

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 622 131**

51 Int. Cl.:

B32B 5/02 (2006.01)

D03D 1/00 (2006.01)

D03D 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.02.2009 PCT/US2009/033521**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.08.2009 WO09102650**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.02.2009 E 09710409 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2017 EP 2242645**

54 Título: **Preformas tejidas de forma reforzada multidireccionalmente para estructuras de material compuesto**

30 Prioridad:

11.02.2008 US 29223

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

05.07.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ROSE, DONALD;
GOERING, JONATHAN y
BIDDLE, STEVE**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 622 131 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

Preformas tejidas de forma reforzada multidireccionalmente para estructuras de material compuesto

Antecedentes de la invención

Campo de la Invención

- 5 La presente invención se refiere a preformas tejidas para reforzar materiales compuestos y, en particular, a preformas tejidas de forma multidireccionalmente reforzada para estructuras de material compuesto.

Descripción de la técnica anterior

10 El uso de materiales compuestos reforzados para producir componentes estructurales esta ahora ampliamente expandido, particularmente en aplicaciones donde sus características deseables se buscan que sean ligeras en peso, fuerza, resistencia, resistencia térmica, auto-sostenible y adaptable para ser formado y diseñado. Se utilizan dichos componentes, por ejemplo, en aplicaciones aeronáuticas, aeroespaciales, satelitales, recreacionales (como en carreras de botes y autos); y otras aplicaciones.

15 Normalmente dichos componentes consisten de materiales reforzados incorporados en materiales de matriz. El componente de refuerzo se puede hacer de materiales tales como vidrio, carbono, cerámica, aramida, polietileno, y/u otros materiales que exhiben propiedades físicas, térmicas, químicas y/u otras deseadas, la principal es la mayor resistencia contra la falla a tensión. Desde el uso de dichos materiales reforzados, que finalmente se vuelven un elemento constituyente del componente completo, las características deseadas de los materiales reforzados, tal como resistencia muy alta, se imparten al componente compuesto completo. Los materiales constituyentes reforzados normalmente, pueden ser tejidos, anudados, no tejidos o de otra manera orientado en configuraciones y formas deseadas para preformas reforzadas. Usualmente se presta atención particular a asegurar la utilización óptima de las propiedades por las cuales los materiales de refuerzo constituyentes se han seleccionado. Usualmente dichas preformas de refuerzo se combinan con material de matriz para formar componentes terminados y deseados o para producir reserva de trabajo para la producción final de componentes terminados.

25 Después de que se ha construido la preforma de refuerzo y deseada, el material de matriz se puede introducir en y sobre la preforma, de manera que normalmente la preforma de refuerzo se recubre 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 variedad de materiales, tal como materiales epóxicos, fenólicos, poliéster, viniléster, cerámica, carbono y/u otros materiales, que también exhiben propiedades físicas, térmicas, químicas y/u otras propiedades. Los materiales elegidos para uso como la matriz pueden o no ser los mismos como el de la preforma de refuerzo y pueden o no tener propiedades físicas, químicas, térmicas u otras propiedades. Normalmente, sin embargo, no serán los mismos materiales o tendrán propiedades físicas, químicas, térmicas u otras propiedades, ya que un objetivo usual buscado en las composiciones de uso en primer lugar, es alcanzar una combinación de características en el producto terminado que no se alcanza a través del uso de un material constituyente solo. Combinada de esta manera, la preforma de refuerzo y el material de matriz se puede entonces curar y estabilizar en la misma operación por termoendurecido u otros endurecidos, y luego sujeto a otras operaciones tendientes a producir el componente deseado. Es significativo tener en cuenta en este punto que después de ser curado de esta manera, la masa solidificada del material de matriz normalmente se adhiere muy fuertemente al material reforzado (por ejemplo, la preforma de refuerzo). Como resultado, la tensión en el componente terminado, particularmente por medio de su material de matriz que actúa como un adhesivo entre las fibras, se puede transferir efectivamente y transportar por el material el material constituyente de la preforma de refuerzo.

45 Frecuentemente, se desea producir componentes en configuraciones que sean diferentes a las formas geométricas sencillas como (per se) placas, laminas, sólidos rectangulares o cuadrados, etc. Una forma para hacer esto es combinar dichas formas geométricas básicas en las formas más complejas deseadas. Una de dichas combinaciones típicas se hace al unir las preformas de refuerzo hechas como se describió anteriormente en un ángulo (normalmente un ángulo recto) con respecto al otro. Los propósitos usuales para dichas configuraciones angulares de preformas de refuerzo unidas es crear una forma deseada para formar una preforma de refuerzo que incluye una o más paredes de extremo, o para reforzar la combinación resultante de preformas de refuerzo y la estructura de material compuesto que se produce contra la desviación o falla cuando se expone a las fuerzas exteriores, tal como presión o tensión. En cualquier caso, una consideración relacionada es hacer cada unión entre los componentes del constituyente tan fuerte como sea posible. Dada la fuerza muy alta deseada de los constituyentes de preforma de refuerzo per se, la debilidad de la unión se vuelve, efectivamente, una "conexión débil" en una "cadena" estructural.

55 En la técnica relacionada, la Patente Estadounidense No. 4,847,063 enseña un artículo de composición carbono/carbono, hueco, alrededor de un eje de simetría, en el cual se forma un mandril refractario al calor para formar una configuración de superficie interior deseada, y uno o más cabos de filamentos de carbono térmicamente estables se trenzan sobre la superficie del mandril. Los cabos se impregnan entonces con un impregnante líquido carbonizable, y el ensamble de cabos impregnados y el mandril se trata por calor con el fin de carbonizar el impregnado.

- La Patente Estadounidense No. 5,070,914 se refiere a una tela textil triaxial para uso como una tela textil reforzada para un material en composición en donde los módulos de elasticidad se hacen isotrópicos y la tela se deforma en una configuración tridimensional sin cambiar la orientación de los ángulos. La tela comprende un gran número de hilos oblicuos que se extienden en una dirección radial desde el centro de la tela textil, y un hilo circunferencial tejido espiralmente en una dirección circunferencial entre los hilos oblicuos. Cada uno de los hilos oblicuos adyacentes está trenzado uno con el otro y el hilo circunferencial se teje entre los hilos oblicuos trenzados de tal manera que tal trenzado aparece entre cada rollo adyacente del hilo circunferencial tejido espiralmente. La etapa de trenzado toma lugar después de la inserción del hilo circunferencial y antes del movimiento hacia arriba y hacia abajo de los hilos oblicuos alternados.
- La Patente Estadounidense No. 5,619,903 enseña una preforma trenzada para estructuras de material compuesto, que tiene un eje longitudinal y una pluralidad de hebras trenzadas de fibra estructural. Un elemento alargado, una barra pultruida, que tiene una rigidez mayor a la de las hebras de fibra estructural se entrelazan en las hebras trenzadas paralelas al eje longitudinal del elemento trenzado, que es un tubo triaxialmente trenzado.
- Aunque la técnica anterior ha buscado mejoras sobre la integridad estructural de la composición reforzada y ha alcanzado éxito, existe un deseo para mejoras sobre esto o dirigir el problema a través de un enfoque diferente de aquellos descritos anteriormente. A este respecto, un enfoque puede ser al crear una estructura tridimensional ("3D") tejida por máquinas especializadas. Otro enfoque sería tejer una estructura bidimensional ("2D") y plegarla en una forma. Sin embargo, esto resulta normalmente en partes que; se distorsionan cuando se pliega la preforma. La distorsión, ocurre debido a que las longitudes de la fibra como se teje son diferentes de las que sería cuando la preforma se pliega. Esto provoca hoyos y ondas en áreas donde las longitudes de fibra como se teje son muy cortas, y las torceduras en las áreas donde las longitudes de fibras son muy largas. Estas distorsiones provocan anomalías de superficie indeseables y reducen la resistencia y dureza del componente. Aunque esto se puede aliviar al cortar y precipitarse, tal procedimiento es indeseable, ya que es un trabajo intenso o de otra manera puede comprometer la integridad de la preforma. Por lo tanto las preformas 3D de eje simétrico son deseables debido a que proporcionan aumento de resistencia con relación a composiciones laminadas 2D. Estas preformas son particularmente útiles en aplicaciones que requieren la composición para transporte de cargas planas, tal como en aplicaciones aeroespaciales.
- Otras técnicas incluyen enrollado de filamentos, que: es una técnica de colocación de fibra continua por lo que las fibras se enrollan alrededor de un mandril. Esta técnica de fabricación no es aplicable en todas las formas geométricas. Por ejemplo, la unión de fibras ocurre a lo largo de superficies que tienen forma cóncava. Adicionalmente, es difícil obtener un cubrimiento de material uniforme en una sección curvada que utiliza enrollado de filamento. Aunque el enrollado de filamento es una tecnología altamente automatizada, el filamento que enrolla un laminado de capa múltiple de forma completa puede requerir tiempo considerable debido a la baja velocidad de suministro de material.
- La colocación de cable es una tecnología similar al enrollado de filamento en la que cables o listones sencillos/múltiples de material se suministran en un mandril. A diferencia del enrollado de filamentos, los cables pueden tener longitud discontinua y los cables se pueden colocar a lo largo de superficies cóncavas. Al utilizar cables discontinuos, es posible obtener una cobertura casi uniforme de material a través de una parte curvada y es posible mantener los ángulos de fibra deseados. Sin embargo, el proceso puede ser lento y restrictivo a los materiales previamente impregnados, y por lo tanto costoso.
- La Patente Estadounidense 5,394,906 (de aquí en adelante únicamente, "la patente '906") se refiere a un aparato para fabricar telas planas o tridimensionales rectas o curvas para la fabricación en estructuras de material compuesto. Los hilos de relleno se insertan entre las capas de hilos de urdimbre, y una lengüeta inclinada o curvada, dependiendo de la orientación de los hilos de relleno, se utiliza para compactar o "machacar" los hilos de relleno. La patente '906 describe adicionalmente que los hilos envueltos de la tela se pueden curvar utilizando rodillos cónicos o una combinación de rodillos cónicos y cilíndricos para efectuar la captación de tela diferencial de los hilos de urdimbre para obtener un radio constante de la curvatura de los hilos de urdimbre. En una realización adicional, la patente '906 describe un dispositivo de toma de tela de barra con abrazadera utilizada para efectuar la captación de tela diferencial de los hilos de urdimbre para obtener hilos envueltos rectos, hilos de urdimbre curvados con un radio constante de curvatura, hilos de urdimbre curvados con un radio de curvatura no constante, o alguna combinación de hilos de urdimbre rectos y curvados. En otra realización, los rebordes para una forma "C" curva se forman al insertar alternativamente los hilos de urdimbre a través de alambres dentados adyacentes de la lengüeta para permitir el ondulado vertical de los rebordes. Estas características, sin embargo, requieren máquinas de tejido de diseño regular que utilizan lengüetas inclinadas o curvas para insertar hilos de relleno entre los hilos de urdimbre. La máquina también requiere un diseño especial para este mecanismo de "machacado", que de nuevo depende de la orientación de los hilos de relleno en la estructura. La producción de una máquina de tejido especial únicamente para producir una estructura de diseño particular no solo es costosa, sino también está confinado a tal diseño particular. Adicionalmente, estas máquinas corren a velocidades relativamente más lentas que la máquina de tejido convencional, debido a la inserción del hilo de relleno que sigue una trayectoria inclinada o curva, que reduce drásticamente la velocidad del telar.

La Patente Estadounidense 6,086,968 (de aquí en adelante únicamente, "la patente '968") proporciona materiales tejidos que tienen una variedad de formas bi y tridimensionales. Los materiales se construyen al variar continuamente la densidad y/o las direcciones de las fibras o hilos de urdimbre y/o en trama durante el proceso de tejido mecánico. Estos materiales se tejen alrededor de un objeto y se impregnan posteriormente con el material de matriz.

Aunque las patentes '906 y '968 ofrecen ventajas sobre la otra técnica anterior discutida anteriormente, para muchas aplicaciones estructurales que no son realmente de eje simétrico, se necesitan agregar características estructurales adicionales y proporcionar estabilidad mecánica en todas las direcciones. De acuerdo con lo anterior, el solo uso de preformas tejidas 2D o 3D no proporciona adecuadamente la fuerza requerida en todas las direcciones. Por lo tanto, sería un avance en el estado de la técnica proporcionar una estructura y método para formar preformas tejidas de formas reforzadas multidireccionalmente para estructuras de material compuesto que tienen fuerza mejorada en ambas configuraciones asimétricas así como no asimétricas.

Resumen de la Invención

La presente invención se refiere a un método para combinar telas formadas utilizando técnicas, tal como por ejemplo, trenzado biaxial, trenzado triaxial, tejido polar, tejido de dirección de urdimbre, tejido de contorno, y tejido tridimensional, para producir un laminado que esta reforzado multidireccionalmente y se ajusta fácilmente a curvaturas complejas, tal como por ejemplo, cajas de ventilador de turbina de material compuesto, anillos de contención de motor a chorro, estructuras de fuselaje de aeronaves, estructuras de ventana de aeronaves, y anillos con pestañas para unir góndolas a motores de aeronaves. La presente invención proporciona preformas tejidas formadas multidireccionalmente reforzadas con una fuerza mejorada para estructuras de material compuesto que son de eje simétrico así como no asimétrico en naturaleza.

La combinación de formas diferentes de telas permite producir la preforma sin cortar y formar pinzas de los capos individuales. Eliminar estos cortes y formación de pinzas mejora la resistencia y desempeño de la estructura resultante.

De acuerdo con lo anterior, la presente invención se dirige a preformas de tela que utilizan una combinación de técnicas de fabricación de textiles, tal como por ejemplo, tejido de contorno, tejido polar, trenzado biaxial, trenzado triaxial, tejido de dirección de urdimbre y tejido tridimensional para producir una estructura que es primariamente de eje asimétrico, pero puede incluir algunos refuerzos de eje no simétrico. Los refuerzos se proporcionan en las direcciones del aro (0°) y axial (90°) así como los refuerzos a $\pm 45^\circ$ con relación a la dirección del aro. Estas preformas se utilizan en aplicaciones tales como cajas de ventilador de turbina de material compuesto, anillos de contención de motor a chorro, estructuras de fuselaje de aeronaves, estructuras de ventana de aeronaves, y anillos con pestañas para unir góndolas a motores de aeronaves.

La invención de acuerdo a una realización es una estructura de ventana de aeronave formada de una preforma multielemento que comprende un trenzado biaxial, una tela de tejido polar, una tela de tejido de contorno y un elemento de forma triangular tejido tridimensionalmente que rellena el espacio entre la estructura laminada de los tres elementos.

La invención de acuerdo a una realización es: una estructura de fuselaje de aeronave formada de una preforma multielemento que comprende un trenzado biaxial, una tela de tejido de contorno y un elemento formado tejido tridimensionalmente.

Más específicamente, una realización de la invención es una preforma utilizada para reforzar una estructura de material compuesto que incluye una primera porción que comprende una pluralidad de capas alternantes de un tejido de contorno y una tela sesgada, en donde el tejido de contorno incluye una o más capas de hilos de urdimbre entretejidos con una o más capas de hilos de trama, en donde una o más capas de hilos de urdimbre mantienen un contorno dentro del tejido de contorno, en donde la tela sesgada incluye una pluralidad de hilos entretejidos en ángulos oblicuos en una o más capas de hilos de urdimbre y trama. La preforma puede incluir adicionalmente una segunda porción que comprende una tela tejida tridimensionalmente, en donde la segunda porción se adhiere a la primera porción. La preforma incluye adicionalmente una tercera porción que comprende una pluralidad de capas alternantes de una tela tejida polar y tela sesgada, en donde una tela tejida polar se forma al realizar captación de tela diferencial de una pluralidad de hilos de urdimbre desde un borde lateral de una tela tejida polar a un borde lateral opuesto para crear hilos de urdimbre curvados para impartir una configuración curvada a la tela tejida polar.

Aun otra realización de la invención es una estructura de material compuesto reforzada con preforma que incluye una primera porción que tiene una pluralidad de capas alternantes de un tejido de contorno y una tela sesgada, en donde el tejido de contorno incluye una o más capas de hilos de urdimbre entretejidos con una o más capas de hilos de trama, en donde una o más capas de hilos de urdimbre mantiene un contorno dentro del tejido de contorno, en donde la tela sesgada incluye una pluralidad de hilos entretejidos en ángulos oblicuos en una o más capas de hilos de urdimbre y trama; y un material de matriz. La preforma incluye adicionalmente una segunda porción que comprende una tela tejida tridimensionalmente, en donde la segunda porción se adhiere a la primera porción. La preforma incluye adicionalmente una tercera porción que comprende una pluralidad de capas alternantes de una tela

tejida polar y tela sesgada, en donde la tela tejida polar se forma al realizar captación de tela diferencial de una pluralidad de hilos de urdimbre desde un borde lateral de una tela tejida polar a un borde lateral opuesto para crear hilos de urdimbre curvados para impartir una configuración curvada plana a la tela tejida polar

5 Aun otra realización de la invención es un método de fabricación de una preforma utilizada para reforzar una estructura de material compuesto que incluye las etapas de formar una primera porción al poner en capas una pluralidad de capas alternantes de un tejido de contorno y una tela sesgada, en donde el tejido de contorno se forma al entrelazar una o más capas de hilos de urdimbre con una o más capas de hilos de trama, en donde una o más capas de hilos de urdimbre mantiene un contorno dentro del tejido de contorno después de ser tejido, en donde la tela sesgada se forma al entrelazar una pluralidad de hilo en ángulos oblicuos en una o más capas de hilos de urdimbre y trama. El método adicional incluye la etapa de formar una segunda porción al entrelazar tridimensional una tela; y agregar la segunda porción de una primera porción. El método también puede incluir las etapas de formar una tercera porción al poner en capas una pluralidad de capas alternantes de la tela tejida polar y tela sesgada, en donde la tela tejida diferencial se forma al realizar captación de tela diferencial de una pluralidad de hilos de urdimbre desde un borde lateral de la tela tejida polar a un borde lateral opuesto para crear hilos de urdimbre curvados para impartir una configuración curvada plana a la tela tejida polar

10 Aun otra realización de la invención es un método de fabricación de una estructura de material compuesto tridimensional reforzada con una preforma que comprende etapas de formar una primera porción de la preforma por estratificación a una pluralidad de capas alternantes de un tejido de contorno y una tela sesgada, en donde el tejido de contorno se forma al entrelazar una o más capas de hilos de urdimbre con una o más capas de hilos de trama, en donde una o más capas de hilos de urdimbre mantiene un contorno dentro del tejido de contorno después de ser tejido, en donde la tela sesgada se forma al entrelazar una pluralidad de hilos en ángulos oblicuos en una o más capas de hilos de urdimbre y trama; e impregnar la preforma con un material de matriz. El método incluye adicionalmente las etapas de formar una segunda porción de la preforma al tejer tridimensionalmente una tela; y unir la segunda porción a la primera porción. El método también incluye la etapa de formar una tercera porción de la preforma al poner en capas una pluralidad de capas alternantes de la tela tejida polar y tela sesgada, en donde la tela tejida polar se forma al realizar captación de tela diferencial de una pluralidad de hilos de urdimbre desde un borde lateral de la tela tejida polar a un borde lateral opuesto para crear hilos de urdimbre curvados para impartir una configuración curvada plana a la tela tejida polar.

15 Por lo tanto, un objeto de la presente invención es eliminar la necesidad de cortar y formar pinzas individuales a telas o cabos reforzados para estructuras tridimensionales.

Es un objeto adicional como parte de esto simplificar la fabricación de dichas estructuras y reducir el requerimiento de trabajo.

20 Aun otro objeto de la invención es proporcionar una preforma tridimensional que es de un diseño que es una alternativa a y/o una mejora en preformas existentes y/o estructuras reforzadas de materiales de compuestas disponible hasta el momento

Aun otro objeto de la invención es proporcionar tal preforma tridimensional que se puede formar en forma sin distorsión de las fibras que comprenden la preforma.

Un objeto todavía adicional es proporcionar un método para crear una tela reforzada que se puede adaptar fácilmente para crear una amplia variedad de estructuras tridimensionales diferentes.

25 Es aun otro objeto de la presente invención proporcionar un método para producir una preforma de tela o fibra que mantiene la orientación de fibra apropiada, geometría y uniformidad general del grosor de la capa. La invención propuesta, sin embargo, no se limita a esta geometría transversal particular o la orientación de fibra de 0,90 y +/- 45 grados. De hecho, el ángulo de la fibra se puede especificar como una función de la posición a lo largo de la estructura, y el ancho de la tela puede cambiar a lo largo de la longitud de la estructura.

30 Otro objeto de la presente invención es facilitar la fabricación de un amplio rango de preformas que se pueden utilizar para hacer partes estructurales de material compuesto estructuralmente eficientes, de menor coste, que han sido previamente costosas, estructuralmente ineficientes o no se pueden fabricar.

35 Estos y otros objetivos y ventajas son aparentes a partir de la presente invención. La presente invención se dirige hacia proporcionar una preforma especialmente diseñada apropiada como el refuerzo para una estructura de material compuesto tridimensional. El refuerzo de fibra es uno que puede ser tejido en una máquina de tejido convencional y luego se pliega en su forma final antes de impregnar de resina sin producir una distorsión indeseable en las fibras.

40 Esto se realiza al ajustar la longitud de las fibras durante el tejido de tal manera que algunas sean cortas en algunas áreas y largas en otras. Las fibras se ecualizan entonces cuando la preforma se pliega en la forma proporcionada para una transición suave al plegado. Véase por ejemplo la Patente Estadounidense 6,446,675, cuya descripción se incorpora por referencia. También, aunque se hace referencia a preformas tejidas, es aplicable a no tejidas, tales como trenzado o unido por costura, por ejemplo, como será evidente para un experto en la técnica.

Para una mejor comprensión de la invención, sus ventajas operativas y objetivos específicos que se alcanzan por sus usos, se hace referencia a la materia descriptiva acompañante en la cual se ilustran las realizaciones preferidas, pero no limitantes, de la invención.

- 5 Los términos “que comprende” y “comprende” en esta descripción puede significar “que incluye” e “incluye” o puede tener el significado comúnmente dado al término “que comprende” o “comprende” en la Ley de Patentes estadounidense. Los términos “que consiste esencialmente de” o “consiste esencialmente de” si se utiliza en las reivindicaciones tienen el significado adscrito a estos en la Ley de Patentes de estadounidense. Otros aspectos de la invención se describen en o son obvios de (y dentro del ámbito de la invención) la siguiente divulgación.

Breve descripción de los dibujos

- 10 Las figuras acompañantes, que se incluyen para proporcionar un entendimiento adicional de la invención, se incorporan en y constituyen una parte de esta especificación, las figuras presentadas en la presente ilustran diferentes realizaciones de la invención y junto con la descripción sirven para explicar los principios de la invención. En las figuras:

- 15 Las figuras 1(a) y 1(b) muestran etapas en un método de preparación de una preforma multidireccionalmente reforzada de acuerdo con una realización de la invención;

La figura 2 muestra una preforma multidireccionalmente reforzada de acuerdo con un aspecto de la invención;

Las figuras 3(a) y 3(b) muestran una vista transversal de la preforma multidireccionalmente reforzada mostrada en la figura 2;

- 20 La figura 4 muestra una preforma de anillo con pestaña multidireccionalmente reforzada de acuerdo con una realización de la invención;

La figura 5 muestra una vista transversal de la preforma multidireccionalmente reforzada mostrada en la figura 4;

Las figuras 6a y 6b muestran fotos de una preforma multidireccionalmente reforzada de acuerdo con una realización de la invención;

La figura 7 muestra una preforma multidireccionalmente reforzada de acuerdo con un aspecto de la invención;

- 25 La figura 8 muestra una vista transversal de la preforma multidireccionalmente reforzada mostrada en la figura 7;

La figura 9 muestra una etapa en un método de preparación de una preforma multidireccionalmente reforzada de acuerdo con una realización de la invención; y

La figura 10 muestra una etapa en un método de preparación de una preforma multidireccionalmente reforzada de acuerdo con una realización de la invención.

- 30 Descripción detallada de las realizaciones preferidas

- 35 La invención actual se describirá ahora más completamente de aquí en adelante con referencia a las figuras acompañantes, en las cuales se muestran las realizaciones preferidas de la invención. Esta invención puede, sin embargo, abarcarse en muchas formas diferentes y no deberá constituirse como limitantes a las realizaciones ilustradas establecidas en la presente. Al contrario, estas realizaciones ilustradas se proporcionan de manera que esta descripción será a fondo y completa, y transmiten completamente el alcance de la invención a aquellos expertos en la técnica.

En la siguiente descripción, caracteres de referencia iguales designan partes correspondientes o iguales de través de las figuras. Adicionalmente, en la siguiente descripción, se entiende que términos tales como “superior”, “inferior”, “arriba” y “abajo” y similares son palabras de conveniencia y no se constituyen como términos limitantes.

- 40 Volviendo ahora a las figuras, la invención de acuerdo con una realización es un método para fabricar una preforma de fibra multidireccionalmente reforzada para uso en aplicaciones de alta resistencia, tales como por ejemplo, una caja de ventilador de turbina de material compuesto, anillo de contención de motor a chorro, una estructura de fuselaje de aeronave, una estructura de ventana de aeronave o en anillos con pestañas para unir góndolas a motores de aeronaves.

- 45 El método de acuerdo con esta realización utiliza una combinación de dos o más técnicas de fabricación de textiles, tales como por ejemplo, tejido de contorno, tejido polar, trenzado biaxial, trenzado triaxial, tejido de dirección de urdimbre, tejido de desviación, y tejido tridimensional para fabricar una estructura que es primariamente de eje simétrico, pero también puede incluir algunas características de eje no simétrico. Los términos “dirección de envoltura” y “tejido polar” se describirán en más detalle en las últimas partes de esta selección.

Tejido de contorno, de acuerdo con una realización de la invención, se utiliza para producir preformas de eje simétrico al formar la tela alrededor de un mandril. Por ejemplo, una serie de rodillos que son diseñados especialmente para una forma específica se pueden utilizar para formar la preforma. El tejido de contorno utiliza un sistema de toma especial para producir preformas que tienen fibras envueltas con longitudes diferentes. Las longitudes de envoltura diferentes dan a las telas resultantes alguna curvatura, fuera del plano de la tela. En el caso de tejido de contorno, la tela se diseña de manera que se toma en una forma transversal específica, tal como por ejemplo la mostrada en la figura 1(a). Un ejemplo de una estructura reforzada multidireccionalmente o preforma, de fibra formada de acuerdo con una realización de la invención se muestra en la figura 2. La figura describe una estructura de fuselaje 10, cuya vista transversal, que ilustra las porciones de la parte superior e inferior de la estructura 10, que se muestran en las figuras 3(a) y 3(b). Una estructura de fuselaje es un elemento estructural en diseños de aeronaves típicos. Normalmente se encuentran muchas de dichas estructuras en, el fuselaje y proporcionan refuerzo de circunferencia en la estructura de aeronave.

La estructura 10 tiene una estructura circular con estas porciones de la parte superior e inferior que tienen un ancho y grosor deseado. La fabricación de la porción principal de la estructura 10 comienza al tejer el contorno de una tela continua. El proceso de tejido de contorno involucra alimentar hilos de urdimbre en una forma en contorno utilizando un mandril con forma o similares, de tal manera que la tela, producida en el telar mantiene la forma en contorno incluso después de ser captada del telar. Los hilos de urdimbre o rellenados (o entramados) mantienen una orientación de 0° y 90° en la tela, proporcionando por ello un refuerzo en las direcciones 0° y 90°, donde 0° es la dirección del aro (perpendicular a la dirección radial) y 90° es la dirección radial de la estructura o marco final 10. El tejido de contorno también puede resultar en una tela de fibras envueltas de longitudes diferentes de manera que la tela esta predispuesta para tomarse en una forma simétrica al eje específica cuando se envuelve en un mandril. Puede ser prácticamente cualquier forma o tamaño deseado dependiendo de la estructura final deseada. El mandril puede o no tener provisiones para pestañas en uno o ambos lados del anillo, con base en si se requieren o no anillos con pestañas continuos, el producto final. Esto permite que se combinen las partes cilíndricas, anular y/o cónica de la estructura que se va a combinar en una única preforma. Por ejemplo, en la estructura de fuselaje mostrada en la figura 2, existe una porción cilíndrica que forma la pestaña exterior 20 y una porción anular que forma la pata 30 (mostrada en la figura 3(b)). Similarmente, el anillo de doble pestaña genérico mostrado en las figuras 6a y 6b tiene pestañas en ambos extremos. Las vistas transversales y de frente de dicho anillo de pestañas doble se muestran en las figuras 4 y 5 respectivamente.

Una de las desventajas del tejido de contorno es que no existe desviación o refuerzo no en aro o no radial en la estructura. Este refuerzo se requiere normalmente para mejorar la resistencia al corte y/o soporte cuando la preforma se procesa en una composición. En la presente invención, esta característica se proporciona al intercalar una o más capas de tela 42 sesgada entre una o más capas de tela 44 perfilada conforme se envuelve en un mandril, como se muestra en la figura 1(b). La tela 42 sesgada puede ser continua o discontinua, y se puede fabricar utilizando cualquier método conveniente, tales como cortar una tela 2D convencional a $\pm 45^\circ$ o cortar un tubo trenzado a $\pm 45^\circ$.

En contraste a la tela de tejido de contorno, la tela 42 sesgada no está predispuesta a tomar la forma transversal deseada. Sin embargo, las fibras en esta tela están libres para cortar con tijera ya que se envuelven alrededor de las esquinas para formar características tales como pestañas. Esto mueve la fibra lejos de un refuerzo de $\pm 45^\circ$, pero este efecto es relativamente pequeño para aplicaciones más prácticas y es insignificante para estructuras de diámetro muy grande.

La tela 44 de tejido de contorno con cabos 42 sesgados insertados resulta de esta manera en una estructura del eje simétrico con una sección transversal que se asemeja a una composición laminada. Esta estructura de material compuesto laminada de esta manera tiene una configuración isotrópica (es decir cantidades iguales de fibra en las direcciones 0°, 90°, +45°, y -45°); sin embargo, la invención no se limita a esta configuración.

Para aplicaciones que sean realmente de eje simétrico, características adicionales tales como una pestaña interior, refuerzos circunferenciales, o anillo de enlace intermedio, como se menciona anteriormente se pueden formar utilizando tela 44 de tejido de contorno y/o tela 42 sesgada. Muchas aplicaciones estructurales, sin embargo, no son realmente de eje simétrico, y en tales casos, características estructurales adicionales se pueden agregar a la preforma utilizando preformas tejidas tridimensionales tales como la preforma 40 Pi mostrada en las figuras 3(a) y 3(b). El uso de una preforma 40 Pi simétrica se muestra únicamente como un ejemplo, pero prácticamente cualquier forma posible con tejido tridimensional se puede utilizar para este propósito. Las características formadas al enlazar preformas tejidas tridimensionales adicionales requiere un empalme en la dirección del aro, pero este empalme se puede usualmente localizar en una porción 45 cargada más ligeramente de la estructura de manera que se evita una penalización de resistencia importante. La preforma 40 Pi se puede formar de acuerdo con el método divulgado en la Patente estadounidense No. 6,446,675 hasta el momento referida.

La tela de tejido de contorno, tela sesgada y la preforma Pi se pueden hacer de materiales, tales como por ejemplo, carbono, nylon, rayón, poliéster, fibra de vidrio, algodón, vidrio, cerámica, aramida, y polietileno, o cualquier otro material comúnmente conocido en la técnica. La estructura final se puede impregnar con un material de matriz, tal como por ejemplo, epoxi, poliéster, viniléster, cerámica, y carbono, utilizando métodos de impregnación de resina

tales como infusión de película de resina (RFI, por sus siglas en inglés), moldeo por transferencia de resina o filtración de vapor químico, para ello se forma una estructura de material compuesto tridimensional.

De acuerdo con lo anterior, una realización de la invención es una estructura de material compuesto tridimensional reforzada con una preforma tejida y un método para formar la misma que incluye una primera porción que tiene una pluralidad de capas alternadas de una tela de tejido de contorno y una tela sesgada, en donde la tela de tejido de contorno incluye una o más capas de hilos de urdimbre entretejidos con una o más capas de hilos en trama, en el que una o más capas de hilos, envueltos mantienen una forma de contorno en la tela, de tejido de contorno en el que la tela sesgada incluye una pluralidad de hilos entretejidos o trenzados en ángulos oblicuos a una o más capas de hilos de urdimbre y trama; y un material de matriz. La estructura de material compuesto incluye adicionalmente una segunda porción que comprende una tela tejida tridimensionalmente, en el que la segunda porción se une a la primera porción.

Las ventajas primarias de la invención son: 1) con relación a un sistema coordinado cilíndrico, la preformas de acuerdo con la presente invención tienen un refuerzo continuo en las direcciones del aro y axial, así como refuerzo a $\pm 45^\circ$ con relación a la dirección del aro. Esto mejora tanto la resistencia como la dureza del componente de material compuesto resultante; 2) la preforma se produce por ingeniería para tomar la forma deseada sin la necesidad de cortar y punzar, eliminando por lo tanto la discontinuidad en la fibra del aro. Esto reduce la mano de obra requerida para construir la preforma, así como resultar en resistencia mejorada. Las otras ventajas incluyen: 3) mantener la orientación de fibra deseada a lo largo de la sección curvada; 4) cubrir con material uniforme desde los puntos radiales más interiores a más exteriores a lo largo de la sección curva; 5) producir la geometría de sección transversal requerida; y 6) efectividad en coste.

La invención de acuerdo con una realización adicional es un método para combinar dirección de envoltura, tejido polar, tejido de contorno, trenzado biaxial, trenzado triaxial y/o tejido tridimensional para producir un laminado que se ajusta fácilmente a curvaturas complejas, tales como por ejemplo, una estructura de ventana de aeronave.

El término "dirección de envoltura" se refiere a un sistema de captación diferencial para hilos de urdimbre, que los conduce en una forma requerida, y permite el tejido recto, tejido polar o una combinación de los mismos para producir una preforma que puede tomar prácticamente cualquier forma en el plano X-Y de la tela o preforma. Un ejemplo de dicha tela de urdimbre conducida se muestra en la figura 10, donde la tela 100 es plana en un plano, y tiene una forma curvada en el plano X-Y. En tal configuración, cada hilo envuelto puede tener una longitud de trayectoria diferente. Tanto la dirección de envoltura como el tejido de contorno utilizan sistemas de captación especiales para producir telas que tienen fibras envueltas con longitudes diferentes. Las longitudes de envoltura diferentes dan las telas resultantes con alguna curvatura (en el plano de la tela para la dirección de urdimbre y fuera del plano para tejido de contorno). En el caso de dirección de urdimbre, la tela se teje de manera que se mantiene plana, mientras que en el tejido de contorno, la tela se diseña de manera que se toma en una forma transversal específica.

La invención de acuerdo con una realización es un marco 15 de ventana de aeronave como se muestra en la figura 7. Una ventana de sección transversal que describe los elementos que constituyen esta estructura de múltiples elementos o marco 15 de ventana que muestra en la figura 8. La estructura 15 comprende cuatro formas de tejido diferentes, que se utilizan en su producción. La combinación de estas formas permite la preforma que se va a producir en cortar ni perforar las capas individuales eliminar estos cortes y perforaciones mejora la resistencia así como el desempeño de la estructura resultante.

La estructura o marco 15, incluye una envoltura 25 superior, una envoltura 35 interior, una envoltura 55 exterior y un rellenedor 65 de espacios. La envoltura 25 superior es una precolocación alternada de capas de una tela sesgada y un tejido polar o tela de tejido de contorno. La tela sesgada puede ser continua o discontinua, y se puede fabricar utilizando cualquier método conveniente, tales como cortar una tela bidimensional convencional a $+45^\circ$ o cortar un tubo trenzado biaxial a $+45^\circ$. La tela 70 de tejido polar con fibras envueltas o hilos 72 orientados en una dirección radial y las fibras 74 o hilos rellenos en la dirección hacia el aro, se tejen con un radio de curvatura que se alinea en la geometría en plano de la envoltura 25 superior, como se muestra en la figura 9. En particular, el tejido polar es un método para curvar los hilos de urdimbre de la estructura, mientras se mantiene la orientación del hilo 74 relleno apropiado. Esto se realiza al modificar el sistema de toma de tela. En particular, la tela 70 se teje utilizando un sistema de toma de tela diferencial tal como el que utiliza con rodillos 75 cónicos y/o cilíndricos mostrados en la figura 9. Las porciones de diámetro más pequeñas de los rodillos cónicos jalan los hilos envueltos (es decir, tela) menos por revolución del rodillo que la porción de diámetro más grande del rodillo. Esta toma diferencial de los hilos 72 envueltos provoca que la tela se curve, dando de esta manera la forma polar a la tela 70, cuyos bordes en forma longitudinal se pueden unir ya sea por entretejido de los hilos de urdimbre en conjunto o utilizando otras técnicas de unión de extremos conocidas en la técnica. La tela 70 polar puede ser tejida en una forma circular y formada en formas anulares tales como formas ovaladas o de pista de carreras, dependiendo de la forma de la estructura final deseada. Si se utiliza dirección de urdimbre, la forma anular se puede tejer directamente y no requiere ninguna formación adicional.

Al colocar capas de trenzado biaxial sobre capas de una tela 70 de tejido polar o al contrario, se puede alcanzar una distribución igual de 0,90 y ± 45 grados de refuerzo debido a la orientación de la fibra multidireccional, formando de

esta manera un laminado de dos o más capas. La trenza consiste de una manga termoencogible que, por la acción de tijera de la trenza, se ajusta a la curvatura de la superficie, como se describió anteriormente.

5 Volviendo ahora a la figura 8, la envoltura 55 exterior y la envoltura 35 interior son similares una a la otra en que ambas se construyen de capas alternadas de telas sesgadas tejidas contorno, como se describe en la realización anterior. La tela sesgada puede ser continua o discontinua, y se puede fabricar utilizando cualquier método conveniente, tales como cortar una tela bidimensional convencional a $\pm 45^\circ$ o cortar el tubo trenzado biaxial a $\pm 45^\circ$. En este caso, el tejido contorno es capaz de ajustarse a la forma del componente sin tener que cortar o formar pinzas. Igual que la tela polar, la tela de contorno proporciona el refuerzo a 0, 90 grados y la trenza proporciona los refuerzos a ± 45 grados. La estructura o marco 15 también puede incluir un rellenedor 65 de espacios, que puede ser un elemento de forma triangular tejido tridimensional que rellena el espacio entre la envoltura 25 superior, envoltura 35 interior y envoltura 55 exterior, como se muestra en la figura 8. Otras formas de medio, tales como una tela no tejida, también se pueden utilizar para rellenedor de espacios para este propósito; sin embargo la invención no se limita al uso de solo la tela tejida tridimensional y/o tela no tejida.

15 La tela de tejido de contorno, tela tejida sesgada, trenzada, tela de tejido polar, tela de dirección envuelta a la tela tejida tridimensional se pueden hacer de materiales, tales como por ejemplo, carbono, nylon, rayón, poliéster, fibra de vidrio, algodón, vidrio, cerámica, aramida, y polietileno, o cualquier otro material comúnmente conocido en la técnica. La estructura final se puede impregnar con un material de matriz, tal como por ejemplo, epoxi, poliéster, viniléster, cerámica, y carbono, utilizando métodos de impregnación de resina tales como infusión de película de resina (RFI), moldeo por transferencia de resina o filtración de vapor químico, formando de esta manera una estructura de material compuesto tridimensional.

20 De acuerdo con lo anterior, una realización de la invención es una estructura de material compuesto tridimensional reforzada con una preforma y un método para hacer la misma que incluye una primera porción que tiene una pluralidad de capas alternadas de una tela de tejido de contorno y una tela sesgada, en donde la tela de tejido de contorno incluye una o más capas de hilos de urdimbre entretejidos con una o más capas de hilos en trama, en donde una o más capas de hilos de urdimbre mantienen una forma de contorno en la tela de tejido de contorno, en donde la tela sesgada incluye una pluralidad de hilos entretejidos o trenzados en ángulos oblicuos a una o más capas de hilos de urdimbre y trama; y un material de matriz. La estructura de material compuesto incluye adicionalmente una segunda porción que comprende una tela tejida tridimensionalmente, en donde la segunda porción se enlaza a la primera porción. La estructura de material compuesto incluye adicionalmente una tercera porción que comprende una pluralidad de capas alternadas de una tela de tejido polar y tela sesgada, en donde la tela de tejido polar se forma al realizar captación de tela diferencial de una pluralidad de hilos de urdimbre o dirección de envoltura de un borde lateral de la tela polar a un borde lateral opuesto para crear hilos envueltos curvados para impartir una configuración curvada plana a la tela de tejido polar.

35 Por lo tanto, al utilizar las técnicas descritas en la presente invención, se pueden producir las siguientes estructuras de material compuesto:

- 1 - Estructuras aximétricas que son completamente tejidas de contorno, e incluyen una o más capas de una preforma tejida de contorno, tales como por ejemplo anillos de contención;
- 2 - Estructuras aximétricas que incluyen una o más capas de tela de tejido de contorno y uno o más cabos sesgados intercalados entre las capas de tela de tejido de contorno, tales como por ejemplo anillos con pestañas; y
- 40 3 Estructuras aximétricas o de ejes no aximétricas que consisten de una o más capas de tela de tejido de contorno con o sin cabos sesgados adicionales, y elementos adicionales, tales como por ejemplo marco de ventanas o estructura de fuselajes. Los elementos adicionales pueden incluir pestañas, endurecedores, y/o cabos sesgados hechos utilizando tejido tridimensional, tejido polar, y/o trenzado. De esta manera por la presente invención, se realizan estos objetivos y ventajas, y aunque las realizaciones preferidas se han descrito y definido en detalle en la presente su alcance y objetivos no se debe limitar a este; al contrario su alcance se deberá determinar por aquel de las reivindicaciones adjuntas.
- 45

REIVINDICACIONES

1. Una preforma utilizada para reforzar una estructura de material compuesto que comprende:
una primera porción que comprende una pluralidad de capas alternantes de un tejido de contorno y una tela sesgada
5 en la que dicho tejido de contorno comprende una o más capas de hilos de urdimbre entretejidos con una o más capas de hilos de trama, en los que una forma de la tela de contorno se mantiene por dicha una o más capas de hilos de urdimbre en dicho tejido de contorno, y
en la que dicha tela sesgada comprende una pluralidad de hilos entretejidos o trenzados en ángulos oblicuos a dicha una o más capas de hilos de urdimbre y trama de la capa de tejido de contorno.
2. La preforma como se reivindica en la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:
10 una segunda porción que comprende una tela tejida tridimensionalmente,
en la que dicha segunda porción se adhiere a dicha primera porción.
3. La preforma como se reivindica en la reivindicación 2, que comprende adicionalmente:
una tercera porción que comprende una pluralidad de capas alternantes de una tela polar y dicha tela sesgada,
15 en la que dicha tela polar se forma al realizar absorción de tela diferencial de una pluralidad de hilos de urdimbre o dirección de urdimbre desde un borde lateral de la tela polar hasta un borde lateral opuesto para crear hilos de urdimbre curvados para impartir una configuración curvada plana a la tela polar.
4. La preforma como se reivindica en una de las reivindicaciones 1 a 3, en la que dicha tela sesgada es un tejido de tela plana a +/- 45 grados o un tubo trenzado ranurado.
5. La preforma como se reivindica en una de las reivindicaciones 1 a 4, en la que dicha estructura de material compuesto es una caja de ventilador de turbina, un anillo de contención de motor a chorro, una estructura de fuselaje de avión, un marco de ventana de avión, o un anillo de pestañas para fijar una góndola a un motor de avión.
20
6. La preforma como se reivindica en una de las reivindicaciones 1 a 5, en la que dicha preforma es asimétrica y/o no asimétrica.
7. La preforma como se reivindica en una de las reivindicaciones 1 a 5, en la que dicha tela sesgada es continua o discontinua.
25
8. La preforma como se reivindica en la reivindicación 3, en la que dicha primera, segunda y tercera porciones se elaboran de materiales seleccionados del grupo que consiste de carbono, nylon, rayón, poliéster, fibra de vidrio, algodón, vidrio, cerámica, aramida, y polietileno.
9. Una estructura de material compuesto tridimensional reforzada con una preforma como se reivindica en una de las reivindicaciones 1 a 8 y que comprende adicionalmente un material de matriz.
30
10. La estructura de material compuesto como se reivindica en la reivindicación 9, en la que dicha estructura de material compuesto se forma de un proceso seleccionado del grupo que consiste de infusión de película de resina (RFI), moldeo de transferencia de resina y filtración de vapor química.
11. La estructura de material compuesto como se reivindica en la reivindicación 9, en la que dicho material de matriz se selecciona del grupo que consiste de epoxi, poliéster, viniléster, cerámica, y carbono.
35
12. Un método para fabricar una preforma utilizada para reforzar una estructura de material compuesto que comprende las etapas de:
formar una primera porción al poner en capas una pluralidad de capas alternantes de un tejido de contorno y una tela sesgada,
40 en la que dicho tejido de contorno se forma al entretejer una o más capas de hilos de urdimbre con una o más capas de hilos de trama, en la que una forma de la tela de contorno se mantiene por dicha una o más capas de hilos de urdimbre en dicho tejido de contorno después de que se teje, y
en la que dicha tela sesgada se forma al entretejer o trenzar una pluralidad de hilos en ángulos oblicuos a dicha una o más capas de hilos de urdimbre y trama de la capa de tejido de contorno.
13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende adicionalmente las etapas de:
45 formar una segunda porción al tejer de forma tridimensional una tela; y

unir dicha segunda porción a dicha primera porción.

14. El método de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende adicionalmente la etapa de:

formar una tercera porción al poner en capas una pluralidad de capas alternantes de una tela tejida polar y dicha tela sesgada,

5 en la que dicha tela polar se forma al realizar absorción de tela diferencial de una pluralidad de hilos de urdimbre o dirección de urdimbre desde un borde lateral de la tela polar a un borde lateral opuesto para crear hilos de urdimbre curvados para impartir una configuración curvada plana a la tela polar.

15. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 14 en el que dicha tela sesgada es un tejido de tela plana a +/- 45 grados o un tubo trenzado ranurado.

10 16. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 15, en el que dicha estructura de material compuesto es una caja de ventilador de turbina, un anillo de contención de motor a chorro, una estructura de fuselaje de avión, un marco de ventana de avión, o un anillo de pestañas para fijar una góndola a un motor de avión.

17. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 16, en el que dicha preforma tiene una configuración asimétrica y/o no asimétrica.

15 18. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 17, en el que dicha tela sesgada se elabora en forma continua o discontinua.

19. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 18, en la que dicha primera, segundas y tercera porciones se elaboran de materiales seleccionados del grupo que consiste de carbono, nylon, rayón, poliéster, fibra de vidrio, algodón, vidrio, cerámica, aramida, y polietileno.

20 20. Un método para fabricar una estructura de material compuesto tridimensional reforzada con una preforma elaborada de acuerdo con el método reivindicado en una de las reivindicaciones 12 a 19 y que comprende adicionalmente la etapa de:

impregnar la preforma tejida con un material de matriz.

25 21. El método de acuerdo con la reivindicación 20 en el que dicha impregnación se selecciona del grupo que consiste de infusión de película de resina (RFI), moldeo de transferencia de resina y filtración de vapor química.

22. El método de acuerdo con la reivindicación 20 en la que dicho material de matriz se selecciona del grupo que consiste de epoxi, poliéster, viniléster, cerámica, y carbono.

FIG. 1(a)

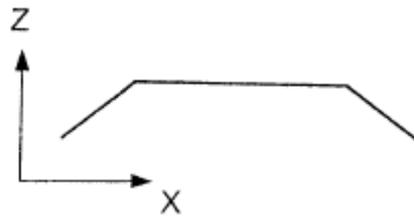


FIG. 1(b)

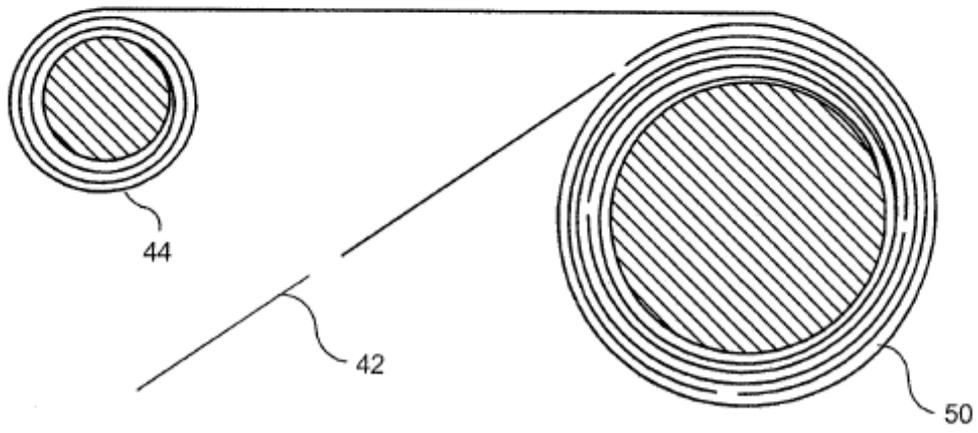


FIG. 2

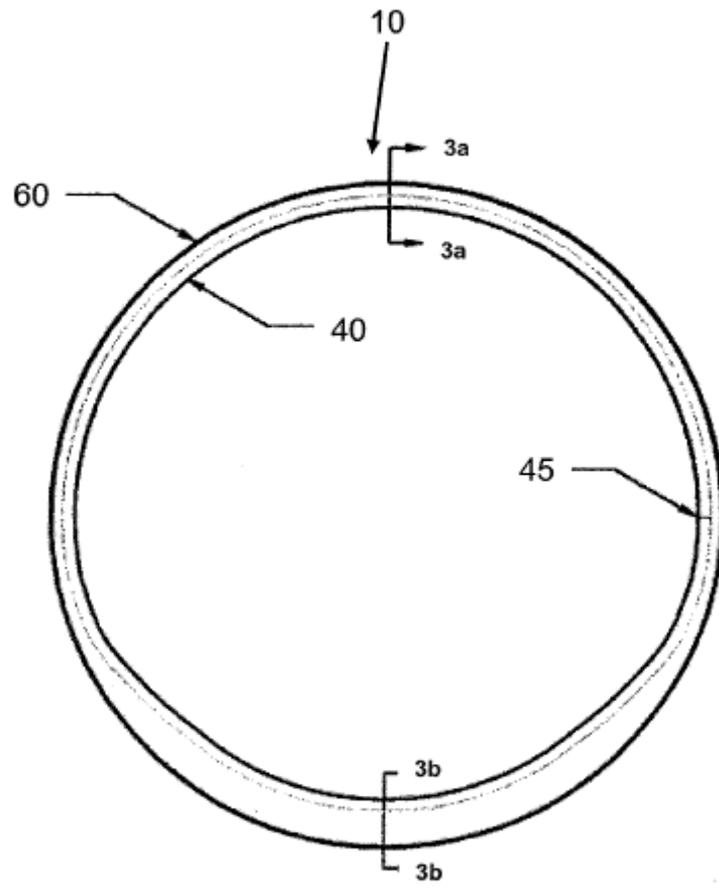


FIG. 3A

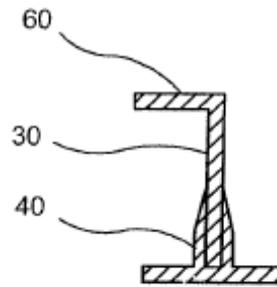


FIG. 3B

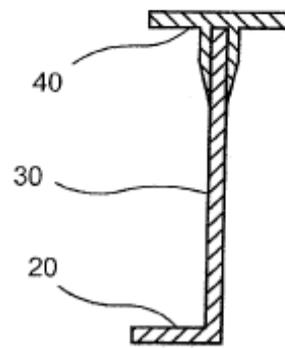


FIG. 4

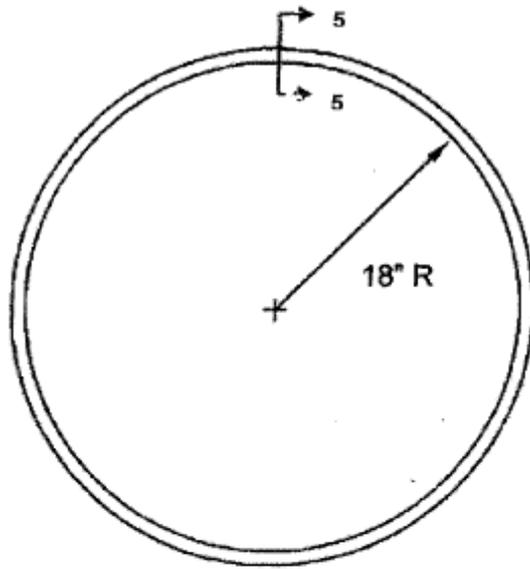


FIG. 5

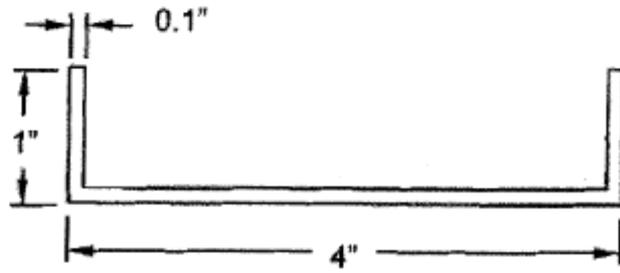


FIG. 6(a)

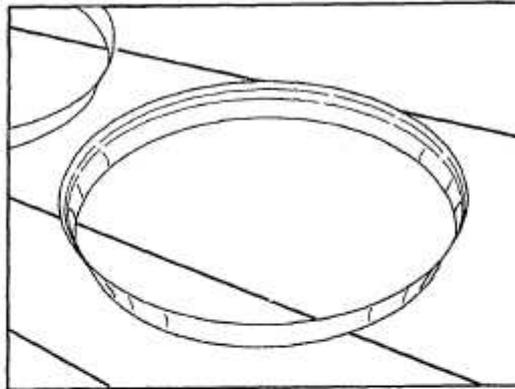


FIG. 6(b)

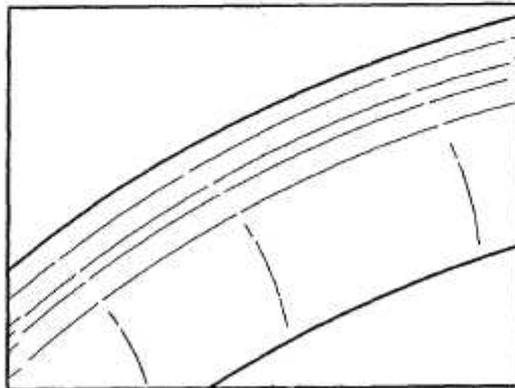


FIG. 7

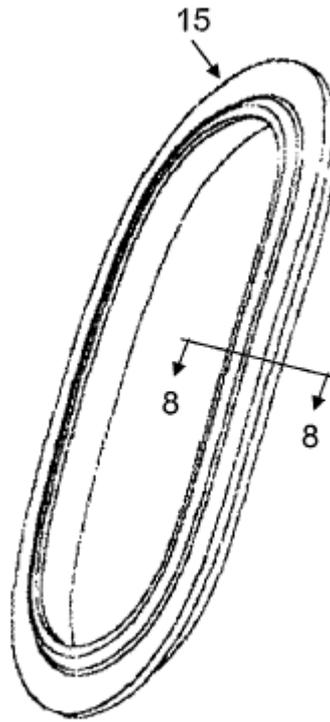


FIG. 8

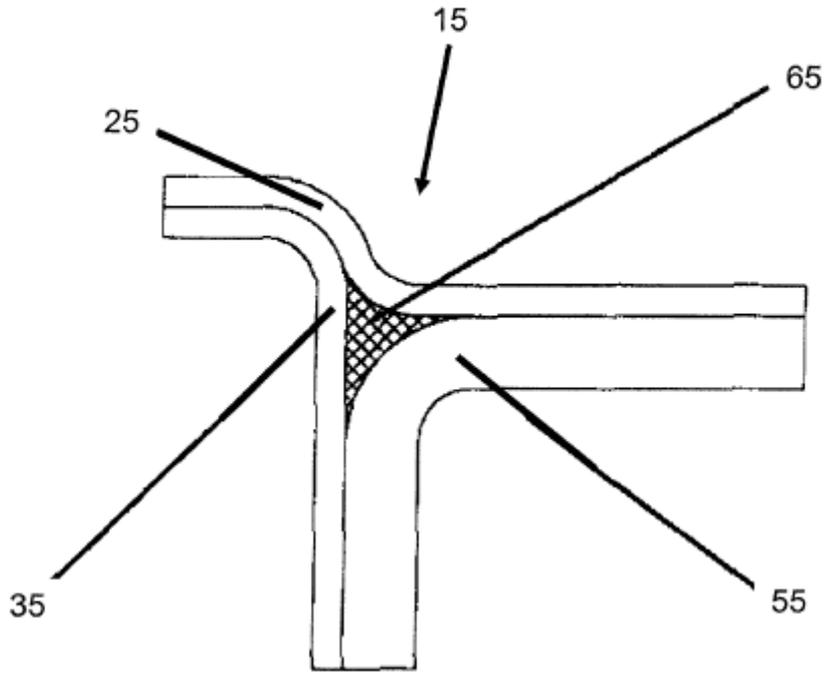


Fig. 9

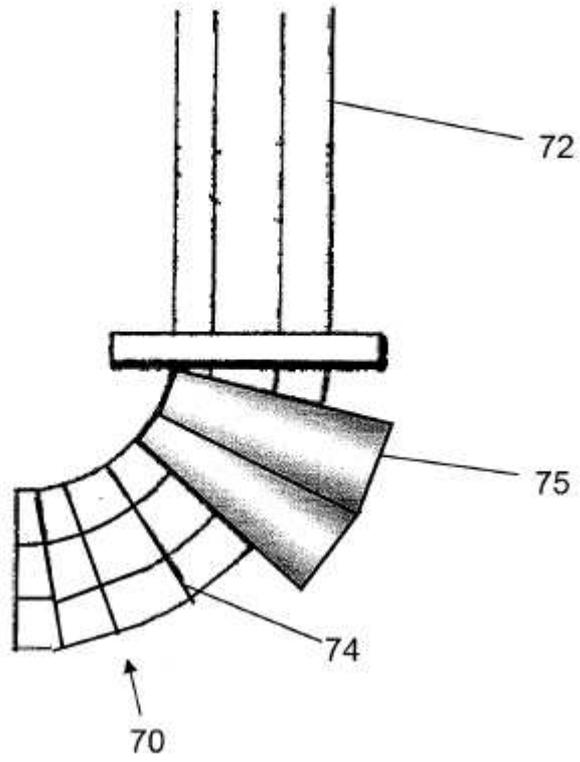


FIG. 10

