 se colocan respectivamente entre la capa subyacente 431 y los tubos 428 de fibra. Además, partes más largas 456 del elemento llenador 434 se extienden entre el subconjunto de cubierta 432 y la capa subyacente 431 y se colocan entre los tubos 428 de fibra. Como se muestra en las Figuras 14 y 15, los tubos 428 de fibra se definen esencialmente mediante respectivos ejes 450 de los mismos.

En una realización, el elemento llenador 434 incluye preferentemente un cuerpo en forma de matriz en el que una pluralidad de aberturas 451 alargadas están colocadas de forma esencialmente ortogonal a los ejes 450 de los tubos 428 de fibra. Se prefiere que las aberturas 451 estén esencialmente definidas por los respectivos ejes 452 de los mismos.

El elemento llenador 434 se fabrica preferentemente de láminas 458 de un material apropiado para formar una estructura esencialmente laminar. Las láminas 458 están preferentemente unidas entre sí de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, las láminas 458 pueden estar fabricadas de Kevlar, y pueden estar pegadas entre sí.

El elemento llenador 434 tiene gran resistencia y rigidez en la dirección paralela a los ejes 452, pero también es relativamente flexible en la dirección ortogonal de los mismos, es decir, en la dirección paralela a los ejes 450 de los tubos de fibra. La geometría del elemento llenador es muy resistente de forma inherente, en la dirección paralela a los ejes 452. Estas características son convenientes debido a las fuerzas a las que está sometida la pala de turbina.

5 Además, con el elemento llenador 434, una forma más compleja del segmento se forma de una manera relativamente más fácil.

Los expertos en la técnica entenderán que la invención puede adoptar muchas formas, y que dichas formas están dentro del alcance de la invención como se ha descrito anteriormente. Las descripciones anteriores son ejemplares, su alcance no debe limitarse a las versiones preferidas proporcionadas en las mismas.

10

REIVINDICACIONES

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

5 al menos un armazón (40) interno que comprende una pluralidad de tubos (42) de fibra de armazón en su interior, extendiéndose dicho al menos un armazón interno esencialmente entre extremos interiores y exteriores del segmento (21);
 una pluralidad de tubos (28) de fibra que se extienden a lo largo de longitudes preseleccionadas del segmento (22) respectivamente;
 10 estando dichos tubos (28) de fibra lateralmente separados entre sí respectivamente para definir espacios (30) entre ellos;
 estando dichos tubos (28) de fibra soportados al menos parcialmente por dicho al menos un armazón (40) interno, para formar un subconjunto de soporte (35);
 un subconjunto de cubierta (32) colocado sobre el subconjunto de soporte (35) y soportado al menos
 15 parcialmente por los tubos (28) de fibra y que define al menos parcialmente una cavidad (38) interna;
caracterizado por que,
 dicho al menos un armazón (40) interno está colocado en la cavidad (38) interna, para soportar al menos parcialmente el subconjunto de cubierta (32).

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

al menos un armazón (40) interno que comprende una pluralidad de tubos (42) de fibra de armazón en su interior, extendiéndose dicho al menos un armazón interno esencialmente entre extremos interiores y exteriores del segmento (21);
 25 una pluralidad de tubos (28) de fibra que se extienden a lo largo de longitudes preseleccionadas del segmento (22) respectivamente;
 estando dichos tubos (28) de fibra lateralmente separados entre sí respectivamente para definir espacios (30) entre ellos;
 estando dichos tubos (28) de fibra soportados al menos parcialmente por dicho al menos un armazón (40)
 30 interno, para formar un subconjunto de soporte (35);
 un subconjunto de cubierta (32) colocado sobre el subconjunto de soporte (35) y soportado al menos parcialmente por los tubos (28) de fibra y que define al menos parcialmente una cavidad (38) interna;
 estando los segmentos (22) unidos entre sí de extremo a extremo en una disposición predeterminada de manera que los respectivos subconjuntos de cubierta (32) de dichos segmentos cooperan para formar una superficie
 35 sustancialmente lisa (21) de la pala (20) de turbina eólica; **caracterizado por que,**
 dicho al menos un armazón (40) interno está colocado en la cavidad (38) interna, para soportar al menos parcialmente el subconjunto de cubierta (32).

3. Una pala (20) de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 2 en la que unos seleccionados (22L) de dichos segmentos cooperan con unos cooperantes seleccionados (22R) de dichos segmentos respectivamente para unir dichos segmentos entre sí de extremo a extremo en la disposición predeterminada.

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

45 cada dicho uno seleccionado (22L) de dichos segmentos comprende además una pluralidad de elementos coincidentes (44) montados en cada dicho uno seleccionado (22L), extendiéndose cada dicho elemento coincidente (44) más allá de un primer extremo preseleccionado (60) de cada dicho uno seleccionado (22 L); y
 cada dicho uno cooperante seleccionado (22R) de dichos segmentos comprende una pluralidad de aberturas (62) en un segundo extremo preseleccionado (64) del mismo en el que dichos elementos coincidentes (44)
 50 pueden recibirse cuando el primer extremo preseleccionado (60) de cada dicho uno seleccionado (22L) y el segundo extremo preseleccionado (64) de dicho uno cooperante seleccionado (22R) de dichos segmentos se acoplan, para unir dicho uno seleccionado (22L) y dicho uno cooperante (22R) de dichos segmentos entre sí en la disposición predeterminada.

55 5. Una pala (20) de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 4 en la que:

cada dicho uno seleccionado (22L) comprende además una pluralidad de elementos coincidentes de armazón (66) montados en dicho armazón interno (40L) de cada dicho uno seleccionado (22L), extendiéndose cada dicho elemento coincidente de armazón (66) más allá del primer extremo preseleccionado (60) de cada dicho uno
 60 seleccionado (22L); y
 cada dicho uno cooperante (22 R) de dichos segmentos comprende una pluralidad de aberturas de armazón (68) en el armazón interno (40R) del mismo en el que dichos elementos coincidentes de armazón (66) pueden recibirse cuando el primer extremo preseleccionado (60) de dicho uno seleccionado (22 L) y el segundo extremo
 preseleccionado (64) de dicho uno cooperante (22R) de dichos segmentos se acoplan, para unir dicho uno
 65 seleccionado (22L) y dicho uno cooperante (22 R) de dichos segmentos entre sí en la disposición predeterminada.

6. Una pala (20) de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 5 en la que:

5 cada dicho armazón interno (40R) en cada dicho uno seleccionado (22L) de los segmentos comprende un reborde (70) adaptado para recibir una sujeción (72) en su interior;

cada dicho armazón interno (40R) en cada dicho uno cooperante (22R) de dichos segmentos comprende un reborde cooperante adaptado para recibir la sujeción (72) en su interior; y

10 cuando el primer extremo preseleccionado (60) de dicho uno seleccionado (22L) y el segundo extremo preseleccionado (64) de dicho uno cooperante (22R) de dichos segmentos se acoplan, el reborde (70) y el reborde cooperante pueden asegurarse entre sí mediante la sujeción (72), para unir dicho uno seleccionado (22L) y dicho uno cooperante (22R) de dichos segmentos entre sí en la disposición predeterminada.

7. Una pala (20) de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 2 en la que cada dicho espacio (30) es llenado esencialmente por un elemento llenador (34) al menos parcialmente adaptado para reforzar un subconjunto de soporte (35) que comprende los tubos (28) de fibra y el elemento llenador (34), para soportar al menos parcialmente el subconjunto de cubierta (32).

8. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 7, en la que el elemento llenador (34) incluye un cuerpo en forma de matriz en el que una pluralidad de aberturas (451) alargadas están colocadas de forma ortogonal a los ejes (450) de los tubos (28, 428) de fibra.

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

25 (a) proporcionar al menos un armazón (40) interno que comprende una pluralidad de tubos (42) de fibra de armazón en su interior, extendiéndose dicho al menos un armazón interno esencialmente entre extremos interiores y exteriores del segmento (21);

(b) colocar tubos (28) de fibra separados entre sí en un patrón predeterminado para que los tubos (28) de fibra estén soportados al menos parcialmente por dicho al menos un armazón (40) interno, para formar un subconjunto de soporte (35), extendiéndose los tubos (28) de fibra a lo largo de longitudes preseleccionadas del segmento respectivamente; y

30 (c) colocar al menos un subconjunto de cubierta (32) sobre el subconjunto de soporte (35).

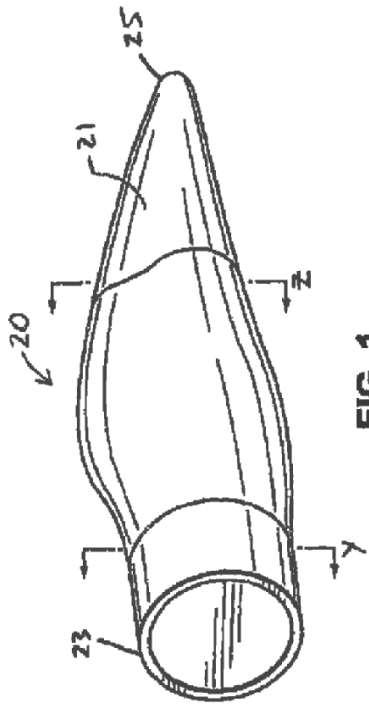


FIG. 1

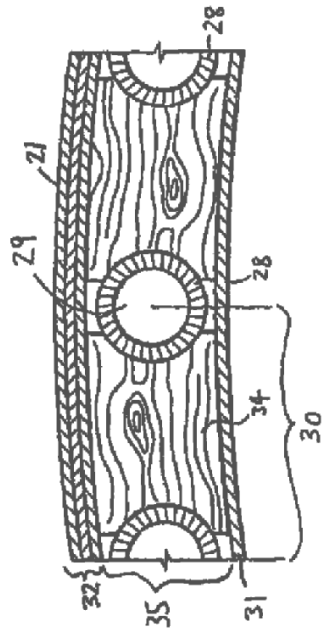


FIG. 2

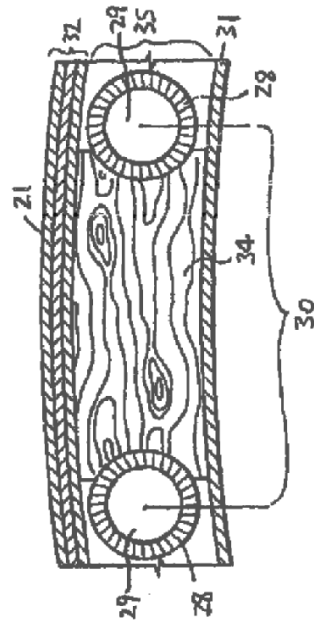


FIG. 3

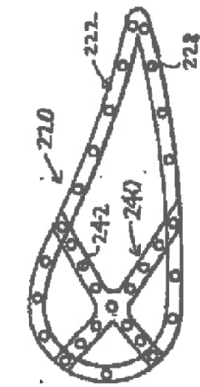


FIG. 5

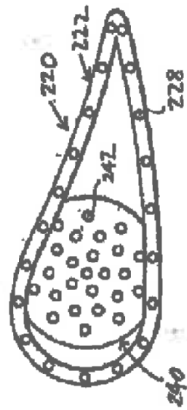


FIG. 7

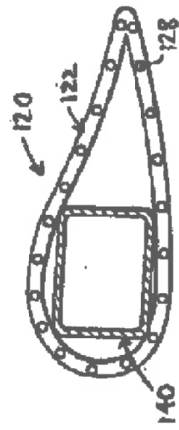


FIG. 4

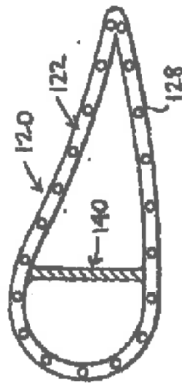


FIG. 6

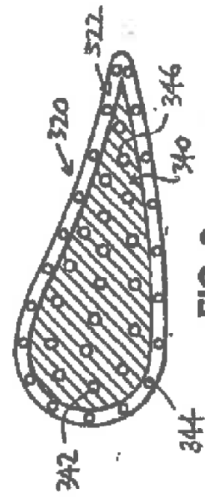


FIG. 8

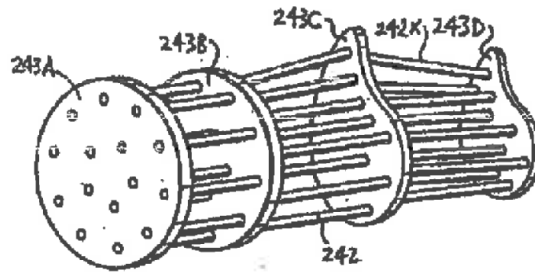


FIG. 9

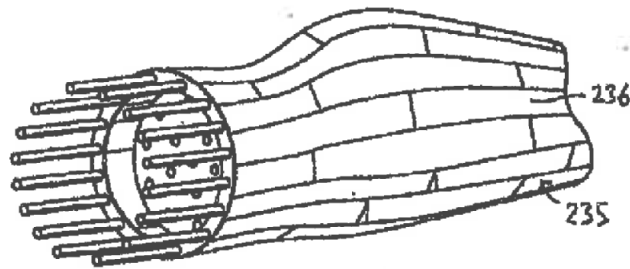


FIG. 10

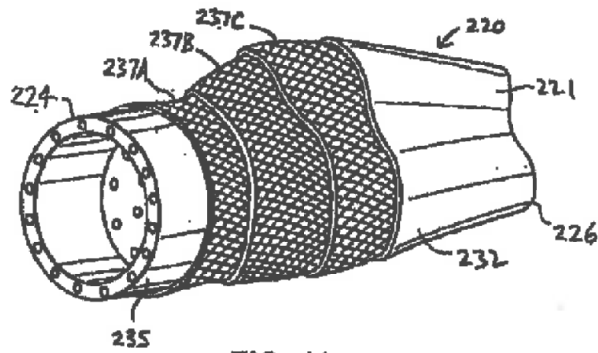


FIG. 11

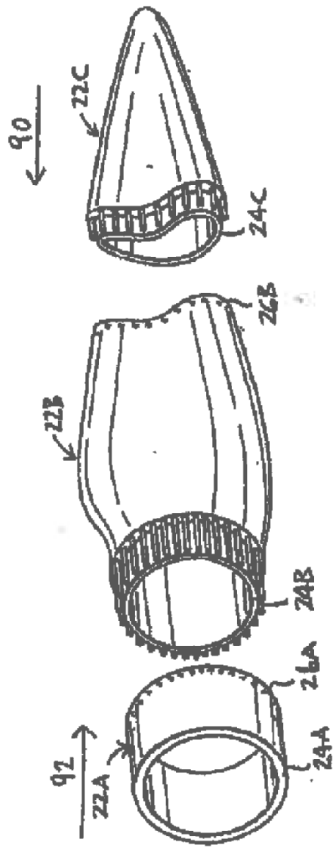


FIG. 12

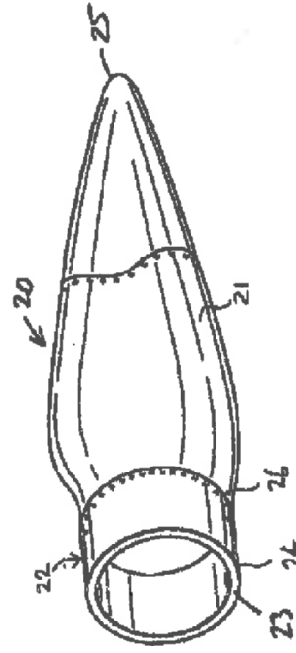


FIG. 13

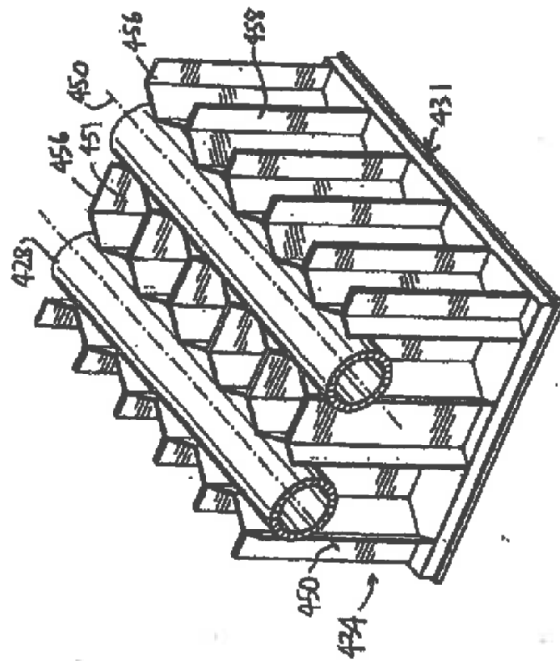


FIG. 14

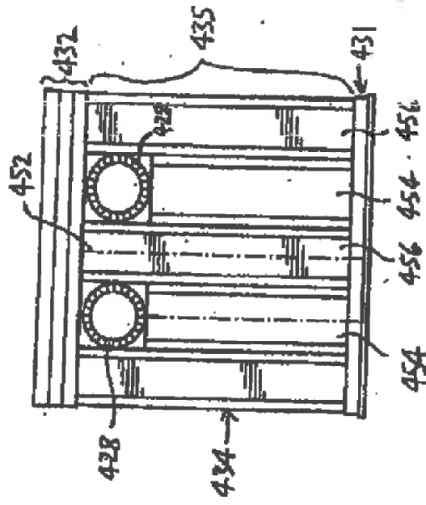


FIG. 15

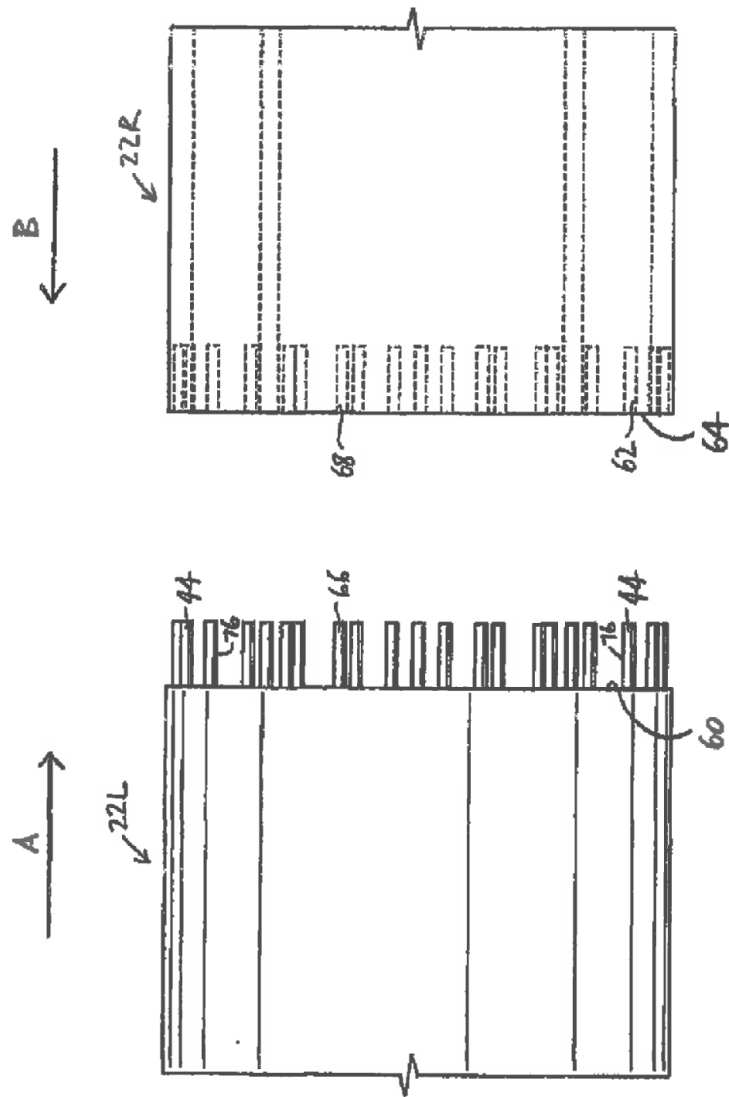


FIG. 16A

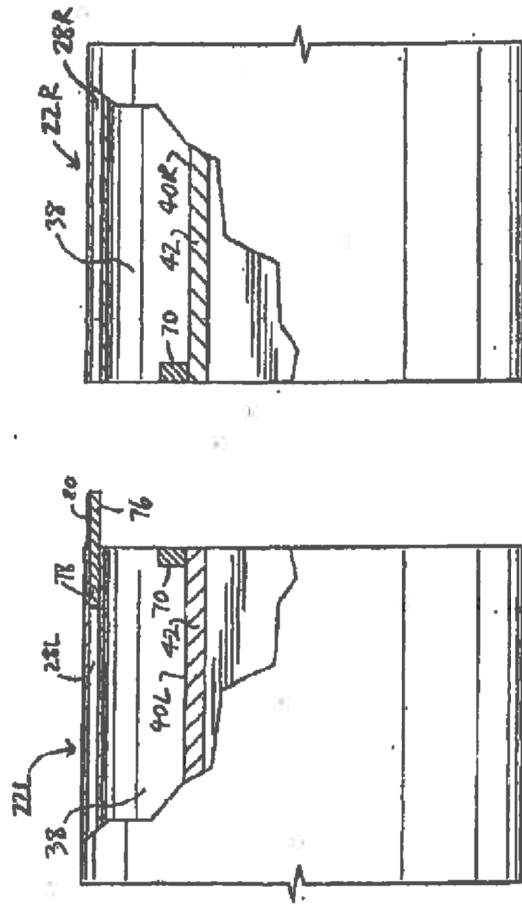


FIG. 16B

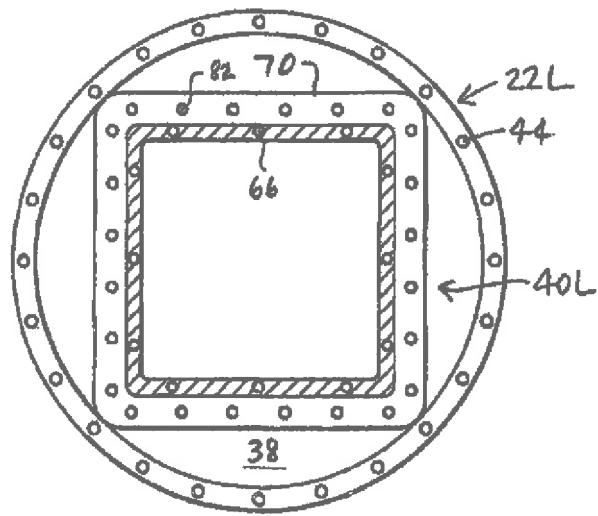


FIG. 17

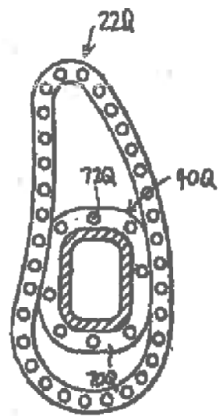


FIG. 18A

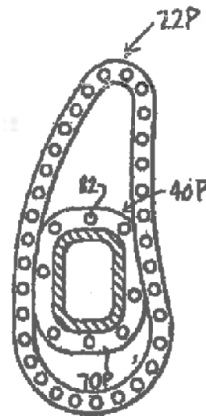


FIG. 18B

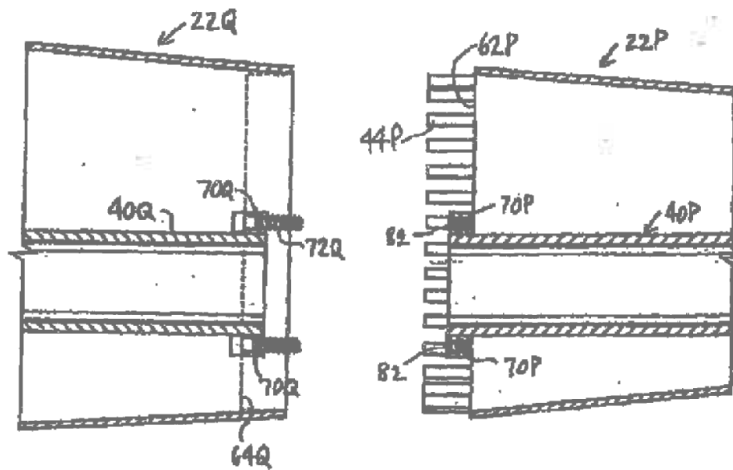


FIG. 18C