

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 645 846**

51 Int. Cl.:

B29C 70/52	(2006.01) <i>B29K 309/08</i>	(2006.01)
B29C 70/54	(2006.01) <i>B29K 105/10</i>	(2006.01)
B29C 69/00	(2006.01)	
F03D 1/06	(2006.01)	
B29D 99/00	(2010.01)	
B29C 70/86	(2006.01)	
B29C 70/08	(2006.01)	
B29C 70/20	(2006.01)	
B29L 31/08	(2006.01)	
B29K 105/08	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.10.2014 PCT/DK2014/050348**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2015 WO15058775**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2014 E 14792380 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.10.2017 EP 3060385**

54 Título: **Palas de turbina eólica**

30 Prioridad:

25.10.2013 GB 201318852

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

11.12.2017

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

SMITH, JONATHAN

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 645 846 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

Palas de turbina eólica

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere de manera general a palas de rotor para turbinas eólicas y a métodos de fabricación de palas de turbina eólica. Más específicamente, la presente invención se refiere a palas de turbina eólica que incluyen una pila de tiras de refuerzo de soporte de carga integradas dentro de la estructura de la carcasa, y a un método de fabricación de tales palas.

Antecedentes de la invención

10 La figura 1 es una vista en sección transversal de una pala de rotor de turbina eólica 10. La pala tiene una carcasa exterior 11, que se fabrica a partir de dos medias carcasas: una carcasa de barlovento 11a y una carcasa de sotavento 11b. Las carcasas se moldean a partir de plástico reforzado con fibra de vidrio (GRP). Partes de la carcasa exterior 11 son de construcción de paneles intercalados y comprenden un núcleo 12 de espuma ligera (por ejemplo poliuretano), que se intercala entre las capas de GRP interior 13 y exterior 14 o "revestimientos".

15 La pala 10 comprende un primer par de refuerzos de larguero 15a y 15b y un segundo par de refuerzos de larguero 16a y 16b. Los pares de refuerzos de larguero 15a y 15b, 16a y 16b respectivos están dispuestos entre regiones de paneles intercalados 12 de la carcasa exterior 10. Un refuerzo de larguero 15a, 16a de cada par está integrado con la carcasa de barlovento 11a y el otro refuerzo de larguero 15b, 16b de cada par está integrado con la carcasa de sotavento 11b. Los refuerzos de larguero de los pares respectivos están opuestos entre sí y se extienden longitudinalmente a lo largo de la longitud de la pala 10.

20 Una primera banda de corte que se extiende longitudinalmente 17a conecta a modo de puente el primer par de refuerzos de larguero 15a y 15b y una segunda banda de corte que se extiende longitudinalmente 17b conecta a modo de puente el segundo par de refuerzos de larguero 16a y 16b. Las bandas de corte 17a y 17b en combinación con los refuerzos de larguero 15a y 15b y 16a y 16b forman un par de estructuras de vigas en I, que transfieren cargas eficazmente desde la pala de rotor 10 hasta el buje de la turbina eólica. Los refuerzos de larguero 15a y 15b y 16a y 16b en particular transfieren cargas de flexión por tracción y compresión, mientras que las bandas de corte 17a y 17b transfieren esfuerzos de corte en la pala 10.

25 Cada refuerzo de larguero 15a y 15b y 16a y 16b tiene una sección transversal sustancialmente rectangular y está formado por una pila de tiras de refuerzo prefabricadas 18. Las tiras 18 son tiras pultruidas de plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP), y son sustancialmente planas y de sección transversal rectangular. El número de tiras 18 en la pila depende del grosor de las tiras 18 y el grosor requerido de la carcasa 11, pero normalmente las tiras 18 tienen, cada una, un grosor de unos pocos milímetros y normalmente puede haber entre cuatro y doce tiras en la pila. Las tiras tienen una alta resistencia a la tracción, y por tanto tienen una alta capacidad de soporte de carga.

30 La integración de los refuerzos de larguero 15a y 15b y 16a y 16b dentro de la estructura de la carcasa exterior 11 evita la necesidad de un refuerzo de larguero separado tal como una viga de refuerzo, que se une normalmente a una superficie interna de la carcasa en muchas palas de turbina eólica convencionales. En los documentos EP 1 520 983, WO 2006/082479, GB 2497578 y WO 2013/087078 se describen otros ejemplos de palas de rotor que tienen refuerzos de larguero solidarios con la carcasa.

35 La pala de turbina eólica 10 mostrada en la figura 1 se fabrica usando un procedimiento de infusión de resina (RI), mediante el cual las diversas capas laminadas de la carcasa 11 se estratifican en una cavidad de molde, se sella la cavidad, y se aplica un vacío en la cavidad. Entonces, se introduce resina en la cavidad, y la presión de vacío hace que la resina fluya sobre y alrededor de las capas laminadas y se infunda en los espacios intersticiales entre las capas. Para completar el procedimiento, se cura la estructura estratificada infundida con resina para endurecer la resina y unir las diversas capas laminadas entre sí para formar la pala 10.

40 Las tiras de refuerzo pultruidas 18 descritas anteriormente tienden a tener una superficie exterior relativamente lisa y plana, que es una característica del procedimiento de pultrusión. Como resultado, cuando se apilan las tiras unas encima de las otras en el molde, hay muy poco espacio intersticial entre las tiras 18. Normalmente, el espacio entre las tiras es de entre aproximadamente 0,1 y 0,3 mm. Esta falta de espacio hace difícil que la resina se infunda entre las tiras 18, y puede dar como resultado que se forme una mala unión entre tiras 18 adyacentes en la pila. Si las tiras 18 no se unen de manera apropiada entre sí, existe el riesgo de que se produzca una deslaminación en la estructura de pala, lo que puede llevar al fallo de la pala 10 en uso. Este problema no se limita a tiras pultruidas 18, sino que puede existir cuando se apilan otros tipos de tiras de refuerzo que tienen una superficie exterior lisa.

45 Un método conocido para obtener una superficie que es más adecuada para la unión es proporcionar una capa de "lámina desprendible" 38 sobre las superficies superior e inferior de la tira de refuerzo pultruida 18 como se ilustra en la figura 2, que pueden retirarse para formar una superficie texturizada que comprende picos y valles dispuestos de manera no uniforme. La superficie texturizada proporciona espacio en la superficie de contacto entre las tiras apiladas 18, permitiendo que la resina se infiltre más fácilmente entre las tiras 18, por ejemplo mediante acción

capilar.

5 Tales láminas desprendibles 38 se fabrican a partir de un material textil tejido de manera apretada, normalmente una poliamida, que se recubre con un agente de desprendimiento. El ligamento apretado del material textil y el agente de desprendimiento impiden que la lámina desprendible se una a la resina en la tira, de modo que la lámina desprendible puede retirarse fácilmente.

Como se ilustra en la figura 3, la lámina desprendible 38 se aplica a la tira 18 durante el procedimiento de pultrusión. La lámina desprendible 38 se extrae a través de una hilera 40 junto con las fibras 42 y la resina que formarán la tira 18. Después se cura la tira 18. Cuando se retira la lámina desprendible 38, ésta retira una capa de resina curada de la superficie de la tira 18, proporcionando de este modo la superficie texturizada.

10 Aunque el uso de capas de lámina desprendible 38 ayuda con la infusión de resina, existen algunos problemas asociados con el uso de capas de lámina desprendible 38. Las capas de lámina desprendible 38 deben retirarse de cada tira 18 manualmente antes de colocar las tiras 18 en el molde, lo cual es engorroso y requiere mucho tiempo, y prolonga el procedimiento de fabricación.

15 Además, dado que las superficies que quedan por la retirada de las capas de lámina desprendible 38 son rugosas y no uniformes, el contacto entre las tiras 18 de manera similar no es uniforme. El contacto puede ser de pico a pico (es decir entre picos en las superficies texturizadas de tiras vecinas 18 en la pila), lo que separa adicionalmente las tiras 18 proporcionando un espacio intersticial relativamente grande en el que fluye resina de manera relativamente fácil, o el contacto puede ser de pico a valle (es decir entre un pico en la superficie de una tira y un valle en la superficie de una tira vecina 18 en la pila) lo que mantiene las tiras 18 más cerca entre sí proporcionando una cantidad relativamente pequeña de espacio intersticial en el que el flujo de resina es relativamente lento. Por tanto, la cantidad de espacio intersticial, y por lo tanto la velocidad de flujo de resina, varía a lo largo de las tiras 18, lo que puede llevar a que quede aire atrapado entre las tiras 18, lo que debilita la unión entre las tiras 18.

20 El documento EP2341239 describe un larguero para una pala de turbina eólica que comprende una pluralidad de segmentos de perfil pultruidos y un procedimiento de pultrusión para fabricar una tira según el preámbulo de la reivindicación 1.

El documento FR1387857 describe un procedimiento de pultrusión. Un objeto de la invención es mitigar o superar al menos uno de los problemas de la técnica anterior.

Sumario de la invención

30 En este contexto, y desde un primer aspecto, la invención se refiere a un procedimiento de pultrusión para fabricar una tira para una estructura de refuerzo alargada de una pala de turbina eólica, comprendiendo el procedimiento: extraer fibras y resina a través de una hilera de pultrusión en una dirección de procedimiento para formar una tira y aplicar una capa promotora de infusión a una superficie de la tira aguas abajo de la hilera en la dirección de procedimiento.

35 Por tanto, una tira fabricada según el procedimiento de pultrusión de la invención tiene una capa promotora de infusión aplicada a al menos una superficie. Cuando se apila una pluralidad de tiras unas encima de otras para formar una estructura de refuerzo alargada, esta capa promotora de infusión se dispone entre tiras vecinas en la pila. La resina puede fundirse fácilmente dentro de la capa promotora de infusión, y por lo tanto puede fundirse fácilmente entre tiras vecinas en la pila. Esto reduce las posibilidades de formar bolsas de aire entre las tiras, que de otro modo actuarían como iniciadores de grietas. Por tanto, una estructura de refuerzo alargada que incorpora tiras fabricadas según el procedimiento de pultrusión de la invención puede soportar una carga mayor que una estructura de refuerzo alargada que incorpora tiras convencionales.

El procedimiento de pultrusión puede comprender unir la capa promotora de infusión a la superficie de la tira.

45 Para unir la capa promotora de infusión a la superficie de la tira sin la necesidad de un adhesivo, el procedimiento de pultrusión pueden comprender aplicar la capa promotora de infusión a la superficie de la tira cuando la tira está en un estado no curado o semicurado, y curar la tira para unir la capa promotora de infusión a la superficie de la tira.

Alternativamente, el procedimiento puede comprender curar la tira antes de aplicar la capa promotora de infusión a la superficie de la tira. En este caso, puede aplicarse una capa adhesiva a la superficie de la tira después de curar la tira y antes de aplicar la capa promotora de infusión. Para obtener una distribución delgada y uniforme de capa adhesiva, el procedimiento puede comprender pulverizar la capa adhesiva sobre la superficie de la tira.

50 La capa promotora de infusión puede ser una capa fibrosa, tal como una capa de material textil de vidrio. Una capa fibrosa es particularmente ventajosa, ya que la estructura fibrosa proporciona huecos en la capa a través de los cuales puede fundirse resina de manera particularmente fácil. Para proporcionar huecos suficientemente grandes, la capa promotora de infusión puede tener una densidad de fibras de entre aproximadamente 100 gramos por metro cuadrado y 300 gramos por metro cuadrado.

El procedimiento de pultrusión puede comprender aplicar la capa promotora de infusión a una superficie superior o una superficie inferior de la tira pultruida. De esta manera, sólo se necesita usar una capa promotora de infusión para cada tira, y cuando se apilan entre sí una pluralidad de tiras, se dispone una única capa promotora de infusión entre tiras vecinas para promover la infusión de resina.

- 5 El procedimiento de pultrusión puede comprender aplicar una primera capa promotora de infusión a una superficie superior de la tira pultruida, y aplicar una segunda capa promotora de infusión a una superficie inferior de la tira pultruida. De esta manera, cuando se apilan entre sí una pluralidad de tiras, se disponen dos capas promotoras de infusión entre tiras vecinas para promover aún más la infusión de resina.

- 10 La tira puede tener una longitud de entre aproximadamente 2 metros y aproximadamente 1000 metros. En particular, la tira puede tener una longitud de entre aproximadamente 10 metros y aproximadamente 150 metros, y en realizaciones preferidas la tira puede tener una longitud de entre aproximadamente 10 metros y aproximadamente 80 metros. La longitud puede estar determinada por la longitud de la estructura de refuerzo alargada en la que va a incorporarse la tira, o puede estar determinada, por ejemplo, por el procedimiento de fabricación de la estructura de refuerzo alargada.

- 15 Un aparato de pultrusión para fabricar una tira para una estructura de refuerzo alargada para una pala de turbina eólica puede comprender una hilera de pultrusión, un dispositivo de extracción para extraer fibras y resina a través de la hilera de pultrusión en una dirección de procedimiento para formar una tira, y una estación de aplicación para aplicar una capa promotora de infusión a una superficie de la tira, en el que la estación de aplicación se dispone en línea con la hilera de pultrusión y aguas abajo de la hilera de pultrusión en la dirección de procedimiento.

- 20 La estación de aplicación puede comprender un rodillo para aplicar la capa promotora de infusión a la superficie de la tira. El rodillo proporciona un medio para mecanizar la aplicación del material promotor de infusión, reduciendo la necesidad de entrada manual. El rodillo puede también usarse para aplicar presión al material promotor de infusión a medida que se aplica a la tira.

- 25 El aparato de pultrusión puede comprender una estación de adhesivo configurada para aplicar una capa adhesiva a la superficie de la tira. La estación de adhesivo puede estar dispuesta en línea con la hilera de pultrusión y entre la hilera de pultrusión y la estación de aplicación. La estación de adhesivo proporciona un medio para mecanizar el procedimiento de aplicación de adhesivo, reduciendo la necesidad de entrada manual.

Para una aplicación del adhesivo particularmente rápida y uniforme, la estación de adhesivo puede estar configurada para pulverizar una capa adhesiva sobre la superficie de la tira.

- 30 El aparato de pultrusión puede comprender un dispositivo de calentamiento para curar la tira. El dispositivo de calentamiento puede estar dispuesto aguas arriba de la estación de aplicación de adhesivo en la dirección de procedimiento. De esta manera, puede curarse la tira y puede aplicarse el adhesivo a la tira en un procedimiento continuo.

- 35 El aparato de pultrusión puede comprender estaciones de aplicación primera y segunda dispuestas en lados opuestos de la tira y configuradas respectivamente para aplicar una capa promotora de infusión respectiva a superficies superior e inferior respectivas de la tira.

- 40 Desde otro aspecto, la invención se refiere a un método de fabricación de una estructura de refuerzo alargada para una pala de turbina eólica, comprendiendo el método: proporcionar una pluralidad de tiras fabricadas según el procedimiento de pultrusión descrito anteriormente; formar una estructura laminada apilando la pluralidad de tiras en una herramienta de molde; infundir resina a través de la estructura laminada; y curar la resina para formar la estructura de refuerzo alargada.

Breve descripción de los dibujos

Ya se ha hecho referencia a las figuras 1 a 3 de los dibujos. Con el fin de poder entender más fácilmente la invención, ahora se hará referencia, únicamente a modo de ejemplo, al resto de los dibujos, en los que:

- 45 las figuras 4a y 4b son vistas de perspectiva y frontal respectivamente de una tira según una realización de la invención para una estructura de refuerzo alargada de una pala de turbina eólica según un aspecto de la invención;

la figura 5 es una vista frontal de la tira de la figura 4 dispuesta en una pila con una pluralidad de tiras similares;

la figura 6 es una vista frontal ampliada de una región de infusión entre dos tiras en la pila de la figura 5;

- 50 la figura 7 es un esquema de un método de fabricación de la tira de las figuras 4a y 4b según otra realización de la invención;

la figura 8 es un esquema de otro método de fabricación de la tira de las figuras 4a y 4b;

la figura 9 es una vista frontal de una tira según otra realización de la invención para una estructura de refuerzo

alargada de una pala de turbina eólica;

la figura 10 es una vista frontal ampliada de una región de infusión formada entre la tira de la figura 9 y otra tira, cuando las tiras se disponen en una pila;

5 la figura 11 es un esquema de un método de fabricación de la tira de la figura 9 según otra realización de la invención; y

la figura 12 es un esquema de otro método de fabricación de la tira de la figura 9.

Descripción detallada de realizaciones de la invención

10 Las figuras 4a y 4b muestran una tira 100 para una estructura de refuerzo alargada para una pala de turbina eólica. En la realización descrita, la estructura de refuerzo alargada es un refuerzo de larguero, similar al descrito anteriormente en relación con la figura 1.

La tira 100 es una tira pultruida de material polimérico reforzado con fibra 102 que se extiende longitudinalmente entre extremos opuestos 104. La tira pultruida 102 comprende lados 103, y superficies superior e inferior 106, 108. Cada una de las superficies superior e inferior 106, 108 está dotada de una capa promotora de infusión 110 que está unida a la superficie superior o inferior 106, 108 respectiva.

15 Las capas promotoras de infusión 110 cubren la totalidad de las superficies superior e inferior 106, 108 de la tira pultruida 102. En particular, las capas promotoras de infusión 108 se extienden continuamente entre los extremos 104 de la tira 102 en una dirección longitudinal, y continuamente entre los lados 103 de la tira 110 en una dirección transversal.

20 Para integrar la tira 100 en un refuerzo de larguero, como se muestra en la figura 5, se apila una pluralidad de tiras 100 unas encima de otras para formar una pila 112 en un molde (no mostrado). Las tiras 100 se apilan con la superficie superior 106 de una tira 100 enfrentada a la superficie inferior 108 de una tira vecina 100 en la pila 112. De esta manera, las superficies externas 113 de las capas promotoras de infusión 110 de tiras vecinas 100 están en contacto entre sí. En conjunto, las capas promotoras de infusión 110 adyacentes forman una región de infusión 114 entre cada par de tiras vecinas 100.

25 Una vez que se han dispuesto las tiras 100 en la pila 112, se introduce resina en la pila 112. La resina se infiltra alrededor de la pila 112 y también entre las tiras 110 en la pila 112 mediante las regiones de infusión 114 entre las tiras 100.

La figura 6 muestra la capa promotora de infusión 110 y la región de infusión 114 en mayor detalle, y revela que la capa promotora de infusión es una capa fibrosa que tiene un ligamento relativamente holgado.

30 En la realización mostrada, la capa promotora de infusión 110 es una capa de material de fibra de vidrio, y específicamente es una capa de material textil de fibra de vidrio tejido de Hexcel que tiene una densidad de 200 gramos por metro cuadrado (gmc).

35 La densidad de fibras del material de fibra de vidrio es relativamente baja; por ejemplo de entre aproximadamente 100 y aproximadamente 300 gmc. En particular, la densidad de fibras del material de fibra de vidrio es suficientemente baja como para que la resina pueda fundirse de manera relativamente fácil entre las fibras de vidrio, por lo que la capa de material de fibra de vidrio potencia el flujo de resina. La densidad de fibras también es suficientemente baja como para permitir que el material de fibra de vidrio se una a la superficie 106, 108 de la tira pultruida 102.

40 La capa promotora de infusión 110 presenta una superficie interior 111 y una superficie exterior 113. La superficie interior 111 se une a la superficie superior o inferior 106, 108 de la tira pultruida 102, por ejemplo por medio de una capa adhesiva 116. La superficie exterior 113 forma la superficie externa de la tira 100. La superficie exterior 113 está texturizada debido a la naturaleza fibrosa de la capa promotora de infusión 110. Cuando se sitúan tiras 100 unas encima de otras, esta superficie texturizada sirve para separar las tiras 100, aumentando el tamaño del espacio intersticial entre las tiras 100 y facilitando adicionalmente el flujo de resina entre las tiras 100.

45 La capa adhesiva 116 no penetra totalmente en la capa promotora de infusión 110, sino que permanece sólo en una región de la capa promotora de infusión 110 que está más cerca de la tira pultruida 102. De esta manera, los espacios entre las fibras de la capa promotora de infusión 110 no se bloquean por el adhesivo, y en vez de eso están abiertos para recibir resina de infusión. En otras palabras, y en contraposición a una capa de lámina desprendible, la capa promotora de infusión es un material textil seco y no se infunde con resina.

50 Además, el ligamento relativamente holgado de la capa promotora de infusión 110 proporciona espacios relativamente grandes entre las fibras del ligamento, por lo que puede fundirse resina fácilmente dentro de las capas promotoras de infusión 110, y por lo tanto puede fundirse fácilmente a través de la región de infusión 114 entre tiras vecinas 100.

La figura 6 también revela que entre las capas promotoras de infusión 110 adyacentes hay un espacio intersticial 118. El espacio intersticial 118 es relativamente grande, lo que permite un flujo de resina relativamente rápido entre las tiras 100.

5 El ligamento de las fibras en las capas promotoras de infusión 110 es uniforme a través de todas las capas promotoras de infusión 110, lo que significa que la velocidad de flujo de resina es correspondientemente uniforme. El ligamento uniforme también significa que los picos y valles proporcionados por el ligamento se disponen de manera uniforme, de manera que el espacio intersticial 118 es sustancialmente uniforme a través de toda la tira 100. Esto ayuda adicionalmente a garantizar una velocidad de flujo de resina uniforme. Por tanto, la velocidad de flujo de resina es uniforme a través de toda la región de infusión 114, de manera que cuando se introduce resina entre las tiras 100, la resina puede penetrar más fácilmente por toda la región de infusión 114, reduciendo las posibilidades de que se formen bolsas de aire entre las tiras 100.

10 Después de haberse infundido la resina entre y alrededor de las tiras 100 en la pila 112, se cura la resina calentando el molde, y se forma completamente el refuerzo de larguero. Por tanto, las capas promotoras de infusión 110 se integran en el refuerzo de larguero acabado como elementos estructurales que se sitúan entre cada par de tiras pultruidas vecinas 102 en la pila 112. Esto contrasta con la lámina desprendible, que se retira de la superficie de una tira antes de apilarse la tira.

Haciendo ahora referencia a la figura 7, la tira 100 descrita anteriormente se fabrica mediante un procedimiento de pultrusión usando un aparato de pultrusión 300. Se extraen fibras empapadas de resina 42 a través de una hilera de pultrusión 40 convencional en una dirección de procedimiento P para formar la tira pultruida 102. Entonces la tira pultruida 102 entra en un horno de curado 44, en el que se calienta la tira pultruida 102 para curar la resina.

20 Aguas abajo del horno de curado 44 hay una estación de aplicación de adhesivo 160. La estación de aplicación de adhesivo 160 comprende dos pulverizadores de adhesivo 162, uno dispuesto por encima de la tira pultruida 102 y uno dispuesto por debajo de la tira pultruida 102. Los pulverizadores de adhesivo 162 pulverizan una capa adhesiva 116 (véase la figura 6), tal como una capa de resina epoxídica, sobre las superficies superior e inferior 106, 108 de la tira pultruida 102.

Aguas abajo de la estación de aplicación de adhesivo 160 hay una estación de aplicación 150 que aplica las capas promotoras de infusión 110 a las superficies superior e inferior 106, 108 de la tira 102.

30 La estación de aplicación 150 comprende dos sistemas de rodillos 152, uno dispuesto por encima de la tira pultruida 102 y uno dispuesto por debajo de la tira pultruida 102. Los sistemas de rodillos 152 almacenan las capas promotoras de infusión 110, y aplican las capas 110 a las superficies superior e inferior 106, 108 de la tira pultruida 102 respectivamente. Las capas promotoras de infusión 110 se adhieren a las superficies superior e inferior 106, 108 de la tira pultruida 102 por medio de la capa adhesiva 116.

Una vez que se han aplicado las capas promotoras de infusión 110, la tira final 100 está lista para usarse en la fabricación de un refuerzo de larguero, o para el transporte a una instalación de fabricación o almacenamiento.

35 En la figura 8 se ilustra un método alternativo de fabricación de una tira 100, utilizando un aparato de pultrusión 400 alternativo. En este método, se someten a pultrusión fibras empapadas de resina 42 a través de la hilera de pultrusión 40 de la misma manera, pero entonces se transporta directamente la tira pultruida 100 a la estación de aplicación 150, que es sustancialmente idéntica a la estación de aplicación de capa 150 ya descrita.

40 Dado que la tira pultruida 102 aún no se ha curado cuando se aplican las capas promotoras de infusión 110, las superficies superior e inferior 106, 108 de la tira pultruida 102 son pegajosas. Esto permite que las capas promotoras de infusión 110 se adhieran a las superficies superior e inferior 106, 108 sin la necesidad de un adhesivo adicional.

45 La resina en la tira pultruida 102 sólo se infiltra en las capas promotoras de infusión 110 una corta distancia, y por lo tanto sólo se infiltra en una pequeña región de la capa promotora de infusión 110 que está cerca de la tira pultruida 102. Esto es porque, en ausencia de un vacío, existe una fuerza motriz relativamente pequeña para la infusión de resina. Por tanto, las fibras de las capas promotoras de infusión 110 no se saturan con resina, y los espacios entre las fibras permanecen abiertos para recibir resina durante un procedimiento de infusión de resina posterior.

50 La tira pultruida 102, con las capas promotoras de infusión 110 aplicadas a sus superficies superior e inferior 106, 108, se transporta a un horno de curado 44, en el que se calienta la tira pultruida 102 para curar la resina. A medida que se cura la resina, las capas promotoras de infusión 110 se unen a la tira pultruida 102. Una vez curada, la tira 100 está entonces lista para su uso en un refuerzo de larguero.

En versiones alternativas del método, la tira puede estar semicurada antes de aplicarse las capas promotoras de infusión 110, para garantizar que la superficie superior e inferior 106, 108 tienen un nivel adecuado de pegajosidad para la adhesión.

55 La figura 9 ilustra una tira alternativa 200 para usar en una estructura de refuerzo alargada de una pala de turbina eólica. La tira 200 es similar a la tira 100 descrita anteriormente, pero en este caso una capa promotora de infusión

110 se une sólo a la superficie superior 106 de la tira pultruida 102, mientras que la superficie inferior 108 queda expuesta al entorno.

5 Como se ilustra en la figura 10, cuando se apila la tira 200 con otras tiras 200 similares, la capa promotora de infusión 110 se sitúa frente a la superficie inferior 108 de una tira vecina 200 en la pila. De esta manera, se crea una región de infusión 214 entre las tiras 200 en la pila, de una manera similar a la ya descrita.

La figura 10 muestra la región de infusión 214 en mayor detalle. En este caso, la región de infusión 214 comprende una única capa promotora de infusión 110. Se crea un espacio intersticial 218 entre la capa promotora de infusión 110 y la superficie inferior 108 de la tira vecina 200 en la pila. La región de infusión 214 potencia la infusión de resina entre las tiras 200, y lo hace de manera sustancialmente uniforme, como ya se ha descrito anteriormente.

10 La figura 11 muestra un aparato 500 para fabricar una tira 200 que tiene una única capa promotora de infusión 110. El aparato 500 es similar al ya descrito anteriormente, pero está configurado para unir la capa promotora de infusión 110 sólo a la superficie superior 106 de la tira pultruida 102.

Se tira de fibras empapadas de resina 42 a través de la hilera de pultrusión 40 para formar la tira pultruida 102 de la manera ya descrita. Después se alimenta la tira pultruida 102 al horno de curado 44 para curarse.

15 Después, se alimenta la tira pultruida 102 a la estación de aplicación de adhesivo 260. La estación de aplicación de adhesivo 260 comprende un pulverizador de adhesivo 162 dispuesto por encima de la tira pultruida 102. El pulverizador de adhesivo 162 pulveriza una capa adhesiva 116 (véase la figura 6), tal como una capa de resina epoxídica, sobre la superficie superior 106 de la tira pultruida 102.

20 Después se alimenta la tira 102 a una estación de aplicación 250. La estación de aplicación 250 comprende un sistema de rodillos 152 dispuesto por encima de la tira pultruida 102. El sistema de rodillos 152 porta la capa promotora de infusión 110 y aplica la capa 110 a la superficie superior 106 de la tira pultruida 102. La capa promotora de infusión 110 se adhiere a la superficie superior 106 de la tira pultruida 102 por medio de la capa adhesiva 116, como se ha descrito.

25 La figura 12 ilustra un aparato 600 alternativo para fabricar una tira 200 que tiene una única capa promotora de infusión 110. En este aparato 600, se someten a pultrusión fibras empapadas de resina 42 a través de la hilera de pultrusión 40 para formar una tira pultruida 102.

30 Después se alimenta la tira 102 a una estación de aplicación de capa 250. La estación de aplicación 250 comprende un sistema de rodillos 152 dispuesto por encima de la tira pultruida 102. El sistema de rodillos 152 porta la capa promotora de infusión 110, y aplica la capa 110 a la superficie superior 106 de la tira pultruida 102. Como se ha descrito anteriormente, la superficie superior 106 de la tira pultruida 102 es pegajosa, por lo que la capa promotora de infusión 110 se adhiere a la superficie superior 106. Por tanto, este método evita la necesidad de una etapa específica de aplicación del adhesivo.

35 La tira pultruida 102, con la capa promotora de infusión 110 aplicada a su superficie superior 106, se transporta a un horno de curado 44, en el que la tira pultruida 102 se calienta para curar la resina, uniendo así la capa promotora de infusión 110 a la superficie superior 106 de la tira pultruida 102.

40 Aunque en las realizaciones descritas la capa promotora de infusión es una capa de material de fibra de vidrio, se apreciará que no se necesita que sea así. La capa promotora de infusión puede ser una capa fibrosa que puede fabricarse a partir de un material diferente, tal como carbono, vidrio, aramida, poliéster, nailon. Las capas fibrosas pueden ser tejidas, uniaxiales, multiaxiales, vellón, o pueden ser filamentos continuos. Alternativamente, la capa promotora de infusión puede ser una capa perforada o porosa.

En realizaciones en las que se usa una capa adhesiva, no se necesita que la capa adhesiva sea una capa de resina epoxídica, sino que puede ser cualquier adhesivo adecuado.

45 El refuerzo de larguero u otra estructura de refuerzo alargada puede fabricarse apilando las tiras y llevando a cabo un procedimiento de infusión de resina en una herramienta de molde, y entonces puede integrarse el refuerzo de larguero resultante u otra estructura de refuerzo alargada en la pala. En otras realizaciones, las tiras pueden apilarse directamente en un molde para una mitad de pala con otros componentes estructurales de la pala, y el procedimiento de infusión de resina puede aplicarse a toda la mitad de pala, de manera que el refuerzo de larguero se forma y se integra en la mitad de pala de manera simultánea.

50 Por tanto, la presente invención no se limita a las realizaciones a modo de ejemplo descritas anteriormente y muchas otras variaciones o modificaciones resultarán evidentes para el experto sin apartarse del alcance de la presente invención como se define en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de pultrusión para fabricar una tira (102) para una estructura de refuerzo alargada de una pala de turbina eólica, comprendiendo el procedimiento:
 5 extraer fibras y resina (42) a través de una hilera de pultrusión (40) en una dirección de procedimiento (P) para formar una tira (102); caracterizado por
 aplicar una capa promotora de infusión (110) a una superficie (106, 108) de la tira aguas abajo de la hilera en la dirección de procedimiento.
2. Procedimiento de pultrusión según la reivindicación 1, que comprende unir la capa promotora de infusión (110) a la superficie (106, 108) de la tira.
- 10 3. Procedimiento de pultrusión según la reivindicación 2, que comprende aplicar la capa promotora de infusión (110) a la superficie de la tira (102) cuando la tira está en un estado no curado o semicurado, y curar la tira para unir la capa promotora de infusión a la superficie de la tira.
4. Procedimiento de pultrusión según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende curar la tira (102) antes de aplicar la capa promotora de infusión (110) a la superficie de la tira.
- 15 5. Procedimiento de pultrusión según la reivindicación 4, que comprende aplicar una capa adhesiva (116) a la superficie de la tira (106, 108) tras curar la tira y antes de aplicar la capa promotora de infusión (110).
6. Procedimiento de pultrusión según la reivindicación 5, que comprende pulverizar la capa adhesiva (116) sobre la superficie (106, 108) de la tira.
- 20 7. Procedimiento de pultrusión según cualquier reivindicación anterior, en el que la capa promotora de infusión (110) es una capa fibrosa.
8. Procedimiento de pultrusión según la reivindicación 7, en el que la capa promotora de infusión (110) es una capa de material textil de vidrio.
9. Procedimiento de pultrusión según la reivindicación 7 o la reivindicación 8, en el que la capa promotora de infusión (110) tiene una densidad de fibras de entre aproximadamente 100 gramos por metro cuadrado y
 25 300 gramos por metro cuadrado.
10. Procedimiento de pultrusión según cualquier reivindicación anterior, que comprende aplicar la capa promotora de infusión (110) a una superficie superior o una superficie inferior (106, 108) de la tira pultruida.
11. Procedimiento de pultrusión según cualquier reivindicación anterior, que comprende aplicar una primera capa promotora de infusión a una superficie superior de la tira pultruida (102), y aplicar una segunda capa promotora de infusión a una superficie inferior de la tira pultruida.
 30
12. Procedimiento de pultrusión según cualquier reivindicación anterior, en el que la tira (102) tiene una longitud de entre aproximadamente 2 metros y aproximadamente 1000 metros.
13. Procedimiento de pultrusión según la reivindicación 12, en el que la tira (102) tiene una longitud de entre aproximadamente 10 metros y aproximadamente 150 metros.
- 35 14. Procedimiento de pultrusión según la reivindicación 13, en el que la tira (102) tiene una longitud de entre aproximadamente 10 metros y aproximadamente 80 metros.
15. Método de fabricación de una estructura de refuerzo alargada para una pala de turbina eólica, comprendiendo el método:
 40 proporcionar una pluralidad de tiras (102) fabricadas según el procedimiento de pultrusión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14;
 formar una estructura laminada apilando la pluralidad de tiras en una herramienta de molde;
 infundir resina a través de la estructura laminada; y
 curar la resina para formar la estructura de refuerzo alargada.

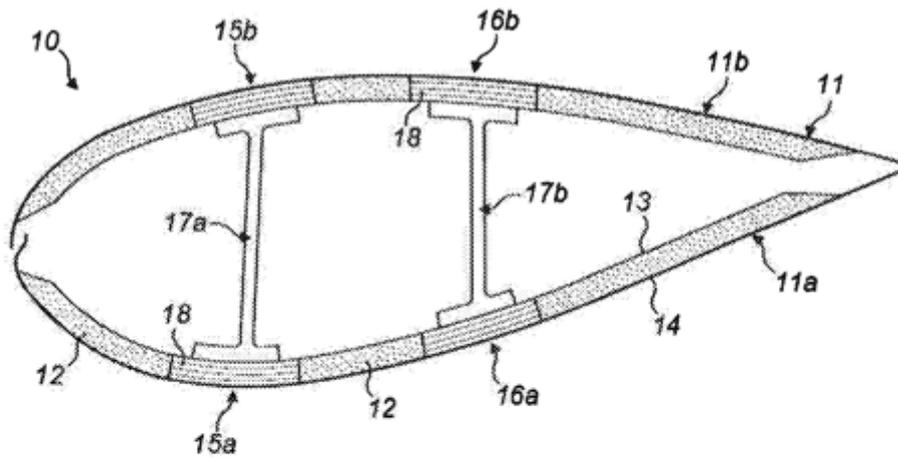


Figura 1

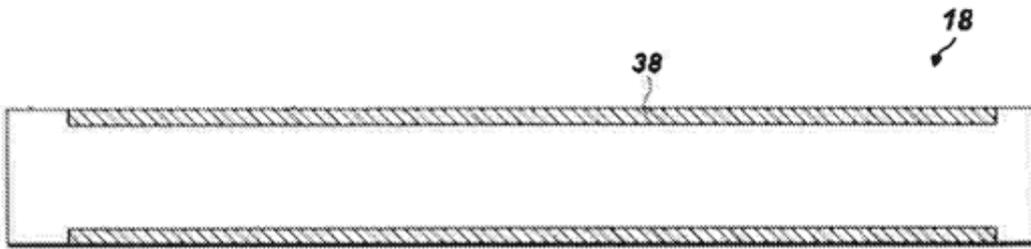


Figura 2

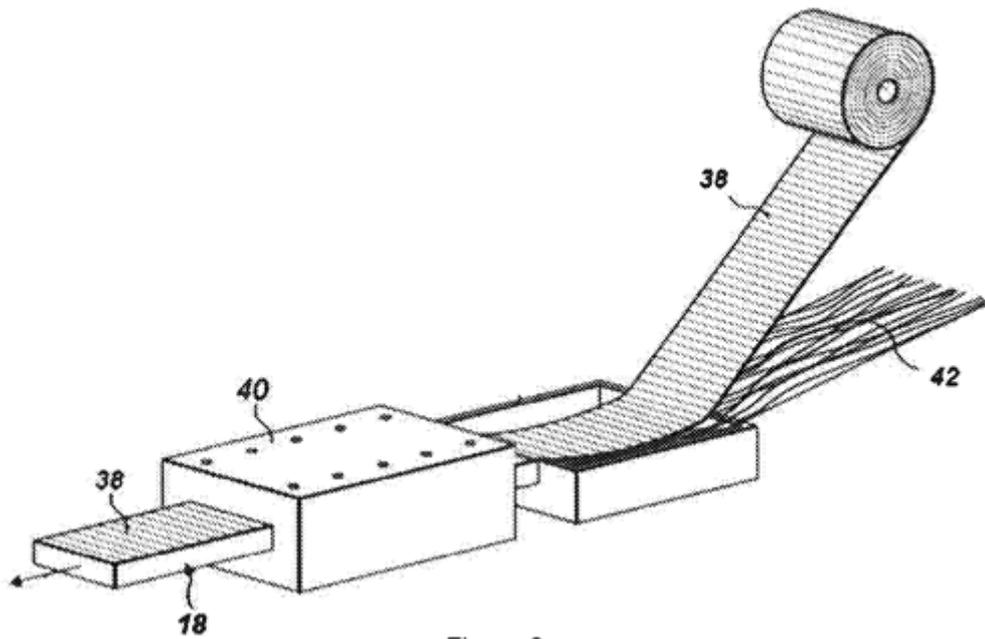


Figura 3

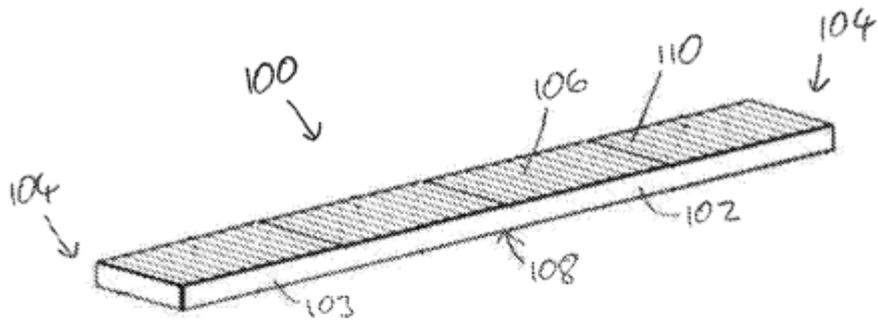


Figura 4a

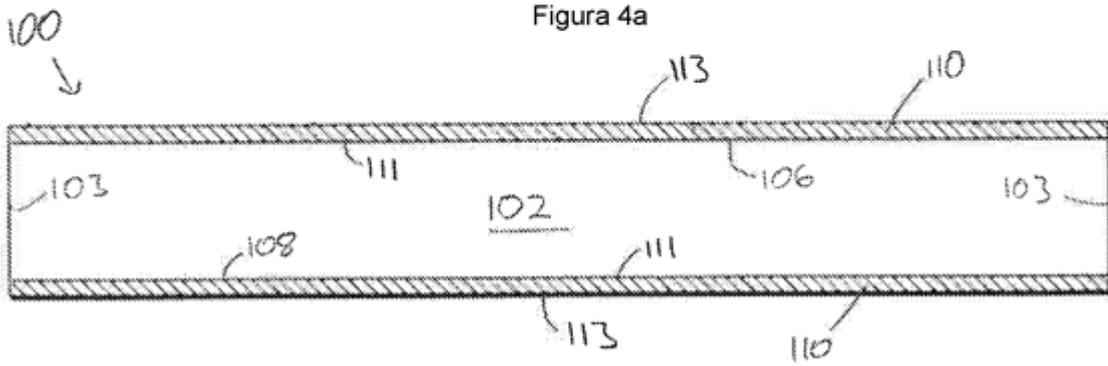


Figura 4b

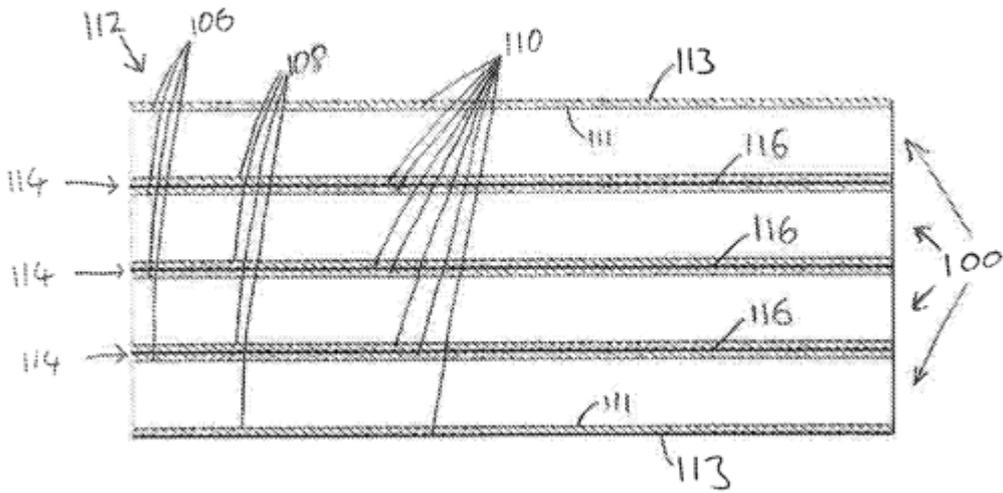


Figura 5

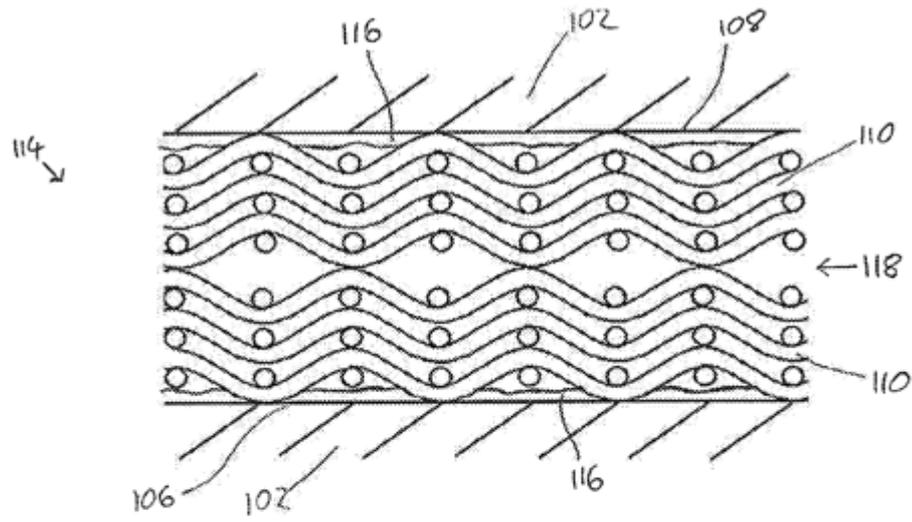


Figura 6

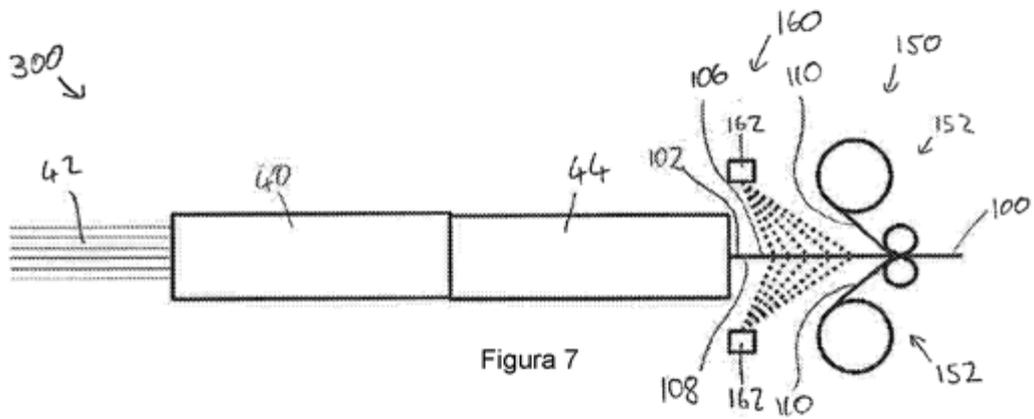


Figura 7

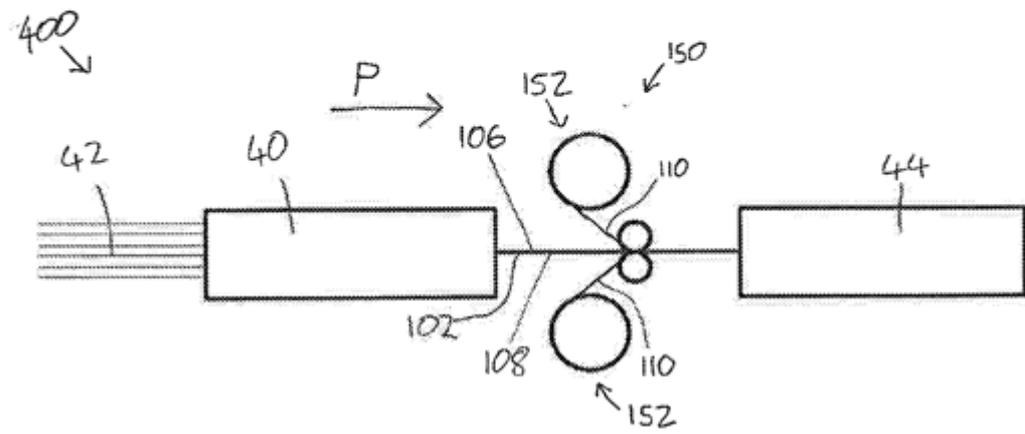


Figura 8

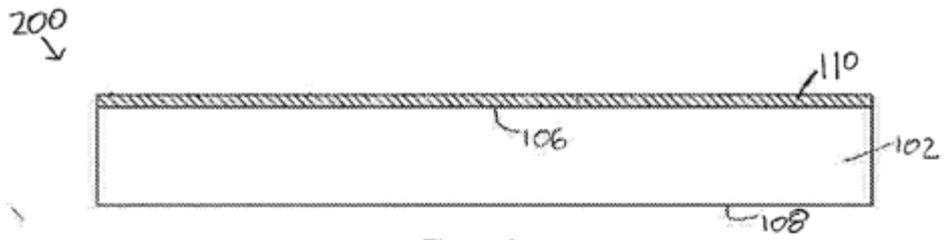


Figura 9

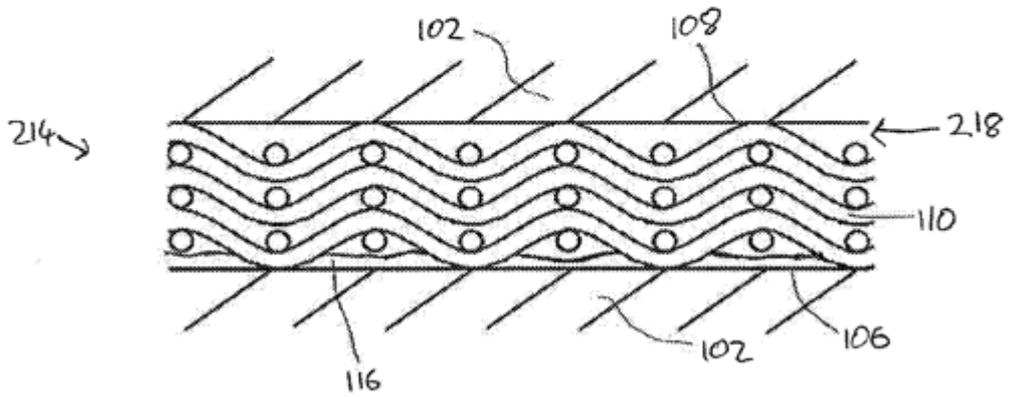


Figura 10

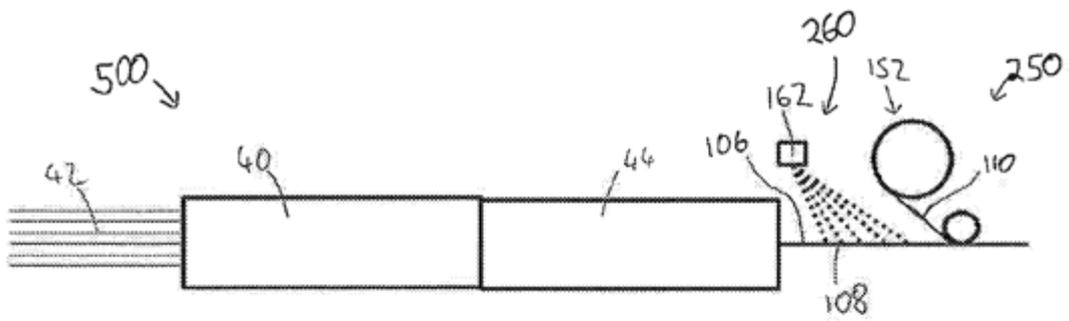


Figura 11

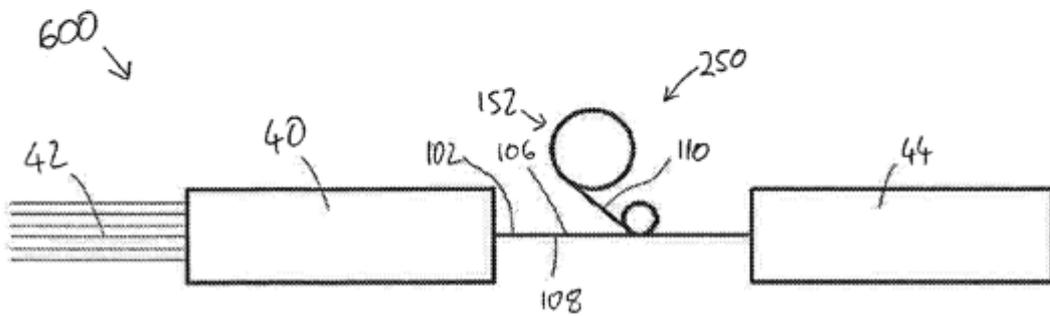


Figura 12