

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 604 669**

51 Int. Cl.:

B29C 70/22 (2006.01)

B29B 11/16 (2006.01)

D03D 3/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.11.2010 PCT/US2010/055845**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.05.2011 WO11059922**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.11.2010 E 10779387 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.08.2016 EP 2498978**

54 Título: **Preforma de recorte ahusado reforzada y método de refuerzo de las preformas**

30 Prioridad:

11.11.2009 US 616597

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.03.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GOERING, JONATHAN y
MCCLAIN, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 604 669 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 de recorte ahusado reforzada y método de refuerzo de las preformas

Incorporación por referencia

5 Todas las patentes, solicitudes de patente, documentos, referencias, instrucciones del fabricante, descripciones, especificaciones del producto y fichas del producto para cualquiera de los productos mencionados en el presente documento se incorporan en el presente documento por referencia, y pueden emplearse en la puesta en práctica de la invención.

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere, en general, a preformas tejidas y se refiere, especialmente, a preformas tejidas usadas en materiales compuestos reforzados. Más especialmente, la presente invención se refiere a preformas en forma de Pi de recorte ahusado que pueden conformarse en formas muy curvadas. Incluso más especialmente, la presente invención se refiere a refuerzos para preformas en forma de Pi de recorte ahusado.

Antecedentes de la invención

15 El uso de materiales compuestos reforzados para producir componentes estructurales se ha extendido en la actualidad, especialmente en aplicaciones donde pueden usarse con gran ventaja sus características deseables de peso ligero, alta resistencia, tenacidad, resistencia térmica, y capacidad para formarse y conformarse. Tales componentes se usan, por ejemplo, en productos aeronáuticos, aeroespaciales, de satélites, recreativos de alto rendimiento, y otras aplicaciones.

20 Habitualmente, tales componentes consisten en materiales de refuerzo incrustados en materiales de matriz. El componente de refuerzo puede fabricarse de materiales tales como vidrio, carbón, cerámica, aramida, polietileno, y/u otros materiales que muestran propiedades físicas, térmicas, químicas y/u otras propiedades deseables, siendo la principal su gran resistencia contra los fallos por tensión.

25 Mediante el uso de tales materiales de refuerzo, que finalmente se convierten en un elemento constituyente del componente terminado, se confieren las características deseadas de los materiales de refuerzo, tales como una muy alta resistencia, al componente compuesto terminado. Los materiales de refuerzo constituyentes habituales, pueden tejerse, tricotarse u orientarse de otro modo en las configuraciones y formas deseadas para las preformas de refuerzo. Normalmente, se pone especial atención en garantizar la utilización óptima de las propiedades para las que se han seleccionado los materiales de refuerzo constituyentes. Normalmente, tales preformas de refuerzo se combinan con el material de matriz para formar los componentes acabados deseados o para producir material de
30 trabajo para la producción final de los componentes acabados.

Después de que se haya construido la preforma de refuerzo deseada, el material de matriz puede introducirse en y dentro de la preforma, de manera que, habitualmente, la preforma de refuerzo termina encajada en el material de matriz y el material de matriz llena las áreas intersticiales entre los elementos constituyentes de la preforma de refuerzo. El material de matriz puede ser cualquiera de una amplia diversidad de materiales, tales como epoxi, poliéster, viniléster, cerámica, carbono y/u otros materiales, que también muestran propiedades físicas, térmicas, químicas, y/u otras propiedades deseadas. Los materiales elegidos para su uso como la matriz pueden o pueden no ser los mismos que los de la preforma de refuerzo y pueden o pueden no tener propiedades físicas, químicas, térmicas u otras, propiedades comparables. Habitualmente, sin embargo, no serán de los mismos materiales ni tendrán propiedades físicas, químicas, térmicas u otras propiedades comparables, ya que un objetivo habitual buscado al usar materiales compuestos es, en primer lugar, lograr una combinación de características en el producto acabado que no pueda alcanzarse a través del uso de un único material constituyente. La preforma de refuerzo y el material de matriz, combinados de este modo, pueden, a continuación, endurecerse y estabilizarse en la misma operación por termoendurecimiento u otros métodos conocidos, y, a continuación, someterse a otras operaciones dirigidas a la producción del componente deseado. Es importante señalar en este punto que, después del endurecimiento, las masas del material de matriz solidificadas de este modo normalmente se adhieren muy fuertemente al material de refuerzo (por ejemplo, la preforma de refuerzo). Como resultado, la tensión del componente acabado, especialmente a través de su material de matriz que actúa como un adhesivo entre las fibras, puede transferirse de manera eficaz y soportarse por el material constituyente de la preforma de refuerzo. Cualquier ruptura o discontinuidad en la preforma de refuerzo limita la capacidad de la preforma para transferir y soportar la tensión aplicada al componente acabado.
50

Frecuentemente, se desea producir componentes en configuraciones que sean diferentes a formas geométricas simples tales como, por ejemplo, placas, láminas, sólidos rectangulares o cuadrados, etc. Una forma de hacerlo es combinar tales formas geométricas básicas con formas más complejas deseadas. Una combinación de este tipo

habitual se realiza uniendo preformas de refuerzo fabricadas como se ha descrito anteriormente en un ángulo (habitualmente un ángulo recto) una con respecto a otra. Los fines habituales para tales configuraciones angulares de preformas de refuerzo unidas son los de crear una forma deseada para formar una preforma de refuerzo que incluya una o más paredes terminales o intersecciones en "T", por ejemplo, o consolidar la combinación resultante de las preformas de refuerzo y la estructura de material compuesto que se produce contra una deflexión o un fallo tras exponerse a fuerzas exteriores, tales como presión o tensión. En cualquier caso, una consideración relacionada es hacer que cada unión entre los componentes constituyentes sea tan fuerte como sea posible. Dada la muy alta resistencia deseada de los constituyentes de la preforma de refuerzo por sí mismos, la debilidad de la unión se convierte, efectivamente, en un "eslabón débil" en una "cadena" estructural.

5
10 Un ejemplo de una configuración de intersección se expone en la patente de Estados Unidos n.º 6.103.337, cuya divulgación se incorpora por referencia en el presente documento. Esta referencia expone un medio eficaz de unir dos placas de refuerzo en forma de T. Esto puede lograrse uniendo un primer panel de refuerzo a un segundo panel de refuerzo colocado en un borde contra el primer panel.

15 En el pasado, se han hecho otras propuestas diferentes para fabricar tales uniones. Se ha propuesto formar y endurecer un elemento del panel y un elemento de refuerzo angulado separados uno de otro, teniendo este último una sola superficie de contacto de panel o que se bifurca en un extremo para formar dos superficies divergentes de contacto de panel coplanarias. Los dos componentes se unen, a continuación, pegando mediante adhesivo la o las superficies de contacto de panel del elemento de refuerzo a una superficie de contacto del otro componente usando material adhesivo termoendurecible u otro material adhesivo. Sin embargo, cuando se aplica tensión al panel endurecido o a la capa exterior de la estructura de material compuesto, las cargas con valores inaceptablemente bajos dan como resultado fuerzas de "desprendimiento" que separan el elemento de refuerzo del panel en su interfaz ya que la resistencia efectiva de la unión es la del adhesivo y no la de la matriz o los materiales de refuerzo.

20
25 El uso de tornillos o remaches de metal en la interfaz de tales componentes es inaceptable debido a que tales adiciones destruyen y debilitan, al menos parcialmente, la integridad de las propias estructuras de material compuesto, añaden peso, e introducen diferencias en el coeficiente de expansión térmica como entre tales elementos y el material circundante.

30 Otros enfoques para resolver este problema se han basado en el concepto de introducir fibras de alta resistencia a través del área de unión a través del uso de métodos tales como coser uno de los componentes a otro y basarse en el hilo de costura para introducir tales fibras de fortalecimiento en y a través del sitio de unión. Un enfoque como este se muestra en la patente de Estados Unidos n.º 4.331.495 y su contraparte divisional de método, la patente de Estados Unidos n.º 4.256.790. Estas patentes desvelan uniones que se han hecho entre unos paneles de material compuesto primero y segundo fabricados de capas de fibra pegadas mediante adhesivo. El primer panel se bifurca en un extremo para formar dos superficies divergentes de contacto de panel coplanarias, a la manera de la técnica anterior, que se han unido al segundo panel mediante la costura del material compuesto flexible no endurecido enhebrado a través de ambos paneles. A continuación, los paneles y el hilo se endurecen simultáneamente o se "co-endurecen". Otro método para mejorar la resistencia tras la unión se expone en la patente de Estados Unidos n.º 5.429.853.

35
40 Aunque la técnica anterior ha buscado mejorar la integridad estructural del material compuesto reforzado y ha logrado éxito, especialmente en el caso de la patente de Estados Unidos. n.º 6.103.337, existe el deseo de mejorar o resolver el problema a través de un enfoque diferente del uso de adhesivos o acoplamiento mecánico. En este sentido, un enfoque puede ser crear una estructura tejida tridimensional ("3D") mediante máquinas especializadas. Sin embargo, el coste implicado es considerable y rara vez es deseable tener una máquina para tejer dirigida a crear una única estructura. A pesar de este hecho, las preformas 3D que pueden procesarse en componentes compuestos reforzados por fibra son deseables debido a que proporcionan mayor resistencia y tolerancia a los daños con respecto a los materiales compuestos laminados bidimensionales ("2D") convencionales. Estas preformas son especialmente útiles en aplicaciones que requieren que el material compuesto transporte cargas fuera del plano. Sin embargo, las preformas de la técnica anterior tratadas anteriormente se han limitado en su capacidad a soportar altas cargas fuera del plano, que son tejidas en un proceso de telar automatizado, y proporcionar espesores variables a las partes de la preforma.

45
50 Otro enfoque sería tejer una estructura de múltiples capas plana y plegarla en una forma 3D. Los primeros intentos de plegar preformas de múltiples capas en formas 3D habitualmente daban como resultado partes que se distorsionaban cuando se plegaba la preforma. La distorsión se produce debido a que las longitudes de las fibras tejidas son diferentes de lo que deberían ser cuando se pliega la preforma. Esto provoca hoyuelos y ondulaciones en áreas donde las longitudes de las fibras tejidas son demasiado cortas, y rizados en las áreas donde las longitudes de las fibras son demasiado largas. Un ejemplo de una arquitectura de tejido de preforma 3D, que puede conducir a ondulaciones o bucles en áreas donde se pliega la preforma, se desvela en la patente de Estados Unidos 6.874.543, cuyo contenido completo se incorpora por referencia en el presente documento.

Un enfoque para resolver el problema de la distorsión tras el plegado se desvela en la patente de Estados Unidos 6.466.675, cuyo contenido completo se incorpora por referencia en el presente documento. Esta referencia proporciona una estructura plana de múltiples capas que puede plegarse en una estructura 3D en forma de T o de Pi, denominada así debido a que la parte plegada de la preforma puede producir o una o dos patas (para las formas T y Pi, respectivamente) generalmente perpendiculares a una pestaña o material original. Esto se consigue ajustando la longitud de las fibras durante el tejido para evitar los hoyuelos y los rizos mencionados anteriormente en el sitio del pliegue. En el proceso de tejido, algunas fibras se tejen demasiado largas, y otras se tejen demasiado cortas, en la zona del pliegue. A continuación, las fibras cortas y largas se igualan en longitud a medida que se pliega la preforma, produciendo una transición suave en el pliegue.

La ventaja de las preformas plegadas es la fuerza de la unión entre el panel a reforzar y el panel de refuerzo. A medida que se tejen juntos, los paneles comparten el material de refuerzo y el material de matriz, creando una construcción unitaria. La unión entre el panel de refuerzo tejido de manera integral o pata y el material original o pestaña ya no es el eslabón débil, dependiendo solamente de la fuerza del adhesivo para la fuerza de la unión, como en los refuerzos de la técnica anterior. En su lugar, las fibras de la preforma tejen de manera integral las patas y la pestaña entre sí.

Con frecuencia, sin embargo, formas complejas, tales como curvas, requieren refuerzo. Los refuerzos en forma de T o de Pi plegados requieren el recorte ahusado de las patas para adaptarse a una superficie curvada. A medida que el material de pestaña de una preforma plegada adopta una forma curvada, la longitud de la superficie curvada varía necesariamente desde el interior de la curvatura al exterior. La longitud de arco del exterior de la curvatura, la superficie con el radio más grande cuando está curvada, aumenta, mientras que en el interior de la curvatura, la longitud del arco disminuye. Las patas de las preformas plegadas habituales no pueden cambiar la longitud según se requiera para adaptarse a una superficie curvada. Para adaptarse a una superficie curvada, las patas deben recortarse de manera ahusada, es decir, cortarse para permitir que la pata se ajuste a la longitud de arco cambiada.

Habitualmente, el corte es a lo largo del radio localizado de curvatura, pero también pueden usarse otros cortes no radiales para adaptarse al cambio de longitud. Para permitir la longitud disminuida en el interior de una preforma curvada, se corta la pata y se permite que se superpongan los bordes cortados, o se elimina el exceso de material. De manera similar, para adaptar la longitud aumentada en el exterior de la curvatura, se corta la pata, lo que da como resultado un hueco triangular entre los bordes cortados de la pata. En cualquier configuración, el recorte ahusado rompe la continuidad del material de refuerzo en cada pata. El recorte ahusado de las patas de una preforma 3D en forma de T o de Pi puede degradar seriamente las capacidades de transporte de carga de la preforma, debido a que el recorte ahusado implica cortar las fibras que proporcionan la trayectoria de carga principal alrededor de la esquina. Los métodos de la técnica anterior no han resuelto adecuadamente la necesidad de reforzar adecuadamente las preformas de recorte ahusado usadas para reforzar las superficies curvadas.

El documento US 2009/201763 se refiere a preformas de fibras reforzadas multidireccionales que se ajustan fácilmente a curvaturas complejas, tales como, cajas de ventilador de turbina de material compuesto, anillos de contención de motor a reacción, marcos de fuselaje de aeronaves, marcos de ventanas de aeronaves, y anillos embreados para la unión de las barquillas a los motores de las aeronaves. La invención proporciona preformas tejidas conformadas reforzadas multidireccionales con una resistencia mejorada para estructuras de material compuesto que son de naturaleza axisimétrica así como de naturaleza no axisimétrica. La invención es una preforma usada para reforzar una estructura de material compuesto que incluye una parte de tejido tejida en contorno, una parte de tejido trenzada biaxialmente, trenzada triaxialmente o al bias, y/o una parte de tejido tejida polar, y un método para su fabricación. La preforma puede incluir, opcionalmente, una parte tejida de manera tridimensional. La combinación de diferentes formas de tejidos permite que la preforma se produzca sin cortar ni recortar de manera ahusada las capas individuales. La eliminación de estos cortes y recortes ahusados mejora la resistencia y el rendimiento de la estructura resultante.

El documento WO 2005/082605 desvela un procedimiento para formar una preforma (10) para su uso en una estructura que tiene al menos una parte curvada (26) de una longitud específica, que incluye las etapas de: 1) proporcionar una preforma que tiene la capacidad de expandirse en hilos longitudinales (20) en filas paralelas a la dirección de curvatura a lo largo de una longitud igual a la longitud que requiere curvatura, de manera que los huecos entre cada fila de hilos estén separados de los huecos en las filas de hilos adyacentes; y 2) estirar las partes (26) de la preforma (10) que requieren curvatura en un modelo de onda senoidal.

La presente invención aborda las deficiencias de la técnica anterior proporcionando un refuerzo para preformas 3D, especialmente preformas 3D de recorte ahusado.

Sumario de la invención

Por lo tanto, un objetivo de la invención es proporcionar un refuerzo para una preforma 3D.

Otro objetivo de la invención es proporcionar un refuerzo para una preforma 3D en forma de Pi o de T.

Otro objetivo más de la invención es proporcionar un refuerzo de tejido orientado tejido para una preforma de recorte ahusado.

5 Otro objetivo más de la invención es proporcionar un refuerzo de tejido orientado tejido configurado para ocupar la horquilla entre las patas de una preforma 3D en forma de Pi como refuerzo.

Para una mejor comprensión de la invención, sus ventajas operativas y objetos específicos alcanzados por sus usos, se hace referencia a la materia descriptiva adjunta en la que se ilustran realizaciones preferidas, pero no limitantes, de la invención.

10 Estas y otras realizaciones se desvelan o son evidentes a partir de, y se abarcan por, la siguiente descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

15 Los dibujos adjuntos, que se incluyen para proporcionar una mejor comprensión de la invención, se incorporan en y constituyen parte de la presente memoria descriptiva. Los dibujos presentados en el presente documento ilustran diferentes realizaciones 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 lateral de una preforma 3D en forma de Pi convencional;

la figura 2 es una vista en sección transversal de la preforma 3D convencional de la figura 1 tomada a lo largo de la línea A-A;

la figura 3 es una vista lateral de una preforma de recorte ahusado 3D convencional;

20 la figura 4 es una vista lateral de una preforma de recorte ahusado 3D convencional configurada en una configuración doblada o curvada;

la figura 5 es una vista lateral de un refuerzo de tejido orientado, de acuerdo con una realización de la presente invención;

25 la figura 6 es la preforma 3D de la figura 2 con el refuerzo de tejido orientado de la figura 5 colocado entre las patas de la preforma, de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 7 es la preforma 3D de la figura 2 que incluye un refuerzo de tejido orientado, de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 8 es una vista en sección de una preforma en forma de T que incluye un refuerzo de tejido orientado, de acuerdo con una realización de la presente invención;

30 la figura 9 es una vista en sección de un refuerzo de tejido orientado de acuerdo con una realización de la presente invención; y

la figura 10 es la preforma 3D de la figura 2 con el refuerzo de tejido orientado de la figura 9 colocado entre las patas de la preforma, de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

35 Las figuras 1 y 2, que desvelan realizaciones que no forman parte de la invención, pero que representan antecedentes de la técnica que son útiles para comprender la invención, ilustran una preforma 3D en forma de Pi 100, con unas patas dependientes tejidas de manera integral 102(a) y 102(b) (conjuntamente, "patas 102"). La preforma se forma a partir de una estructura tejida de múltiples capas plana adecuadamente tejida y plegada para producir las patas 102(a) y 102(b) que se extienden desde la pestaña 104. Para los expertos en la materia es
40 evidente que son posibles otras formas en sección transversal de preformas plegadas. Por ejemplo, puede formarse una forma en T a partir de una preforma tejida plana si solo se forma una pata 102. De manera similar, una forma en T también resultaría de una preforma en forma de Pi sin un espacio d separando las patas 102, como si, por ejemplo, las superficies enfrentadas interiores 106(a) y 106(b) estuvieran en una disposición de tope.

Para los fines de la presente divulgación, "fibra" se entiende en un sentido amplio y abarca fibras, hilos o trenzas.

Aunque se prefiere la fibra de carbono, la invención puede aplicarse a prácticamente cualquier otra fibra que incluya, pero sin limitarse a, aquellas que pueden romperse por estiramiento, por ejemplo, fibras de carbono rotas por estiramiento o vidrio.

5 Para mayor claridad, en las figuras 1-4 se proporciona un sistema de coordenadas elegido arbitrariamente para ilustrar la orientación de las diversas vistas en el espacio. Esto se proporciona como una ayuda para comprender las figuras y no forma parte de la divulgación de la invención. En el sistema de coordenadas usado en las figuras, las fibras o hilos de trama o de relleno (F) se alinean con el eje X y las fibras o hilos de urdimbre (W) se alinean con el eje Y. El eje Z es perpendicular a la pestaña plana 104.

10 La preforma 100 se ensambla a partir de las fibras o hilos de urdimbre (W) 103 y las fibras o hilos de trama (F) 105 como se muestra en la figura 1. En algunas realizaciones, las fibras de urdimbre (W) y de trama (F) individuales se entrelazan entre sí en cualquier patrón conocido para formar una preforma tejida. A través de métodos de tejido conocidos, las fibras de urdimbre (W) 103 y las fibras de trama (F) 105 se tejen en la pestaña 104 y las patas 102 con las fibras de urdimbre (W) 103 desplazándose continuamente en la dirección Y tanto en la pestaña 104 como en las patas 102. Las fibras de trama (F) 105 se desplazan en la dirección X en la preforma desplegada. Cuando las patas se pliegan para formar una preforma 3D, las fibras de trama (F) 105 en las patas 102 se orientan en la dirección Z.

20 Como se ilustra en la figura 2, las patas 102 tienen unos extremos libres 108(a) y 108(b) localizados lejos de las pestañas 104. Conjuntamente, los extremos libres 108 pueden ahusarse como se ilustra en la figura 2. Se prevén otras configuraciones de extremo libre en función de los criterios de diseño u otras consideraciones. Ejemplos no limitantes de tales configuraciones de extremo libre pueden incluir secciones transversales cuadradas, redondeadas o bulbosas. Las patas adyacentes 102 pueden tener la misma configuración de extremo o pueden tener configuraciones de extremo diferentes. Las configuraciones de extremo pueden variar a lo largo de la longitud de la preforma según se requiera.

25 De manera similar, la pestaña 104 comprende unas partes de extremo 110(a) y 110(b) (conjuntamente, las partes de extremo 110) localizadas en los extremos de la pestaña 104. Como se ilustra, las partes de extremo 110 se muestran para ahusarse. Como con los extremos libres 108 anteriores, las partes de extremo de pestaña pueden tener configuraciones distintas a la configuración ahusada mostrada. Como ejemplos alternativos, no limitantes, las partes de extremo 110 pueden ser cuadradas, redondas o bulbosas, o combinaciones de las mismas. Cabe señalar que tanto las patas 102 como los lados de la pestaña 104 pueden tener longitudes iguales o desiguales. Por ejemplo, la pata 102(a) puede ser más larga que la pata 102(b), o viceversa. De manera similar, un lado de la pestaña 104 puede ser más ancho que el otro lado.

35 La preforma 3D 100 de la figura 1 se muestra en una configuración recta en la que la superficie superior 112 de la pestaña es generalmente plana en las direcciones X e Y. Dichas configuraciones pueden ser útiles en aplicaciones en las que se requiere un panel plano. Sin embargo, en muchas aplicaciones puede ser deseable tener una preforma curvada para crear un panel 3D curvado o curvilíneo. La figura 4 es un ejemplo no limitante de un panel curvilíneo útil en algunas aplicaciones. Como se muestra, la pestaña 104 permanece plana, o casi plana, en la dirección del eje X, o dirección de la trama (F). La configuración ilustrada muestra las fibras del eje Y, las fibras de urdimbre (W) 103, configuradas en un doblez o curva de aproximadamente 90 °. Como tal, las fibras de urdimbre (W) 103, alineadas inicialmente con la dirección Y, cambian de orientación a través del doblez para llegar a alinearse con el eje Z.

45 La figura 3 ilustra una preforma de recorte ahusado 3D convencional 101 antes del doblez, como se conoce en la técnica. Los recortes ahusados 116 son generalmente cortes en las patas 102 que se extienden desde el extremo libre 108 y que terminan en la parte inferior 114 de la pestaña 104. Los recortes ahusados pueden formarse cortando secciones triangulares de cada pata a recortar de manera ahusada, como se muestra en la figura 3. Un primer lado de la pieza triangular retirada de la pata 102 se alinea con el extremo libre 108 de la pata. Los dos lados adicionales del recorte ahusado 116 se extienden desde cada extremo del primer lado del triángulo hacia, y convergen en, la parte inferior 114 de la pestaña 104.

Como alternativa, los recortes ahusados pueden ser cortes individuales que se extienden desde el extremo libre 108 de una pata 102 hacia, y que terminan en, la parte inferior 114 de la pestaña 104.

50 Cuando la preforma de recorte ahusado 101 (figura 3) con recortes ahusados triangulares se dobla en la configuración que se muestra en la figura 4, las esquinas de una sección triangular retirada, por ejemplo 118(a) y 118(b), se juntan, permitiendo que la pestaña 104 de la preforma adopte una forma curvada. Unos pares de esquinas adyacentes, por ejemplo, 118a/118b, 118c/118d, 118e/118f (figura 3), pueden juntarse en el mismo plano, manteniendo las superficies interiores (106(a) y 106(b)) y las superficies exteriores (107(a) y 107(b)) lisas, de las patas 102 como se muestra en la figura 2. En algunas aplicaciones, no se requieren las superficies planas lisas de las patas 102. En estas aplicaciones, pueden usarse recortes ahusados de un solo corte, y los bordes cortados pueden superponerse a medida que se dobla la preforma. Pueden usarse múltiples recortes ahusados de cualquier

tipo según se requiera por la aplicación.

Independientemente del número o tipo de recortes ahusados usados, el efecto sobre la preforma es generalmente el mismo. Cualquier corte en la pata 102 que se extienda desde el extremo libre 108 hacia la parte inferior 114 de la pestaña 104 cortará todas las fibras de urdimbre (W) 103 de la pata 102 a lo largo de la longitud del corte. Debido a que las fibras 103 de urdimbre (W) proporcionan la trayectoria de transporte de carga principal alrededor de la esquina de la preforma doblada 101, el corte de las fibras de urdimbre (W) 103 interrumpe la trayectoria de carga y puede degradar gravemente la capacidad de la estructura para transportar cargas.

Los cortes que no son paralelos a las fibras de trama (F) 105 de la pata 102 es probable que corten una o más fibras de trama (F) 105. Como se entiende en general, cualquier corte de las fibras o hilos de refuerzo en las patas 102 proporciona una rotura en la continuidad del refuerzo y disminuye la eficacia del refuerzo. En particular, las roturas en las fibras de urdimbre (W) 103 disminuyen significativamente la resistencia de la preforma.

En la preforma de recorte ahusado doblada 101 ilustrada en la figura 4, la preforma se ha doblado de tal manera que las patas 102 están en el interior del radio de curvatura R, que es cóncavo en el lado de la pata. En algunos casos, es deseable proporcionar una preforma curvada de tal manera que las patas están en el exterior de la curvatura de la preforma de recorte ahusado (no mostrada). Se usa un recorte ahusado similar para formar un doblez en el que la preforma 3D es convexa en el lado de la pata. Cuando la pata está en el exterior del radio de curvatura, se usan habitualmente cortes rectos. Como se sabe en general, cuando se dobla la preforma, el recorte ahusado se abre y se forman espacios triangulares a partir de los cortes rectos.

En muchas aplicaciones, es deseable fabricar una preforma de curvatura compleja, de tal manera que la preforma tiene curvaturas tanto cóncavas como convexas a lo largo de su longitud. En tales aplicaciones, la preforma sería, en algunas áreas a lo largo de la longitud, cóncava en el lado de la pata, o convexa en el lado de la pata. En consecuencia, las patas 102 estarían, en algunas áreas, en el interior de la curvatura (por ejemplo, como se muestra en la figura 4), y en otras áreas, en el exterior de la curvatura.

Independientemente de la dirección de la curvatura, o de si hay un doblez completa, cualquier interrupción o ruptura en la continuidad de las fibras de refuerzo de urdimbre (W) o de trama (F) 103 y 105 en las patas 102 debilita la preforma debido a que la preforma gana gran parte de su resistencia a partir de la continuidad de las fibras de refuerzo, especialmente las fibras en la dirección de urdimbre (W). La impregnación de una preforma con fibras de refuerzo de urdimbre (W) cortadas o interrumpidas con un material de matriz proporciona poca mejora a la resistencia debido a que la resistencia de la preforma depende significativamente de la resistencia del material de matriz.

Con el fin de reforzar una preforma de recorte ahusado 101, se proporciona un tejido orientado 201, como se muestra en la figura 5, que puede fijarse a una o ambas patas 102 de la preforma de recorte ahusado 101, y la preforma modificada puede impregnarse con una resina. Como es evidente para los expertos en la materia, el mismo tejido orientado 201, o uno similar, podría fijarse a una preforma sin recorte ahusado para aumentar la resistencia, la rigidez u otras características de refuerzo de la preforma.

El tejido orientado 201 puede ser un tejido plano y compuesto de fibras o hilos de urdimbre (W) 203 y fibras o hilos de trama (F) 205 que pueden orientarse esencialmente perpendiculares entre sí a lo largo del tejido, como se muestra en la figura 5. En general, las superficies planas 212, 213 del tejido están separadas, definiendo el espesor, t, del tejido 201, como se muestra en la figura 6. El espesor t también puede lograrse combinando entre sí dos o más tejidos dirigidos o puede lograrse tejiendo un único tejido orientado de múltiples capas o puede lograrse tejiendo un tejido orientado plano y plegándolo a lo largo de la longitud del tejido. En cualquier caso, el espesor t del tejido orientado 210 no debe ser mayor que d (figura 2), la separación entre las patas 102(a) y 102(b), a veces denominada horquilla. La figura 5 incluye unas coordenadas ortogonales 206 en tres localizaciones sobre el tejido orientado 201 que indican la orientación de las fibras de urdimbre (W) 203 y de las fibras de trama (F) 205 localizadas unas con respecto a otras y al propio tejido 201. Ventajosamente, las fibras 203 de urdimbre (W) son continuas alrededor del doblez, como se ilustra en la figura 5.

En algunas aplicaciones, puede ser deseable proporcionar un tejido orientado con un espesor, t, menor que el ancho de horquilla, o una separación, d, entre las patas 102 de una preforma en forma de Pi, con el fin de dejar un espacio entre las patas sin llenar con tejido. Por ejemplo, puede ser beneficioso colocar otros materiales, componentes o partes dentro de la horquilla además del tejido orientado. Los otros materiales, componentes o partes pueden añadir funcionalidad a la preforma o añadir características mecánicas o físicas que no se logran fácilmente con tejidos o preformas.

La figura 9 representa una vista en sección transversal de un tejido orientado alternativo 214 de acuerdo con la presente invención. En lugar de llenar la horquilla entre las patas 102(a) y 102(b) con un tejido orientado plano 201, como en la figura 6, el tejido orientado 214 se teje plano en primer lugar y, a continuación, se pliega a lo largo de la

5 longitud hasta una configuración generalmente en forma de U antes de insertarse entre las patas 102. En una configuración en forma de U, las partes de la superficie generalmente plana 212 se pliegan una hacia otra, de tal manera que las partes de la superficie son generalmente paralelas entre sí, como se muestra en la figura 9. La figura 10 ilustra un tejido orientado plegado en forma de U e insertado en una horquilla de ancho d. En una realización (no mostrada), el tejido orientado 214 se teje plano y se pliega, de tal manera que las partes de la superficie generalmente plana 212 (o 213) forman un ángulo inclinado de entre 0° y 180° .

10 El tejido orientado plegado 214 puede llenar, o llenar sustancialmente, la horquilla. Como alternativa, el tejido orientado plegado 214 puede no llenar la horquilla, dejando un espacio entre las patas plegadas 216(a) y 216(b), como se ilustra en las figuras 9 y 10. En algunos casos, puede ser deseable dejar un espacio entre una de las patas 216(a) o 216(b) del tejido orientado plegado 214 y la superficie interior de las patas 102(a) o 102(b).

Para facilitar la ilustración, la figura 10 muestra el tejido orientado plegado 214 con el extremo cerrado 218 adyacente al extremo cerrado de la horquilla. Se reconoce que el tejido orientado plegado 214 puede colocarse en la horquilla en una orientación rotada 180° con respecto a la mostrada. Al hacerlo así, la horquilla parecerá estar llena, o sustancialmente llena, con el tejido 214, pero puede mantener un núcleo abierto.

15 El tejido orientado 201 tiene una longitud medida en la dirección de las fibras de urdimbre (W) y un ancho medido en la dirección de las fibras de trama (F). En general, cuando se fija a las patas 102 de la preforma de recorte ahusado 101, la longitud del tejido orientado 201 se alinea con la longitud de la preforma de recorte ahusado 101, medida en la dirección de urdimbre (W). En una configuración doblada o curvada, la longitud será una medida lineal pero incluirá longitudes de arco en las áreas curvadas. El ancho del tejido orientado 201, medido en la dirección de trama (F), puede ajustarse a la longitud de las patas 102 a reforzar. En algunos casos, el ancho del tejido 201 puede ser menor o mayor que la longitud de las patas a reforzar.

20 Como se ilustra, el tejido orientado 201 está provisto de un doblez de esencialmente 90° para ajustarse a la preforma de recorte ahusado y doblada 101 en la figura 4. El tejido orientado 201 tiene un borde interior 208 y un borde exterior 210. Como se ilustra, el borde exterior 210 está configurado para ajustarse al radio formado por la parte inferior 114 de la pestaña 104 de la preforma doblada 101. De manera similar, el borde interior 208 está conformado para ajustarse al extremo libre 108 de las patas 102, incluyendo el radio interior de curvatura R de la preforma doblada 101 de la figura 4.

25 La preforma doblada 101 y el tejido orientado 201 se muestran con una sola sección doblada o curvada, doblada en aproximadamente 90° , solo para simplificar la ilustración. Como se ha tratado anteriormente, la preforma puede doblarse o bien cóncava o convexa en el lado de la pata, o cualquier combinación de cóncava y convexa, a lo largo de la longitud de la preforma doblada 100. La preforma doblada 101 puede estar compuesta de dobleces mayores o menores que los de 90° mostrados. El tejido orientado 201 puede tejerse para que coincida con la curvatura de la preforma doblada 101 a la que va a fijarse el tejido.

30 El tejido orientado 201 se crea tejiendo las fibras más cortas en el borde interior 208 en el área de una curva y tejiendo las fibras posteriores progresivamente más largas hacia el borde exterior 210 del tejido 201 en el área localizada de la curva o el doblez. Por ejemplo, la fibra de urdimbre más interior (W) 203 en el radio interior R del tejido orientado 201 tiene una longitud igual a la longitud de arco del radio R sobre la medida angular del doblez o curva. Una fibra posterior, desviada una distancia x de la fibra más interior hacia el radio exterior de curvatura, tendría una longitud igual a la longitud de arco de $(R + x)$ en la misma medida angular del doblez o curva. En las áreas en las que no hay ninguna curva, las fibras a lo largo del borde interior y el borde exterior serían de la misma longitud.

El tejido orientado plegado 214 puede fabricarse de una manera similar con fibras o hilos de urdimbre (W) tejidos más cortos en el borde interior 208 de la curvatura, como se muestra en la figura 5, y progresivamente más largos según se acercan al borde exterior 210 de la curva.

35 El tejido orientado puede fabricarse en el equipo para tejer, que comprende, por ejemplo, un sistema de arrollamiento programable que puede proporcionar diferentes cantidades de arrollamiento en cada borde del tejido. El sistema de arrollamiento programable puede producir tejidos que tienen combinaciones arbitrarias de secciones curvas y rectas que pueden aproximarse esencialmente a cualquier configuración curvada.

40 Para simplificar, a continuación se analizará el refuerzo de una preforma en forma de Pi que tiene 2 patas, reconociendo que el mismo tejido orientado 201 y método pueden usarse para reforzar una preforma en forma de T, que tiene una pata, o una preforma que tenga más de 2 patas. Después de tejer el tejido orientado 201 para ajustarse a la preforma doblada 101, el tejido 201 se fija a la preforma. Para preformas de recorte ahusado y dobladas 101 con al menos dos patas 102, el tejido orientado puede fijarse a una o ambas patas 102. En algunos casos, puede ser deseable fijar el tejido orientado 201 entre un par de patas adyacentes 102. En una configuración de este tipo, el espacio entre las patas se conoce habitualmente como horquilla. El uso de un tejido orientado en una

configuración de este tipo se ilustra en la figura 6.

La figura 6 es una vista en sección transversal de una preforma en forma de Pi, similar a la de la figura 2, con un tejido orientado 201 colocado entre las patas adyacentes 102(a) y 102(b), con unas superficies generalmente planas 212, 213 que hacen tope con al menos una de las superficies interiores 106(a) y 106(b). El grosor del tejido orientado puede ser equivalente a la separación entre las superficies interiores 106(a) y 106(b) de las patas 102. Colocado de este modo entre las patas 102, el tejido orientado 201 puede fijarse a una o ambas patas, por los medios que son conocidos en la técnica. Por ejemplo, el tejido orientado 201 puede unirse a una o ambas patas 102 mediante costura, trenzado, grapado, unión adhesiva, impregnación, o cualquier otro método conocido en la técnica.

Como alternativa, un tejido orientado puede fijarse a una o más de las superficies exteriores 107(a) y 107(b) de la preforma de recorte ahusado 101, como se muestra en la figura 7. Pueden usarse métodos similares a los tratados anteriormente para fijar el tejido orientado 201 a la superficie exterior 107 de una pata 102.

De manera similar, puede usarse un tejido orientado 201 para reforzar una preforma en forma de T fijando el tejido 201 a uno o ambos lados de la pata de la preforma. Como se muestra en la figura 8, el tejido orientado 201 está fijado a una preforma en forma de T 301 en un lado de la pata 102 de la preforma. El tejido orientado puede fijarse a través de cualquier medio conocido en la técnica.

Ventajosamente, en algunas aplicaciones, una preforma en forma de Pi de recorte ahusado 101, reforzada con un tejido orientado 201 localizado entre las patas adyacentes 102(a) y 102(b), proporciona una superficie exterior más lisa y uniforme 107 cuando se compara con una preforma de recorte ahusado con un refuerzo de tejido orientado en el exterior de una pata de la preforma.

Una vez reforzados con uno o más tejidos orientados 201, y que el tejido orientado 201 está fijado adecuadamente a la preforma de recorte ahusado y doblada 101, la preforma 101 y el tejido orientado 201 pueden impregnarse con un material de matriz (por ejemplo, una resina) como una sola estructura, como se conoce en la técnica. El material de matriz puede ser cualquiera de una amplia diversidad de materiales, tales como epoxi, bismaleimida, poliéster, viniléster, cerámica, carbono y/u otros materiales, que muestran propiedades físicas, térmicas, químicas y/u otras propiedades deseadas. Pueden realizarse las posteriores etapas de endurecimiento sobre la preforma ahora reforzada para producir una estructura de material compuesto reforzada acabada. Tal como se conoce en la técnica, tras la impregnación, el material de matriz recubre las fibras de urdimbre (W) y de trama (F) de refuerzo 203 y 205 y llena las áreas intersticiales entre las fibras. Una vez endurecido, el material de matriz solidificado forma una unión muy fuerte con las fibras 103, 105, 203, 205 de la preforma de recorte ahusado reforzada, lo que da como resultado una estructura de material compuesto tridimensional que incluye la preforma en forma de Pi o de T, el refuerzo de tejido orientado, y el material de matriz que impregna al menos parcialmente la preforma y el refuerzo de tejido orientado. Como resultado, la tensión sobre el componente acabado puede transferirse de manera eficaz a y soportarse por las fibras 103, 105, 203, 205. De particular interés es la trayectoria de carga en el área de la preforma de recorte ahusado y doblada 101. Debido a que las fibras de urdimbre (W) en las patas 102 se cortan en el proceso de recorte ahusado, se ve comprometida la trayectoria de transporte de carga principal. La fijación del tejido orientado 201 a las patas 102, y la posterior impregnación y endurecimiento del material de matriz, proporciona una trayectoria de transporte de carga nueva y mecánicamente mejorada. Habitualmente, la carga transportada por la pata 102 de la preforma puede cortarse en el tejido orientado 201 en el área del doblado o curva, eludiendo de manera eficaz las áreas de recorte ahusado de la preforma. En consecuencia, la capacidad de transporte de carga se ha restablecido y mejorado en el área de la curva.

Las ventajas de la presente invención incluyen proporcionar un refuerzo para una preforma 3D. En particular, la presente invención proporciona un refuerzo a la pata o las patas de una preforma 3D cuando la pata o las patas se han recortado de manera ahusada para permitir que la preforma adopte una configuración curvada. El refuerzo se proporciona por un tejido orientado tejido en el mismo patrón curvado que la preforma 3D y que posee fibras continuas al menos a través de la parte curvada de la preforma.

El refuerzo de tejido orientado puede tejerse a partir de fibras o de hilos fabricados de materiales tales como vidrio, carbono, cerámica, aramida (por ejemplo, "KEVLAR"), polietileno, y/u otros materiales que presentan propiedades físicas, térmicas, químicas y/u otras propiedades deseadas.

REIVINDICACIONES

1. Una preforma de recorte ahusado reforzada (100, 101, 301) que comprende:
- una preforma en forma de Pi o de T tridimensional que tiene al menos un componente de recorte ahusado (116); y
- 5 un tejido orientado que tiene un ancho, una longitud, una primera superficie de cara y una segunda superficie de cara separadas por un espesor, en el que la primera superficie de cara del tejido orientado está fijada al componente de recorte ahusado de la preforma.
2. La preforma de recorte ahusado reforzada de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el tejido orientado está tejido.
3. La preforma de recorte ahusado reforzada de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el tejido orientado se teje usando un sistema de arrollamiento programable.
- 10 4. La preforma de recorte ahusado reforzada de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la preforma es una preforma en forma de Pi y el tejido orientado se pliega a lo largo de la longitud en una configuración generalmente en forma de U, de tal manera que las superficies de cara primera y segunda del tejido orientado son generalmente paralelas entre sí, insertándose el tejido orientado plegado entre las patas de la preforma en forma de Pi.
- 15 5. La preforma de recorte ahusado reforzada de acuerdo con la reivindicación 4, en la que las superficies de cara primera y segunda son planas.
6. La preforma de recorte ahusado reforzada de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la longitud del tejido orientado se alinea con una dirección de urdimbre de la preforma de recorte ahusado.
7. La preforma de recorte ahusado reforzada de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el tejido orientado se teje a partir de fibras o de hilos fabricados de un material seleccionado del grupo que consiste en vidrio, carbono, cerámica, aramida y polietileno.
- 20 8. La preforma de recorte ahusado reforzada de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el tejido orientado y el componente de recorte ahusado se infunden simultáneamente con un material de matriz.
9. La preforma de recorte ahusado reforzada de la reivindicación 8, en la que el material de matriz está endurecido.
- 25 10. La preforma de recorte ahusado reforzada de la reivindicación 8, en la que el material de matriz se selecciona del grupo que consiste en epoxi, bismaleimida, poliéster, viniléster, cerámica y carbono.
11. Un método para reforzar una preforma en forma de Pi o de T tridimensional (100, 101, 301) que comprende las etapas de:
- recortar de manera ahusada la preforma en forma de Pi o de T tridimensional;
- 30 formar un refuerzo de tejido orientado configurado para la preforma de recorte ahusado; y
- fijar el refuerzo de tejido orientado a la preforma de recorte ahusado en al menos la zona de recorte ahusado.
12. El método de la reivindicación 11, en el que el refuerzo de tejido orientado se teje usando un sistema de arrollamiento programable.
13. El método de la reivindicación 11, que comprende además la etapa de impregnar la preforma de recorte ahusado y el refuerzo de tejido orientado simultáneamente con un material de matriz.
- 35 14. El método de la reivindicación 13, en el que el material de matriz se selecciona del grupo que consiste en epoxi, bismaleimida, poliéster, viniléster, cerámica y carbono.
15. El método de la reivindicación 13, que comprende además la etapa de endurecer el material de matriz.
- 40 16. El método de la reivindicación 11, en el que el refuerzo de tejido orientado se teje a partir de fibras o de hilos fabricados de un material seleccionado del grupo que consiste en vidrio, carbono, cerámica, aramida y polietileno.

17. Una estructura de material compuesto tridimensional que comprende:
- una preforma en forma de Pi o de T (100, 101, 301) que tiene al menos un componente de recorte ahusado (116);
- un tejido orientado que tiene un ancho, una longitud, una primera superficie de cara y una segunda superficie de cara separadas por un espesor, en el que la primera superficie de cara del tejido orientado está fijada al componente de recorte ahusado de la preforma; y
- un material de matriz que impregna al menos parcialmente la preforma y el refuerzo de tejido orientado.
18. La estructura de material compuesto de acuerdo con la reivindicación 17, en la que el tejido orientado se teje usando un sistema de arrollamiento programable.
19. La estructura de material compuesto de acuerdo con la reivindicación 17, en la que el material de matriz se selecciona del grupo que consiste en epoxi, bismaleimida, poliéster, viniléster, cerámica y carbono.
20. La preforma de recorte ahusado reforzada de la reivindicación 1, en la que el tejido orientado se pliega a lo largo de la longitud.
21. La preforma de recorte ahusado reforzada de acuerdo con la reivindicación 20, de tal manera que una primera parte de la segunda superficie de cara y una segunda parte de la segunda superficie de cara forman un ángulo inclinado de entre 0 ° y 180 °.
22. La preforma de recorte ahusado reforzada de acuerdo con la reivindicación 20, de tal manera que una primera parte de la segunda superficie de cara es sustancialmente paralela a una segunda parte de la segunda superficie de cara.
23. El método de acuerdo con la reivindicación 11, de tal manera que comprende, además, la etapa de plegar el tejido orientado a lo largo de una longitud antes de fijar el tejido orientado a la preforma de recorte ahusado.
24. La estructura tridimensional de acuerdo con la reivindicación 17, en la que el tejido orientado se pliega a lo largo de la longitud, de tal manera que una primera parte de la segunda superficie de cara y una segunda parte de la segunda superficie de cara forman un ángulo inclinado de entre 0 ° y 180 °.
25. La preforma de recorte ahusado reforzada de la reivindicación 1, en la que la preforma en forma de Pi o de T incluye un dobléz, por lo que el tejido orientado incluye fibras más cortas en un borde interior en el área del dobléz en la preforma en forma de Pi o de T y fibras progresivamente más largas hacia el borde exterior del dobléz en la preforma en forma de Pi o de T.
26. La preforma de recorte ahusado reforzada de la reivindicación 1, en la que el tejido orientado se forma en una forma de U y está dispuesto en la horquilla de la preforma en forma de Pi.
27. La estructura tridimensional de acuerdo con la reivindicación 17, en la que el tejido orientado se forma en una forma de U y está dispuesto en la horquilla de la preforma en forma de Pi.

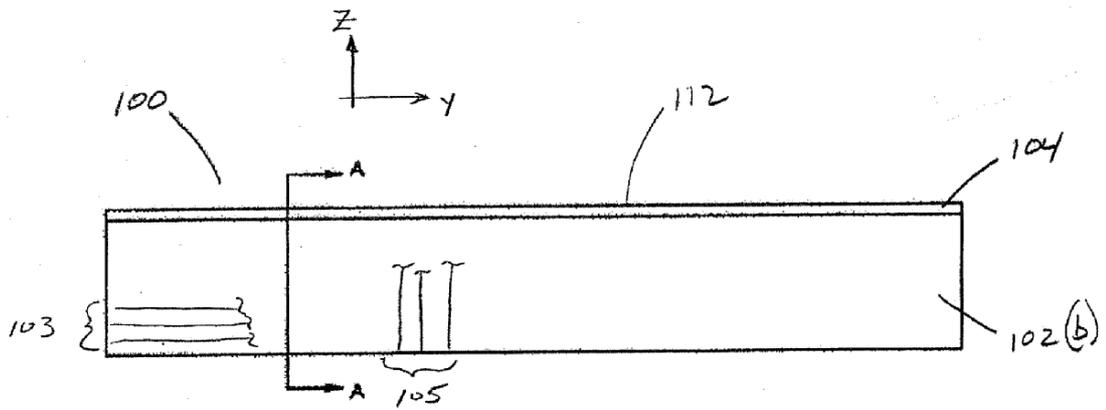


Fig. 1

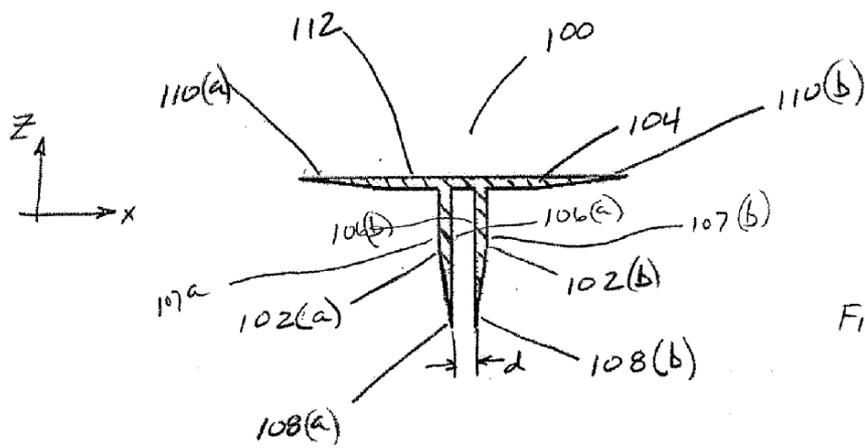
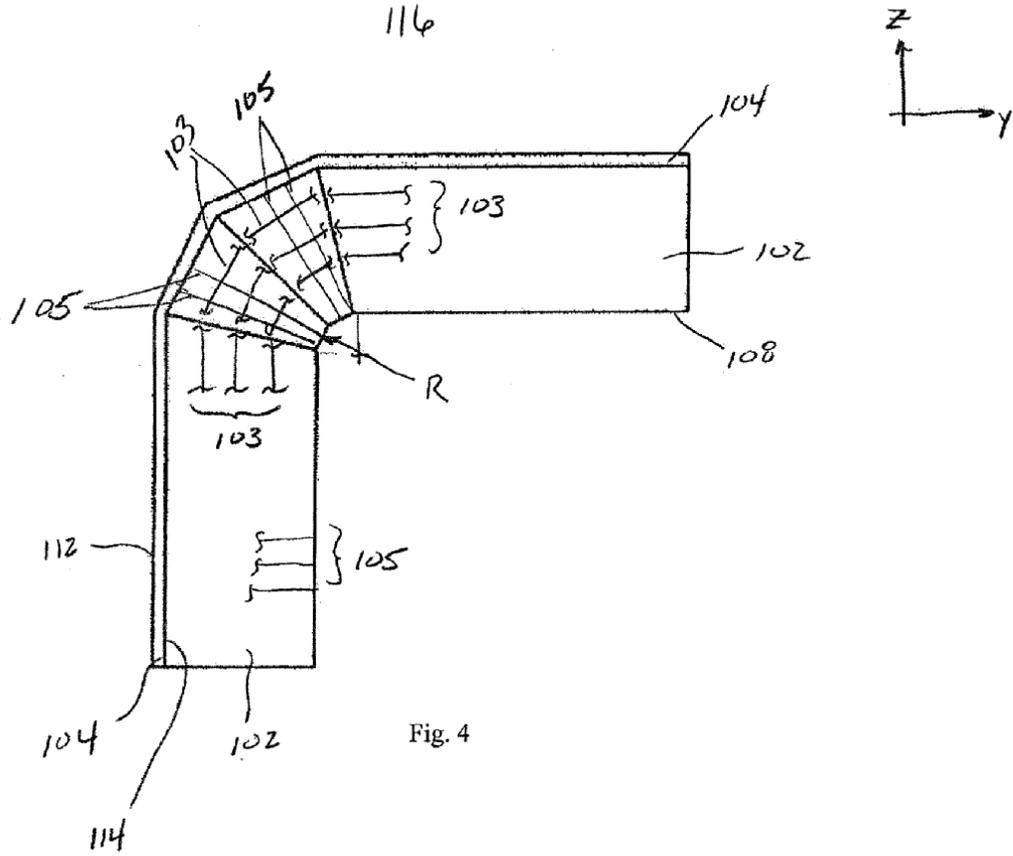
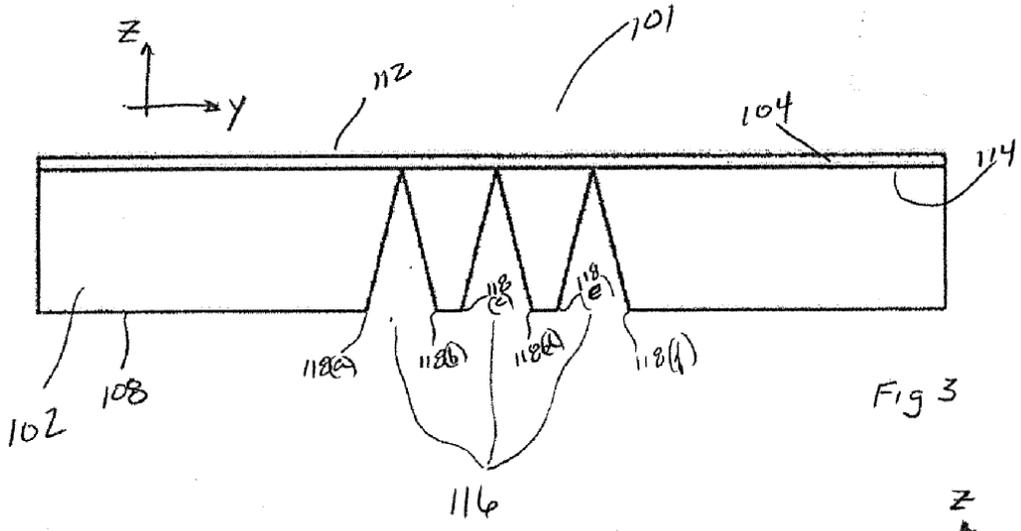


Fig. 2



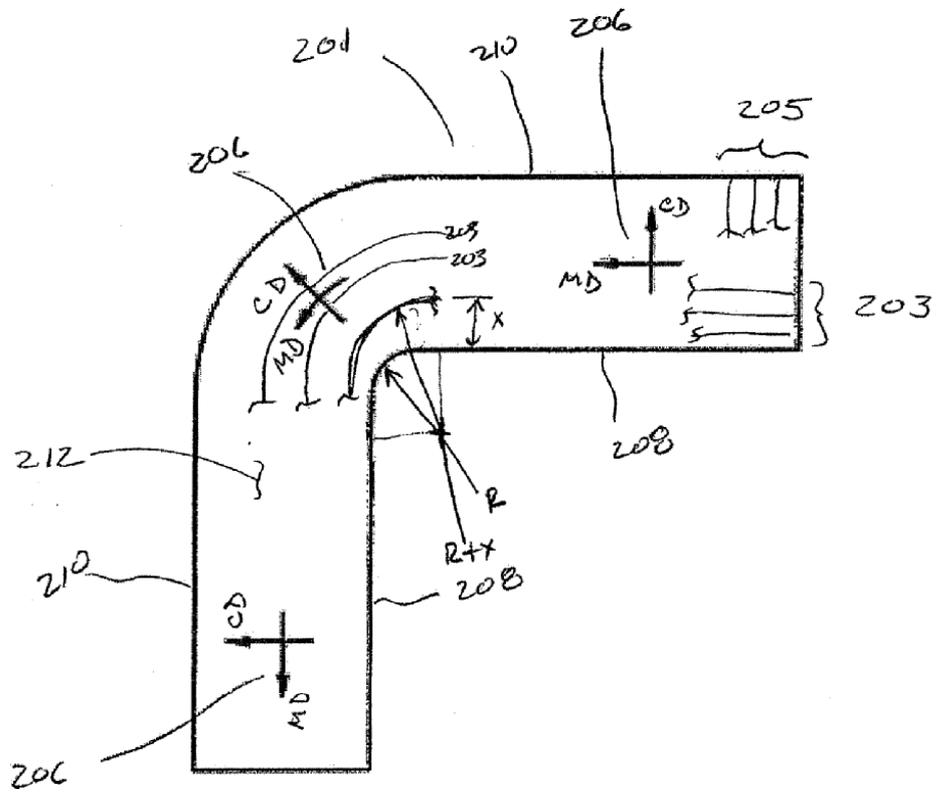


Fig. 5

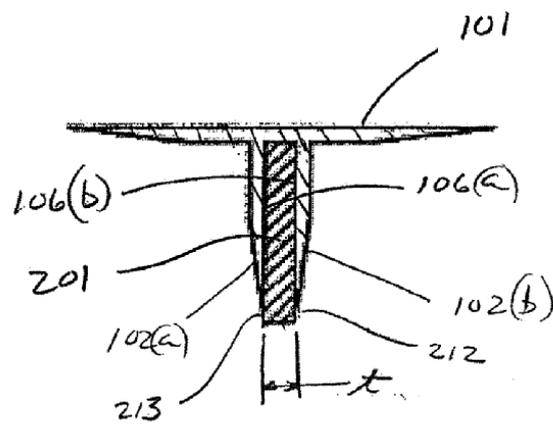


Fig. 6

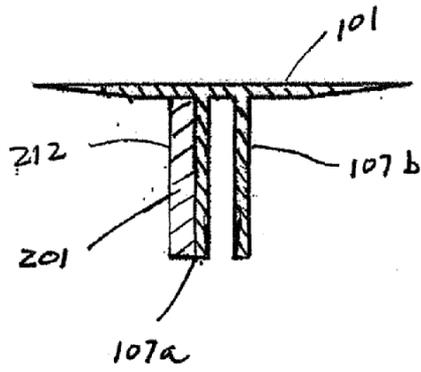


Fig 7.

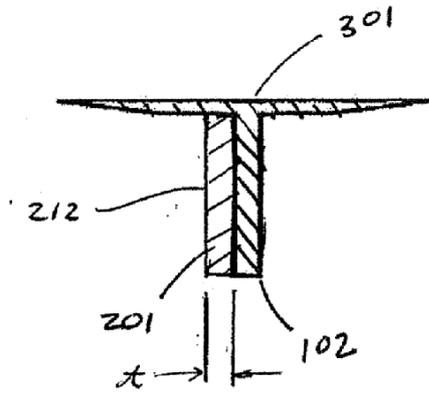


Fig 8.

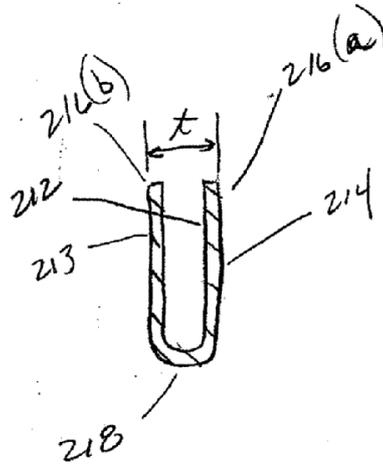


Fig 9

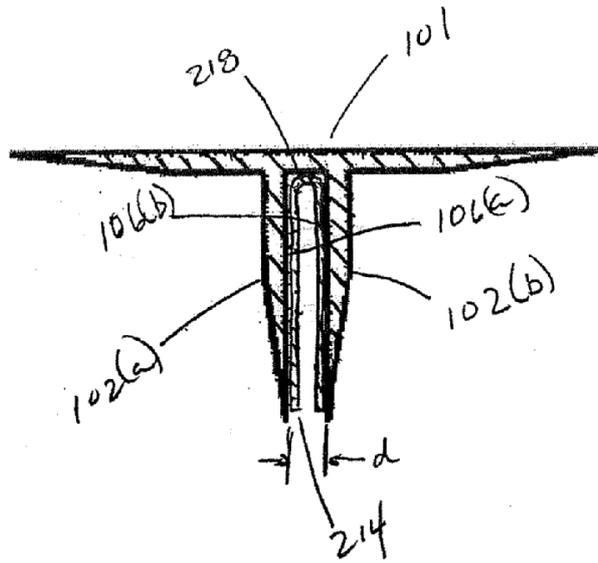


Fig 10