

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 375**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/24** (2006.01)

**B29B 11/16** (2006.01)

**D03D 25/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.10.2009 PCT/US2009/062216**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.05.2010 WO10053754**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2009 E 09744871 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018 EP 2367674**

54 Título: **Preforma en Pi con horquilla de anchura variable y método de formación relacionado**

30 Prioridad:

**29.10.2008 US 260689**

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

**06.06.2018**

73 Titular/es:

**ALBANY ENGINEERED COMPOSITES, INC.  
(100.0%)  
112 Airport Drive  
Rochester, NH 03867, US**

72 Inventor/es:

**OUELLETTE, KENNETH;  
GOERING, JONATHAN y  
GILBERTSON, BROCK**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

**ES 2 671 375 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**

Preforma en Pi con horquilla de anchura variable y método de formación relacionado

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

- 5 Esta invención, en general, se refiere a preformas tejidas y en particular se refiere a una preforma tejida utilizada en un material compuesto reforzado, que puede tejida ser plana y plegada en su forma final sin producir lazos indeseables en la preforma.

Descripción de la técnica anterior

- 10 El uso de materiales compuestos reforzados para producir componentes estructurales está ampliamente extendido hoy en día, en particular en aplicaciones donde surjan características deseables de ser ligeros en peso, fuertes, resistentes, térmicamente resistentes, autoportantes y adaptables para ser formados y conformados. Dichos componentes son utilizados, por ejemplo, en aplicaciones aeronáuticas, aeroespaciales, satelitales, recreativas (como en barcos de regata y automóviles) y otras aplicaciones.

- 15 Típicamente, dichos componentes consisten en materiales de refuerzo incrustados en los materiales de una matriz. El componente de refuerzo puede estar hecho de materiales tales como vidrio, carbono, cerámica, aramida, polietileno y/u otros materiales que muestran propiedades físicas, térmicas químicas y/u otras propiedades deseadas, entre las cuales la principal es la gran resistencia contra un fallo por estrés. A través del uso de dichos materiales de refuerzo, que finalmente se convierten en un elemento constituyente del componente completo, las características deseadas de los materiales de refuerzo, tales como una resistencia muy alta, son conferidas al  
 20 componente compuesto completo. Los materiales de refuerzo constituyentes típicamente, pueden ser tejidos, tejidos a punto, o de otro modo orientados en configuraciones y formas deseadas para preformas de refuerzo. Por lo general, se presta una atención especial a garantizar la utilización óptima de las propiedades para las que se han seleccionado los materiales de refuerzo constituyentes. Por lo general, dichas preformas de refuerzo se combinan con el material de la matriz para formar los componentes acabados deseados o para producir material de trabajo para la producción final de los componentes acabados.

- 25 Después de que la preforma de refuerzo deseada haya sido constituida, el material de matriz puede ser introducido en y dentro de la preforma, de manera que típicamente la preforma de refuerzo queda integrada en el material de la matriz y el material de la matriz rellena las áreas intersticiales entre los elementos constituyentes de la preforma de refuerzo. El material de matriz puede ser de cualquier variedad amplia de materiales, tal como epoxi, poliéster, viniléster, cerámica, carbono y/u otros materiales, que también exhiben las propiedades físicas, térmicas, químicas y/u otras propiedades deseadas. Los materiales elegidos para el uso como la matriz pueden o puede que no sean iguales a los de la preforma de refuerzo y puede o puede que no tengan propiedades físicas, químicas térmicas u otras propiedades comparables. Típicamente, sin embargo no serán de los mismos materiales ni tendrán las mismas propiedades físicas o químicas térmicas o de otro tipo comparables dado que un objetivo usual deseado cuando se  
 30 utilizan compuestos en primer lugar es lograr una combinación de características en el producto acabado que no se pueda lograr a través del uso de un material constituyente por sí solo. Combinados de esta forma, la preforma de refuerzo y la matriz de material pueden entonces ser curados y estabilizados en la misma operación mediante termoendurecido u otros métodos conocidos, y después sujetos a otras operaciones encaminadas a producir el componente deseado. Es significativo señalar en este punto que después de haber sido curadas de ese modo, las masas entonces solidificadas del material de matriz normalmente se adhieren fuertemente al material de refuerzo (por ejemplo, la preforma de refuerzo). Como resultado, la tensión en el componente acabado, particularmente a través de su material de matriz que actúa como un adhesivo entre las fibras, puede transferirse de forma efectiva y ser soportada por el material constituyente de la preforma de refuerzo.

- 35 Frecuentemente, se desea producir componentes en configuraciones que son diferentes que una de dichas formas geométricas simples como (per se) placas, chapas, sólidos rectangulares o cuadrados, etcétera. Una manera de hacer esto es combinar dichas formas geométricas básicas en formas más complejas deseadas. Una combinación típica tal se realiza uniendo preformas de refuerzo hechas tal y como se describió anteriormente formando un ángulo (típicamente un ángulo recto) unas con respecto a otras. Propósitos usuales para dichas disposiciones angulares de preformas de refuerzo unidas es crear una forma deseada para formar una preforma de refuerzo que incluye una o  
 40 más paredes o intersecciones en "T" por ejemplo, o para reforzar la combinación resultante de preformas de refuerzo y la estructura compuesta que producen contra la deflexión o el fallo tras haber sido expuestas a fuerzas exteriores, tales como una presión o tensión. En cualquier caso, una consideración relacionada es hacer cada unión entre las partes constituyentes tan fuerte como sea posible. Dada la resistencia muy alta deseada de la preforma de refuerzo constituyente per se, la debilidad de las uniones se convierte, de forma efectiva, en un "eslabón débil" en la  
 45 "cadena" estructural.

- 50 Un ejemplo de una configuración de intersección es establecido en la patente estadounidense No. 6,103,337. Esta referencia establece unos medios efectivos para unir entre si dos placas de refuerzo en forma de T.

- En el pasado se han realizado varias propuestas diferentes para hacer dichas uniones. Se ha propuesto formar y curar un elemento de panel y un elemento rigidizador angulados separados entre sí, con éste último teniendo una superficie de contacto del panel única o estando bifurcado en un extremo para formar dos superficies de contacto del panel divergentes coplanarias. Los dos componentes son después unidos pegando de forma adhesiva la(s) superficie(s) de contacto del elemento rigidizador a una superficie de contacto del otro componente utilizando un adhesivo termoendurecible u otro material adhesivo. Sin embargo, cuando se aplica una tensión al panel curado o a la envolvente de la estructura compuesta, cargas en valores inaceptablemente bajos resultan en fuerzas de "despegado" que separan el elemento rigidizador del panel en su interfaz dado que la resistencia efectiva de la unión es la del material de matriz y no la del adhesivo.
- El uso de pernos o remaches metálicos en la interfaz de dichos componentes es inaceptable ya que tales adiciones destruyen y debilitan, al menos parcialmente, la integridad de las propias estructuras de materiales compuestos, añaden peso, e introducen diferencias en el coeficiente expansión térmica entre dichos elementos y el material circundante.
- Otros enfoques para resolver este problema se han basado en el concepto de introducir fibras de alta resistencia a través del área de la unión mediante el uso de métodos tales como coser uno de los componentes al otro y confiar en el hilo de coser para introducir dichas fibras de refuerzo en y a través del lugar de unión. Uno de los enfoques es mostrado en la patente estadounidense No. 4,331,495 y su complementaria divisional la patente estadounidense No. 4,256,790. Estas patentes dan a conocer uniones que han sido hechas entre un primer y segundo panel compuesto hecho de pliegues de fibra unidos de forma adhesiva. El primer panel está bifurcado en un extremo para formar dos superficies de contacto divergentes, coplanarias del panel según el modo de la técnica anterior, que han sido unidas al segundo panel por puntadas de hilo compuesto flexible no curado a través de ambos paneles. Los paneles y el hilo se han "co-curado", es decir, se han curado de forma simultánea. Otro método para mejorar la resistencia de la unión se establece en la patente estadounidense No. 5,429,853.
- Aunque la técnica anterior ha buscado mejorar la integridad estructural del material compuesto reforzado y ha tenido éxito, particularmente en el caso de la patente estadounidense No. 6,103,337, existe un deseo de mejorar o abordar el problema a través de un enfoque diferente al uso de adhesivos o acoplamientos mecánicos. A este respecto, un enfoque podría ser mediante la creación de una estructura tridimensional tejida ("3D") por máquinas especializadas. Sin embargo, el gasto implicado es considerable y raramente es deseable tener una máquina de tejer dirigida a crear una estructura simple. A pesar de este hecho, las preformas 3D que pueden ser procesadas en componentes compuestos reforzados con fibra son deseables porque proporcionan una mayor resistencia en relación con los compuestos laminados bidimensionales convencionales. Estas preformas son particularmente útiles en aplicaciones que requieren que el material compuesto soporte cargas fuera de plano. Sin embargo, las preformas de la técnica anterior discutidas anteriormente han sido limitadas en su capacidad de aguantar cargas altas fuera de plano, para ser tejidas en un proceso de telar automatizado, y para proporcionar una variación del grosor de porciones de la preforma. La construcción del tejido y la automatización del tejido de preformas en sus inicios era y proporcionaba y sólo una pequeña ventaja sobre los materiales compuestos laminados, enrollados en fibra o trenzados convencionales, limitando la versatilidad de las preformas.
- Otro enfoque sería tejer una estructura bidimensional ("2D") y doblarla en una forma en 3D. Sin embargo, esto típicamente resulta en partes que se distorsionan cuando la preforma es doblada. La distorsión ocurre porque las longitudes de la fibra tal como se teje son diferentes de lo que deberían ser cuando la preforma es plegada. Esto causa hoyuelos y ondulaciones en áreas donde las longitudes de la fibra tal como se teje son demasiado cortas, y hebillas en áreas donde las longitudes de la fibra son demasiado largas. Un ejemplo de una arquitectura de tejido de una preforma en 3D, que puede dar lugar a ondulaciones o bucles en áreas donde la preforma está plegada, se da a conocer en la patente estadounidense 6,874,543. Las preformas de fibra con formas estructurales específicas, como por ejemplo las secciones transversales en "T", "I", "H" o "Pi", pueden tejerse en un telar de lanzadera convencional, y varias patentes existentes describen el método de tejer dichas estructuras ("patente estadounidense No. 6,446,675 y patente estadounidense No. 6,712,099, por ejemplo). En toda la técnica anterior, aun así, las preformas han sido construidas de modo que la sección transversal es uniforme en la dirección de la fibra de urdimbre.
- Estas preformas a menudo se procesan en componentes compuestos utilizando una técnica de refuerzo como, por ejemplo, el moldeo por transferencia de resina, y se utilizan como elementos de rigidez y/o unión en estructuras aeronáuticas. En el caso de una preforma en "Pi", normalmente se inserta un alma en el espacio entre las patas verticales, es decir, la horquilla.
- Una horquilla de anchura uniforme es apropiada para muchas aplicaciones. Sin embargo, hay otros casos en los que es perjudicial. Por ejemplo, una horquilla de anchura uniforme requiere que el alma sea de un espesor uniforme, y este espesor esté dimensionado por el área más cargada de la estructura. Esto significa que el ahorro de peso potencial, que podría lograrse adalgazando el alma en las áreas más ligeramente cargadas, no puede realizarse.
- El documento WO03023104 divulga una preforma para juntas estructurales que tiene una arquitectura de tejido tridimensional con fibras de relleno tejidas para proporcionar un entrelazado de capa a capa de las capas de fibra de urdimbre, así como un entrelazado de las fibras dentro de cada capa. Al menos dos patas se extienden desde una base, la base y las patas, cada una, tienen al menos dos capas de fibras de urdimbre. Las patas están conectadas

5 en una intersección de columna simétrica y distribuida, con un número impar de columnas de fibras de urdimbre que se ubica en las patas. Los extremos exteriores de la base y las patas tienen preferentemente estrechamientos formados por capas de terminación de fibras de urdimbre en un patrón escalonado. Las fibras trazadoras que incluyen una hebra coloreada y una hebra opaca a rayos X se tejen en la preforma en lugares seleccionados como una fibra de urdimbre. Las fibras trazadoras permiten la identificación de una ubicación seleccionada o una porción seleccionada de la preforma a través de la inspección visual o por imagen de rayos X. El documento WO 02/16197 divulga una preforma (11) de pestaña de estructura de soporte que se asemeja a la letra griega "pi" y tiene una base (13) con dos patas (15, 17) que se extienden desde la misma. La preforma está compuesta de un material compuesto que se forma a partir de estopas de fibra tejida o trenzada. Las estopas están orientadas para extenderse por toda la base y las patas. La preforma puede ser impregnada con una resina termoestable adecuada, o puede ser no impregnada para que la resina pueda ser infundida en una etapa posterior del proceso de fabricación global. Dos de las preformas están unidas a un alma (31) con forma sinusoidal de la viga estructural. El alma está formada por láminas de resina termoendurecibles no curadas y reforzadas con fibras orientadas. El alma tiene dos laminados exteriores que intercalan una capa de resina sintáctica o espumada entre ellos. Las patas de cada preforma cabalgan sobre un borde del alma y tienen forma a ambos lados de los contornos precisos del alma. Se coloca una banda (33) laminada contra la base de cada preforma para crear un par de pestañas para el miembro de soporte estructural. La estructura ensamblada es calentada y curada. El alma y/o las pestañas de la estructura también pueden configurarse con refuerzos alternos, estrechados en la dirección vertical u horizontal, o inclinadas formando ángulos no ortogonales.

20 Resumen de la invención

La invención es un método para tejer una preforma de fibra con patas múltiples de manera que estas patas no son necesariamente paralelas entre sí. Un ejemplo, de acuerdo con la invención, es una preforma en "Pi" con una horquilla de anchura variable, es decir, la anchura entre las patas verticales varía a lo largo de la longitud de la preforma.

25 La horquilla de anchura variable se logra al dejar caer selectivamente algunas fibras de urdimbre de las partes de la preforma que forman las patas dispuestas verticales, mientras que simultáneamente se agregan fibras de urdimbre en otras áreas. Para ensanchar la horquilla, las fibras de urdimbre se dejan caer en la base de la pata vertical y se añaden en la punta. Se hace lo contrario para hacer más estrecha la horquilla.

30 El presente método también se puede utilizar para hacer otras formas transversales tales como una forma en forma de "T" o un rigidizador en forma de "T" que tiene la hoja de la "T" discurriendo en un ángulo relativo a la parte superior de la "T" u otras formas tales como la forma en forma de H o en forma de I.

35 El presente método se puede utilizar para tejer preformas con espesor variable o patas de altura variable, que pueden ser paralelas o estar anguladas entre sí. La preforma puede ser tejida usando cualquier patrón conveniente para la fibra de urdimbre, es decir, pliegue a pliegue, a través de entrelazado de ángulo de espesor, ortogonal, etcétera. Aunque se prefiere la fibra de carbono, la invención es aplicable a prácticamente cualquier otro tipo de fibra.

Es un objeto adicional de la invención proporcionar una preforma en 3D la cual tiene un diseño que es una alternativa a y/o una mejora a las preformas existentes y/o estructuras compuestas reforzadas disponibles hasta ahora.

40 Es otro objeto de la invención proporcionar un método novedoso de producción de una preforma en 3D con una calidad mejorada, el cual elimina la formación de un bucle, y reduce tiempo de tejido reemplazando cinco movimientos de la lanzadera con tres, proporcionando por tanto una preforma mejor en una cantidad de tiempo menor.

45 Es un objeto adicional de la invención proporcionar dicha preforma en 3D que puede ser conformada por plegado sin distorsión de las fibras que comprenden la preforma.

Otro objeto más de la invención es proporcionar una preforma en 3D que sea particularmente útil para la formación de compuestos reforzados en forma de Pi.

Estos y otros objetos y ventajas se logran mediante el método y la preforma de acuerdo con las reivindicaciones.

50 Proporcionan una preforma tejida en 3D que puede ser tejida plana y luego plegada en su forma final antes de la impregnación de la resina sin producir una distorsión indeseable en las fibras. Esto se logra ajustando la longitud de las fibras durante el tejido de tal manera que las longitudes de las fibras se igualan cuando la preforma conformada por plegado, proporcionando una transición suave en el pliegue. Esta técnica, si bien es particularmente adecuada para la formación de preformas tejidas en forma de Pi, puede utilizarse con varias formas. También, aunque se hace referencia a preformas tejidas, su aplicabilidad a no tejidos, tales como trenzado o unido por cosido, por ejemplo, será evidente para un experto en la técnica.

5 Por consiguiente, un modo de realización de la invención es una preforma de acuerdo con las reivindicaciones 10 a 17 para uniones mecánicas o estructurales que tienen una arquitectura tejida tridimensional con fibras de relleno tejidas para proporcionar un entrelazado capa a capa de las capas de fibra de urdimbre así como un entrelazado de las fibras dentro de cada capa. La preforma tejida transfiere la carga fuera de plano a través de fibras dirigidas para minimizar la tensión interlaminar. La preforma tiene una base y al menos dos patas que se extienden desde la base, la base y las patas cada una que tiene al menos dos capas de fibras de urdimbre.

10 Las fibras de relleno siguen una secuencia de tejido que las porta a través de una porción de la base, después a las patas y finalmente a través de la porción opuesta de la base. Las patas pueden conectarse en una intersección de columna distribuida simétrica, con un número impar de columnas de fibras de urdimbre ubicadas entre las patas. No obstante, la preforma puede tener una estructura no simétrica, con longitudes de patas iguales o desiguales. La preforma también puede tener un número par de columnas de fibras de urdimbre entre las patas, y las patas pueden ser perpendiculares o no perpendiculares o anguladas con respecto a la base. Las patas pueden ser paralelas o anguladas entre sí, o pueden tener una horquilla de anchura variable entre ellas. Los extremos exteriores de la base y/o las patas tienen preferiblemente estrechamientos formados a partir de capas de terminación de fibras de urdimbre en un patrón escalonado.

15 La presente invención también se refiere a un método de formación de una preforma para uso en materiales compuestos reforzados de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 9. La preforma está formada para tener una arquitectura de tejido tridimensional con fibras de relleno tejidas para proporcionar un entrelazado de capa a capa de las capas de fibra de urdimbre, así como un entrelazado de fibras dentro de cada capa. La preforma tejida transfiere la carga fuera de plano a través de fibras dirigidas para minimizar la tensión interlaminar. La preforma tiene una base y al menos dos patas que se extienden desde la base, la base y las patas cada una que tiene al menos dos capas de fibras de urdimbre. Las fibras de relleno siguen una secuencia de tejido que las porta a través de una porción de la base, después a las patas y finalmente a través de la porción opuesta de la base. Las patas pueden conectarse en una intersección de columna distribuida simétrica o no simétrica, con un número par o impar de columnas de fibras de urdimbre ubicadas entre las patas. Las patas pueden ser perpendiculares o no perpendiculares o anguladas con respecto a la base. Las patas pueden ser paralelas o anguladas entre sí, o pueden tener una horquilla de anchura variable entre ellas. Los extremos exteriores de la base y/o las patas tienen preferiblemente estrechamientos formados de capas de terminación de fibras de urdimbre en un patrón escalonado.

20 Para una mejor comprensión de la invención, sus ventajas operativas y objetos específicos logrados mediante sus usos, se hace referencia a la materia descriptiva que acompaña en la cual se ilustran modos de realización preferidos, pero no limitativos, de la invención.

#### Breve descripción de los dibujos

25 Los dibujos que acompañan, los cuales son incluidos para proporcionar una comprensión adicional de la invención, son incorporados dentro y constituyen una parte de esta memoria descriptiva. Los dibujos presentados en el presente documento ilustran un modo de realización particular de la invención y junto con la descripción sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

La figura 1 es una vista final esquemática de una preforma en forma de Pi que representa la formación de espigas completas y la arquitectura de fibra en la misma, de acuerdo con la invención;

30 Las figuras 2(a) y 2(b) muestran una preforma de acuerdo con la invención y una preforma tal como se divulga en una técnica anterior, respectivamente;

La figura 3 es una vista final esquemática de una preforma en forma de Pi que representa la arquitectura de la fibra en la misma, de acuerdo con la invención;

La figura 4 es una vista en sección transversal esquemática de una preforma en forma de Pi con las patas en una posición vertical, de acuerdo con la invención;

35 Las figuras 5(a)- 5(f) son vistas extremas esquemáticas de patrones de tejido o arquitecturas de fibra de preformas en forma de Pi con una horquilla de anchura variable, de acuerdo con la invención;

Las figuras 6(a) y 6(b) muestran una preforma en forma de Pi de anchura variable antes (a) y después (b) de un recorte flotante, de acuerdo con la invención; y

40 La figura 7 es una vista superior de la zona de transición en una preforma en forma de Pi con una horquilla de anchura variable, de acuerdo con la invención.

#### Descripción detallada del modo de realización preferido

Las figuras 1, 2a, 3 y 4 ilustran un modo de realización preferido de una preforma 100 tridimensional. La preforma 100 es formada tejiendo una o más fibras 114 de relleno en un patrón a través de una pluralidad de fibras 116 de urdimbre que se extienden perpendicularmente al plano del patrón. En las figuras 1 y 3, se ilustra el patrón completo

utilizado para formar la preforma 100 en forma de Pi, donde se muestran las fibras 114 de relleno en el plano de visión, mientras que las fibras 116 de urdimbre se muestran perpendiculares al plano de visión. Las fibras 114, 116 se muestran dispuestas separadas en las vistas esquemáticas de la arquitectura, aunque las fibras 114, 116 se compactan entre si cuando realmente se tejen en una preforma 100 completa.

5 Volviendo ahora a la figura 1, todas las fibras 116 de urdimbre en la preforma 100 son generalmente paralelas entre sí, con ligeras ondulaciones a lo largo de la longitud longitudinal de cada fibra 116, y están dispuestas en columnas generalmente verticales. La preforma 100 se teje preferiblemente a partir de materiales utilizados para estructuras compuestas típicas, por ejemplo, fibra de vidrio y fibras de carbono, y se teje para tener una base 120 y al menos dos patas 125, 135 que se extienden desde la base 120, formando un perfil en forma de Pi. Las patas 125, 135 pueden ser perpendiculares o no perpendiculares o anguladas con respecto a la base 120. La base 120 y las patas 125, 135 cada una comprende al menos dos capas de fibras 116 de urdimbre y se muestran teniendo bordes estrechados opcionales. Para facilitar el tejido, la preforma 100 se teje con las patas 125, 135 colocadas sobre la base 120, mientras que las patas 125, 135 están destinadas a utilizarse en una posición vertical, formando una horquilla 150, como, por ejemplo, se muestra en la figura 4. La base 120 se muestra teniendo ocho capas de fibras 15  
10 116 de urdimbre, y las patas 125, 135 se muestran teniendo cuatro capas de fibras 116 de urdimbre.

Opcionalmente, tal y como se muestra, las fibras 116 de urdimbre en la base 120 tienen un área de sección transversal menor que las fibras 116 de urdimbre en las patas 125, 135. Mediante el uso de fibras 116 de urdimbre más pequeñas sólo en la base 120 y no en las patas 125, 135, se minimiza el aumento en el tiempo requerido para tejer la arquitectura en un telar de tejer al mismo tiempo que se proporciona una base 120 más fuerte en la preforma 100 a través de una mayor cantidad de entrelazado de las fibras 116 de urdimbre.  
20

Con referencia ahora a la figura 1, la preforma 100 se ilustra con el patrón de tejido que comienza en un extremo 105 de la base 120, que se muestra a la izquierda de la base 120. En una porción típica de la secuencia de tejido, la fibra 114 de relleno se alterna sobre y bajo las fibras 116 de urdimbre de una capa durante cada paso hacia la derecha, entrelazando las fibras 116 de esa capa. Además, en una porción típica de la secuencia de tejido, la fibra 25  
25 114 de relleno se alterna sobre y debajo de las fibras 116 de urdimbre de dos capas adyacentes durante cada paso hacia la izquierda, entrelazando las capas entre sí. Tal y como se muestra en las figuras y se describe a continuación, porciones de la secuencia de tejido, incluidas las que se encuentran dentro de las patas 125, 135, en los bordes y en las superficies externas de la preforma 100, pueden diferir de esta secuencia de tejido.

Como se muestra en la figura 1, la secuencia de tejido general comienza con la fibra 114 de relleno en la posición A y se extiende hacia el centro de la base 120 y luego hacia el lado 112 exterior de una de las patas 135 en la posición B1. La fibra 114 de relleno luego se extiende a la posición C en el extremo derecho de la pata 135 derecha. Desde la posición C, la fibra 114 de relleno se teje de vuelta a lo largo de la misma línea, hacia el centro de la base, a partir de la cual la fibra 114 se extiende hacia abajo hasta la base 120 y de vuelta hasta el lado 112 exterior de la otra pata 30  
30 125 hasta la posición D en el extremo más alejado del extremo izquierdo de la pata 125. La fibra 114 de relleno luego se teje de vuelta a lo largo de la misma línea, hacia el centro de la base 120 y se extiende de vuelta en la base 120 en la posición B2, pasa a través de las columnas centrales de las fibras 116 de urdimbre ubicadas entre las patas 125, 135, luego de vuelta en la base 120 en la posición E y llega a la posición F en el otro extremo 115 de la base 120. Esto forma una secuencia completa de tejido de fibra 114 de relleno, que básicamente combina cuatro medias espigas con tres espigas completas, tal como se muestra en la figura 1. Las capas de terminación de las 40  
40 fibras 116 de urdimbre en un patrón escalonado forman bordes estrechados en la base 120 y las patas 125, 135, tal como el estrechamiento 124 en el borde lateral izquierdo de la base 120 y el estrechamiento 126 en la pata 135.

Para completar una celda de unidad, o sección vertical, los pasos de la fibra 114 de relleno a través de la preforma 100 se repiten para las capas adyacentes de las fibras 116 de urdimbre hasta que todas las capas estén entrelazadas. El patrón de relleno se repite para formar secciones verticales adyacentes, creando longitudes 45  
45 continuas de la preforma. Sin embargo, el entrelazado de las capas no es necesario, y la base 120 y/o las patas 125, 135 de la preforma 100 pueden bifurcarse en capas separadas.

La figura 3 muestra particularmente el patrón de tejido utilizado para la formación de las patas 125, 135 y la base 120 en una preforma 100 en forma de Pi. La base 120 se muestra con ocho capas de fibras 116 de urdimbre, y las patas 125, 135 se muestran con cuatro capas de fibras 116 de urdimbre, aunque el patrón puede modificarse para 50  
50 trabajar con más o menos capas de fibras de urdimbre en la base 120 y en las patas 125, 135. En otras palabras, la base 120 puede tener más capas que cada una de las patas 125, 135 o viceversa. El patrón de tejido permite el entrelazado de las fibras 116 de urdimbre dentro de una capa, y el entrelazado entre capas de fibras de urdimbre. Capas adyacentes son entrelazadas recorriendo una porción de fibras 114 de relleno sobre una fibra 116 de urdimbre en una primera capa en una primera columna y debajo de una fibra de urdimbre en una segunda capa 55  
55 adyacente en una segunda columna adyacente, estando la segunda capa por debajo de la primera capa. Las patas 125, 135 se tejen en posición horizontal, tal como se muestra, mientras se teje el patrón. Durante la instalación, cada pata 125, 135 se mueve a una posición, de pie vertical, la anchura de cada pata 125, 135 cuando está de pie vertical que comprende cuatro capas.

La preforma 100 se mejora con respecto a las preformas tejidas anteriores al proporcionar una intersección altamente simétrica y distribuida de las patas 125, 135 con la base 120. La base 120 tiene tres columnas centrales 60  
60



5 Las patas 225, 235, dispuestas verticales de acuerdo con este modo de realización particular, pueden ser movidas a prácticamente cualquier ubicación de la pestaña de soporte o base 220, y están atadas a la pestaña o base 220 mediante las fibras 214 de trama. Sin embargo, la posición debe cambiar de manera escalonada, donde la anchura mínimo de un escalón es la anchura de una columna de urdimbre. En este ejemplo, se utilizó una mecha 20 deformada con 20 fibras de urdimbre por pulgada, por lo que el escalón mínimo fue de 0,05 pulgadas (1/20 pulgadas).

10 La preforma 200 puede ser tejida usando cualquier patrón conveniente para la fibra de urdimbre, es decir, pliegue a pliegue, a través de un entrelazado de ángulo de espesor, ortogonal, etc. En la preforma 200 mostrada en la figura 7, la horquilla 250 comienza en una configuración 230 estrecha y se teje una sección transversal constante de aproximadamente 12", por ejemplo. La anchura de la horquilla 250 aumenta gradualmente a una configuración 255 ancha, mantiene la configuración 255 ancha en aproximadamente 8", por ejemplo, y luego se reduce gradualmente de vuelta a la configuración 230 estrecha. La sección transversal de anchura estrecha es entonces tejida en aproximadamente 12", por ejemplo. En la figura 7 se muestra un primer plano de la transición de la configuración 230 estrecha a la ancha 255. Aunque una transición gradual en la anchura de la horquilla 250 se ha descrito en el presente documento, la invención no está limitada a dichas configuraciones. Un cambio de escalón en la anchura de la horquilla 250 o un cambio en la anchura en forma de zigzag o combinaciones de las mismas está bien dentro del alcance de la invención presente. Por ejemplo, la transición en la anchura de la horquilla 250 puede ser una combinación de cambio gradual y escalonado, o un escalón y zigzag, o gradual y sinusoidal, así sucesivamente.

20 El presente método también puede ser usado para hacer otras formas en sección como preformas que tienen tres o más patas que se cruzan con la base. El presente método también se puede utilizar para tejer preformas de espesor o altura variables que pueden ser paralelas o angulares entre sí en uno o más planos.

25 Típicamente, las preformas se tejen utilizando un tipo de fibra, por ejemplo, fibras de carbono (grafito), tanto para las fibras de urdimbre como para las de relleno. Sin embargo, las preformas también pueden ser patrones de tejido híbrido que utilizan fibras hechas de múltiples materiales, tal como fibras de carbono y de vidrio. Estos patrones pueden resultar en preformas con mayor dureza, menor coste y características de expansión térmica optimizadas. Los patrones de tejido comprenden todas las fibras de urdimbre de un tipo y todas las fibras de relleno de otro tipo, o el tejido puede tener fibras de urdimbre y/o relleno de tipos alternantes dispuestas, por ejemplo, en un patrón de "tablero de ajedrez" a lo largo de las capas.

30 Las ventajas de la presente invención incluyen la habilidad de tejer una preforma de alta resistencia y fácil de usar para reunir componentes en estructuras. El tejido mejorado entrelaza las fibras de urdimbre de cada capa y entrelaza las capas entre sí, a la vez que distribuye las cargas a través de la preforma de manera altamente simétrica. Al tener un número impar de columnas de fibras de urdimbre en la base entre las patas de la preforma, un patrón de tejido puede ser reflejado alrededor de un plano central de simetría. Sin embargo, esto no es necesario para la práctica de la invención. La preforma también puede tener una estructura asimétrica, con longitudes de patas iguales o desiguales, o un número par de columnas de fibras de urdimbre en la base entre las patas de la preforma. Las patas pueden ser paralelas o anguladas entre sí, o pueden tener una horquilla de anchura variable entre ellas. Los extremos exteriores de la base y/o las patas tienen preferiblemente estrechamientos formados a partir de capas de terminación de fibras de urdimbre en un patrón escalonado.

40 Por consiguiente, la invención proporciona un enfoque alternativo y/o un método mejorado de crear preformas en 3D y/o estructuras compuestas reforzadas con patas múltiples de manera que las patas no sean necesariamente paralelas entre sí, por ejemplo, la preforma en forma de Pi descrita anteriormente con un horquilla de anchura variable, es decir, una anchura variable entre las patas dispuestas verticales a lo largo de la longitud de la preforma.

45 Por tanto mediante la presente invención se realizan sus objetos y ventajas y aunque se han divulgado y descrito en detalle en el presente documento modos de realización preferidos, su alcance no debería estar limitado por lo tanto sino que más bien su alcance tendría que estar determinado por el de las reivindicaciones anexas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para formar una horquilla (250) de anchura variable en una preforma (100, 200) tejida, comprendiendo el método las etapas de:
- 5 (a) proporcionar una pluralidad de capas adyacentes, cada capa que tiene una pluralidad de fibras (116, 216) de urdimbre, las fibras de urdimbre que son paralelas entre sí y forman columnas verticales;
- (b) tejer una pluralidad de fibras (214) de relleno con las capas de fibras de urdimbre para formar una base (120, 220) y dos o más patas (125, 135, 225, 235) que se extienden desde la base (120, 220), en donde las fibras de relleno entrelazan las capas de la base (120, 220), las capas de cada pata (125, 135, 225, 235) y las fibras de urdimbre (116, 216) dentro de cada capa; y
- 10 (c) dejar caer selectivamente una o más fibras (116, 216) de urdimbre de una primera porción de la preforma que forman las patas (125, 135, 225, 235) que se extienden mientras se añaden simultáneamente fibras (226) de urdimbre en otras áreas;
- (d) en donde dicha horquilla (250) se ensancha dejando caer fibras de urdimbre (226) fuera de la base de las patas que se extienden (125, 135, 225, 235) y añadiendo dicha urdimbre en la punta de la pata (125, 135, 225, 235); y
- 15 (e) donde dicha horquilla (250) se estrecha añadiendo fibras (226) de urdimbre en la base de las patas que se extienden y dejando caer dichas fibras de urdimbre en la punta de la pata (125, 135, 225, 235).
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las columnas de fibras (226) de urdimbre incluyen columnas centrales de fibras (226) de urdimbre situadas entre las fibras (114) de relleno que conectan una de las patas (125, 135, 225, 235) a la base (120, 220) y las fibras (114) de relleno que conectan la otra de las patas (125, 135, 225, 235) a la base (120, 220), las columnas centrales que comprenden un número impar de columnas y que permiten un patrón de tejido sustancialmente reflejado alrededor de un plano central de simetría de la preforma (100, 200).
- 20 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las columnas de fibras (226) de urdimbre incluyen columnas centrales de fibras (226) de urdimbre ubicadas entre las fibras (114) de relleno que conectan una de las patas (125, 135, 225, 235) a la base (120, 220) y las fibras (114) de relleno que conectan la otra de las patas (125, 135, 225, 235) a la base (120, 220), las columnas centrales que comprenden un número par de columnas y permiten un patrón de tejido sustancialmente asimétrico alrededor de un plano central de la preforma (100, 200).
- 25 4. El método de acuerdo con la reivindicación 2, en donde las columnas de fibras (226) de urdimbre incluyen columnas separadoras de fibras (226) de urdimbre adyacentes a los lados opuestos de las columnas centrales, cada columna separadora que divide porciones de las fibras (114) de relleno en dos grupos, un grupo que se extiende entre la base (120, 220) y la pata (125, 135, 225, 235) de entre el conjunto central de columnas y la columna separadora adyacente, el otro grupo que se extiende de entre la columna separadora y las columnas lateralmente hacia afuera de la columna separadora.
- 30 5. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde las columnas de fibras (226) de urdimbre incluyen columnas separadoras de fibras de urdimbre adyacentes a los lados laterales opuestos de las columnas centrales, cada columna separadora que divide porciones de las fibras (114) de relleno en dos grupos, un grupo que se extiende entre la base (120, 220) y la pata (125, 135, 225, 235) de entre el conjunto central de columnas y la columna separadora adyacente, el otro grupo que se extiende de entre la columna separadora y las columnas lateralmente hacia afuera de la columna separadora.
- 35 6. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la base (120, 220) tiene más capas que cada una de las patas (125, 135, 225, 235) o viceversa.
- 40 7. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde los bordes de la base (120, 220) y/o las patas (125, 135, 225, 235) se forman estrechados.
- 45 8. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las patas (125, 135, 225, 235) son perpendiculares o no perpendiculares o anguladas con respecto a la base (120, 220).
9. Una preforma (100, 200) tejida con una horquilla (250) de anchura variable, la preforma (100, 200) que comprende:
- una pluralidad de capas adyacentes, cada una de las cuales tiene una pluralidad de fibras (226) de urdimbre, las fibras (226) de urdimbre que son paralelas entre sí y formando columnas verticales;
- 50 una pluralidad de fibras (114) de relleno tejidas entre las capas de fibras (226) de urdimbre para formar una base (120, 220) y dos o más patas (125, 135, 225, 235) que se extienden desde la base (120, 220), la base (120, 220) y , cada pata (125, 135, 225, 235) que están formadas por al menos dos capas de fibras (226) de urdimbre, las fibras (114) de relleno que entrelazan las capas de la base (120, 220), las capas de cada pata (125, 135, 225, 235) y las

fibras (226) de urdimbre dentro de cada capa; y una horquilla (250) formada entre dichas dos o más patas (125, 135, 225, 235),

en donde dicha horquilla (250) tiene una anchura variable a lo largo de la longitud de la preforma (100, 200).

- 5 10. La preforma (100, 200) de acuerdo con la reivindicación 9, en la que dicha horquilla (250) de anchura variable se forma al dejar caer selectivamente una o más fibras (226) de urdimbre de una primera porción de la preforma (100, 200) que forma una primera pata (125, 135, 225, 235) con el fin de ensanchar la anchura de una horquilla (250) formada entre dichas dos o más patas (125, 135, 225, 235), o añadiendo selectivamente una o más fibras (226) de urdimbre en dicha primera porción de la preforma (100, 200) para estrechar la anchura de dicha horquilla (250) formada entre dichas dos o más patas o haciendo ambas cosas.
- 10 11. La preforma (100, 200) de acuerdo con la reivindicación 9, en donde las columnas de fibras (226) de urdimbre incluyen columnas centrales de fibras (226) de urdimbre situadas entre las fibras (114) de relleno que conectan una de las patas (125, 135, 225, 235) a la base (120, 220) y las fibras (114) de relleno que conectan la otra de las patas (125, 135, 225, 235) con la base (120, 220), las columnas centrales que comprenden un número impar de columnas y que permiten un patrón de tejido sustancialmente reflejado alrededor de un plano central de simetría de la preforma (100, 200).
- 15 12. La preforma (100, 200) de acuerdo con la reivindicación 9, en donde las columnas de fibras (226) de urdimbre incluyen columnas centrales de fibras (226) de urdimbre situadas entre las fibras (114) de relleno que conectan una de las patas (125, 135, 225, 235) a la base (120, 220) y las fibras (114) de relleno que conectan la otra de las patas (125, 135, 225, 235) a la base (120, 220), las columnas centrales que comprenden un número par de columnas y permiten un patrón de tejido sustancialmente asimétrico alrededor de un plano central de la preforma (100, 200).
- 20 13. La preforma (100, 200) de acuerdo con la reivindicación 11, en donde las columnas de fibras (226) de urdimbre incluyen columnas separadoras de fibras (226) de urdimbre adyacentes a los lados opuestos de las columnas centrales, cada columna separadora que divide porciones de las fibras (114) de relleno en dos grupos, un grupo que se extiende entre la base (120, 220) y la pata (125, 135, 225, 235) de entre el conjunto central de columnas y la columna separadora adyacente, el otro grupo que se extiende de entre la columna separadora y las columnas lateralmente hacia el exterior de la columna separadora.
- 25 14. La preforma (100, 200) de acuerdo con la reivindicación 12, en donde las columnas de fibras (226) de urdimbre incluyen columnas separadoras de fibras (226) de urdimbre adyacentes a los lados opuestos de las columnas centrales, cada columna separadora que divide porciones de las fibras (114) de relleno en dos grupos, un grupo que se extiende entre la base (120, 220) y la pata (125, 135, 225, 235) de entre el conjunto central de columnas y la columna separadora adyacente, el otro grupo que se extiende de entre la columna separadora y las columnas lateralmente hacia el exterior de la columna separadora.
- 30 15. La preforma (100, 200) de acuerdo con la reivindicación 9, en donde la base (120, 220) tiene más capas que cada una de las patas (125, 135, 225, 235) o viceversa.
- 35 16. La preforma de acuerdo con la reivindicación 9, en donde los bordes de la base (120, 220) y/o las patas (125, 135, 225, 235) están estrechados.
17. La preforma (100, 200) de acuerdo con la reivindicación 9, en donde las patas (125, 135, 225, 235) son perpendiculares o no perpendiculares o anguladas con respecto a la base (120, 220).

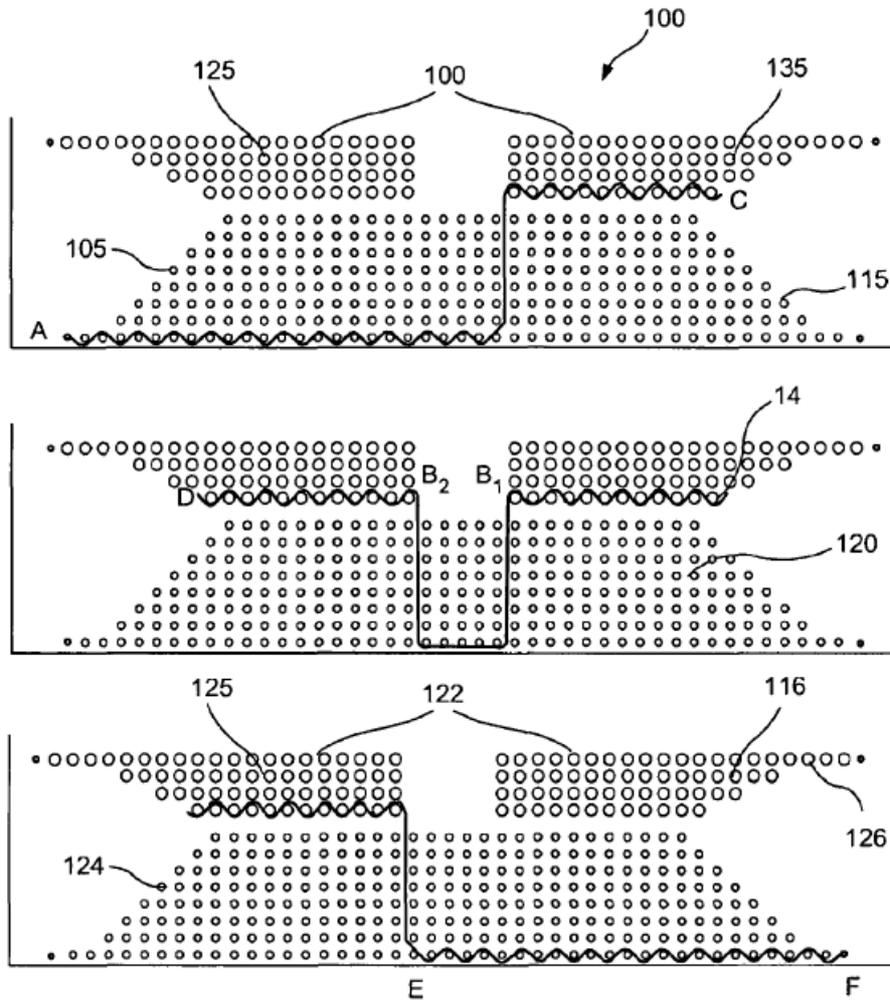


FIG. 1

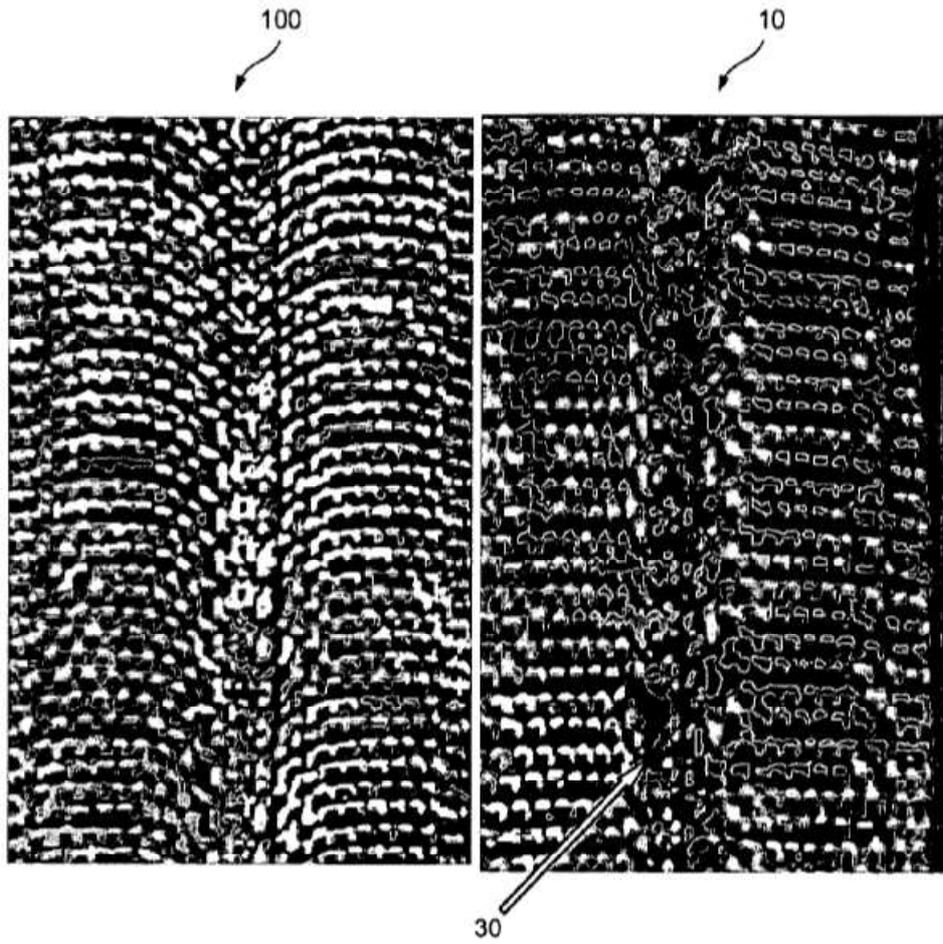


FIG. 2(a)

FIG. 2(b)



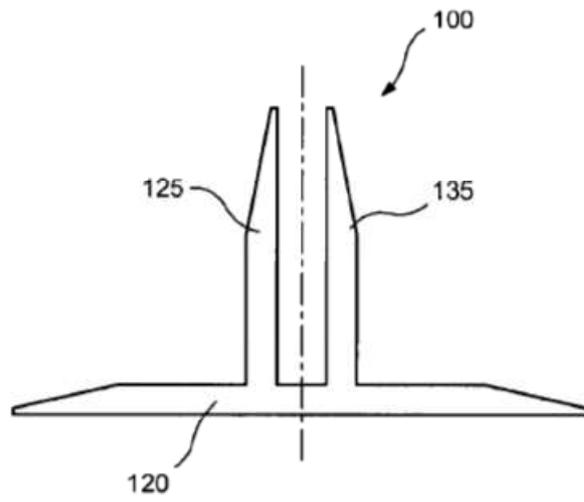
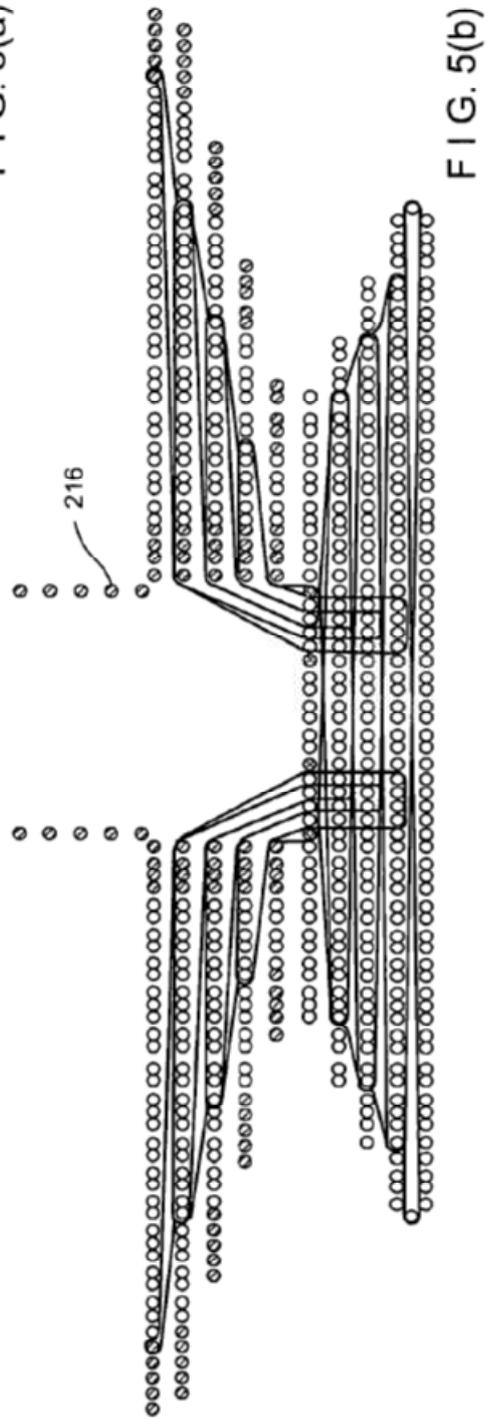
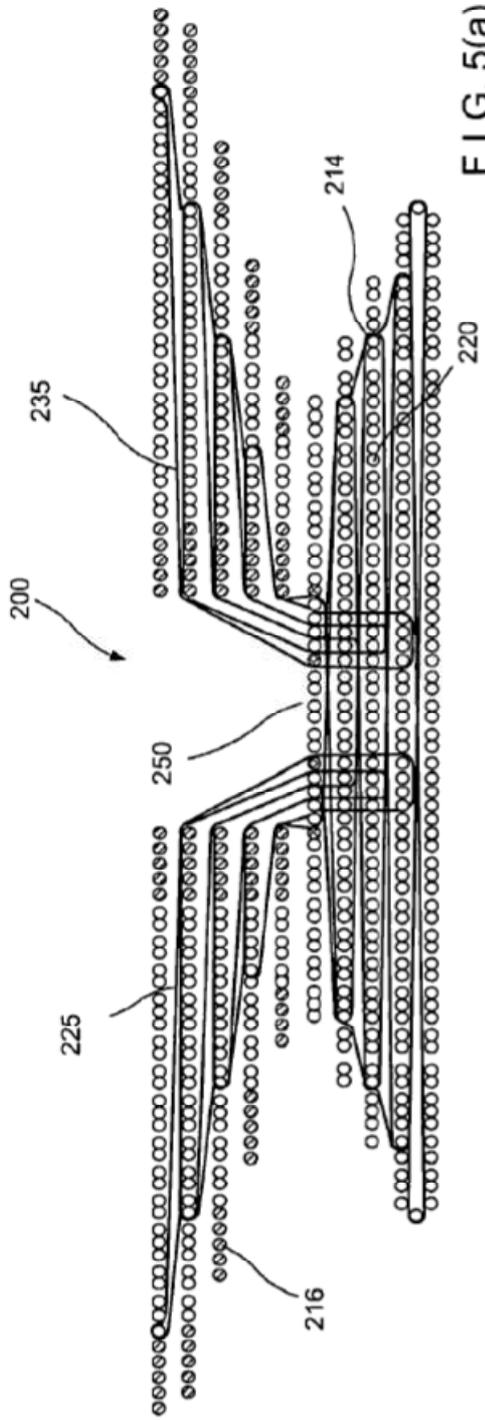


FIG. 4



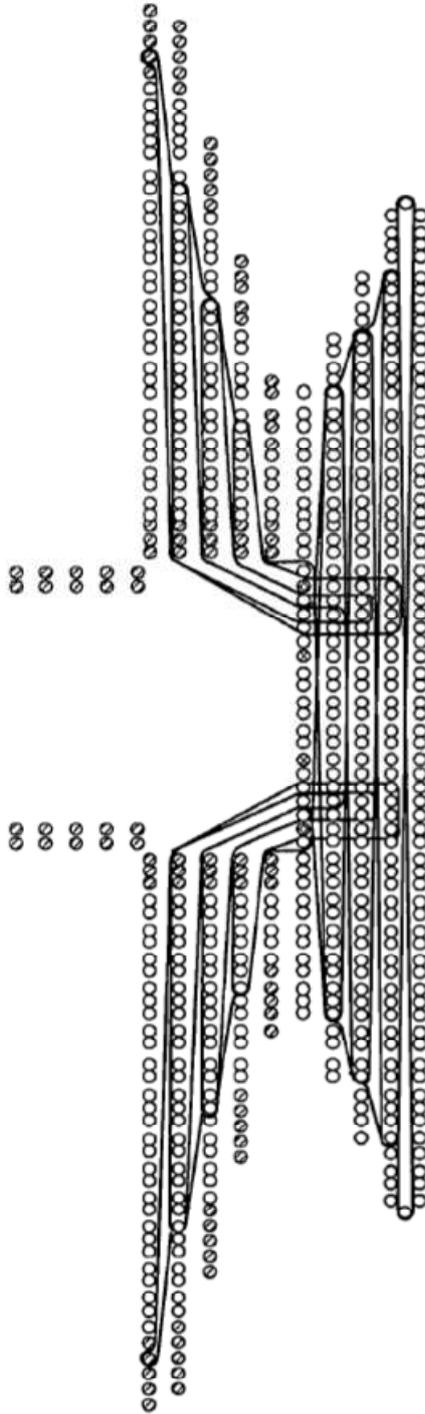


FIG. 5(c)

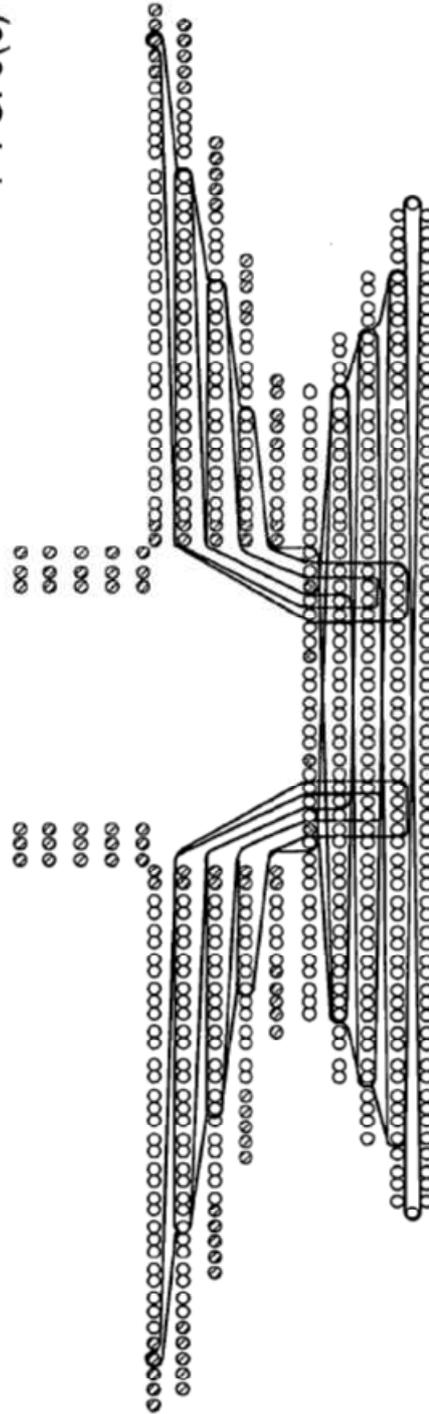


FIG. 5(d)

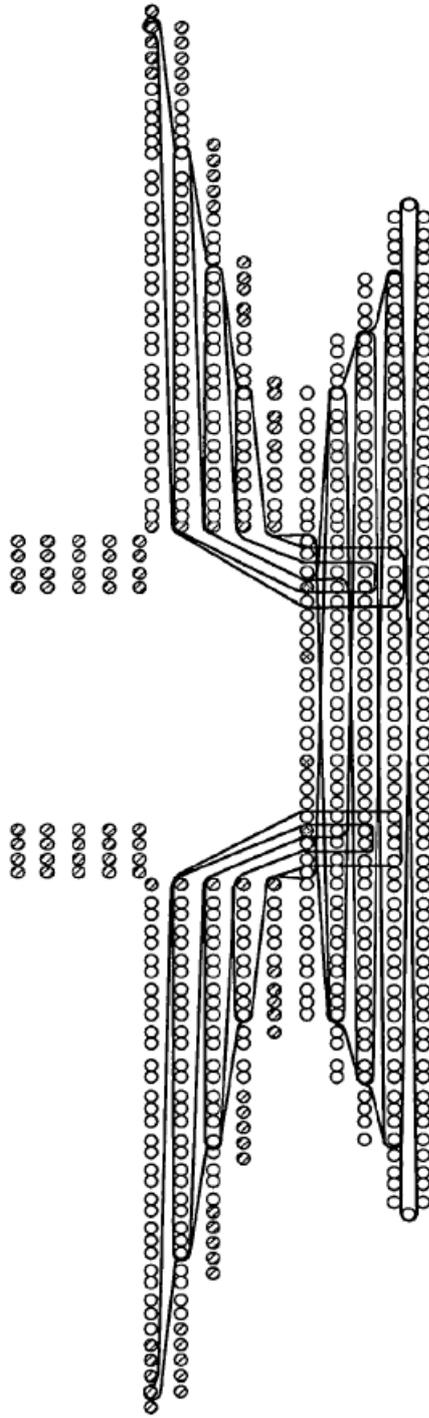


FIG. 5(e)

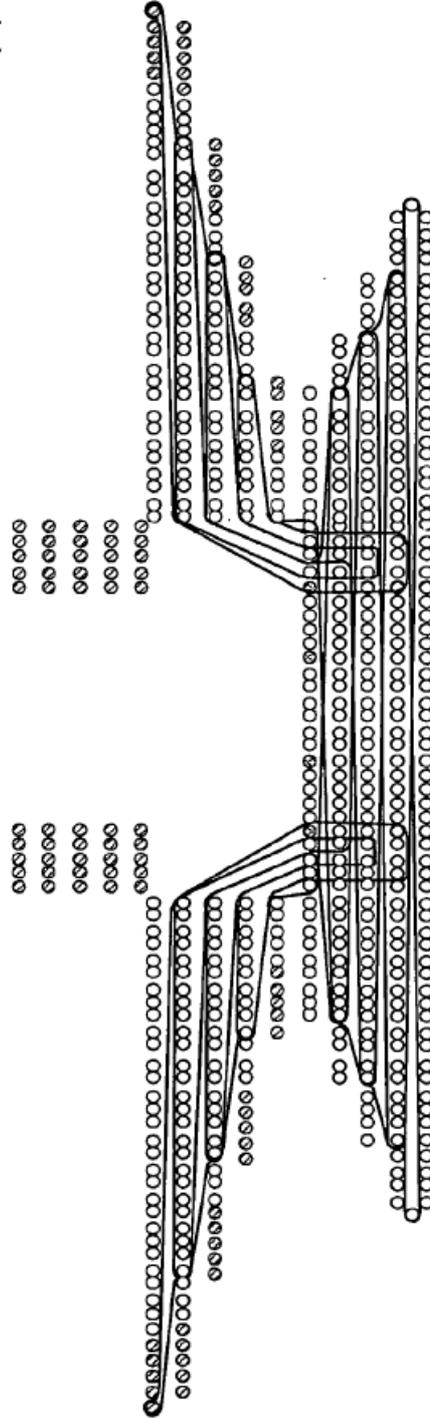


FIG. 5(f)

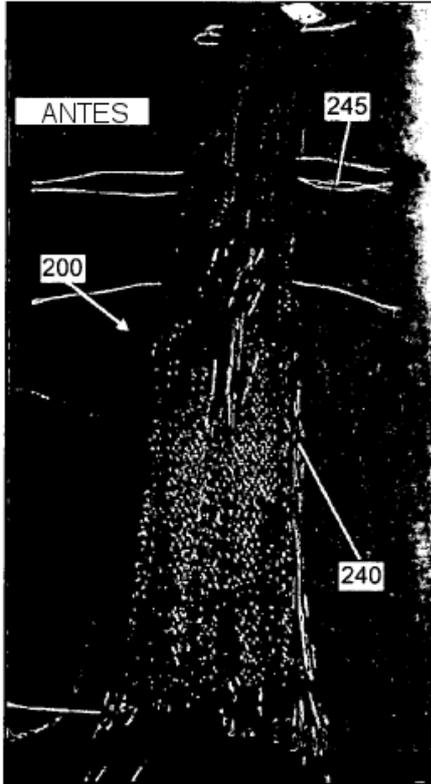


FIG. 6(a)

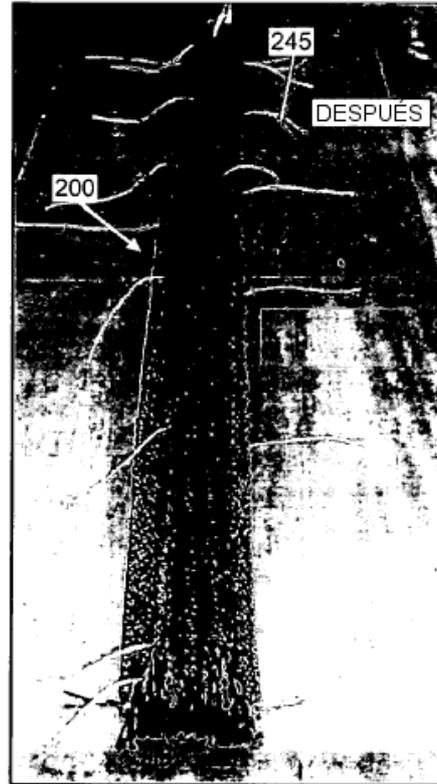


FIG. 6(b)

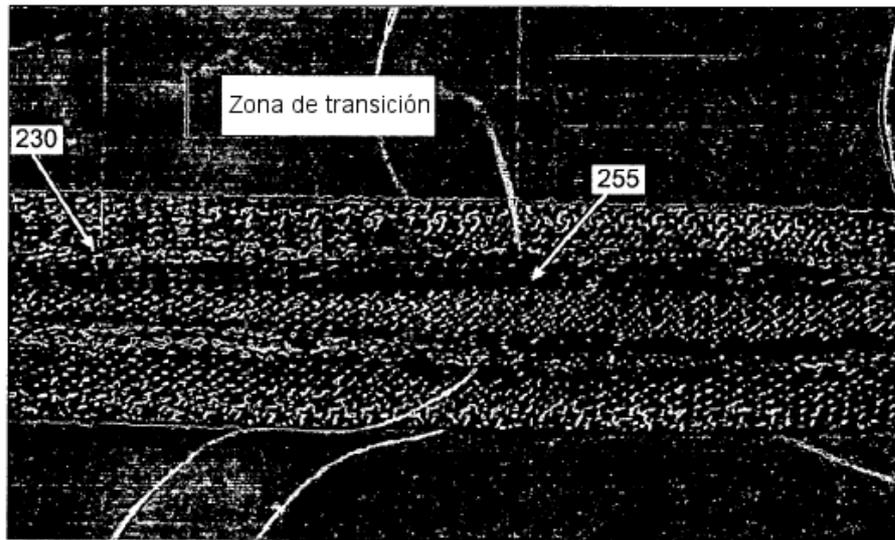


FIG. 7