

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 949 150**

51 Int. Cl.:

F16B 43/00 (2006.01)

B64D 45/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.01.2018 PCT/GB2018/050205**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.08.2018 WO18142108**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.01.2018 E 18702794 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023 EP 3577353**

54 Título: **Arandela de aislamiento eléctrico y conjunto estructural para una aeronave con tal arandela**

30 Prioridad:

06.02.2017 GB 201701899

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

26.09.2023

73 Titular/es:

SHORT BROTHERS PLC (100.0%)

Airport Road

Belfast BT3 9DZ, GB

72 Inventor/es:

BALLOCCI, PAOLO;

WALSH, ROBERT y

DONALDSON, NIGEL

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 949 150 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

Arandela de aislamiento eléctrico y conjunto estructural para una aeronave con tal arandela

5 Campo

Esta invención se refiere al aislamiento eléctrico en aeronaves y, en particular, a los dispositivos compuestos de aislamiento eléctrico.

Antecedentes

10

Los materiales compuestos se usan cada vez más en las aeronaves debido a sus características de resistencia y peso.

15

El uso de materiales compuestos también puede presentar desafíos. Por ejemplo, en vuelo, una aeronave puede ser golpeada por un rayo. Para disipar de manera segura la energía eléctrica asociada con la caída de un rayo, las estructuras de las aeronaves a menudo se diseñan para distribuir la corriente eléctrica a lo largo de la aeronave de manera segura. Muchos materiales compuestos no son conductores o tienen una conductividad eléctrica relativamente baja, lo que puede plantear desafíos para la disipación segura de la corriente eléctrica durante la caída de un rayo.

20

El documento US4027865 describe un resorte de disco que tiene una cubierta cónica elásticamente deformable y elementos de refuerzo incrustados dentro de la cubierta. El documento US4963215 describe un método de desbarbado de láminas compuestas termoplásticas. Se coloca una capa de fibra de vidrio desnuda sobre las láminas durante el desbarbado. El documento US8413929 describe un panel de revestimiento de aeronave unido a un material estructural tal como una nervadura, un larguero o similares mediante el uso de un sujetador aislante. También se usa una arandela de metal con un recubrimiento aislante.

25

Resumen

30

La invención está de acuerdo con la arandela de la reivindicación 1 y el conjunto estructural de la reivindicación 6. En las reivindicaciones dependientes se exponen otras características seleccionadas. Un ejemplo de conjunto estructural de una aeronave comprende: los miembros estructurales primero y segundo; un sujetador que se extiende hacia los miembros estructurales; y una arandela que se dispone entre el sujetador y uno de los miembros estructurales y que aísla eléctricamente una superficie del sujetador de uno de los miembros estructurales, la arandela que comprende: un núcleo que comprende fibras de refuerzo soportadas en un material de matriz termoplástica, en donde dichas fibras de refuerzo comprenden fibras de carbono; y una capa exterior de aislamiento eléctrico que solapa al núcleo, la capa exterior que comprende fibras de vidrio, en donde dichas fibras de refuerzo comprenden fibras de carbono.

35

40

Preferentemente, dicha capa exterior de aislamiento eléctrico comprende una primera y una segunda lámina de aislamiento eléctrico que comprenden las fibras de vidrio, dicha primera y segunda lámina de aislamiento eléctrico definen las superficies superior e inferior de dicha arandela.

45

Preferentemente, dicho núcleo comprende una pluralidad de láminas de núcleo que comprenden fibras de carbono.

Preferentemente, dicho núcleo comprende al menos tres de dichas láminas de núcleo.

Preferentemente, cada una de dichas láminas de núcleo comprende tela de carbono tejida.

50

Preferentemente, dichas láminas de núcleo se orientan de manera que los patrones de su tela de carbono tejida están en un ángulo distinto de cero entre sí.

Preferentemente, se aplica un sellador epoxi a al menos una porción de una superficie exterior de dicha arandela.

55

Preferentemente, el conjunto incluye un manguito de expansión metálico y dicha arandela se configura para soportar una carga aplicada para deformar dicho manguito de expansión durante la instalación del sujetador.

Preferentemente, dicha arandela se configura para resistir la formación del arco eléctrico entre uno de dichos miembros estructurales y dicho sujetador durante la caída de un rayo.

60

Preferentemente dicho sujetador comprende un eje roscado y una tuerca.

Preferentemente, la superficie de dicho sujetador de aislamiento eléctrico de uno de dichos miembros estructurales es una superficie de la tuerca.

65

Preferentemente, dicho primer miembro estructural es metálico y dicho segundo miembro estructural no es metálico, y dicha arandela se configura para resistir la formación del arco eléctrico entre el primer miembro estructural y dicho sujetador.

5 Preferentemente, dicho sujetador se extiende dentro de un tanque de combustible de la aeronave.

Preferentemente, dicho primer miembro estructural y dicho segundo miembro estructural no son metálicos.

10 Preferentemente, el conjunto incluye un tercer miembro estructural, en donde dicho sujetador se extiende dentro de dichos miembros estructurales primero, segundo y tercero.

15 Un ejemplo de una arandela para recibir un sujetador a través de ella comprende: un núcleo que se forma por fibras de refuerzo soportadas en un material de matriz termoplástica; una capa exterior de aislamiento eléctrico que solapa al núcleo, la capa exterior que comprende fibras de vidrio, en donde dichas fibras de refuerzo comprenden fibras de carbono.

20 Preferentemente, dicha capa de aislamiento eléctrico comprende una primera y una segunda lámina de aislamiento eléctrico que comprenden las fibras de vidrio, dicha primera y segunda lámina de aislamiento eléctrico definen las superficies superior e inferior de dicha arandela.

Preferentemente, dicho núcleo comprende una pluralidad de láminas de núcleo, cada una que comprende fibras de carbono incrustadas en un material de matriz termoplástica.

25 Preferentemente, dicho núcleo comprende al menos tres de dichas láminas de núcleo.

Preferentemente, cada una de dichas láminas de núcleo comprende tela de carbono tejida.

30 Preferentemente, dichas láminas de tela de carbono tejida comprenden hilos tejidos, y dichas láminas se orientan de manera que sus hilos formen un ángulo distinto de cero entre sí.

Preferentemente, se aplica un sellador epoxi a al menos una porción de una superficie exterior de dicha arandela.

Preferentemente, dicha arandela se configura para soportar una carga de compresión de un sujetador de aeronave.

35 Preferentemente, dicha arandela se instala en un conjunto sujetador que comprende un manguito de expansión metálico, y dicha arandela se configura para soportar una carga de compresión que se aplica para deformar dicho manguito de expansión.

40 Preferentemente, dicha arandela se instala entre un sujetador y un sustrato, para resistir la formación del arco eléctrico entre dicho sujetador y dicho sustrato durante la caída de un rayo.

45 La invención también puede entenderse con referencia a un método de ejemplo (que no está de acuerdo con las reivindicaciones) de fabricación de un componente de aislamiento eléctrico. El método comprende: solapar una lámina exterior que comprende fibras de vidrio sobre un núcleo de preforma que comprende fibras de refuerzo y un material de matriz termoplástica; aplicar presión a la lámina exterior y al núcleo de preforma, de esta manera se produce la consolidación de las fibras de refuerzo y el material de la matriz; eliminar la presión para permitir que el material termoplástico se endurezca, de esta manera se forma una estructura laminada a partir de la lámina exterior y las fibras de refuerzo y el material de la matriz consolidados.

50 Preferentemente, el método incluye cortar una arandela de dicha estructura laminada.

Preferentemente, dichas fibras de refuerzo comprenden fibras de carbono.

55 Preferentemente, dicho núcleo y dicha al menos una lámina exterior se presionan entre troqueles opuestos.

Preferentemente, dicho núcleo y dicha al menos una lámina exterior se presionan entre rodillos opuestos.

60 Preferentemente, dicho núcleo comprende una pluralidad de láminas de núcleo, cada lámina de núcleo que incluye una lámina de tela de fibra de carbono con un material termoplástico aplicado a la misma.

Preferentemente, el método incluye apilar dicha al menos una lámina exterior y dicha pluralidad de láminas de núcleo y aplicar presión a la pila para consolidar dicha tela de fibra de carbono con dicho material termoplástico.

65 Preferentemente, dicha al menos una lámina exterior comprende una lámina exterior en una superficie superior de dicho núcleo y una lámina exterior en una superficie inferior de dicho núcleo.

Preferentemente, cortar dicha arandela comprende cortar mediante el uso de un chorro de agua.

5 Un ejemplo de componente de aislamiento eléctrico (que no está de acuerdo con las reivindicaciones) para su inserción entre componentes de un conjunto estructural de aeronave, comprende: un núcleo que se forma de fibras de refuerzo incrustadas en un material de matriz termoplástica.

10 Preferentemente, el componente de aislamiento incluye una lámina exterior de aislamiento eléctrico que solapa a dicho núcleo, dicho lámina exterior que comprende, fibras de vidrio, dichas fibras de refuerzo y dichas fibras de vidrio que se forman de diferentes materiales.

15 Preferentemente, el componente de aislamiento incluye una primera y una segunda lámina de aislamiento eléctrico que se forman de fibra de vidrio, dichos primera y segunda láminas de aislamiento eléctrico definen las superficies superior e inferior de dicho componente de aislamiento.

20 Preferentemente, dicho núcleo comprende una pluralidad de láminas de núcleo.

Preferentemente, dicho núcleo comprende al menos tres de dichas láminas de núcleo.

25 Preferentemente, cada una de dichas láminas de núcleo comprende tela de carbono tejida.

30 Preferentemente, los patrones de tejido de dichas láminas de tela de carbono tejida están en un ángulo distinto de cero entre sí.

35 Preferentemente, se aplica un sellador epoxi a al menos una porción de una superficie de dicho componente de aislamiento.

Preferentemente, dicho componente de aislamiento es una cuña.

40 Breve descripción de los dibujos

En las figuras, que representan:

Las Figuras 1A-1C son vistas esquemáticas de un ala de una aeronave;

35 Las Figuras 2A-2B son vistas en sección transversal de conjuntos estructurales del ala de la Figura. 1, que incluye un sujetador, de acuerdo con la invención;

La Figura 3 es una vista en perspectiva de una arandela, de acuerdo con la invención;

40 La Figura 4A es una vista en corte parcial de la arandela de la Figura 3;

La Figura 4B es una vista ampliada de una tela de fibra de carbono tejida;

45 La Figura 4C es una vista en sección transversal de la tela de la Figura 4B, a lo largo de la línea 4C-4C;

La Figura 5 es una vista en perspectiva de otra arandela;

Las Figuras 6A-6C son vistas en perspectiva de arandelas;

50 La Figura 7 es un diagrama de flujo que muestra un método (no de acuerdo con la invención) para fabricar una arandela;

Las Figuras 8A-8E son diagramas esquemáticos que muestran etapas de ejemplo del método de la Figura 7;

55 La Figura 9 es un diagrama esquemático que muestra etapas alternativas de ejemplo del método de la Figura 7; y

La Figura 10 es un diagrama esquemático que muestra un componente de aislamiento eléctrico (no de acuerdo con las reivindicaciones) interpuesto entre los miembros estructurales de la aeronave.

60 Descripción detallada

65 La presente invención se refiere a una arandela que comprende materiales compuestos y componentes de aislamiento eléctrico (no de acuerdo con las reivindicaciones). En diversas modalidades, se describen arandelas, cuñas y otros componentes que tienen una construcción compuesta que incluye un núcleo de fibras de refuerzo incrustadas en un material de matriz termoplástica y una capa exterior de fibra de vidrio que cubre el núcleo. Los

componentes descritos en la presente descripción pueden usarse para la protección contra la formación de arcos eléctricos en aeronaves, por ejemplo, durante la caída de rayos.

Las Figuras 1A-1C representan una caja de torque del ala 100 de una aeronave en una vista esquemática superior. La Figura 1A representa la caja de torque del ala 100 con un panel de revestimiento 102. La Figura 1B representa la caja de torque del ala 100 con el revestimiento retirado para mostrar los largueros internos 106 y las nervaduras 108. Como se muestra en la Figura 1B, la caja de torque del ala 100 define un tanque de combustible 110, que se delimita por el panel de revestimiento 102, los largueros 106 y las nervaduras 108. La Figura 1C representa la caja de torque del ala 100 sin el tanque de combustible 110 indicado, para mostrar los largueros 106 y las nervaduras 108 y con una porción ampliada que muestra los sujetadores instalados. La caja de torque del ala 100 tiene componentes estructurales tales como uno o más paneles de revestimiento del ala 102 (por ejemplo, paneles superior e inferior), largueros delantero y trasero 106 y una pluralidad de nervaduras 108. Uno o más tanques de combustible 110 pueden definirse al menos parcialmente por los paneles de revestimiento 102, los largueros 106 y las nervaduras 108. Otros componentes estructurales o de sistemas pueden estar parcial o totalmente encerrados dentro del tanque de combustible 110.

Los paneles de revestimiento 102 se sujetan a los largueros 106, nervaduras 108 mediante el uso de sujetadores 112. En algunas modalidades, el revestimiento del ala puede definirse por un único panel superior 102 y un único panel inferior 102. En otras modalidades, el revestimiento del ala puede incluir múltiples paneles 102 que definen cada una de las superficies superior e inferior del revestimiento. Los sujetadores 112 pueden instalarse a lo largo de cada interfaz entre los componentes y, en particular, donde los paneles de revestimiento 102 cubren los largueros 106 y las nervaduras 108. Algunos sujetadores 112 pueden extenderse a través de los paneles de revestimiento 102, el larguero 106 o las nervaduras 108 hacia el tanque de combustible 110. Otros sujetadores 112 pueden estar completamente contenidos dentro del tanque de combustible 110. Para simplificar, sólo cuatro sujetadores 112 se muestran en la Figura 1. Sin embargo, cualquier número de sujetadores 112 puede estar presente en el ala 100.

Los componentes del ala 100 pueden formarse a partir de numerosos materiales diferentes. Algunos componentes, que incluyen los componentes estructurales tales como las nervaduras 108, pueden ser metálicos; por ejemplo, titanio, aluminio o aleaciones de estos, mientras que los componentes estructurales tales como los paneles de revestimiento 102, los largueros 106 y las nervaduras 108 y otros componentes de la aeronave pueden formarse a partir de materiales compuestos, tal como polímeros reforzados con fibra de carbono u otros polímeros reforzados con fibra. Todavía otros componentes del ala pueden formarse a partir de materiales tales como titanio, acero, fibra de vidrio, plásticos o similares.

Durante la operación, el ala 100 puede estar sujeta a la caída de rayos. La caída de rayos introduce corriente eléctrica de alta tensión, que puede propagarse y distribuirse por el ala 100. La conducción por componentes metálicos generalmente promueve una distribución segura de la corriente eléctrica. Sin embargo, los componentes no conductores pueden interferir con la propagación de la corriente eléctrica, lo que crea diferenciales de tensión entre los componentes y el consiguiente riesgo de chispas o formación de arcos eléctricos. Como será evidente, tal formación de arco eléctrico puede plantear un peligro de ignición, particularmente en los alrededores del tanque de combustible 110.

Las Figuras 2A y 2B representan una vista en sección transversal de un conjunto estructural que incluye un primer y un segundo miembros estructurales, específicamente, un panel de revestimiento 102 y una nervadura 108, que se mantienen juntos por un sujetador 112. El sujetador 112 incluye un eje metálico 114 tal como el eje de un tornillo, remache o similar. En la modalidad representada, el eje 114 comprende un eje que puede recibirse en un manguito 116. El eje 114 se extiende hacia el panel de revestimiento 102 y la nervadura 108 (individual y colectivamente denominados como el sustrato), y el sujetador 112 incluye y se asegura por una tuerca metálica 118 que recibe el extremo del eje 114. Un componente de aislamiento eléctrico se coloca entre la tuerca 118 y el sustrato. Como se muestra, el componente de aislamiento eléctrico es una arandela 120.

En caso de caída de un rayo, la corriente eléctrica de alta tensión se propaga por el ala. La corriente puede, por ejemplo, conducirse a través de la interfaz entre el sujetador 112 y el sustrato y puede potencialmente formar un arco entre los componentes. Debido a la alta tensión y corriente que se generan por la caída de un rayo, la corriente puede fluir a través de todas las trayectorias conductoras disponibles. Por ejemplo, la corriente eléctrica puede fluir entre el sujetador 112 y el panel de revestimiento 102 (por ejemplo, un panel de revestimiento compuesto parcialmente conductor 102) a través de la interfaz del eje del sujetador 114 con el panel de revestimiento. Igualmente, la corriente eléctrica puede fluir a través del eje 114 hacia la tuerca 118 y entre el sujetador 112 y el larguero 106 o nervadura 108 a través del cual se recibe. Las diferencias en el potencial eléctrico entre los componentes pueden hacer que el conjunto sea propenso a la formación de arcos, por ejemplo, entre la tuerca 118 y la nervadura 108.

La arandela 120 tiene un diámetro mayor que el de la tuerca 118. En algunos ejemplos, la arandela 120 tiene un diámetro interior de aproximadamente 0,511 pulgadas (1,298 cm) y un diámetro exterior de entre 0,79 pulgadas (2,007 cm) y 0,9 pulgadas (2,286 cm) y la tuerca 118 tiene un diámetro de aproximadamente 0,77 pulgadas (1,956 cm). La arandela 120 aísla al menos parcialmente la tuerca 118 del sustrato (por ejemplo, la nervadura 108).

Es decir, la arandela 120 resiste la conducción eléctrica y la formación de arcos entre la nervadura 108 y la cara de la tuerca 118 que se opone a la nervadura 108. La arandela 120 es suficientemente grande para reducir o eliminar la posibilidad de la formación del arco eléctrico entre la tuerca 118 y el eje 114 o el larguero 106.

5 El manguito 116 es un manguito de expansión y tiene un orificio interno más pequeño que el diámetro del eje 114, de manera que la recepción del eje 114 en el manguito 116 deforma y expande el manguito 116 en contacto con el sustrato, por ejemplo, el panel de revestimiento 102 y la nervadura 108. Tal expansión puede requerir que se aplique un gran torque al eje 114, de esta manera se genera una gran fuerza de sujeción entre el eje 114 y la tuerca 118. En algunas modalidades, la tuerca 118 y el eje 114 se ajustan juntos con un torque de aproximadamente 520 lbf-pulgadas (58,75 Nm) y generan una fuerza de sujeción de aproximadamente 9000 lb (4082,331 kg). En las aplicaciones típicas de aeronaves, los sujetadores 112 se ajustan entre 20 y 3600 lbf-pulgada (2,26 a 406,75 Nm), sin embargo, estas cargas pueden variar. En algunas modalidades, el manguito 116 puede omitirse y el eje 114, y la tuerca 118 pueden acoplarse directamente al sustrato.

15 La fuerza de sujeción provoca que la tuerca 118 se apoye contra la arandela 120, lo que transfiere la fuerza de sujeción a la arandela 120. En algunas circunstancias, tales como en el caso de desalineación del eje 114, la tuerca 118 o la arandela 120, la carga sobre la arandela 120 puede concentrarse en una pequeña porción de la superficie de la arandela. Por ejemplo, la Figura 2B muestra un sujetador 112 con el eje 114 y la tuerca 118 desalineados en un ángulo de 3°.

20 El eje 114, el manguito 116, la tuerca 118 y la nervadura 108 son metálicos y, por lo tanto, pueden ser buenos conductores eléctricos. Por ejemplo, el eje 114, el manguito 116 y la tuerca 118 pueden ser de titanio o una aleación de este. La nervadura 108 puede ser de aluminio, titanio o una aleación de estos. El panel de revestimiento 102 no es metálico y puede ser un mal conductor eléctrico. Por lo tanto, si se aplica una carga eléctrica (por ejemplo, por la caída de un rayo), es posible que se formen arcos eléctricos, por ejemplo, entre la nervadura 108 y la tuerca 118. Por lo tanto, la arandela 120 se construye para proporcionar resistencia contra la formación de arcos eléctricos. Es decir, la arandela 120 se construye de un material de aislamiento eléctrico. Sin embargo, es posible que la arandela 120 también deba construirse mediante el uso de materiales lo suficientemente resistentes para soportar las fuerzas de sujeción asociadas con la instalación. Además, la arandela 120 puede girar o moverse de cualquier otra manera durante la instalación y la operación, lo que provoca que la arandela 120 roce contra la tuerca 118 y el larguero 106. Por lo tanto, la arandela 120 también se construye para resistir la abrasión.

Algunos plásticos (por ejemplo, los termoplásticos moldeados por inyección) son buenos aislantes eléctricos. Sin embargo, tales plásticos típicamente carecen de la resistencia y dureza necesarias para soportar de forma fiable la carga del sujetador 112. Por el contrario, los metales pueden ser lo suficientemente resistentes, pero no proporcionan aislamiento eléctrico. Hay recubrimientos aislantes disponibles, pero tales recubrimientos son propensos a rayarse, lo que puede permitir la conducción de corriente eléctrica. Los materiales compuestos en base a las fibras de carbono en una matriz termoestable (por ejemplo, epoxi) pueden ser relativamente resistentes, pero requieren mucho tiempo y son costosos de hacer. Por ejemplo, tales materiales típicamente requieren tiempos de curado prolongados en condiciones específicas tales como temperatura elevada, presión o similares.

La Figura 3 representa una arandela compuesta 120 que se configura para su uso en la aeronave 100. La arandela 120 tiene un núcleo 121 con uno o más láminas de núcleo 122 y un recubrimiento con uno o más láminas exteriores 124. Como se describió con mayor detalle a continuación, una lámina de núcleo 122 se construye de un material de matriz termoplástica, con fibras de refuerzo incrustadas. Las fibras de refuerzo de las láminas de núcleo 122 y las láminas exteriores 124 se forman de diferentes materiales. Por ejemplo, la composición de las láminas de núcleo 122 proporciona resistencia, mientras que las láminas exteriores 124 se construyen con un material de aislamiento eléctrico y resistente a la abrasión, tal como la fibra de vidrio.

50 La Figura 4A representa un ejemplo de lámina de núcleo 122. Como se ha señalado, la lámina de núcleo 122 comprende una matriz termoplástica 128 con material de fibra de refuerzo. La matriz termoplástica 128 se elimina parcialmente en la Figura 4A para mostrar el material de fibra de refuerzo.

Como se representa, el material de refuerzo es una lámina de fibra de carbono 126. La lámina incluye una pluralidad de filamentos de carbono, que pueden agruparse en haces o hilos 125. Los hilos pueden tejerse juntos. La Figura 4B muestra una vista parcial ampliada de la lámina de fibra de carbono 126, que muestra el patrón de tejido de los hilos 125. El material de matriz 128 se distribuye sobre, dentro y alrededor de los hilos 125 que definen la lámina 126. Como se representa, los hilos 125 se tejen en un patrón de celosía, con los primeros hilos 125a en una primera orientación y los segundos hilos 125b en una segunda orientación, aproximadamente en un ángulo de 90 grados con respecto a los hilos 125a. La Figura 4C muestra una vista en sección transversal de los hilos 125 tejidos en tal patrón. Cada hilo 125b se teje a través de los hilos 125a en un patrón alternado por encima y por debajo. Tal tela puede ser isotrópica o cuasi-isotrópica. Otros arreglos son posibles. Por ejemplo, los hilos 125 pueden tener la misma orientación, de manera que sean paralelos entre sí, o los hilos 125 pueden tener diferentes orientaciones en ángulos distintos de 90 grados entre sí, o los hilos 125 pueden tener orientaciones aleatorias.

65

En la modalidad representada, los hilos 125 de la tela de carbono 124 se componen de aproximadamente 3000 filamentos. Tal tela puede denominarse tela 3K. En un ejemplo, el grosor del filamento es de aproximadamente 5 micras y la tela 124 define un grosor de lámina de aproximadamente 0,31 mm. Sin embargo, el grosor del filamento puede diferir en otras modalidades. Los haces de filamentos pueden definir hilos de grosor que dependen de la forma del haz, el patrón de tejido, etc.

Pueden usarse otras telas. Por ejemplo, pueden usarse telas con más o menos filamentos por haz o con filamentos de diferente tamaño. Alternativamente, los filamentos de carbono pueden distribuirse aleatoriamente o en un único haz, en lugar de en hilos discretos. La tela elegida puede seleccionarse en base a las especificaciones tales como la resistencia, el grosor y el peso en vista de las cargas a las que se espera que esté sujeta la arandela 120.

Las fibras de carbono del núcleo 121 están incrustadas en un material de matriz termoplástica 128. El material de matriz 128 puede ser sólido a temperatura ambiente y presión atmosférica, pero puede ser fluido cuando se calienta o se somete a alta presión. Después de alcanzar un estado fluido, la matriz 128 se enfriará y endurecerá después de la eliminación de la alta temperatura o presión.

El material de la matriz puede ser, por ejemplo, poliéterétercetona (PEEK), poliétercetonaacetona (PEKK), sulfuro de polifenileno (PPS), polifenilensulfona (PPSU), poliamidas tal como poliftalamida (PPA) o similares. El material de la matriz 128 puede aplicarse a las fibras de refuerzo mediante recubrimiento en polvo o al forzar un líquido que contiene el material de matriz a través de las fibras de refuerzo. El material de la matriz puede aplicarse a filamentos individuales o hilos individuales 125 antes de tejer en la lámina 126. Alternativamente, una lámina tejida 126 puede recubrirse en polvo o recubrirse en líquido después del tejido.

En otra modalidad, en lugar de aplicar el material de la matriz mediante un recubrimiento en polvo o líquido, los filamentos del material de la matriz pueden mezclarse con filamentos de fibra de refuerzo. Por ejemplo, cada hilo 125 puede tener aproximadamente 3000 filamentos, de los cuales una proporción son filamentos de material de la matriz.

El material de la matriz 128 y las fibras de refuerzo se consolidan juntas para formar una estructura compuesta. Es decir, después de distribuir el material de la matriz 128 con fibras de refuerzo, el material de la matriz 128 se funde al menos parcialmente mediante la aplicación de calor, presión o ambos, para que el material de la matriz 128 fluya junto para formar una estructura con las fibras de refuerzo.

El material de la matriz 128 y las fibras de refuerzo pueden estar presentes en la lámina de núcleo 122 en una fracción de volumen de aproximadamente el 60 % de fibras de refuerzo. En algunos ejemplos, el material de refuerzo puede formar aproximadamente un 60 % +/- 3 %.

En algunas modalidades, la arandela 120 puede tener un núcleo 121 con múltiples capas, que pueden denominarse láminas. Por ejemplo, como se representa en la Figura 5, la arandela 120 tiene tres láminas de núcleo 122-1, 122-2, 122-3, cada uno de los cuales incluye una lámina de tela de carbono 126 y un material de la matriz 128. Las láminas de núcleo 122-1, 122-2, 122-3 pueden tener diferentes orientaciones, de manera que sus hilos 125 se posicionen en ángulo entre sí. Alternativa o adicionalmente, las láminas de núcleo 122-1, 122-2, 122-3 pueden tener diferentes patrones de tejido. Por ejemplo, una lámina 122-1 puede tener hilos 125 en un patrón de celosía como se muestra en la Figura 4B, mientras que otra lámina 122-2 tiene hilos 125 que son paralelos entre sí, y la tercera lámina 122-3 tiene filamentos en orientaciones aleatorias.

Para propósitos ilustrativos, la tela de carbono 126 y el material de la matriz 128, se muestran en la Figura 5 como capas discretas con un grosor exagerado. Sin embargo, el material de la matriz 128 puede distribuirse a través y alrededor de la tela de carbono 126 para definir una única lámina de composición mixta.

Con referencia a la Figura 3, la lámina exterior 124 se forma de un material de aislamiento eléctrico. El material de la lámina exterior 124 también puede seleccionarse para proporcionar resistencia a la abrasión o para limitar la fricción entre la arandela 120 y el sujetador o material de sustrato adyacente. Como se representa, la lámina exterior 124 se forma de fibras de vidrio tejidas, por ejemplo, tela de vidrio tal como EGlass 8 HS 105GSM[®]. La lámina exterior 124 puede ser delgada con relación al núcleo 121. En un ejemplo, cada lámina exterior tiene un grosor de aproximadamente 0,04 mm y cada lámina de núcleo 122 tiene un grosor de aproximadamente 0,31 mm.

Como se representa en la Figura 4, la arandela 120 tiene un recubrimiento que incluye dos láminas exteriores 124, uno en cada una de las caras superior e inferior de la arandela. En otras modalidades, la arandela 120 puede tener más o menos láminas exteriores 124. Por ejemplo, puede proporcionarse una lámina exterior 124 en solo una de las superficies superior e inferior de la arandela 120, como se muestra en la Figura 6A. Alternativamente, pueden apilarse múltiples láminas exteriores 124 sobre las superficies superior e inferior de la arandela 120, como se muestra en la Figura 6B, o las láminas exteriores 124 pueden ubicarse entre las láminas de núcleo 122 como se muestra en la Figura 6C.

Cada lámina exterior 124 puede proporcionar resistencia contra la conducción de la corriente eléctrica. Por lo tanto, puede evitarse la conducción o la formación de arcos eléctricos a través de la arandela 120, hasta una tensión de ruptura. Es decir, pueden evitarse los arcos a menos que se aplique una tensión mayor o igual a la tensión de ruptura a través de la arandela 120. La tensión de ruptura puede depender, por ejemplo, del diámetro y el ancho de la arandela 120, el diámetro de la tuerca 118 en contacto con la arandela 120, el grosor de cada lámina del núcleo 122 y el grosor total del núcleo, y el grosor y el número de láminas exteriores 124. La tensión de ruptura puede aumentarse, por ejemplo, al aumentar el diámetro exterior de la arandela 120 con relación a la superficie de soporte de la tuerca 118, al aumentar el número o el grosor de las láminas exteriores 124, al aplicar recubrimientos superficiales no conductores o al sellar la arandela 120 en un sellador. Por el contrario, las láminas exteriores 124 más delgadas o un número menor de láminas exteriores pueden disminuir la tensión de ruptura.

La arandela 120 puede recubrirse con un sellador tal como una laca epoxi. El sellador puede aplicarse a los bordes de la arandela 120 y sus superficies superior e inferior.

La Figura 7 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de un proceso 1000 de fabricación de una arandela 120. En el bloque 1002 se forman una o más láminas de material preimpregnado. Como se ha señalado, el preimpregnado puede formarse mediante el recubrimiento de polvo de material de matriz termoplástica o al forzar material de matriz líquido a través de una lámina de fibra de carbono (por ejemplo, una lámina de tela de fibra de carbono tejida).

En el bloque 1002 se forman uno o más láminas de material de recubrimiento (por ejemplo, tela de fibra de vidrio).

En el bloque 1004, se apilan las láminas de material de recubrimiento y material preimpregnado. Las láminas son láminas que pueden depositarse una encima de la otra como se muestra en la Figura 8A. Como se muestra en la Figura, las láminas de núcleo 122 pueden orientarse de manera que los filamentos de carbono de las láminas de núcleo 122 se extiendan en ángulo entre sí. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 8A, la lámina de núcleo 122-2 se orienta aproximadamente en un ángulo de 90 grados con respecto a la lámina de núcleo 122-1, y la lámina de núcleo 122-3 se orienta aproximadamente en un ángulo de 45 grados con ambas láminas de núcleo 122-1 y 122-2. Igualmente, las láminas exteriores 124 pueden orientarse de manera que las fibras de vidrio formen un ángulo entre sí y con los filamentos de carbono de lámina de núcleo adyacente 122.

En el bloque 1006, las láminas de núcleo 122 y las láminas exteriores 124 se presionan entre sí. Las láminas 122 y las láminas 124 pueden prensarse juntos en un troquel de prensa. Por ejemplo, como se muestra en las Figuras 8B-8C, la pila de láminas de núcleo 122 y las láminas exteriores 124 se colocan entre los troqueles 136 de una prensa 138. La prensa 138 se cierra para comprimir la pila entre los troqueles 136 como se muestra en la Figura 8C. La presión que se ejerce por los troqueles provoca que el material de la matriz 128 se funda al menos parcialmente en una condición fluida. Una vez en tal estado, el material de la matriz 128 fluye hacia y alrededor de las fibras de refuerzo de las láminas de núcleo 122 y se adhiere a las láminas exteriores 124. La prensa 138 puede mantenerse en la posición cerrada de la Figura 8C durante un período de consolidación, lo suficiente para permitir que fluya el material de la matriz 128 para consolidar totalmente el núcleo 121. En algunas modalidades, el prensado puede ocurrir a temperatura. En otras modalidades, las láminas 122, 124 o el dispositivo de prensado pueden calentarse antes del prensado. Tal calentamiento puede reducir la cantidad de presión requerida para provocar el flujo del material de la matriz 128. En algunos ejemplos, el período de consolidación está entre aproximadamente 15-30 minutos a una temperatura de aproximadamente 370-400 °C y una presión de aproximadamente 100-300 psi.

En el bloque 1008, después del prensado de las láminas 122, 124 y el consiguiente flujo del material de matriz termoplástica, la presión puede liberarse parcial o totalmente. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 8D, se abre la prensa 138 para liberar la presión. Las láminas 122, 124, que incluyen el material de la matriz 128, pueden enfriarse, lo que provoca que el material de la matriz retorne a un estado sólido. El material de la matriz solidificado 128 mantiene juntos las láminas del núcleo 122 para definir un núcleo de arandela 121 y une las láminas exteriores 124 al núcleo 121. Las láminas 122, 124 luego definen una lámina de aislamiento 130. En algunos ejemplos, las láminas 122, 124 se enfrían a temperatura ambiente a una velocidad de entre 5-20 °C por minuto.

En el bloque 1010, la lámina de aislamiento 130 se retira del dispositivo de presión (por ejemplo, al separar las mitades del troquel y levantar la lámina 130). Se corta una pluralidad de arandelas 120 de la lámina de aislamiento 130. Las arandelas pueden cortarse, por ejemplo, mediante el uso de chorros de agua u otra técnica de corte adecuada.

En el bloque 1012, las partes cortadas se terminan mediante la aplicación de un sellador tal como un barniz epoxi. El sellador puede ser de aislamiento eléctrico y puede aplicarse al menos a los bordes de las arandelas 120. En algunas modalidades, también puede aplicarse sellador a las superficies superior e inferior de las arandelas 120.

En algunas modalidades, en lugar de prensarse entre los troqueles de una prensa, el material preimpregnado y de recubrimiento puede dispensarse desde los rodillos 140 y comprimirse en una pila entre los rodillos 142, como se muestra en la Figura 9. El material de la matriz 128 puede, al menos parcialmente, fundirse y fluir durante la

compresión por los rodillos 142. Después de salir de los rodillos 142, el material de la matriz 128 se enfría y endurece, y el material consolidado puede entonces cortarse en láminas de aislamiento 130.

5 Como se describió anteriormente, las arandelas de aislamiento eléctrico se forman por material compuesto que incluye uno o más láminas de núcleo de fibra de carbono incrustados en una matriz termoplástica y uno o más láminas exteriores de fibra de vidrio aislante. Sin embargo, en otras modalidades, tal material puede usarse para formar otros componentes de la aeronave. Por ejemplo, tal material puede usarse para arandelas u otros componentes sujetadores relativamente ligeros y de bajo costo que no se instalan para el aislamiento eléctrico. Adicionalmente, tal material puede usarse para casquillos, manguitos o similares. Además, tal material puede usarse para otros componentes que ocupan espacio entre las estructuras de la aeronave para el aislamiento eléctrico de la estructura de la aeronave. Por ejemplo, el material descrito en la presente descripción puede usarse para formar cuñas que ocupen espacio entre y aislen eléctricamente los paneles de revestimiento de la aeronave y los miembros estructurales tales como un larguero o nervadura de ala, o entre miembros estructurales adyacentes. La Figura 10 muestra un ejemplo de tal una modalidad (no de acuerdo con las reivindicaciones). Como se representa, una cuña 120' se interpone entre un panel de revestimiento 102 y el larguero 106 para ocupar espacio y aislar eléctricamente el panel de revestimiento 1-2 del larguero 106. La cuña 120' tiene una estructura compuesta similar a la de la arandela 120. Específicamente, la cuña 120' es un laminado que incluye dos capas exteriores 124' de un material que comprende fibras de vidrio y un núcleo que comprende láminas de núcleo 122' de fibras de refuerzo, tal como fibras de carbono, incrustadas en una matriz termoplástica. La cuña 120' puede usarse, por ejemplo, para proporcionar aislamiento eléctrico entre los componentes estructurales cerca de o asociados con el tanque de combustible 110, particularmente entre los paneles de revestimiento 120 y los largueros 106 o las nervaduras 108 y entre los largueros 106 y las nervaduras 108.

REIVINDICACIONES

1. Una arandela (120) para recibir un sujetador (112) a través de ella, la arandela (120) que comprende:
5 un núcleo (121) que se forma por fibras de refuerzo soportadas en un material de matriz termoplástica (128), en donde dichas fibras de refuerzo comprenden fibras de carbono; y una capa exterior de aislamiento eléctrico (124') que solapa al núcleo (121); en donde dicha capa exterior comprende fibras de vidrio.
- 10 2. La arandela (120) de la reivindicación 1, en donde dicha capa de aislamiento eléctrico (124') comprende una primera y una segunda lámina de aislamiento eléctrico que comprenden las fibras de vidrio, dicha primera y segunda lámina de aislamiento eléctrico definen las superficies superior e inferior de dicha arandela.
- 15 3. La arandela (120) de la reivindicación 1 o 2, en donde dicho núcleo (121) comprende una pluralidad de láminas de núcleo (122-1, 122-2, 122-3), cada una que comprende fibras de carbono incrustadas en un material de matriz termoplástica.
- 20 4. La arandela (120) de la reivindicación 3, en donde dicho núcleo (121) comprende al menos tres de dichas láminas de núcleo (122-1, 122-2, 122-3).
- 25 5. La arandela (120) de la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en donde cada una de dichas láminas de núcleo (122-1, 122-2, 122-3) comprende la tela de carbono tejida.
- 30 6. Un conjunto estructural para una aeronave que comprende:
los miembros estructurales primero y segundo (102, 108);
un sujetador (112) que se extiende dentro de dichos miembros estructurales (102, 108); y
una arandela (120) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 que se dispone entre dicho
35 sujetador (112) y uno de dichos miembros estructurales (102, 108) y aíslan eléctricamente una superficie de dicho sujetador (112) de uno de dichos miembros estructurales (102, 108).
7. El conjunto de la reivindicación 6 cuando se refiere a cualquiera de las reivindicaciones 3-5, en donde dichas láminas de núcleo (122-1, 122-2, 122-3) se orientan de manera que los patrones de tejido de su tela de carbono tejida están en un ángulo distinto de cero entre sí.
8. El conjunto de la reivindicación 6 o 7, que comprende un sellador epoxi que se aplica a al menos una porción de una superficie exterior de dicha arandela (120).
- 40 9. El conjunto de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, que comprende un manguito de expansión metálico (116).

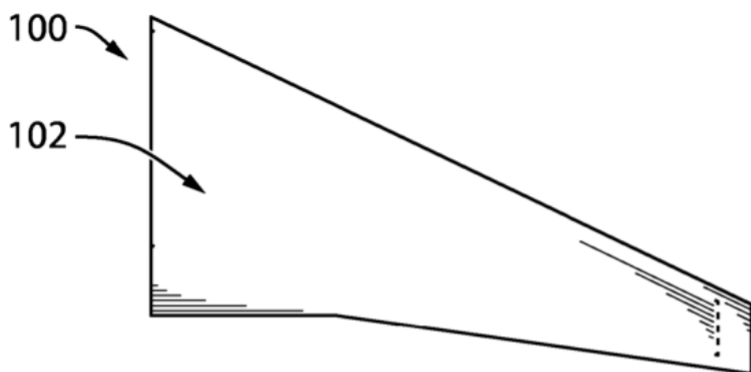


Figura 1A

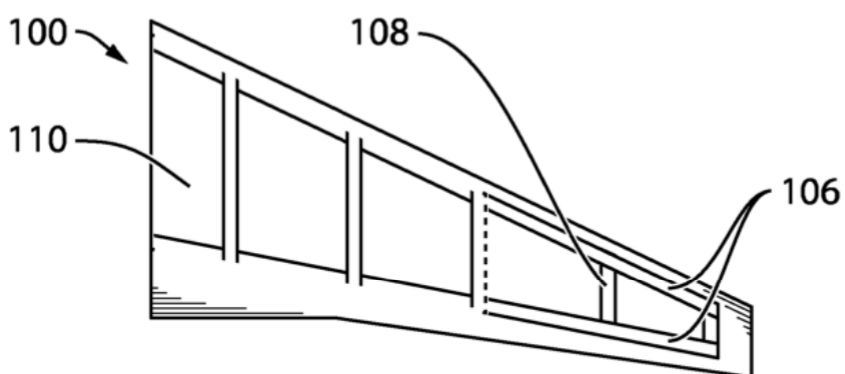


Figura 1B

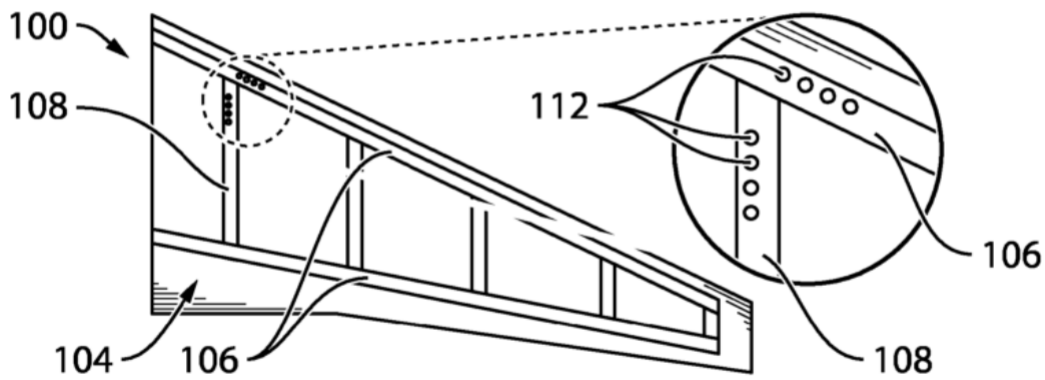


Figura 1C

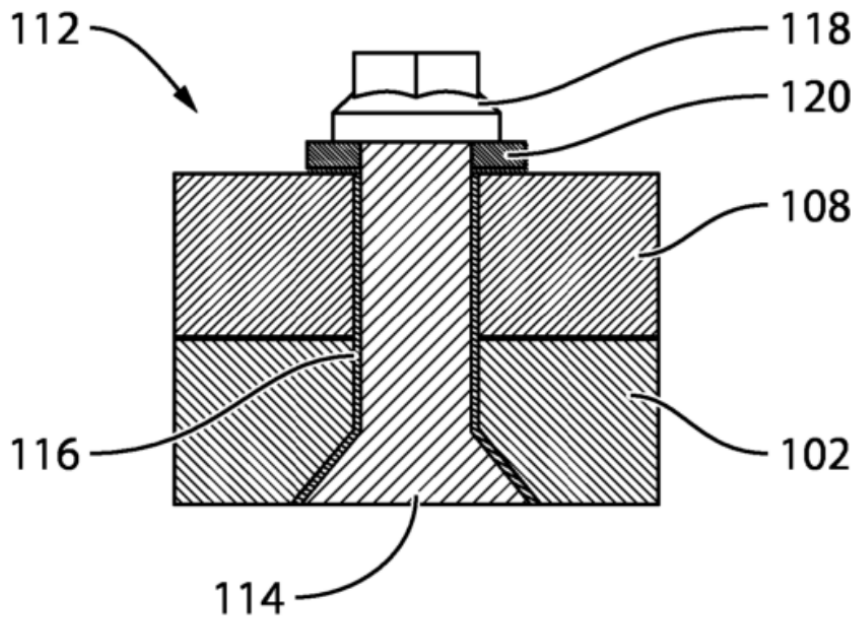


Figura 2A

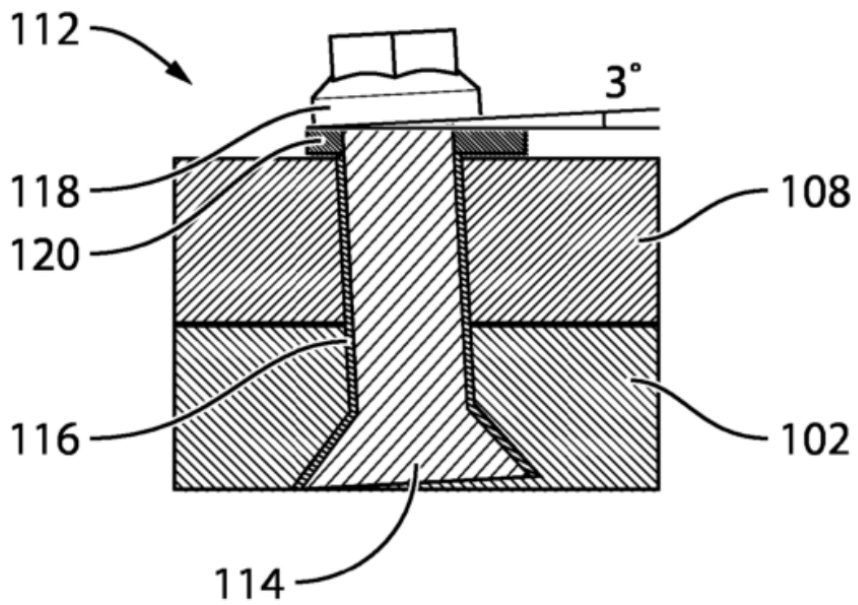


Figura 2B

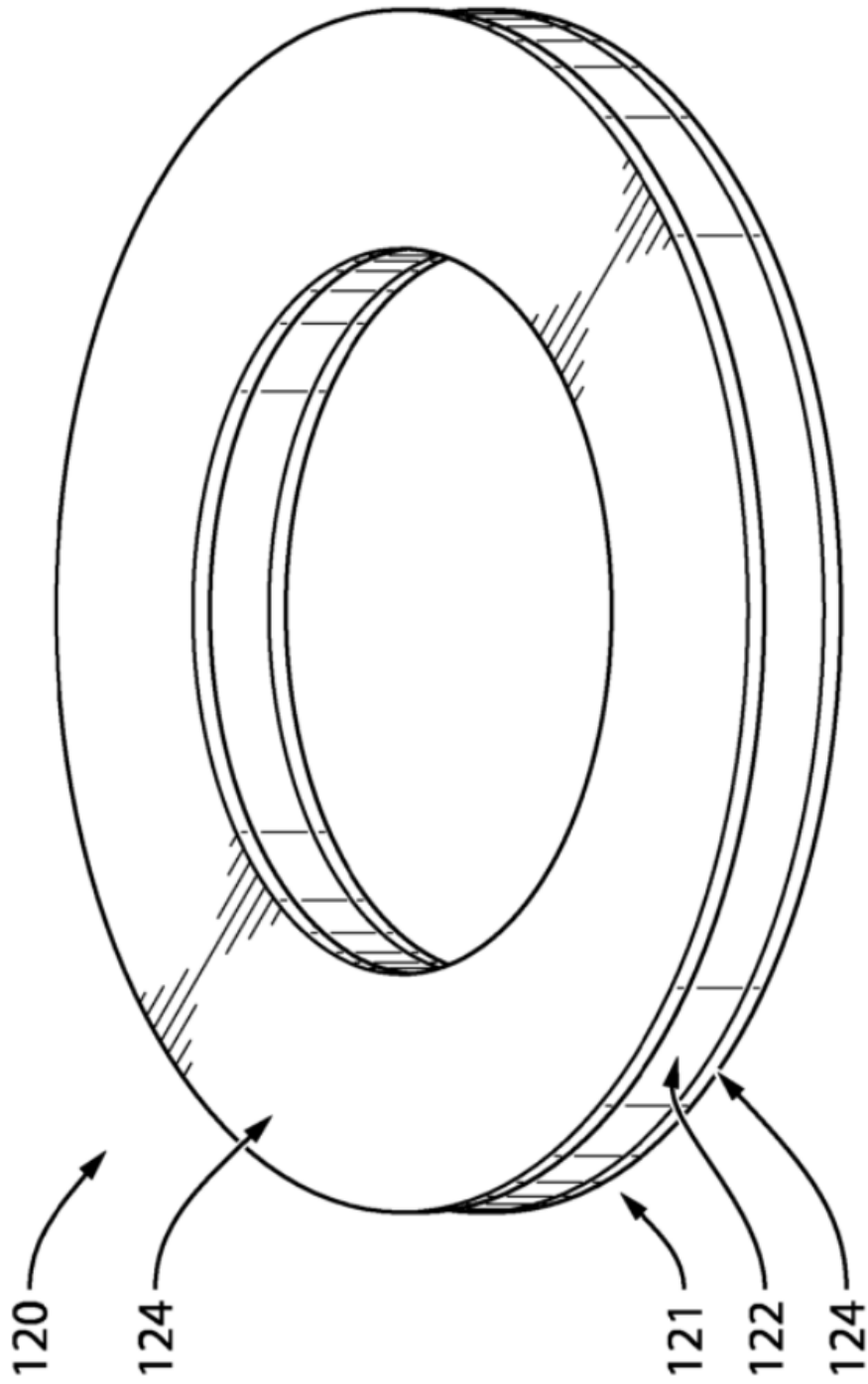


Figura 3

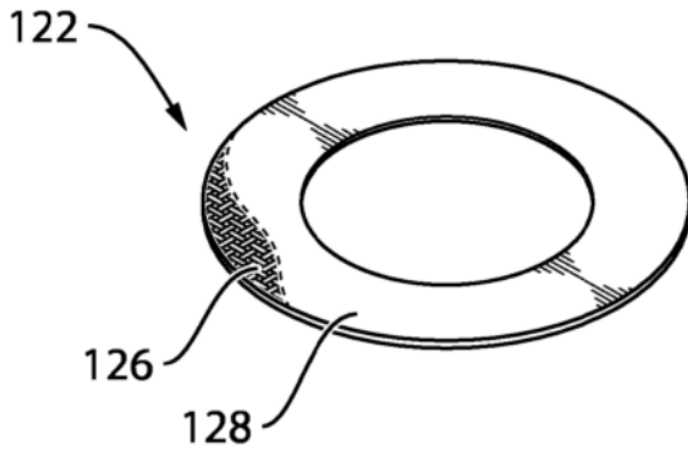


Figura 4A

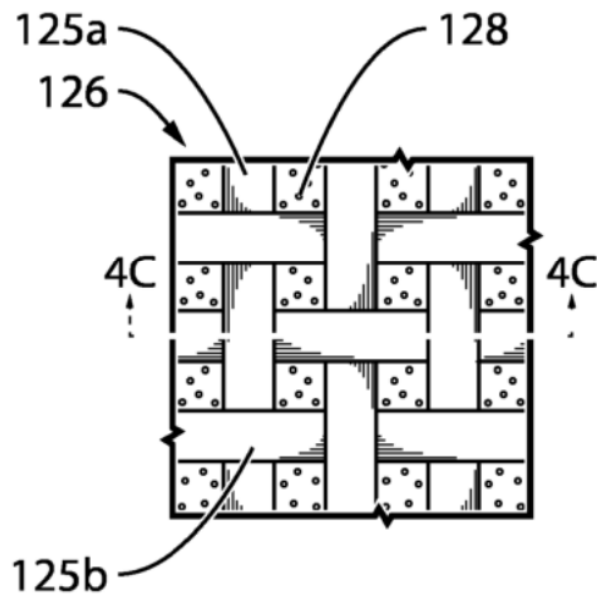


Figura 4B



Figura 4C

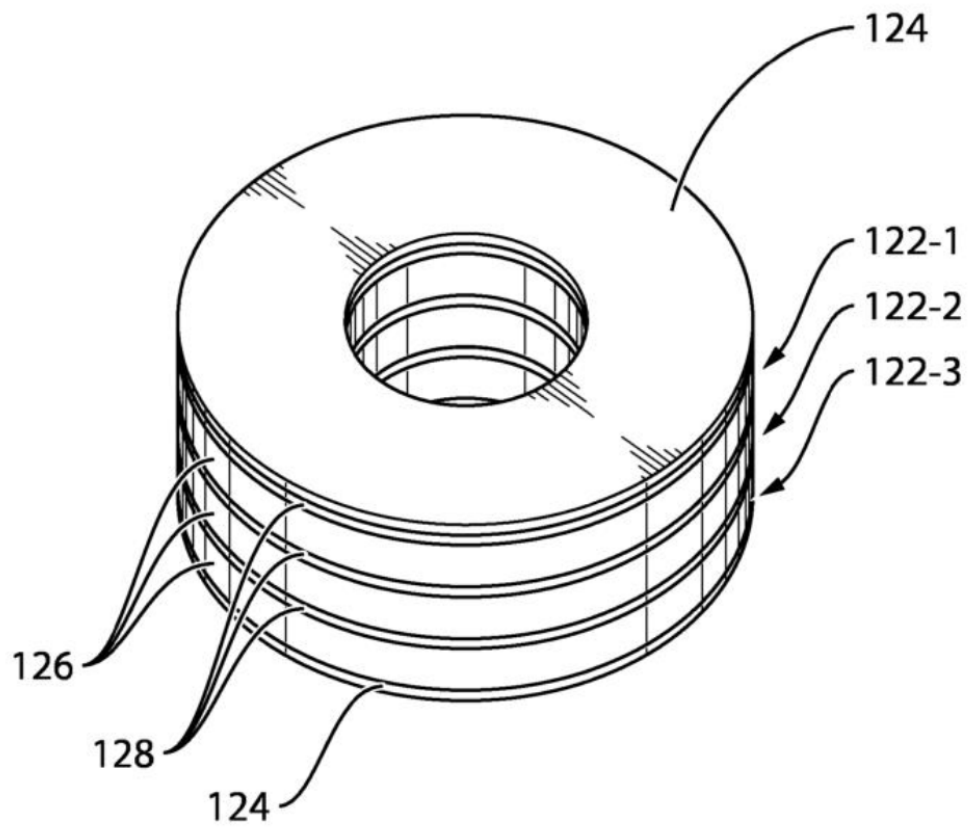


Figura 5

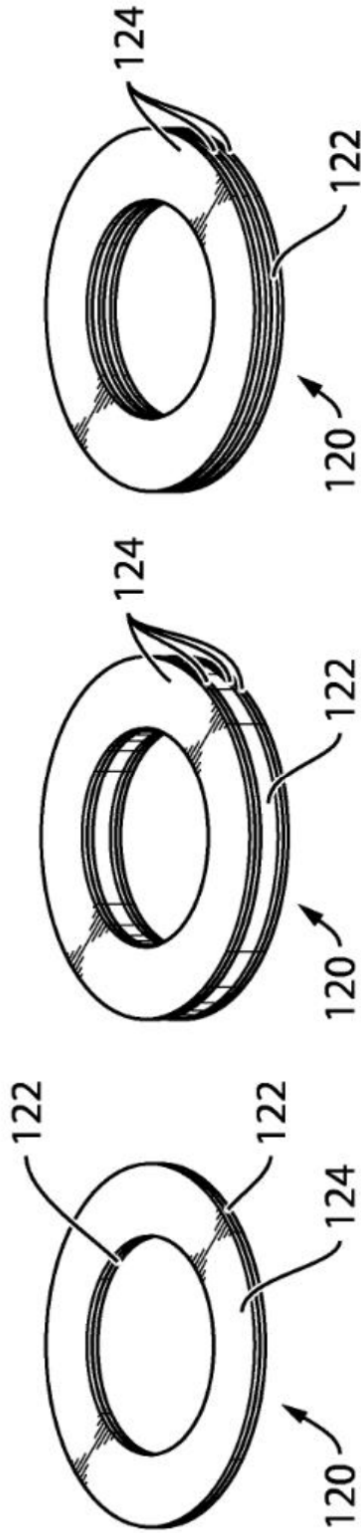


Figura 6A

Figura 6B

Figura 6C

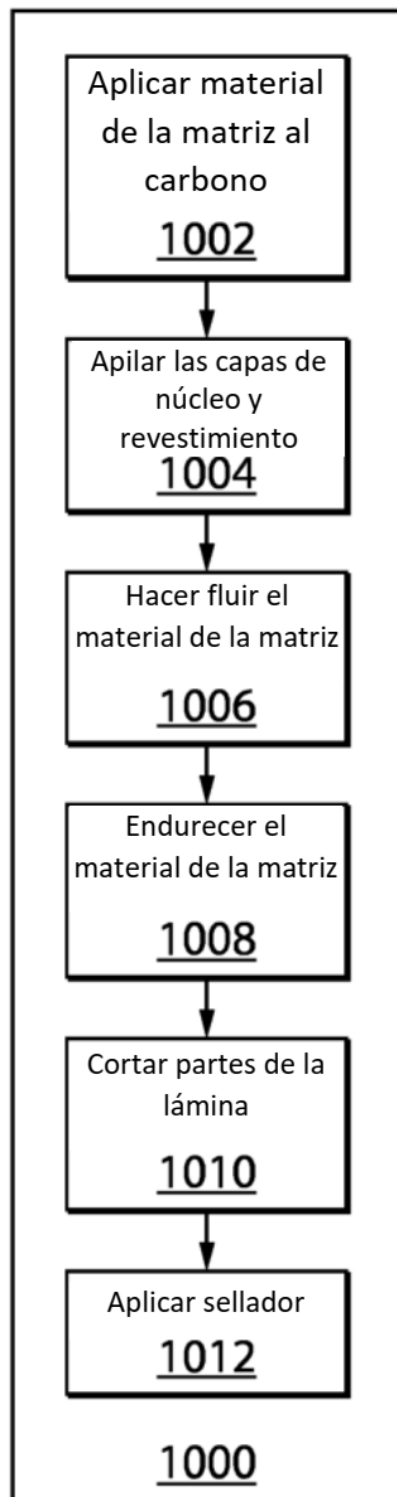


Figura 7

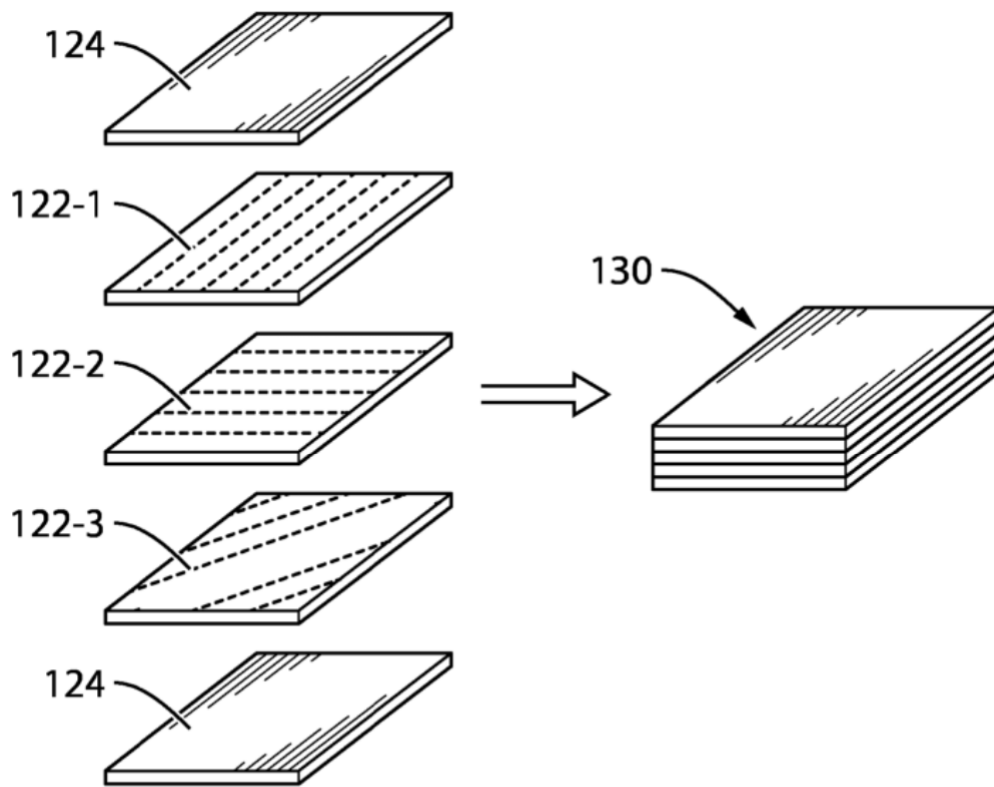


Figura 8A

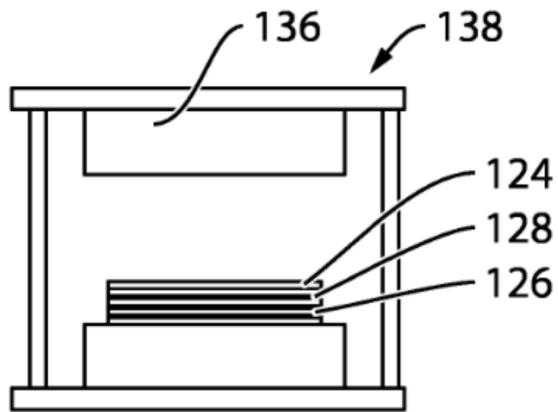


Figura 8B

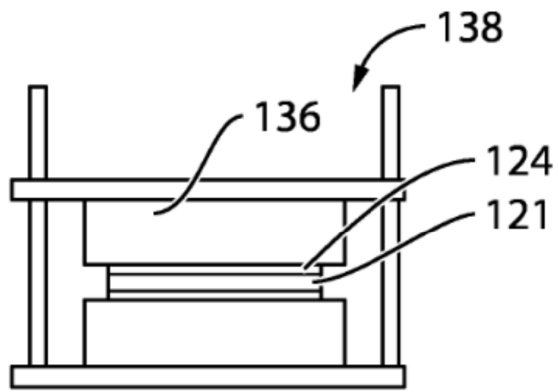


Figura 8C

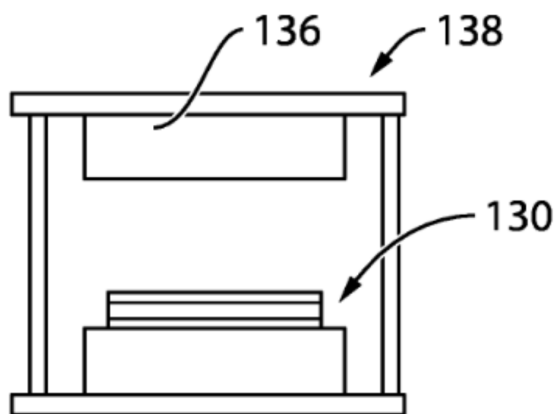


Figura 8D

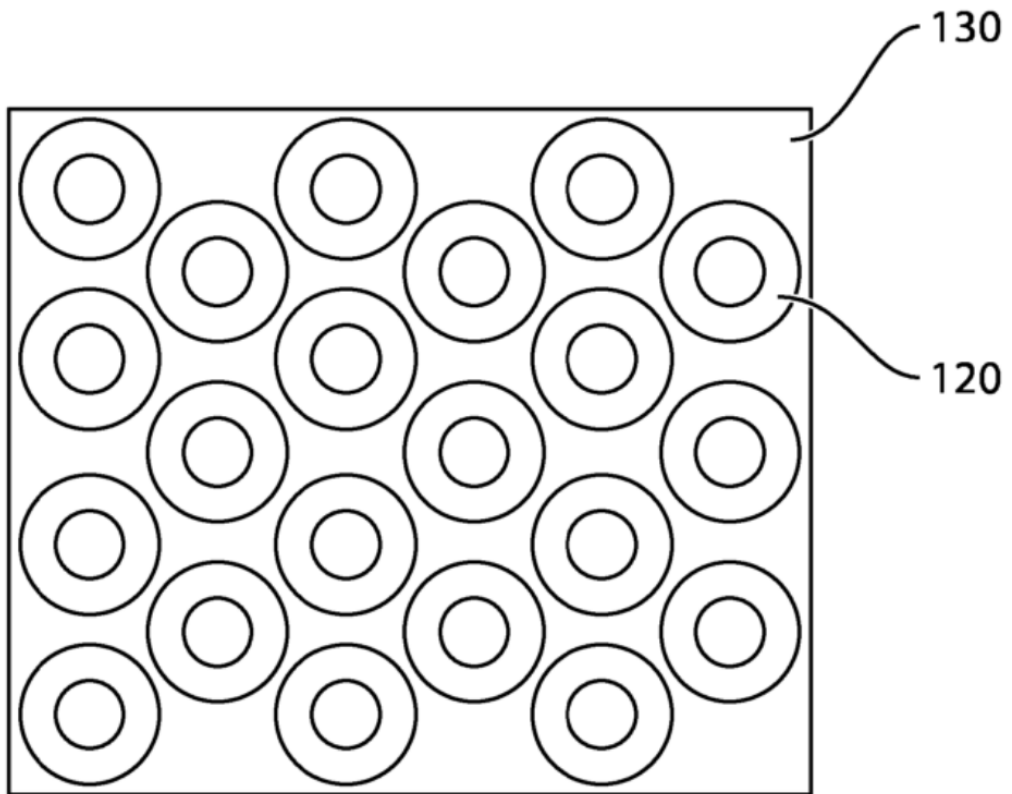


Figura 8E

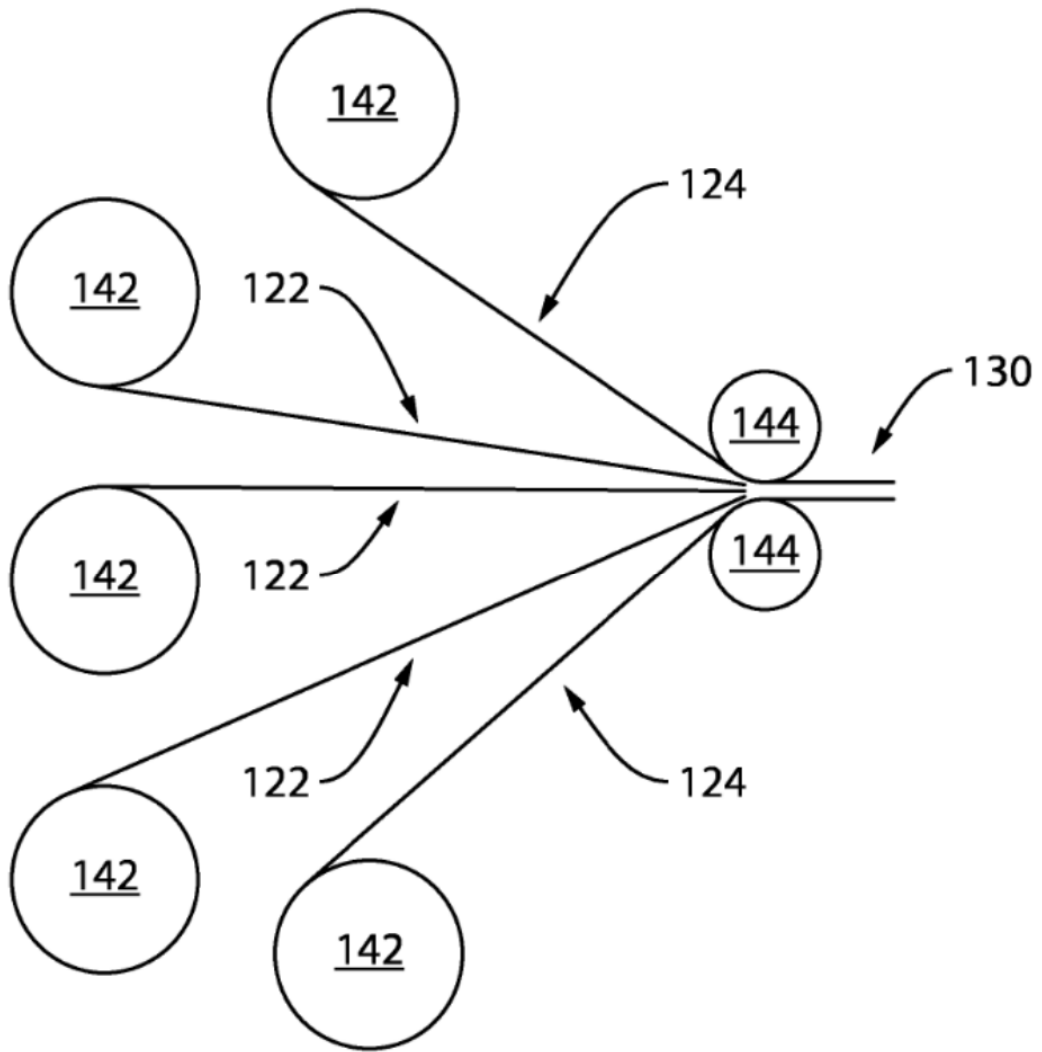


Figura 9

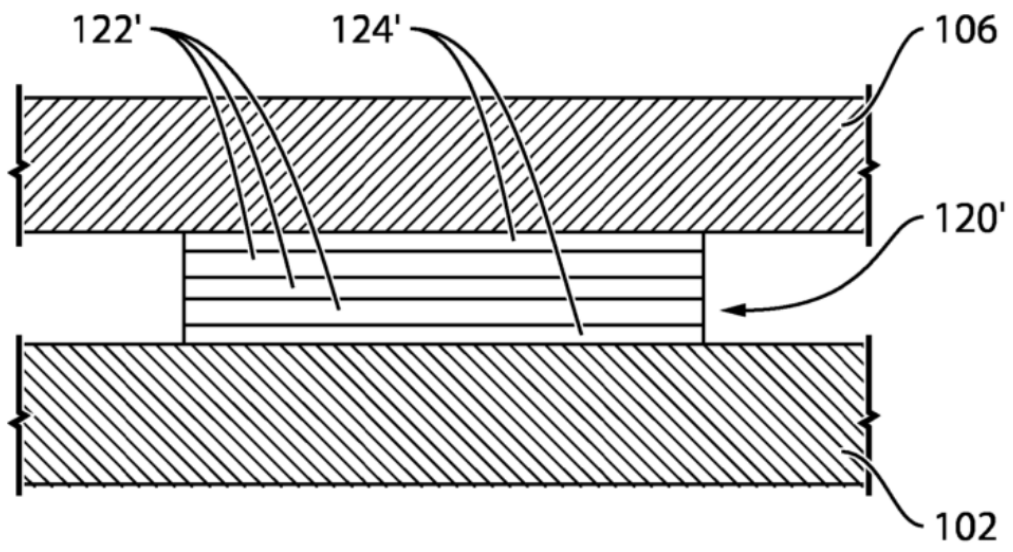


Figura 10