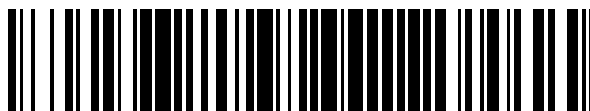


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 897**

51 Int. Cl.:

<b>B29C 70/08</b>	(2006.01) <b>B29C 70/48</b>	(2006.01)
<b>B29C 70/54</b>	(2006.01) <b>B32B 38/06</b>	(2006.01)
<b>B29C 59/02</b>	(2006.01) <b>B32B 38/08</b>	(2006.01)
<b>B32B 3/30</b>	(2006.01) <b>B29C 59/04</b>	(2006.01)
<b>B32B 5/18</b>	(2006.01)	
<b>B32B 5/26</b>	(2006.01)	
<b>B32B 5/24</b>	(2006.01)	
<b>B32B 3/26</b>	(2006.01)	
<b>B29C 44/56</b>	(2006.01)	
<b>B29C 70/44</b>	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.05.2012 PCT/EP2012/059223**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.12.2012 WO12163690**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.05.2012 E 12723437 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.08.2018 EP 2714376**

54 Título: **Núcleo de espuma para un artículo laminado compuesto, y su fabricación**

30 Prioridad:

**27.05.2011 GB 201108981**

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

**22.10.2018**

73 Titular/es:

**GURIT (UK) LTD. (100.0%)  
St Cross Business Park Newport  
Isle of Wight PO30 5WU, GB**

72 Inventor/es:

**LE MORVAN,, YANNICK YVES HENRI y  
PELLETIER, MARIO CYR**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 686 897 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

Núcleo de espuma para un artículo laminado compuesto, y su fabricación

5 La presente invención se refiere a un núcleo de espuma para un artículo laminado compuesto y a un método de hacer un núcleo de espuma para un artículo laminado compuesto. En particular, la presente invención se refiere a tales núcleos de espuma para artículos laminados compuestos adecuados para uso en la fabricación de grandes estructuras como, por ejemplo, álabes de turbinas eólicas y cascos, cubiertas y mamparos de barcos.

10 Algunos componentes compuestos reforzados con fibra incluyen un núcleo de espuma interior rígido intercalado entre capas exteriores de material compuesto reforzado con fibra. Los núcleos de espuma se usan ampliamente en la fabricación de piezas de plástico reforzado con fibra para aumentar la rigidez del artículo acabado separando dos capas reforzadas con fibra, que actúan como revestimientos estructurales, con un material central de baja densidad, que actúa como un núcleo estructural. Las capas reforzadas con fibra están unidas al material central de baja  
15 densidad por una capa de material de resina. Esta construcción se denomina comúnmente un panel emparedado en la industria de compuestos.

Las funciones primarias de un núcleo estructural son aumentar la rigidez del panel, reduciendo la deflexión general bajo carga y el inicio de pandeo global del panel, y evitar el encogimiento del revestimiento y el pandeo localizado.

20 Hay una necesidad general de reducir tanto el costo de construcción como el peso de los componentes de los artículos laminados compuestos. Cuando se ha de unir una capa reforzada con fibra a una capa de núcleo hay que proporcionar suficiente resina en la capa reforzada con fibra para permitir la unión completa a la capa de núcleo. Se necesitan en la técnica núcleos de espuma que puedan unirse de forma fija y fiable a la capa reforzada con fibras en la interfaz entre ellas, lo que permite que se precise una cantidad mínima de resina para tal unión, con el fin de  
25 minimizar el peso y el costo de material para lograr un rendimiento estructural dado que proporcione propiedades mecánicas concretas.

A menudo se desea maximizar las propiedades mecánicas de la espuma para una densidad dada con el fin de poder seleccionar el núcleo de menor peso para transferir las cargas estructurales entre las capas reforzadas con fibras. La espuma también debe ser compatible con los materiales y el proceso de fabricación usado para hacer revestimientos compuestos estructurales.

Un método ampliamente utilizado para fabricar tales estructuras compuestas con núcleo es montar el núcleo entre capas opuestas de fibras secas, por ejemplo, fibras de vidrio o carbono, y a continuación infundir al vacío una resina líquida al conjunto. Es importante que la resina sea completamente infundida al conjunto de modo que no haya cavidades de aire o vacíos residuales en la estructura de material compuesto resultante.

Con el fin de mejorar la capacidad de que la resina líquida infundida fluya y penetre por todo el conjunto de fibra/núcleo durante el proceso de infusión de resina al vacío, el núcleo está provisto típicamente de elementos estructurales para asistir el flujo en las direcciones X, Y y Z. Las direcciones X e Y son direcciones mutuamente ortogonales en cada una de las superficies principales opuestas del núcleo, y la dirección Z es a través del grosor del núcleo. Estas características estructurales incluyen típicamente agujeros pasantes en la dirección Z, y/o la provisión de hendiduras y/o ranuras superficiales, que tienen varias configuraciones, en la dirección X y/o Y. Se conocen varias configuraciones diferentes de hendiduras, ranuras y agujeros, y cada una puede tener efectos positivos o negativos en la facilidad o la velocidad de procesado y la cantidad de resina absorbida o retenida en la espuma. Tradicionalmente se han hecho ranuras y hendiduras en las superficies principales opuestas de un núcleo de espuma usando una cuchilla de sierra o guimbarda en una operación lenta que precisa mucha mano de obra, y los agujeros en forma de Z se forman por separado de las ranuras o hendiduras y se perforan.

50 En la figura 1, un núcleo de espuma conocido 2 tiene superficies principales opuestas 4, 6 provistas de ranuras cortadas o rebajadas 8, formadas por un paso de rebajado concreto que corta la espuma para formar las ranuras 8. La figura 1 representa ranuras 8 que se extienden solamente en una dirección, en el plano del dibujo, pero se puede disponer ranuras adicionales (no representadas) que se extienden transversalmente a ellas. Durante la fabricación del material compuesto, el núcleo 2 se intercala entre capas fibrosas secas opuestas 10, 12, y el conjunto se coloca dentro de una cámara herméticamente sellada, por ejemplo, dentro de una bolsa flexible (no representada). Un primer borde 14 del conjunto está conectado a una fuente de resina líquida R y el segundo borde 16 del conjunto está conectado a una fuente de vacío V. El vacío quita inicialmente aire de la cámara y luego hace que la resina sea infundida por aspiración desde el primer borde 14 al segundo borde 16. Las ranuras 8 mejoran el flujo de resina a través de las superficies 4, 6 del núcleo 2, produciendo una infusión de resina de mayor uniformidad a las capas fibrosas secas opuestas 10, 12. Después de la infusión, la resina llena las ranuras 8.  
60

La figura 2 representa una construcción de núcleo conocida alternativa en la que hendiduras cortadas 22 están dispuestas de forma alterna a través de una parte principal del grosor del núcleo de espuma laminar 24, extendiéndose las hendiduras hacia dentro de la respectiva superficie opuesta principal 26, 28. Las hendiduras 22 en cada superficie 26, 28 se forman a modo de una rejilla cuadrada.

Sin embargo, un inconveniente de tales tipos conocidos de configuración de ranuras/hendiduras es que tienden a producir fibras secas en las zonas entre las ranuras/hendiduras. Estas fibras secas son producidas porque la resina fluye mucho más rápidamente a través de las ranuras/hendiduras que a través del laminado. Esto crea 'islas' de fibras secas rodeadas por resina que disminuyen de tamaño con el tiempo, pero que nunca desaparecen por completo. Como una ilustración de este problema técnico, como se representa en las figuras 3(a) a (c), que son vistas en planta de fases sucesivas durante el proceso de infusión usando un núcleo representado en la figura 2, cuando las hendiduras 22 (o alternatively las ranuras 8) forman una configuración de rejilla cuadrada en las superficies 4, 6, no representándose las capas fibrosas 10, 12 por razones de claridad, el flujo de la resina 18 preferentemente a lo largo de las hendiduras 22 puede hacer que queden puntos secos 20, que están libres de resina, después del proceso de infusión de resina. Estos puntos secos producen vacíos de resina que son fuentes de debilidad mecánica en el material compuesto laminado resultante.

La provisión de ranuras/hendiduras más anchas o más profundas y/o una mayor área superficial de ranura o hendidura sobre las superficies principales del núcleo, y también el aumento del número y/o del diámetro de agujeros a través del grosor tienden a aumentar la uniformidad de la distribución de resina durante todo el laminado. Sin embargo, estas características también tienden a aumentar la cantidad de resina incorporada al núcleo. Como norma, se desea minimizar la cantidad de resina incorporada al núcleo porque esto incrementa el peso del núcleo final dentro del laminado, sin mejorar al menos algunas de las propiedades estructurales del laminado con núcleo dado que algunas propiedades mecánicas no aumentan con el aumento de densidad. Además, la provisión de ranuras/hendiduras puede reducir las propiedades mecánicas de la espuma antes de la infusión de resina, lo que también puede reducir las propiedades mecánicas del laminado estructural final que incorpora el núcleo de espuma.

Consiguientemente, aunque la modificación estructural de un núcleo laminar sencillo puede asistir el flujo de resina a través del conjunto laminado, esto puede tener un efecto negativo significativo en las propiedades del núcleo laminar sencillo.

También es conocido el uso de un núcleo laminar sencillo sin tales características estructurales, pero modificando el proceso de infusión con el fin de mejorar la distribución de resina líquida durante todo el laminado. En algunas aplicaciones de infusión de resina al vacío, el flujo en las direcciones X e Y lo facilita el uso de un medio o malla de flujo de alta permeabilidad como se detalla en el proceso SCRIMP conocido por los expertos en la técnica. El proceso SCRIMP (Proceso Seemann de moldeo por infusión de resinas compuestas) proporciona un sistema de canales de alimentación encima de un medio de transferencia de resina para suministrar de forma rápida y predecible resina líquida a laminado embolsado al vacío seco. La resina procedente del medio fluye hacia abajo al paquete de fibras y llena los espacios intersticiales. El resultado es un laminado de alto contenido de fibras y alta resistencia. Este sistema puede ser usado en laminados monolíticos que incorporan un núcleo laminar sencillo, sin ranuras superficiales, hendiduras superficiales o agujeros pasantes. El proceso SCRIMP puede dar lugar a la fabricación de laminados con núcleo con la más baja absorción de resina. Sin embargo, el inconveniente de dicho método de producción es que se crea una gran cantidad de material de desperdicio tanto en la resina como en los consumibles requeridos y se tarda más tiempo en preparar los componentes.

Típicamente, también se usan agujeros pasantes para extracción de aire para asistir la transferencia de resina a una superficie opuesta del núcleo, aunque se usen medios adicionales de transferencia de resina.

US-B-6419776 describe la fabricación de paneles de núcleo de panal compuestos con un borde de espuma, que usa placa de espuma pre-hendida con una configuración de indentaciones que puede ventilar volátiles generados dentro de los paneles durante la fabricación.

JP-A-4189542 describe formar ranuras de ventilación en una hoja de material termoaislante, que incluye formar hendiduras en un lado del material, y prensar hendiduras alternativas con rodillos para obtener ranuras de ventilación.

EP-A-0239057 describe una lámina aislante exterior para edificios que tiene espuma de poliestireno rígida moldeada a una hoja plana que tiene una configuración superficial de ranuras que dan una buena unión para la presentación última. DD-A-212470, GB-A-2453512 y WO-A-2009/003477 describen un artículo laminado compuesto que tiene un núcleo de espuma con una superficie de espuma incluyendo canales cortados.

La presente invención tiene la finalidad de proporcionar un núcleo de espuma con suficiente topografía superficial para asistir el flujo de resina sin requerir el uso de una malla como la usada, por ejemplo, en el proceso SCRIMP, y/o sin proporcionar una modificación estructural del núcleo que puede reducir el rendimiento mecánico específico del núcleo y/o una estructura emparedada de material compuesto resultante.

La presente invención también tiene la finalidad de proporcionar un núcleo de espuma que está estructurado para permitir el flujo rápido y uniforme de resina líquida por todo el conjunto del núcleo de espuma y las fibras estructurales en sus lados opuestos, al mismo tiempo que absorbe una cantidad mínima de resina durante el proceso de infusión de resina.

La presente invención también tiene la finalidad de proporcionar artículos laminados compuestos incluyendo un núcleo de espuma que tiene altas propiedades mecánicas, y altas propiedades térmicas, que puede producirse de forma fácil a bajo costo y usando procesos convencionales de fabricación de compuestos.

Según un primer aspecto de la presente invención se facilita un núcleo de espuma para un artículo laminado compuesto, teniendo el núcleo de espuma superficies principales opuestas, teniendo cada superficie una red de ranuras moldeadas que forma una configuración de rejilla de rombos en cada una de las superficies principales opuestas, donde la red de ranuras incluye un primer conjunto de primeras ranuras mutuamente paralelas y un segundo conjunto de segundas ranuras mutuamente paralelas, estando las ranuras primeras y segundas mutuamente inclinadas en un ángulo agudo e intersecando para formar una serie de una pluralidad de formas de rombo entre ellas, y un tercer conjunto de terceras ranuras mutuamente paralelas que se extienden en una dirección longitudinal, intersecando cada tercera ranura con una pluralidad de intersecciones adyacentes de las ranuras primeras y segundas y, en cada intersección, bisecando el ángulo agudo entre las ranuras primeras y segundas, e incluyendo además el núcleo de espuma una serie de agujeros pasantes que se extienden a través del grosor del núcleo de espuma entre las superficies principales opuestas. Al menos algunas, opcionalmente todas, las ranuras moldeadas son ranuras impresas formadas prensando hacia dentro la superficie respectiva del núcleo de espuma, por ejemplo, por un proceso de estampado en relieve.

Según un segundo aspecto de la presente invención se facilita un método de hacer un núcleo de espuma para un artículo laminado compuesto según la invención, incluyendo el método el paso de prensar un troquel a cada superficie principal opuesta de una capa de espuma, teniendo el troquel una superficie de troquel elevada correspondiente a una parte de la red de ranuras.

Según un tercer aspecto de la presente invención se facilita un método de hacer un artículo laminado compuesto, incluyendo el método los pasos de:

(a) proporcionar un conjunto de preparación incluyendo el núcleo de espuma de la invención intercalado entre capas primera y segunda opuestas incluyendo refuerzo de fibra;

(b) someter el conjunto de preparación a vacío en un recinto; y

(c) infundir al vacío una infusión de resina líquida a las capas primera y segunda disponiendo una fuente de la resina en un primer lado del recinto y el vacío en un segundo lado opuesto del recinto, fluyendo la resina a lo largo de la red de ranuras en cada superficie principal opuesta desde el primer lado al segundo lado.

Según un cuarto aspecto de la presente invención se facilita un método de hacer un artículo laminado compuesto, incluyendo el método los pasos de:

(a) proporcionar un conjunto de preparación incluyendo un núcleo de espuma intercalado entre capas primera y segunda opuestas incluyendo refuerzo de fibra, teniendo el núcleo de espuma superficies principales opuestas, teniendo cada superficie una red de ranuras moldeadas;

(b) someter el conjunto de preparación a vacío en un recinto; y

(c) infundir al vacío una infusión de resina líquida a las capas primera y segunda disponiendo una fuente de la resina en un primer lado del recinto y el vacío en un segundo lado opuesto del recinto, fluyendo la resina a lo largo de la red de ranuras en cada superficie principal opuesta desde el primer lado al segundo lado, donde cada ranura de la red está orientada, o tiene un componente orientado, en una dirección de flujo de resina que se extiende desde el primer lado al segundo lado.

Las realizaciones preferidas de la presente invención pretenden alcanzar las finalidades antes identificadas, y proporcionar una estructura de núcleo que se puede fabricar de forma fácil y a bajo costo. Además, el núcleo puede incorporarse fácilmente a un proceso de fabricación de materiales compuestos cuya realización es rápida, fiable y de costo razonable.

En lugar de perfilar la superficie del núcleo con una sierra o cuchilla, el método de fabricación del núcleo de las realizaciones preferidas de la presente invención utiliza elementos en relieve, preferiblemente rodillos en relieve, que moldean, y en particular imprimen, la superficie del núcleo, impartiendo por ello una configuración superficial que consta de una rejilla de rombos con ranuras rectas direccionales que proporcionan un recorrido de flujo preferente de la resina líquida.

Las realizaciones preferidas de la presente invención se pueden aplicar a una variedad de tipos de núcleo de espuma que pueden usarse en cualquier industria donde se usen materiales compuestos, especialmente al usar un proceso de infusión de resina al vacío.

Las realizaciones preferidas de la presente invención proporcionan un método para impartir ranuras de transferencia de resina a la superficie del núcleo y la configuración cumple los requisitos del flujo de resina con mínima absorción de resina, y también sin ningún efecto nocivo en las propiedades mecánicas de la espuma antes del tratamiento.

5 Ahora se describirán realizaciones de la invención, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos acompañantes, en los que:

La figura 1 ilustra una vista en sección transversal de un conjunto de un primer núcleo de espuma conocido montado entre capas fibrosas opuestas para formar una estructura de paneles emparedados conocida.

10 La figura 2 ilustra una vista en sección transversal de un segundo núcleo de espuma conocido para uso en la fabricación de una estructura de paneles emparedados conocida.

15 La figura 3 ilustra una vista en planta de un conjunto que incorpora el núcleo de la figura 2 durante un paso de infusión de resina al vacío durante la fabricación de una estructura de panel emparedada conocida.

La figura 4 ilustra una vista en planta de un núcleo de espuma producido según una realización de la presente invención.

20 La figura 5 ilustra una vista en sección transversal del núcleo de espuma de la figura 4.

Las figuras 6(a) y (b) respectivamente ilustran una vista en planta del núcleo de espuma de la figura 4 cuando se usa en una orientación respectiva de dos orientaciones diferentes durante un paso de infusión de resina al vacío según un ejemplo de la presente invención.

25 Y la figura 7 ilustra esquemáticamente una vista lateral de un aparato para producir un núcleo de espuma en relieve según una realización de la presente invención.

30 Con referencia a las figuras 4 y 5, se facilita un núcleo de espuma 30 para un artículo laminado compuesto según una primera realización de la presente invención. El núcleo de espuma es típicamente una espuma de células cerradas de un material termoplástico. Un material de espuma adecuado es el que vende el Solicitante bajo la marca comercial registrada Corecell. Los materiales de espuma alternativos que pueden ser usados según la presente invención incluyen espumas estructurales de baja densidad que tienen una densidad de 50-600 g/l actualmente usadas en la industria de compuestos, tal como espuma de cloruro de polivinilo (PVC) entrecruzado, espuma de estireno acrilonitrilo (SAN), espuma de tereftalato de polietileno (PET) y espuma de polimetacrilimida (PMI). Alternativamente, el núcleo de espuma puede estar compuesto de poliestireno preexpandido (PS), conocido en la técnica como EPS, conteniendo óxido de polifenileno (PPO), también conocido como polifenilén éter (PPE). Pueden usarse otras composiciones de espuma en la presente invención.

40 El núcleo 30 tiene superficies principales opuestas 32, 34, provistas de ranuras moldeadas, preferiblemente impresas 36. Las ranuras 36 forman una configuración de rejilla de rombos 38, que se extiende sobre toda la superficie respectiva 32, 34 del núcleo 30. La configuración 38 incluye tres tipos de ranuras, incluyendo cada tipo de ranura una serie respectiva de ranuras mutuamente paralelas 36. Cada uno de los tres tipos de ranuras está inclinado con respecto a los otros tipos de ranuras.

45 Cada uno de los tipos de ranuras primero y segundo 40, 42 está inclinado, en una dirección respectiva angular, en un ángulo agudo  $\alpha$ , típicamente  $30^\circ$ , a una dirección longitudinal L, y un tercer tipo de ranura 44 se extiende a lo largo de la dirección longitudinal L, siendo cada intersección 46 de las ranuras 36 una intersección de los tres tipos de ranuras 40, 42, 44. El ángulo agudo  $2\alpha$  entre los tipos de ranuras primero y segundo 40, 42 es del rango de 45 a 80 grados, y es típicamente de aproximadamente 60 grados. Las intersecciones 46 están espaciadas en la dirección longitudinal una distancia x que es mayor que la espaciación de las intersecciones 46 en la dirección transversal T, ortogonal a la dirección longitudinal, que es una distancia 2y. Cada intersección 46 está espaciada en la dirección transversal de la ranura adyacente 36 del tercer tipo de ranura 44 una distancia y, que también es la espaciación de las ranuras paralelas 36 del tercer tipo de ranura 44. Cada ranura 36 de los tipos de ranuras primero y segundo 40, 42 está espaciada de la ranura paralela adyacente 36 del mismo tipo de ranura 40, 42 una distancia z. Típicamente, la distancia x es de 50 a 150 mm, más típicamente de 60 a 100 mm, muy típicamente de aproximadamente 80 mm. Típicamente, la distancia y es de 10 a 30 mm, más típicamente de 15 a 25 mm, muy típicamente de aproximadamente 20 mm. Típicamente, la distancia z es de 20 a 50 mm, más típicamente de 25 a 40 mm, muy típicamente de aproximadamente 35 mm.

60 Las ranuras tienen típicamente una profundidad d de 0,5 a 2,5 mm, más típicamente de 1 a 2 mm, muy típicamente de aproximadamente 1,5 mm, y una anchura w de 0,25 a 2 mm, más típicamente de 0,5 a 1,5 mm, muy típicamente de aproximadamente 1 mm.

Las ranuras 36 se forman presionando un troquel rígido respectivo, por ejemplo, compuesto de metal, a la superficie de espuma. El troquel forma una impresión en relieve de una ranura 36 en la superficie respectiva 32, 34. La superficie 32, 34 no se corta y no se desperdicia espuma.

5 La presión de estampado en relieve se controla para impartir a la superficie de espuma una configuración de ranuras que corresponde a la configuración del troquel, con mínimo aplastamiento del núcleo circundante. El material de espuma tiene ductilidad para deformar la superficie de espuma hacia dentro bajo la presión del troquel sin cortar la estructura de espuma celular. La deformación por formación de ranura se retiene después de la eliminación de la presión del troquel.

10 El troquel puede ser un troquel plano o, más preferiblemente un troquel rotativo, que tiene una superficie de troquel elevada que define la red en forma de rombos 48 de las ranuras 36. Las superficies 32, 34 se pueden formar con ranuras 36 de forma secuencial o simultánea.

15 Como se representa, por ejemplo, en la figura 7, la lámina de espuma 50 puede alimentarse a través de troqueles rotativos opuestos 52, 54. Cada troquel 52, 54 tiene un perfil elevado de elementos de troquel interconectados 56, por ejemplo, de aluminio, correspondiente a la red en forma de rombos 48 de ranuras 36. Alternativamente, se puede usar un solo troquel rotativo para estampar en relieve una sola superficie, con dos pasadas secuenciales bajo el troquel rotativo con el fin de estampar en relieve sucesivamente las superficies opuestas. El contacto de rozamiento entre el troquel rotativo o los troqueles y la lámina de espuma puede proporcionar una fuerza traslacional para mover la hoja debajo del troquel o troqueles, de modo que el mecanismo de troquel rotativo actúa como un mecanismo de transporte para la lámina de espuma que pasa a su través.

25 Las ranuras 36 se extienden, o tienen un componente que se extiende, en una de las direcciones X e Y en la superficie respectiva 32, 34 del núcleo 36. El núcleo 30 también está provisto de una serie de agujeros pasantes 58 en la dirección Z. Los agujeros pasantes 58 están dispuestos preferiblemente en una serie rectangular, que tiene opcionalmente una periodicidad correspondiente a la periodicidad de la red en forma de rombos 48 de ranuras 36. Sin embargo, los agujeros pasantes 58 pueden estar alineados, o no alineados, con las ranuras 36. Los agujeros pasantes 58 tienen típicamente un diámetro interno de 0,5 a 2 mm, más típicamente de aproximadamente 1 mm.

30 Los agujeros 58 pueden estar espaciados una distancia de 10 a 50 mm, más típicamente de aproximadamente 20 mm.

35 Los agujeros pasantes 58 se forman mediante una operación de troquelado, usando agujas para perforar el grosor del núcleo 36. La operación de troquelado puede producir una cantidad menor de limadura de espuma. El punzón puede incluir un punzón plano, para asegurar que los agujeros pasantes 58 sean ortogonales a las superficies 32, 34. La operación de troquelado se puede llevar a cabo antes o después de la formación de las ranuras 36.

40 Las operaciones de formación de ranuras y agujeros y el aparato asociado pueden incorporarse a una planta de preparación de núcleos para el post-tratamiento de hojas de núcleo preformadas. En tal caso, la orientación del núcleo durante la formación de ranuras, y, por lo tanto, la orientación del flujo de resina preferente, pueden seleccionarse en base a la forma macroscópica y la orientación de la parte de espuma a emplear en la última estructura emparedada. Alternativamente, tales operaciones y el aparato pueden estar situados en la línea de fabricación de espuma en el punto de fabricación de la espuma celular.

45 El núcleo de espuma de las realizaciones de la presente invención puede tener aplicación especial para uso como un núcleo para una variedad de aplicaciones industriales muy diferentes, y en particular cuando se precisa mínima flexibilidad o curvatura alrededor de un eje paralelo a las superficies principales en el núcleo de espuma.

50 La forma y las dimensiones de las ranuras en relieve minimizan la cantidad de resina retenida dentro de las ranuras, lo que, a su vez, minimiza el peso total de la estructura emparedada resultante de material compuesto. Además, dado que el material de espuma tiene ductilidad para deformar la superficie de espuma hacia dentro bajo la presión del troquel sin cortar la estructura de espuma celular, ninguna de las superficies celulares cortadas de las celdas de espuma queda expuesta al material líquido de resina infundido, y esto también reduce la absorción de resina por la espuma en comparación con los núcleos conocidos donde las ranuras o hendiduras se forman en un paso de corte o

55 dirección que corta realmente las celdas individuales de la espuma.

Además de la reducción de peso, la configuración en rombos de las ranuras proporciona una distribución de resina altamente efectiva a los laminados fibrosos en ambos lados del núcleo de espuma. En comparación con el maquinado conocido, a saber, canales cortados o dirigidos que tienen una configuración cuadrada como se ha explicado anteriormente, la configuración de rombo lo evita al tener en general canales impresos más pequeños y una menor espaciación entre canales adyacentes en la serie. Además, la provisión de una red de ranuras incluyendo tres tipos de ranuras orientados de forma diferente proporciona una red más compleja que la serie cuadrada conocida, y, en consecuencia, una distribución más homogénea de resina. Esto permite que la resina humedezca las fibras de refuerzo secas de manera más uniforme.

65

Otra ventaja de tener canales poco profundos estrechamente espaciados es que se reduce la 'huella'. Hay huella cuando la configuración de los canales en la superficie del núcleo se puede ver en el material de matriz de resina reforzado con fibra presente en el producto emparedado final en lados opuestos del núcleo. Este fenómeno tiene lugar donde la resina de los canales se contrae ligeramente y deja ligeras indentaciones en la superficie emparedada final, correspondiendo sustancialmente la configuración de las indentaciones a la configuración de las ranuras. Cuanto más ancho y/o más profundo es el canal, mayor es el cambio dimensional con el encogimiento de resina. Este fenómeno puede dar lugar a mucha reelaboración de componentes especialmente donde se usan resinas de poliéster de encogimiento más alto.

Durante la fabricación del material compuesto, de manera similar a la representada en la figura 1, el núcleo 30 se intercala entre capas fibrosas secas opuestas y el conjunto se coloca dentro de una cámara herméticamente sellada, por ejemplo, dentro de una bolsa al vacío. A continuación, se infunde resina líquida, por ejemplo, una resina termoestable, tal como una resina epoxi, resina de poliéster o resina de vinil éster, al conjunto bajo vacío. Una fuente de vacío y un suministro de resina líquida están dispuestos en lados opuestos del conjunto. Se extrae inicialmente el aire de la cámara bajo vacío, y a continuación se conecta el suministro de resina. La resina líquida pasa al conjunto y se propaga a través del conjunto hacia la fuente de vacío. Las ranuras en las superficies opuestas del núcleo contribuyen al logro de una distribución homogénea de la resina líquida por todas las capas fibrosas secas con el fin de eliminar cualesquiera fibras secas en el conjunto infundido resultante. A continuación, la resina se cura para producir la estructura emparedada de material compuesto de matriz de resina reforzada con fibra con un núcleo central de espuma.

La presente invención se describirá ahora con más detalle con referencia a los ejemplos no limitadores siguientes

#### Ejemplo 1

En este ejemplo de la presente invención se comprobó la efectividad de la red de ranuras en forma de rombos para distribuir resina durante un proceso de infusión.

Se obtuvo un núcleo de espuma de 20 mm de grosor que tenía la red de ranuras en forma de rombos en superficies opuestas según una realización de la presente invención, y se perforaron agujeros en forma de Z. La espuma constaba de espuma de calidad marina Corecell M80 que tiene una densidad de  $80\text{kg/m}^3$ . La espuma tenía la red en forma de rombos y las dimensiones de ranura eran 1,5 mm de ancho y 1,5 mm de profundo. Con referencia a la figura 4, la dimensión x, la longitud de paso de cada rombo formado por las ranuras, era 80 mm; la dimensión y, la espaciación entre las ranuras longitudinales paralelas, era 20 mm; y la dimensión z, la espaciación entre las ranuras paralelas en forma de rombos, era 36 mm. Las ranuras longitudinalmente orientadas estaban alineadas paralelas a la dirección de flujo de resina, como se representa en la figura 6(a), a saber, extendiéndose entre la entrada de resina y la fuente de vacío. Por lo tanto, las ranuras en forma de rombos mutuamente inclinadas se alinearon en ángulo agudo a la dirección de flujo de resina.

Se colocó el núcleo en una bolsa de vacío entre capas laminadas secas de refuerzo fibroso incluyendo una capa exterior de  $300\text{g/m}^2$  de fibra de vidrio y una capa interior, dispuesta contra la superficie del núcleo, de  $1200\text{g/m}^2$  de fibra de vidrio cuadraxial a ambos lados de la capa de núcleo. El núcleo de espuma fue completamente infundido con una resina epoxi, en particular una resina que se puede obtener en el mercado de Gurit (UK) Limited bajo la denominación comercial Prime 20LV/Slow que tiene una viscosidad mezclada de 214-228 centipoises a  $25^\circ\text{C}$ . A continuación, se curó la resina epoxi.

Se halló que la absorción de resina del núcleo de espuma era 1300 gramos por metro cuadrado de área del panel (definiéndose el área del panel por las dimensiones externas de anchura/longitud del panel y excluyendo las superficies laterales de las ranuras). La velocidad de flujo de resina a través del núcleo de espuma se midió a los 7 minutos en 60 mm de avance del flujo de resina a través del núcleo de espuma.

El núcleo del ejemplo 1 también se sometió a pruebas mecánicas para determinar qué efecto tenía la estructura de ranuras impresas, combinada con los agujeros en forma de Z, en las propiedades mecánicas del núcleo de espuma. El núcleo de espuma tenía un módulo de cizalladura de 27,4 MPa, una resistencia máxima a la cizalladura de  $1,04\text{N/mm}^2$  y una deformación por cizalladura en fallo de 48%. Estos valores pueden compararse con los valores siguientes relativos al material de espuma especificado en la hoja de datos de producto del material de espuma, a saber, un módulo de cizalladura de 29 MPa, una resistencia máxima a la cizalladura de  $1,09\text{N/mm}^2$  y una deformación por cizalladura en fallo de 58%. Se puede ver que estas propiedades mecánicas del núcleo de espuma que tiene las ranuras y agujeros en forma de Z no son significativamente inferiores a las del material de espuma base. Además, el núcleo de espuma que tenía la ranura y los agujeros en forma de Z tenía una deformación por cizalladura a carga máxima en una curva de esfuerzo/deformación de 28,8%

#### Ejemplo 2

Se repitió el ejemplo 1, pero cambiando la orientación del núcleo de espuma con relación a la dirección de flujo de resina. Las ranuras longitudinalmente orientadas se alinearon ortogonales a la dirección de flujo de resina, como se

representa en la figura 6(b). De nuevo, el núcleo de espuma fue completamente infundido por la misma resina, y a continuación se curó la resina. La velocidad de flujo de resina a través del núcleo de espuma se midió a 14 minutos en 60 mm de avance del flujo de resina a través del núcleo de espuma.

Una comparación de los ejemplos 1 y 2 muestra que orientar las ranuras longitudinalmente orientadas paralelas a la dirección de flujo de resina como en el Ejemplo 1, a saber, extendiéndose entre la entrada de resina y la fuente de vacío, incrementaba el flujo de resina durante el proceso de infusión. El cambio de orientación no tuvo ningún efecto en la absorción de resina del núcleo de espuma, que se determinó por las dimensiones de ranura que eran las mismas en cada ejemplo.

#### **Ejemplo comparativo 1**

De nuevo se repitió el ejemplo 1, pero usando como el núcleo de espuma lámina Corecell M80 de 20 mm de grosor que tenía la estructura cortada doble ilustrada en las figuras 2 y 3 para definir en cada superficie cortes longitudinales y transversales para formar la rejilla cuadrada de cortes de 600 x 600 mm en cada superficie. Los cortes se extendían hacia dentro a un grosor de más de 50% del grosor del núcleo. No había ranuras o agujeros en forma de Z. El núcleo de espuma en su superficie superior principal estaba cubierto con una malla de infusión convencional. De forma similar a la figura 3, un conjunto de cortes que formaba la rejilla se orientó con respecto a la dirección de flujo de resina. El núcleo de espuma fue completamente infundido con la misma resina que en el Ejemplo 1, y a continuación se curó la resina.

Se halló que la absorción de resina del núcleo de espuma era 1900 gramos por metro cuadrado del panel. Era más alta que en los Ejemplos 1 y 2, lo que demuestra que la estructura de ranuras impresas asociadas con los agujeros en forma de Z de los ejemplos 1 y 2 retiene ventajosamente menos resina en el núcleo que un núcleo cortado doble convencional.

Además, la malla de infusión usada en el Ejemplo Comparativo 1 consumió 800-900 gramos adicionales por metro cuadrado del panel. Por lo tanto, el núcleo de la presente invención, como muestran los Ejemplos 1 y 2, puede emplearse sin una malla de infusión y todavía se puede lograr una distribución uniforme de la resina a los laminados fibrosos en lados opuestos del núcleo sin zonas de fibras secas residuales indeseables, lo que puede dar lugar a un ahorro total de resina de 1400-1500 gramos por metro cuadrado del panel.

Además, la velocidad de flujo de resina a través del núcleo de espuma en el Ejemplo Comparativo 1 era mucho menor que en el Ejemplo 1, y se midió a los 15 minutos en 60 mm de avance del flujo de resina a través del núcleo de espuma.

Las realizaciones preferidas de la presente invención pueden proporcionar varios beneficios técnicos y ventajas sobre las anteriores estructuras de núcleo y los métodos de fabricación de tales núcleos o su uso en procesos de fabricación de materiales compuestos, a saber, pueden exhibir una menor absorción de resina en comparación con algunos tratamientos conocidos de 'infusión-núcleo; un núcleo con flujo de resina controlable mediante la configuración de flujo preferente; puede eliminar puntos secos asociados con otras configuraciones de rejilla cuadradas en superficies de núcleo; puede reducir la 'huella'; puede eliminar la necesidad de consumibles de medios de flujo; puede ahorrar tiempo y dinero de fabricación del material compuesto con reducida preparación y uso de resina; puede proporcionar componentes estructurales más ligeros de material compuesto; el método de producción del núcleo es más rápido y/o de costo más razonable que el proceso conocido de fabricación de un núcleo de espuma con propiedades de distribución de resina líquida; se produce menos desperdicio de espuma durante la fabricación del núcleo; no se crea polvo peligroso durante la fabricación del núcleo.



## REIVINDICACIONES

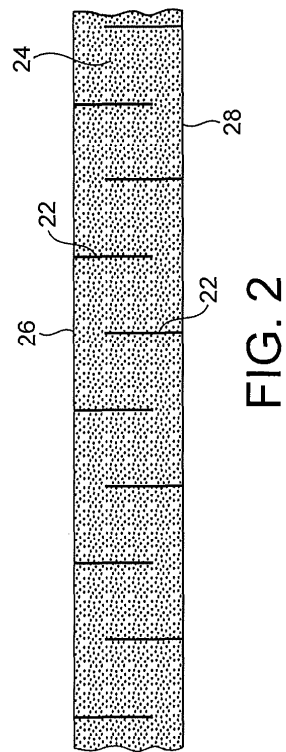
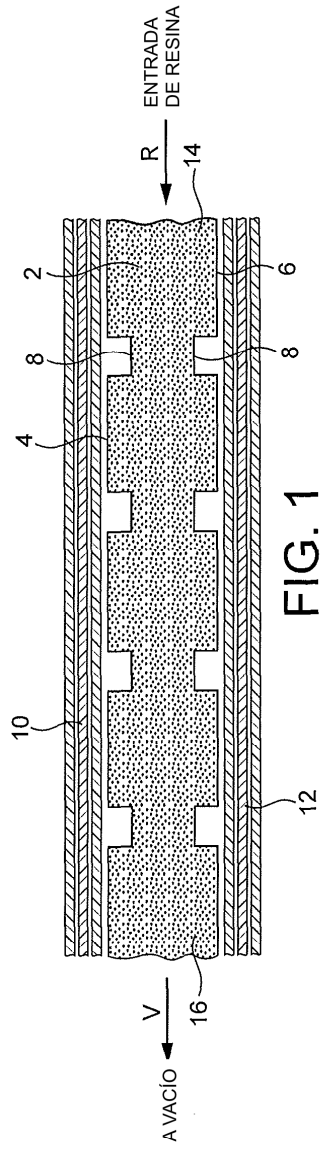
1. Un núcleo de espuma para un artículo laminado compuesto, teniendo el núcleo de espuma superficies principales opuestas, teniendo cada superficie una red de ranuras moldeadas que forma una configuración de rejilla de rombos en cada una de las superficies principales opuestas, donde la red de ranuras incluye un primer conjunto de primeras ranuras mutuamente paralelas y un segundo conjunto de segundas ranuras mutuamente paralelas, estando las ranuras primeras y segundas mutuamente inclinadas en un ángulo agudo e intersectando formando una serie de una pluralidad de formas de rombo entre ellas, y un tercer conjunto de terceras ranuras mutuamente paralelas que se extienden en una dirección longitudinal, intersectando cada tercera ranura con una pluralidad de intersecciones adyacentes de las ranuras primeras y segundas y, en cada intersección, bisecando el ángulo agudo entre las ranuras primeras y segundas, e incluyendo además el núcleo de espuma una serie de agujeros pasantes que se extienden a través del grosor del núcleo de espuma entre las superficies principales opuestas, donde al menos algunas, opcionalmente todas, las ranuras moldeadas son ranuras impresas formadas por presión hacia dentro de la respectiva superficie del núcleo de espuma.
2. Un núcleo de espuma según la reivindicación 1, donde la espaciación entre las primeras ranuras es la misma que la espaciación entre las segundas ranuras, opcionalmente donde la espaciación es de 20 a 50 mm, más opcionalmente de 25 a 40 mm, más opcionalmente de aproximadamente 35 mm.
3. Un núcleo de espuma según cualquier reivindicación anterior, donde el ángulo agudo es del rango de 45 a 80 grados, de ordinario de aproximadamente 60 grados.
4. Un núcleo de espuma según cualquier reivindicación anterior, donde cada intersección de ranura incluye una intersección de ranuras primera, segunda y tercera.
5. Un núcleo de espuma según cualquier reivindicación anterior, donde (i) las intersecciones de ranura están espaciadas en la dirección longitudinal de las terceras ranuras una distancia mayor que la espaciación de las intersecciones de ranura en la dirección transversal que es ortogonal a la dirección longitudinal; y/o (ii) las intersecciones de ranura están espaciadas en la dirección longitudinal de las terceras ranuras una distancia de 50 a 150 mm, opcionalmente de 60 a 100 mm, más opcionalmente de aproximadamente 80 mm; y/o (iii) la espaciación entre las terceras ranuras es de 10 a 30 mm, opcionalmente de 15 a 25 mm, más opcionalmente de aproximadamente 20 mm; y/o (iv) las ranuras tienen una profundidad de 0,5 a 2,5 mm, opcionalmente de 1 a 2 mm, más opcionalmente de aproximadamente 1,5 mm; y/o (v) las ranuras tienen una anchura de 0,25 a 2 mm, opcionalmente de 0,5 a 1,5 mm, más opcionalmente de aproximadamente 1 mm; y/o (vi) las paredes laterales de cada ranura constan de paredes celulares deformadas por presión, no cortadas; y/o (vii) la red de ranuras en una superficie principal está alineada con la red de ranuras en la superficie principal opuesta.
6. Un núcleo de espuma según cualquier reivindicación anterior, donde (i) los agujeros pasantes están dispuestos en una serie rectangular que tiene una periodicidad correspondiente a una periodicidad de la red de ranuras; y/o (ii) los agujeros pasantes no están alineados con las ranuras; y/o (iii) los agujeros pasantes tienen típicamente un diámetro interno de 0,5 a 2 mm, opcionalmente de aproximadamente 1 mm; y/o (iv) los agujeros pasantes están espaciados una distancia de 10 a 50 mm, opcionalmente de aproximadamente 20 mm.
7. Un núcleo de espuma según cualquier reivindicación anterior, donde los agujeros pasantes están perforados a través del grosor del núcleo de espuma.
8. Un núcleo de espuma según cualquier reivindicación anterior, donde el núcleo de espuma está compuesto de una espuma de células cerradas de un material termoplástico.
9. Un método de hacer un núcleo de espuma para un artículo laminado compuesto según cualquier reivindicación anterior, incluyendo el método el paso de prensar un troquel en cada superficie principal opuesta de una capa de espuma, teniendo el troquel una superficie de troquel elevada correspondiente a una parte de la red de ranuras.
10. Un método según la reivindicación 9, donde el troquel incluye al menos un troquel rotativo, opcionalmente donde el troquel incluye un par de troqueles rotativos opuestos con un intervalo entre ellos para el paso de la capa de espuma a su través, más opcionalmente donde la rotación del par de troqueles rotativos opuestos transporta la capa de espuma a través del intervalo en una operación de estampado en relieve.
11. Un método según la reivindicación 9 o la reivindicación 10, incluyendo además el método el paso de pasar una serie de punzones a modo de agujas a través de la capa de espuma para formar una serie de los agujeros pasantes.
12. Un método de hacer un artículo laminado compuesto, incluyendo el método los pasos de:
  - (a) proporcionar un conjunto de preparación incluyendo el núcleo de espuma de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 intercalado entre capas primera y segunda opuestas incluyendo refuerzo de fibra;

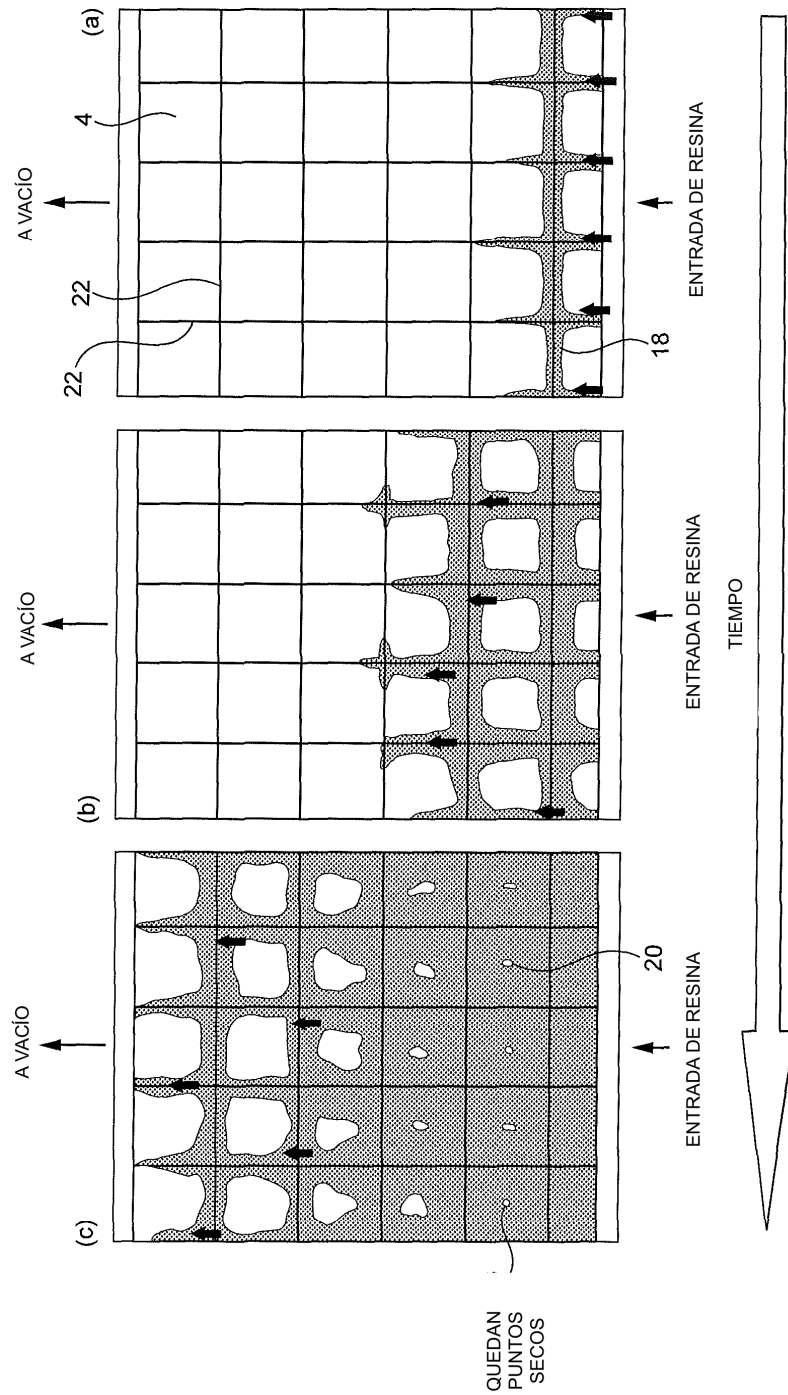
(b) someter el conjunto de preparación a un vacío en un recinto; y

5 (c) infundir al vacío una infusión de resina líquida a las capas primera y segunda proporcionando una fuente de la resina en un primer lado del recinto y el vacío en un segundo lado opuesto del recinto, fluyendo la resina a lo largo de la red de ranuras impresas en cada superficie principal opuesta desde el primer lado al segundo lado.

13. Un método según la reivindicación 12, donde cada ranura de la red está orientada, o tiene un componente orientado, en una dirección de flujo de resina que se extiende desde el primer lado al segundo lado.

10 14. Un método según la reivindicación 12 o la reivindicación 13, donde el tercer conjunto de terceras ranuras mutuamente paralelas se extiende en una dirección longitudinal de flujo de resina que se extiende desde el primer lado al segundo lado.





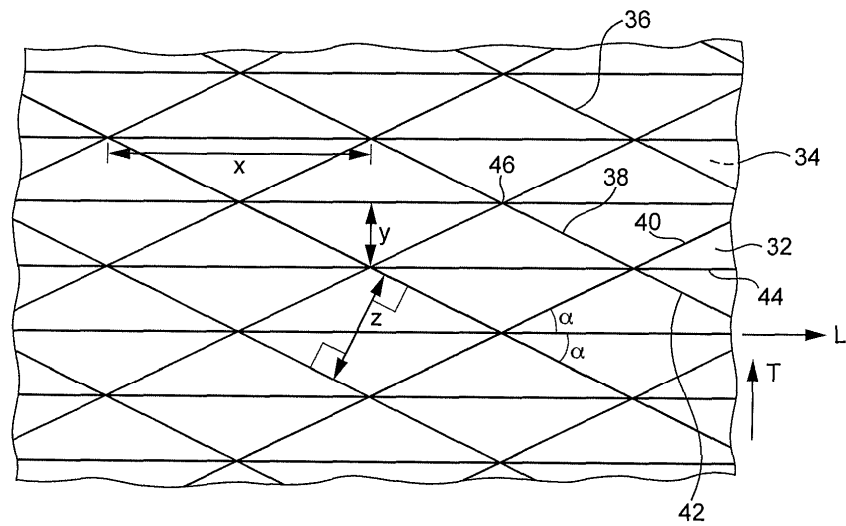


FIG. 4

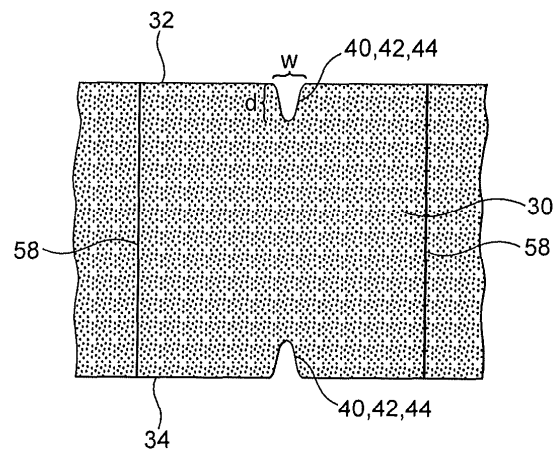


FIG. 5

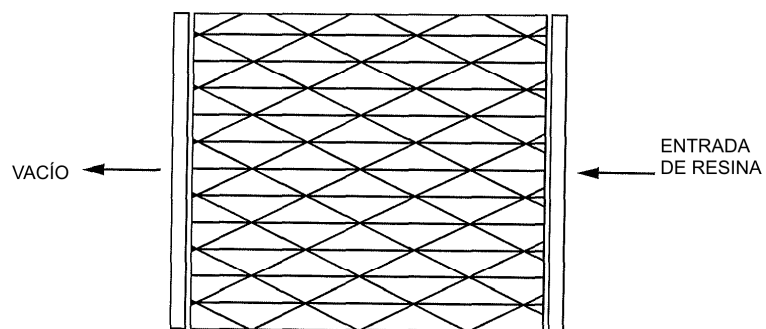


FIG. 6(a)

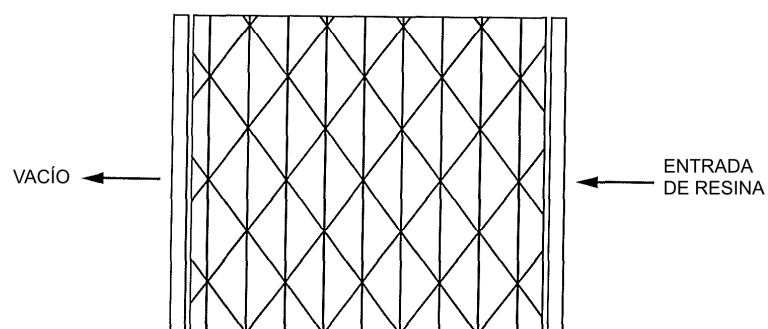


FIG. 6(b)

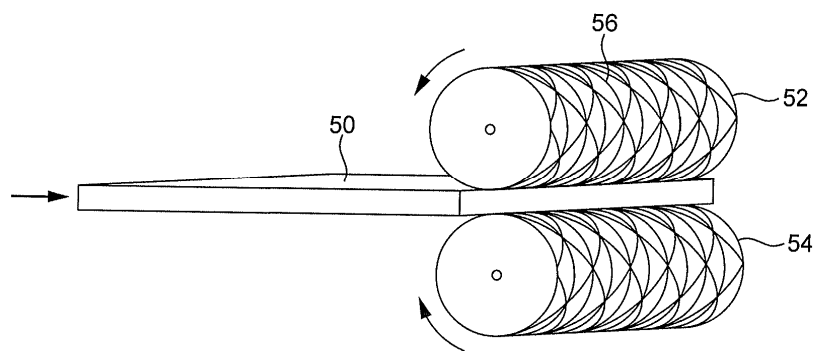


FIG. 7