

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 910 323**

51 Int. Cl.:

B29B 11/16 (2006.01)

B29D 99/00 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.03.2019 PCT/US2019/021815**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.09.2019 WO19178072**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2019 E 19724274 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.01.2022 EP 3765254**

54 Título: **Fabricación de estructuras de material compuesto tridimensionales**

30 Prioridad:

12.03.2018 US 201862641648 P

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

12.05.2022

73 Titular/es:

CYTEC INDUSTRIES INC. (100.0%)

**504 Carnegie Center
Princeton, NJ 08540, US**

72 Inventor/es:

**PARKINSON, ROBERT;
TREIBER, JOHANNES WOLF, GEORG y
GREBER, SEBASTIEN, LUC**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 910 323 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

Fabricación de estructuras de material compuesto tridimensionales

5 La presente descripción hace referencia en general a la fabricación de piezas de material compuesto reforzadas con fibras.

El documento US 9 440 401 B1 describe un método de fabricación de piezas de material compuesto reforzadas con fibras.

10

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIG. 1 muestra una preforma tridimensional (3D) con rebordes laterales.

15 La FIG. 2 muestra otra configuración para la pieza en bruto intermedia de la preforma de acuerdo con la presente invención, que se puede conformar posteriormente en la preforma 3D mostrada en la FIG. 1.

La FIG. 3 muestra una superficie del molde en la que se puede formar la pieza en bruto intermedia de la preforma mostrada en la FIG. 2.

20

La FIG. 4 muestra tiras paralelas de material fibroso depositadas en la superficie del molde de la FIG. 3.

La FIG. 5 muestra un perfil de borde curvo de ejemplo.

25 La FIG. 6 muestra una pieza en bruto intermedia de la preforma que se puede conformar en la preforma 3D mostrada en la FIG. 1, de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

La FIG. 7 muestra una superficie del molde en la que se puede formar la pieza en bruto intermedia de la preforma mostrada en la FIG. 6.

30

La FIG. 8 muestra una pieza en bruto intermedia de la preforma que se puede conformar en la preforma 3D mostrada en la FIG. 1, de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

La FIG. 9 muestra ejemplos de perfiles de bordes ondulados para la pieza en bruto intermedia de la preforma.

35

La FIG. 10 muestra la herramienta de moldeo para dar forma a la pieza en bruto intermedia de la preforma.

La FIG. 11 muestra una superficie del molde en la que se puede formar la pieza en bruto intermedia de la preforma mostrada en la FIG. 10.

40

La FIG. 12 muestra una preforma siendo conformada en la herramienta de moldeo de la FIG. 10.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

45 La utilización de materiales compuestos reforzados con fibras es cada vez más frecuente en las industrias aeroespacial y del automóvil. Estos materiales compuestos contienen fibras de refuerzo incrustadas en una matriz de polímero. Su propiedad de ligereza es particularmente ventajosa cuando se compara con piezas similares construidas con metales. Las piezas de material compuesto tridimensionales se pueden fabricar utilizando diferentes métodos, uno de los cuales es la infusión de resina líquida. El moldeo por transferencia de resina (RTM) y el moldeo por transferencia de resina asistido por vacío (VARTM) son ejemplos de procesos de fabricación que implican la inyección o infusión de una resina líquida en una preforma fibrosa. La preforma fibrosa es lo suficientemente porosa como para permitir que la resina se infunda o la impregne por completo durante la operación de infusión de la resina. Entre las aplicaciones de ejemplo de dichos métodos se encuentran los revestimientos de las alas y los fuselajes de las aeronaves.

55 Durante el proceso RTM, la preforma fibrosa se coloca en una cavidad de molde cerrada y la resina se inyecta en la cavidad a presión. El molde con la preforma se suele poner en vacío de modo que el vacío elimine todo el aire de la preforma reduciendo la porosidad y acelerando el proceso RTM. Una vez que la resina líquida llena la cavidad del molde, la resina se cura, dando lugar a la formación de una pieza de material compuesto. El VARTM es similar al RTM, salvo que normalmente se utiliza una herramienta de una sola cara con bolsa de vacío, y el vacío arrastra la resina líquida al interior de la preforma. Estas técnicas son muy adecuadas para la fabricación de piezas estructurales con formas muy complejas.

65 Para formar una pieza de material compuesto tridimensional (3D) mediante RTM o VARTM, la disposición de la preforma es un elemento importante en el proceso de fabricación. La preforma es, en esencia, la pieza estructural que espera la resina. Para determinadas piezas de aeronaves, se forma una pieza en bruto intermedia de la preforma, normalmente una pieza en bruto de la preforma plana, antes de dar forma a la preforma en una geometría 3D final. La

pieza en bruto intermedia de la preforma es una disposición de capas de fibras ensambladas en una secuencia de apilamiento. Se ha utilizado un método de colocación automatizado, como por ejemplo la colocación automatizada de cintas (ATL) o la colocación automatizada de fibras (AFP), para construir, capa a capa, una pieza en bruto de la preforma del espesor deseado. El proceso ATL/AFP consiste en dispensar de forma automática varias tiras de material fibroso de anchura estrecha ("cintas de fibras"), una al lado de la otra, sobre la superficie de una herramienta para crear una capa de grandes dimensiones, denominada una "capa". Las capas adicionales se construyen de forma secuencial sobre la capa previamente dispuesta para producir una disposición con el espesor deseado. Las cintas de fibras no se impregnan totalmente de resina ni se incrustan en una matriz de resina. De este modo, la preforma resultante, compuesta por cintas de fibras, sigue siendo porosa y permeable a los líquidos, particularmente a la resina líquida que se utiliza para el RTM y el VARTM.

En una operación típica de ATL/AFP, un cabezal de colocación hace pasadas repetidas sobre una superficie de la herramienta para colocar múltiples cintas de fibras, una al lado de la otra, en un patrón definido hasta que se forme una primera capa de las dimensiones deseadas. Durante cada pasada, el cabezal de colocación de fibras dispensa (o deposita) una o más cintas continuas desde la(s) fileta(s) de suministro sobre la superficie de la herramienta mientras que el cabezal de colocación se mueve con respecto a la superficie de la herramienta. La longitud de la(s) cinta(s) continua(s) de fibra se corta(n) al final de cada pasada. Durante la formación de la primera capa, un rodillo de compactación presiona las cintas contra la superficie de la herramienta. Las siguientes capas de cintas de fibras se construyen, capa a capa, mediante pasadas continuas del cabezal de colocación sobre la capa colocada anterior. El rodillo de compactación presiona las cintas colocadas posteriormente contra las cintas colocadas anteriormente para compactar, es decir, consolidar, las cintas superpuestas. El rodillo de compactación puede comprender un cuerpo cilíndrico fabricado de un material flexible, que sea elásticamente deformable por compresión. Por ejemplo, el cuerpo cilíndrico puede estar compuesto por un material elastomérico no expandido o expandido, como por ejemplo la silicona, el polisiloxano o el poliuretano.

Cada capa puede estar compuesta por cintas de fibras paralelas unidireccionales. En una pieza en bruto de la preforma, las fibras unidireccionales de cada capa se pueden orientar con un ángulo seleccionado θ , como por ejemplo 0° , 45° o 90° , con respecto a la longitud de la pieza en bruto de la preforma. Las fibras unidireccionales de cada capa se pueden orientar con un ángulo diferente con respecto a la capa o capas adyacentes, dependiendo de las propiedades estructurales deseadas para la pieza de material compuesto final.

La fabricación de preformas 3D con superficies no planas y rebordes es problemática, ya que en el punto o puntos en los que la superficie se sale del plano, curvándose hacia fuera o hacia el reborde, la trayectoria del borde exterior del reborde será mayor o menor que el del borde interior, por consiguiente, se necesitará un área mayor o menor de material en comparación con una pieza en bruto plana. Sin una longitud extra que ya esté en los rebordes en el lugar adecuado, el material tendrá que ceder para proporcionarla. La reacción en la superficie principal a la fuerza de cizallamiento en el reborde puede causar arrugas en la superficie principal. Es necesario poner una longitud/área extra de material en la pieza en bruto en estos puntos.

La presente descripción proporciona un método para la fabricación de preformas tridimensionales (3D) que tienen superficies no planas y rebordes de tal manera que el material fibroso utilizado para dar forma a la preforma 3D final tenga la longitud y el área de superficie necesarias para ajustarse a los contornos deseados del molde sin arrugarse. El método de fabricación comienza con la formación de una pieza en bruto intermedia de la preforma mediante ATL o AFP, seguida de la conformación de la pieza en bruto en un molde con contornos 3D para formar la preforma conformada final. La preforma conformada final se configura para recibir resina líquida por medio de procesos RTM o VARTM. La pieza en bruto es mayormente plana, excepto por las ondulaciones en partes de la misma para crear la longitud extra a lo largo de los bordes laterales y el área de superficie extra necesaria para ajustarse a los contornos deseados de un molde sin arrugarse en la etapa de conformado posterior.

Como ejemplo, la preforma 3D final puede tener la configuración mostrada en la **FIG. 1**. La preforma 10 de la FIG. 1 tiene una dimensión longitudinal, una superficie no plana 11 que se extiende a lo largo de la longitud y dos rebordes laterales contiguos 12, que forman una sección transversal, en esencia, en forma de U. Se debe tener en cuenta que las dimensiones relativas mostradas en la FIG. 1 no están a escala. Por ejemplo, la dimensión longitudinal puede ser 100 veces la distancia entre los rebordes laterales 12. No hay ninguna restricción en cuanto a la longitud de la preforma, cuya longitud depende de la pieza de material compuesto que se esté fabricando. En algunas formas de realización, la longitud puede estar en el rango de 5 m a 40 m. Cada reborde 12 se extiende de forma ortogonal desde la superficie no plana 11. Se debe entender que el reborde 12 puede formar un ángulo distinto de 90° con la superficie no plana 11. La superficie no plana 11 tiene una línea de doblado (o valle) 13, denominada en la presente memoria "un pliegue", definida por dos superficies inclinadas. Cada una de las superficies inclinadas se inclina hacia abajo desde un extremo de la preforma hacia el centro. La línea de doblado 13 se crea donde se encuentran las dos superficies inclinadas. Se debe entender que la transición entre las dos superficies inclinadas puede ser tanto una curva suave como un pliegue agudo.

El método de fabricación de la preforma 3D mostrado en la FIG. 1 comienza con la formación de una pieza en bruto intermedia de la preforma que, en un ejemplo que no forma parte de la presente invención, puede tener la configuración mostrada en la FIG. 2. Con referencia a la FIG. 2, la mayor parte de la pieza en bruto de la preforma 20 es plana,

excepto por dos ondulaciones 21 en dos partes del borde de la pieza en bruto. Las ondulaciones 21 se crean en las ubicaciones que serán adyacentes al "pliegue" de la preforma 3D final mostrada en la FIG. 1. En una forma de realización, el perfil de borde curvado de la ondulación 21 consiste en dos rampas planas (o pendientes) con tres regiones de transición curvadas, una en la parte inferior de cada pendiente y una más grande en la parte superior entre las pendientes. Este tipo de ondulación también se denomina en la presente memoria ondulación de "onda única".

La FIG. 3 muestra una superficie del molde 30 en la que se puede formar la pieza en bruto intermedia de la preforma 20 de la FIG. 2. La superficie del molde 30 es mayormente plana, pero hay dos rampas cónicas 31 que sobresalen de la parte plana. Cada rampa cónica 31 se estrecha suavemente desde un borde ondulado 31a hasta un vértice 31b. Los vértices (ápices) 31b apuntan uno hacia el otro y están separados uno del otro por una distancia.

La FIG. 4 muestra varias cintas de fibras depositadas una al lado de la otra por medio de ATL/AFP en la superficie del molde 30 con el fin de formar una capa 40 con las dimensiones deseadas (por ejemplo, longitud y anchura). La capa 40 se ajusta a los contornos de la superficie del molde 30, incluyendo las rampas cónicas, formando de este modo las ondulaciones de onda única 41 mostradas en la FIG. 4. Las capas posteriores de cintas de fibras se pueden depositar sobre la capa 40 de la misma manera hasta que se obtenga una pieza en bruto de la preforma del espesor deseado. Las cintas de fibras de cada capa se pueden orientar en diferentes ángulos con respecto a la longitud de la pieza en bruto de la preforma y las cintas de fibras de cada capa se pueden orientar en diferentes ángulos con respecto a la capa (o capas) adyacente(s).

El borde curvo de la ondulación de onda única tiene una longitud que se puede definir por varios segmentos, algunos o todos los cuales son segmentos curvos. Es decir, es posible una combinación de segmentos curvos y rectos. La FIG. 5 ilustra un borde curvo de una sola onda que tiene una longitud (L_{curva}), que puede estar definida por cuatro segmentos curvos: AE (del punto A al punto E), EB (del punto E al punto B), BF (del punto B al punto F) y FC (del punto F al punto C). El borde curvo tiene una altura máxima H_{max} (del punto B al punto D). En comparación con la distancia en línea recta (AC) del punto A al punto C, el borde curvo crea una longitud extra Δ que puede definirse de la siguiente manera:

$$\Delta = AE + EB + BF + FC - AC$$

Si cada segmento curvo es 1/8 de la circunferencia de un círculo, la longitud L_{curva} se puede definir mediante la siguiente fórmula:

$$L_{curva} = \frac{\pi H_{max}}{4 (\text{sen } 22.5)^2}$$

Basándose en la fórmula anterior, el borde curvo crea una longitud extra Δ de aproximadamente 0,5348 de la altura máxima H_{max} . Se describe una curvatura de 1/8 de círculo, pero son posibles otras curvaturas, por ejemplo, los segmentos curvos pueden tener una curvatura de 1/6, 1/10, 1/12, etc., de un círculo. Por lo general, la altura de la onda puede variar en función de otros factores, como por ejemplo la anchura del reborde y el ángulo del pliegue. A modo de ejemplo, la altura de la rampa puede ser de 10 a 100 mm. Sin embargo, no hay ninguna restricción en cuanto a la altura de la onda, ya que ésta puede variar en función del tamaño de la preforma.

La FIG. 6 muestra una configuración alternativa para la pieza en bruto intermedia de la preforma de acuerdo con la presente invención, que se puede conformar posteriormente en la preforma 3D mostrada en la FIG. 1. Con referencia a la FIG. 6, la pieza en bruto de la preforma 60 es mayormente plana, excepto por dos partes del borde, que contienen ondulaciones de la superficie en forma de abanico 61. Las ondulaciones de la superficie en forma de abanico 61, denominadas en la presente memoria ondulaciones "multiondas", se estrechan desde un borde ondulado 61a hasta un vértice 61b. Para cada borde lateral longitudinal de la pieza en bruto, sólo una parte del mismo está provista del borde ondulado 61a. Los vértices 61b de las ondulaciones multiondas 61 en forma de abanico apuntan uno hacia el otro y están separados uno del otro por una distancia. Las ondulaciones multiondas 61, en total, ocupan una pequeña parte de toda la pieza en bruto de la preforma 60. En algunas formas de realización, más del 50 % del área de superficie de la pieza en bruto es plana (sin ninguna ondulación). En una forma de realización, la longitud de la preforma es de 20 m de largo y el 99 % de la preforma es plana (es decir, sin ondulaciones).

La FIG. 7 muestra una superficie del molde 70 en la que se puede formar la pieza en bruto intermedia de la preforma 60 mostrada en la FIG. 6. La superficie del molde 70 está provista de ondulaciones multiondas 71 separadas en forma de abanico que se estrechan desde un borde ondulado hasta un vértice. Las ondulaciones multiondas 71 se componen de varias crestas y valles. Cada cresta se estrecha suavemente desde un borde curvo de una sola onda hasta un vértice común. La pieza en bruto de la preforma 60 mostrada en la FIG. 6 se puede formar en la superficie del molde 70 de la FIG. 7 depositando varias cintas de fibras, una al lado de la otra, por medio de ATL o AFP para formar una capa según se describe con referencia a la FIG. 4. Las capas subsiguientes de cintas de fibras se pueden depositar de forma secuencial sobre la capa existente de la misma manera hasta que se obtenga una pieza en bruto de la preforma del espesor deseado. Las cintas de fibras se ajustan a los contornos de la superficie del molde y las partes

de material de fibra que se ajustan a las ondulaciones en forma de abanico de la superficie del molde crean ondulaciones multiondas en la pieza en bruto de la preforma.

La FIG. 8 muestra otra configuración para la pieza en bruto intermedia de la preforma de acuerdo con la presente invención, que se puede conformar posteriormente en la preforma 3D mostrada en la FIG. 1. Según se muestra en la FIG. 8, la pieza en bruto de la preforma 80 es mayormente plana, excepto por dos partes del borde lateral que contienen ondulaciones multiondas 81. Las ondulaciones 81 se estrechan desde un borde ondulado hasta un vértice, pero las crestas y los valles son paralelos entre sí. La superficie del molde para formar la pieza en bruto de la preforma 80 tendría las mismas ondulaciones multiondas paralelas mostradas en la FIG. 8.

Las ondulaciones multiondas en la superficie del molde descritas en referencia a las FIG. 6-8 pueden tener un borde ondulado con configuración, que se puede variar en base a las propiedades del rodillo de compactación en el dispositivo ATL/AFP. La FIG. 9 muestra dos posibles configuraciones onduladas W1 y W2 como ejemplos para el perfil del borde ondulado de la superficie del molde en el que se forma la pieza en bruto. Con referencia a la FIG. 9, la altura (H) de los picos de la onda y la distancia entre los picos puede variar en función del diámetro de la sección transversal y la suavidad del rodillo de compactación. Como ejemplo, la altura (H) puede ser de hasta 10 mm cuando el rodillo de compactación tiene una dureza de 20 shore y un diámetro de 68 mm.

La pieza en bruto intermedia de la preforma (que puede ser cualquiera de las mostradas en las FIG. 2, 6 y 8) se conforma posteriormente en la preforma 3D final mostrada en la FIG. 1 utilizando una herramienta de moldeo mostrada en la FIG. 10. Con referencia a la FIG. 10, la herramienta de moldeo 100 para conformar la pieza en bruto intermedia de la preforma tiene una superficie superior no plana 101 que se extiende a lo largo de la dimensión de longitud de la herramienta y dos paredes laterales contiguas 102, 103. La superficie superior 101 de la herramienta 100 tiene una línea de doblado o valle 104 definida por dos áreas de superficie inclinadas, cada área de superficie inclinada se inclina hacia abajo desde un extremo de la superficie superior hacia el centro. La línea de doblado/valle 104 se forma donde las áreas de superficie inclinadas se encuentran. Las paredes laterales 102 y 103 se extienden a lo largo de la dimensión longitudinal de la herramienta 100. En algunas formas de realización, las paredes laterales no tienen ninguna sección de pared curvada o superficie curvada.

La FIG. 11 muestra el perfil de vista lateral de la superficie superior 101. La superficie superior 101 se compone de dos áreas de superficie inclinadas, cada una de las cuales forma un ángulo θ con respecto a un plano, según se ilustra en la FIG. 11. A modo de ejemplo, el ángulo θ puede estar en el rango de 1 a 10 grados.

La FIG. 12 muestra la preforma 10 conformada que se ajusta a la forma de la herramienta de moldeo 100, en donde el área triangular 14 representa la parte no plana de la preforma que anteriormente era la ondulación de onda única o las ondulaciones multiondas en forma de abanico en la pieza en bruto intermedia de la preforma. El área triangular 14 es adyacente al "pliegue" 13 de la preforma 10. Las ondulaciones que había en la pieza en bruto intermedia de la preforma se aplanan cuando la pieza en bruto de la preforma se ajusta a la forma de la herramienta de moldeo 90. La conformación de la preforma 10 en la herramienta de moldeo 100 se puede llevar a cabo mediante termoformado, que incluye la aplicación de calor y presión. El termoconformado se puede llevar a cabo mediante diversos métodos, como por ejemplo el conformado en caliente utilizando un diafragma flexible para encerrar la preforma y el molde, y aplicando vacío, o el conformado mecánico mediante superficies calentadas.

La preforma conformada se configura para recibir resina líquida por medio de procesos RTM o VARTM. La preforma se puede recortar para que encaje en la herramienta de moldeo RTM. Durante el RTM, la preforma se calienta en vacío en el interior de la herramienta a una temperatura adecuada para la viscosidad, la reactividad y el tiempo de vida útil de la resina. La resina se inyecta en la herramienta bajo presión. La herramienta se calienta a una velocidad hasta una temperatura durante un tiempo adecuado para que la resina se cure. Una vez curada, la preforma infundida con resina se enfría y se retira de la herramienta, con lo que se obtiene una pieza de material compuesto endurecida. A continuación, la pieza de material compuesto se recorta, opcionalmente se taladra y se le da un acabado (por ejemplo, se pinta o se le da rugosidad para recibir el adhesivo) según desee el fabricante. El proceso VARTM es similar, salvo que la herramienta está abierta por un lado y se utiliza una bolsa de vacío conformable para encerrar la herramienta. Las herramientas RTM y VARTM pueden tener calentadores integrados o se pueden calentar en el interior de un horno o un autoclave.

Cintas de fibras

Las cintas de fibras para su utilización en el método de colocación automatizada descrito anteriormente tienen una longitud continua y una anchura estrecha, por ejemplo, la anchura puede ser de 1/8 a 1,5 de pulgada (o 3,17 mm - 38,1 mm), en particular, de 1/4 a 1/2 de pulgada (o 6,35 mm - 12,77 mm), lo que es típico para el AFP. Las cintas de fibras pueden tener una anchura mayor, por ejemplo, de 6 a 12 pulgadas (o 152 mm - 305 mm), lo que es típico para el ATL.

A diferencia de la cinta preimpregnada convencional (o prepreg), la cinta de fibras para formar la preforma está, en esencia, libre de resina, excepto por una pequeña cantidad de aglutinante, que es suficiente para mantener las fibras unidas. El contenido total de aglutinante en la cinta de fibras puede ser aproximadamente un 15 % o menos en peso,

por ejemplo, entre un 0,1 y un 15 % en peso, en función del peso total de la cinta de fibras. Las fibras constituyen el componente principal de la cinta de fibras o de la capa de tejido, por ejemplo, más del 80 % en peso en función del peso total de la cinta de fibras.

5 En una forma de realización, la cinta de fibras se compone de una capa de fibras unidireccionales laminadas a un velo no tejido al menos, por un lado. Las fibras "unidireccionales" hacen referencia a las fibras que se alinean en paralelo entre sí en la misma dirección. Las fibras unidireccionales son fibras de refuerzo de alta resistencia, como por ejemplo fibras de carbono, fibras de grafito, fibras de vidrio, fibras cerámicas y fibras de aramida. El velo no tejido comprende fibras termoplásticas, fibras de carbono o una combinación de las mismas. Las fibras del velo se pueden orientar de forma aleatoria o no dependiendo de las condiciones del proceso de fabricación del velo. En la presente invención, las fibras del velo se orientan de forma aleatoria. En algunas formas de realización, el peso del área del velo no tejido es de 10 gsm o inferior. Como alternativa, en un ejemplo que no forma parte de la presente invención, el velo no tejido puede tener la forma de una rejilla termoplástica o una membrana termoplástica porosa con un patrón controlado de aberturas. La abertura del velo no tejido (ya sea en forma de fibras aleatorias, rejilla o membrana porosa) se configura para facilitar la eliminación del aire y el flujo de resina durante el proceso de infusión de la misma. Cuando se utiliza el velo termoplástico, también funciona como aglutinante para mantener las fibras unidireccionales en su lugar y se ablandará por calentamiento durante el método de colocación automatizada descrito en la presente memoria.

20 En una forma de realización, la cinta de fibras se compone de un velo de carbono no tejido laminado a un lado de una capa de fibras de carbono unidireccionales, y contiene una composición aglutinante en una cantidad suficiente para mantener el velo y las fibras unidireccionales en su lugar.

25 En las formas de realización en las que el velo o los velos de carbono no tejidos se laminan con las fibras unidireccionales, se puede aplicar un aglutinante, en particular un aglutinante líquido, durante la fabricación de la cinta de fibras para mejorar la cohesión de la estructura de refuerzo. Además, durante la fabricación de la cinta de fibras, se puede aplicar un aglutinante para mejorar la unión del velo o velos a las fibras unidireccionales. El(los) aglutinante(s) en la cinta de fibras se puede(n) seleccionar entre los materiales aglutinantes descritos anteriormente para el aglutinante aplicado en la capa desechable. Si el(los) velo(s) no tejido(s) es(son) una lámina o fibras dispuestas de forma aleatoria, dicho(s) velo(s) contiene(n) una pequeña cantidad de aglutinante que se añadió durante la fabricación del velo. Algunos ejemplos de aglutinantes que pueden estar presentes en el velo son el alcohol polivinílico (PVA), el poliéster, el poliéster reticulado, el poliestireno, el acrílico, el polifenol, el poliuretano y sus copolímeros y combinaciones.

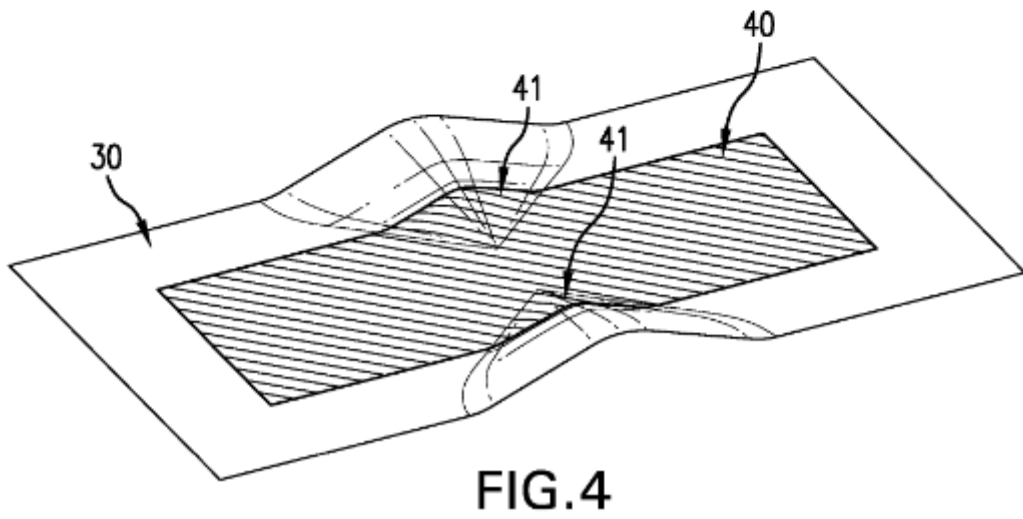
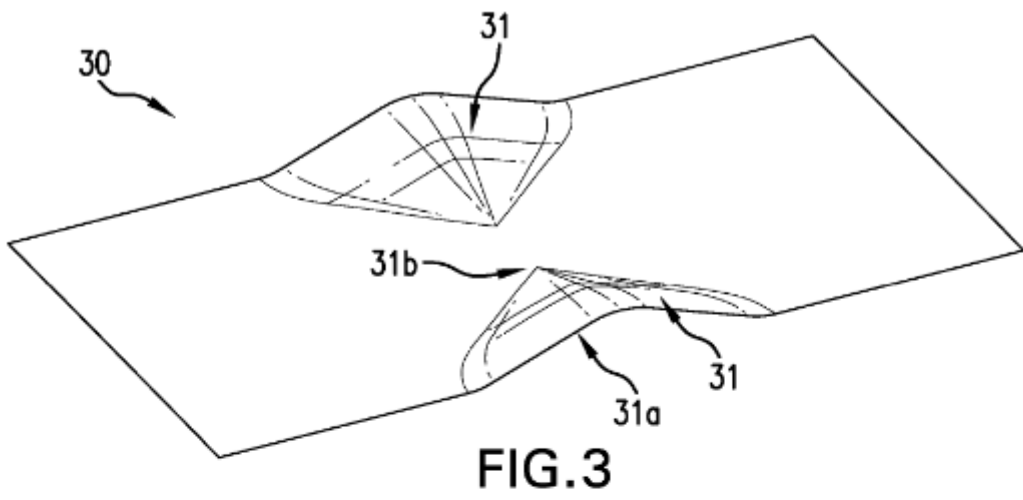
35 En la solicitud publicada US 2015/375461, con fecha de publicación del 31 de diciembre de 2015, se pueden encontrar detalles adicionales para la fabricación de cintas de fibras que comprenden velos no tejidos laminados a fibras unidireccionales, incluyendo los tipos de aglutinantes utilizados durante la fabricación.

Cintas prepreg

40 En lugar de cintas de fibras alargadas, la pieza en bruto intermedia de la preforma descrita anteriormente se puede fabricar utilizando cintas prepreg alargadas. Cada cinta prepreg es una tira de material compuesto compuesta por fibras de refuerzo impregnadas con una resina o material polimérico. Las fibras de refuerzo pueden ser fibras de carbono unidireccionales impregnadas con una composición de resina termoendurecible que se endurecerá al curarse o incrustadas dentro de una matriz termoplástica que se puede conformar con calor para darle la forma deseada. El término "unidireccional" hace referencia a la alineación en una dirección. En la presente forma de realización, el RTM/VARTM no se llevará a cabo después de que la pieza en bruto intermedia de la preforma haya sido conformada en la herramienta de moldeo 100, como se muestra en la FIG. 12, ya que la pieza en bruto está formada por cintas prepreg que ya están impregnadas con la resina matriz. El material compuesto moldeado en la herramienta de moldeo tiene su forma final pero no está curado. De este modo, después de que la pieza en bruto intermedia de la preforma se conforme en la herramienta de moldeo según se muestra en la FIG. 12, posteriormente el material compuesto se conforma para formar una estructura de material compuesto endurecida.

REIVINDICACIONES

1. Método para producir una preforma fibrosa tridimensional (10) que tiene rebordes laterales (12), que comprende:
- 5 (a) formar una pieza en bruto intermedia de la preforma (60, 80) colocando de forma automática varias capas de material fibroso, teniendo dicha pieza en bruto de la preforma (60, 80) una longitud y dos bordes laterales longitudinales opuestos a lo largo de la dimensión de longitud; y
- 10 (b) conformar la pieza en bruto intermedia de la preforma (60, 80) en una herramienta de moldeo (100) que tiene una longitud, una superficie no plana (101) a lo largo de la dimensión de la longitud, y dos paredes laterales contiguas (102, 103) para formar rebordes, de tal manera que la pieza en bruto intermedia de la preforma (60, 80) se ajuste a la superficie no plana (101) y a las paredes laterales (102, 103) de la herramienta de moldeo (100), formando de este modo una preforma tridimensional (10) con una superficie no plana (11) y dos rebordes laterales opuestos (12, 13), en donde la pieza en bruto intermedia de la preforma (60, 80) en (a) es mayormente plana excepto por dos partes no planas a lo largo de los bordes laterales longitudinales, cada parte no plana (i) comprende múltiples crestas y valles que se estrechan suavemente desde una parte del borde ondulado (61a) hasta un vértice (61b) o (ii) se estrecha desde una parte del borde ondulado hasta un vértice y comprende múltiples crestas y valles que son paralelos entre sí, la parte del borde de cada parte no plana se sitúa en una posición intermedia a lo largo de cada borde lateral longitudinal, y los vértices de las dos partes no planas apuntan el uno hacia el otro, en donde cada capa de material fibroso se forma en (a) mediante la colocación automatizada de cintas (ATL) o la colocación automatizada de fibras (AFP) para depositar varias cintas de fibras alargadas una al lado de la otra en una superficie del molde que comprende contornos de superficie que corresponden a las partes no planas en la pieza en bruto intermedia de la preforma (60, 80), en donde cada cinta de fibras alargada comprende un velo no tejido laminado en al menos un lado de una capa de fibras unidireccionales, y el velo no tejido comprende fibras dispuestas de forma aleatoria seleccionadas entre fibras termoplásticas, fibras de carbono y una combinación de las mismas, y
- 20 en donde la superficie no plana (101) de la herramienta de moldeo (100) en (b) tiene una línea de doblado (o valle) (104) definida por dos superficies inclinadas, cada una de las cuales se inclina desde un extremo de la herramienta de moldeo hacia el centro.
- 25
2. Método para producir una preforma fibrosa tridimensional que tiene rebordes laterales, que comprende:
- 30 (a) formar una pieza en bruto intermedia de la preforma (60, 80) colocando de forma automática varias capas de material fibroso, teniendo dicha pieza en bruto de la preforma (60, 80) una longitud y dos bordes laterales longitudinales opuestos a lo largo de la dimensión de longitud; y
- 35 (b) conformar la pieza en bruto intermedia de la preforma (60, 80) en una herramienta de moldeo (100) que tiene una longitud, una superficie no plana (101) a lo largo de la dimensión de la longitud, y dos paredes laterales contiguas (102, 103) para formar rebordes, de tal manera que la pieza en bruto intermedia de la preforma (60, 80) se ajuste a la superficie no plana (101) y a las paredes laterales (102, 103) de la herramienta de moldeo (100), formando de este modo una estructura compuesta tridimensional con una superficie no plana y dos rebordes laterales opuestos, en donde la pieza en bruto intermedia de la preforma (60, 80) en (a) es mayormente plana excepto por dos partes no planas a lo largo de los bordes laterales longitudinales, cada parte no plana (i) comprende múltiples crestas y valles que se estrechan suavemente desde una parte del borde ondulado (61a) hasta un vértice (61b) o (ii) se estrecha desde una parte del borde ondulado hasta un vértice y comprende múltiples crestas y valles que son paralelos entre sí, la parte del borde de cada parte no plana se sitúa en una posición intermedia a lo largo de cada borde lateral longitudinal, y los vértices de las dos partes no planas apuntan el uno hacia el otro, en donde cada capa de material compuesto se forma en (a) mediante la colocación automatizada de cintas (ATL) o la colocación automatizada de fibras (AFP) para depositar varias cintas alargadas de prepreg una al lado de la otra en una superficie del molde que comprende contornos de superficie que corresponden a las partes no planas en la pieza en bruto intermedia de la preforma (60, 80), en donde cada una de dichas cintas prepreg comprende fibras impregnadas con una resina termoestable o un material termoplástico, y
- 45 en donde la superficie no plana (101) de la herramienta de moldeo (100) en (b) tiene una línea de doblado (o valle) (104) definida por dos superficies inclinadas, cada una de las cuales se inclina desde un extremo de la herramienta de moldeo hacia el centro.
- 50
3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, en donde cada una de dichas cintas prepreg alargadas comprende fibras impregnadas con una resina termoestable, y el método comprende, además:
- 55 (c) curar la estructura tridimensional de material compuesto conformada para formar una estructura de material compuesto endurecida.



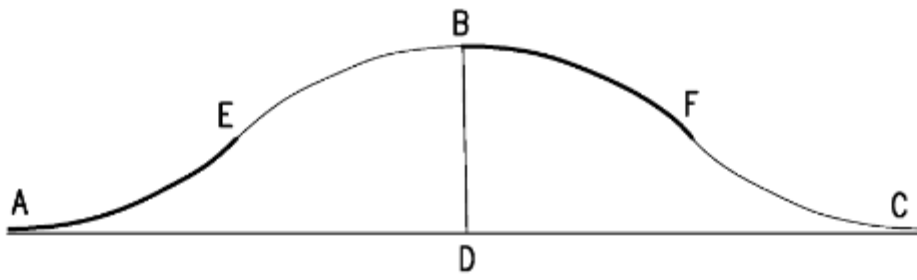


FIG. 5

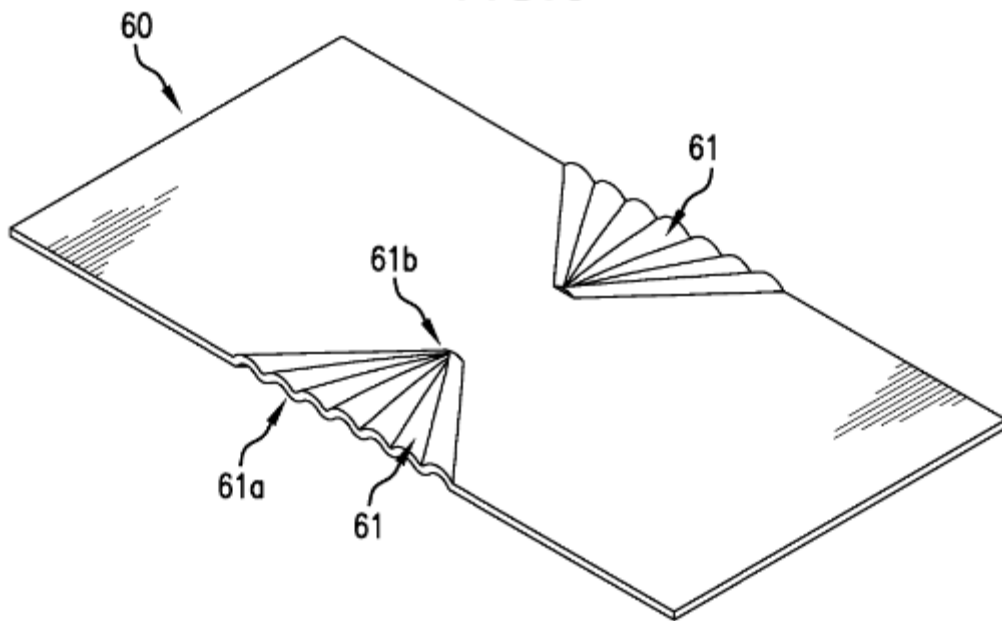


FIG. 6

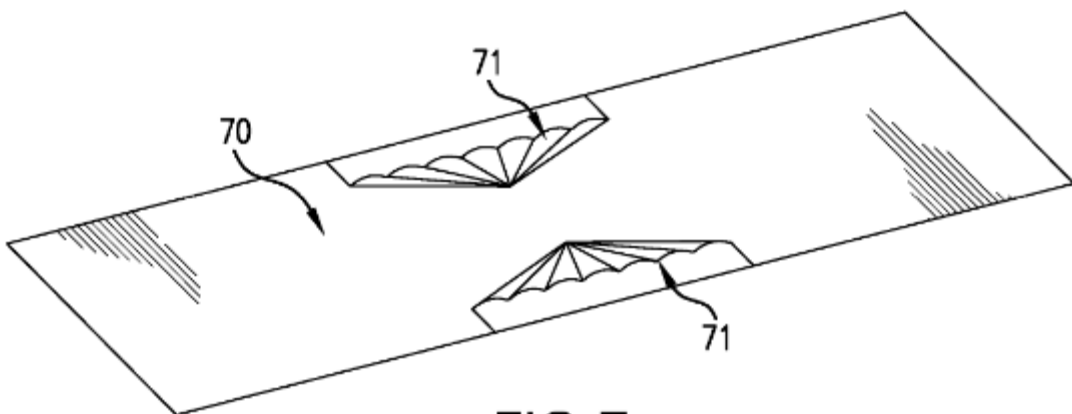


FIG. 7

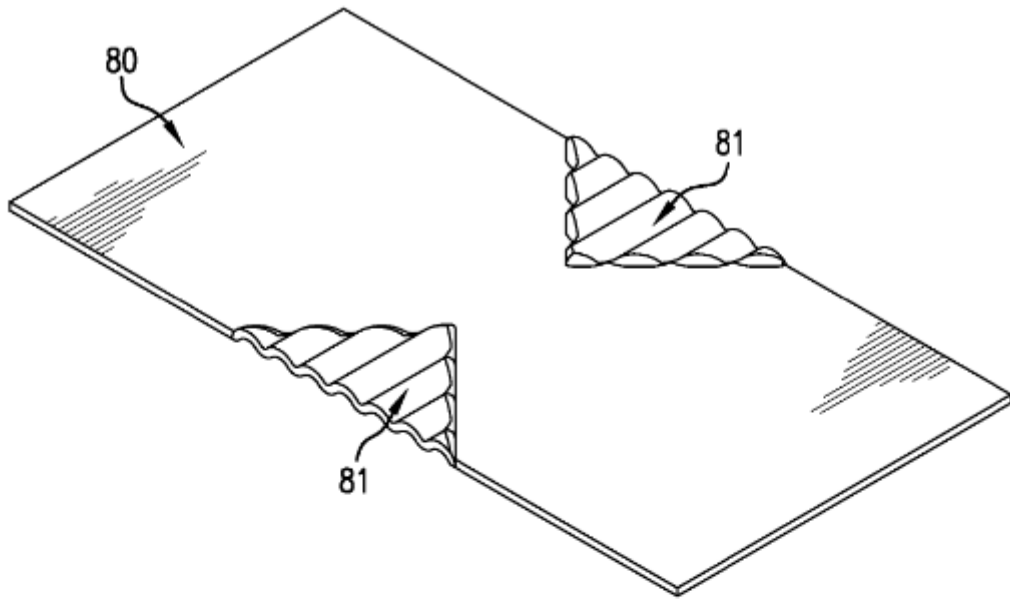


FIG. 8

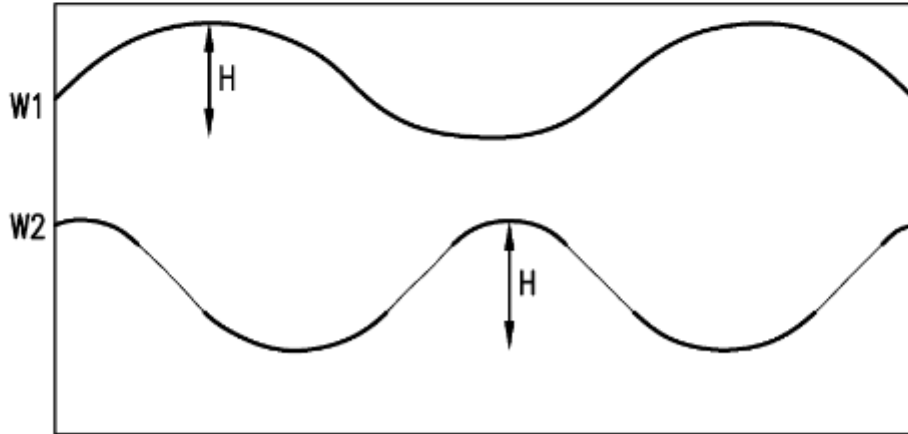
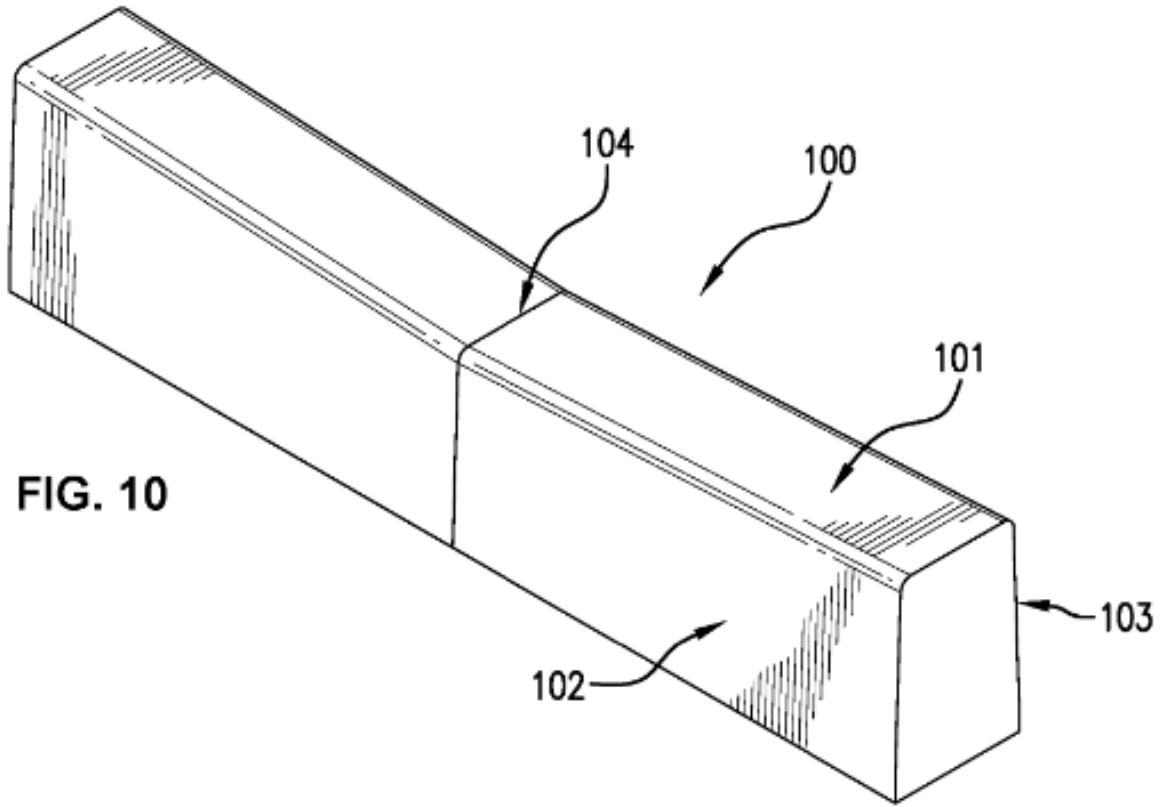


FIG. 9



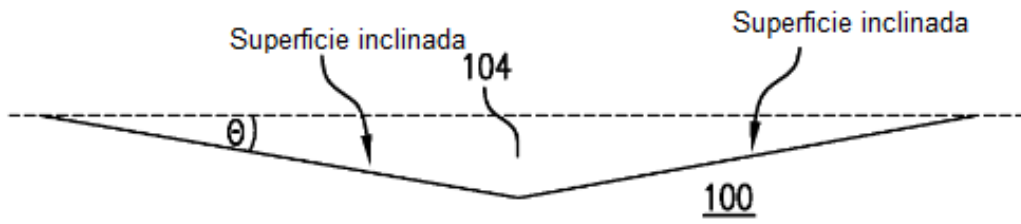


FIG. 11

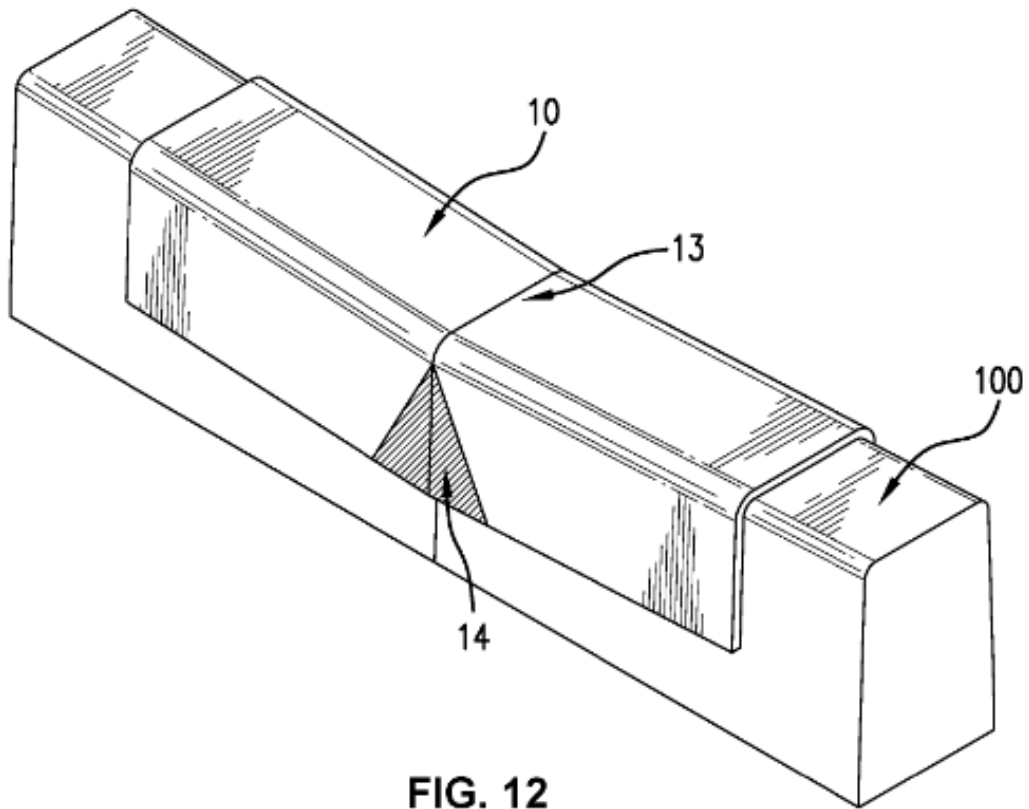


FIG. 12