

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 613 676**

51 Int. Cl.:

B29C 70/26 (2006.01)

F41H 5/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.11.2011 PCT/US2011/060062**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.06.2012 WO2012082267**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.11.2011 E 11788697 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2017 EP 2651625**

54 Título: **Material compuesto que comprende fibras con formas entrelazadas, y método para fabricarlo**

30 Prioridad:

15.12.2010 US 968535

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

25.05.2017

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**KOZAR, MICHAEL P. y
WILENSKI, MARK S.**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 613 676 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

Material compuesto que comprende fibras con formas entrelazadas, y método para fabricarlo

5 Campo

La presente divulgación se refiere de forma general a materiales compuestos y, más en concreto, a artículos de material compuesto reforzados con fibra que tienen capacidad balística mejorada.

10 Antecedentes

Las estructuras de material compuesto comprenden de forma típica una matriz reforzada con fibras donde las fibras están incluidas en la matriz. Las estructuras de material compuesto están diseñadas para transmitir cargas a lo largo de la longitud de las fibras. Las cargas de una fibra se pueden transferir a una fibra en la misma capa o a las fibras de una capa adyacente, pasando a través del material de la matriz. Sin embargo, la matriz es normalmente más débil que las fibras, de tal forma que, cuando se transmite una carga suficientemente alta de una fibra a otra a través de la matriz, la matriz se romperá. El fallo de la matriz permite que las fibras se desplacen lateralmente en el interior de la estructura del material compuesto.

20 Durante un evento balístico, donde un panel de material compuesto puede recibir el impacto de un proyectil, la capacidad de las fibras para desplazarse lateralmente o mover las paredes laterales es por lo general perjudicial para el rendimiento balístico global del panel de material compuesto. Por ejemplo, la capacidad de las fibras en la matriz para desplazarse lateralmente permite que el proyectil cree una cuña entre las fibras. La formación de la cuña del proyectil entre las fibras permite que el proyectil penetre en espesor de un material compuesto sin fracturar las fibras. En este sentido, el movimiento lateral de las fibras, y la posterior formación de la cuña, reduce las capacidades de comportamiento balístico del panel.

El documento US 2007/172677 divulga un dispositivo resistente a impactos que comprende una matriz de soporte flexible y una pluralidad de elementos absorbentes de energía conectados operativamente a la matriz de soporte. Cada elemento comprende al menos un material cerámico y al menos un material sensible a la velocidad de deformación. El dispositivo resistente a impactos se puede utilizar como armadura corporal para proteger al portador de proyectiles de alta velocidad.

35 Como se puede observar, existe una necesidad en la técnica de una estructura de material compuesto que proporciona una susceptibilidad reducida al movimiento lateral de las fibras, de tal forma que se pueda mejorar el rendimiento balístico.

Breve resumen

40 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un artículo de material compuesto y un método de fabricación de un artículo de material compuesto, tal como se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.

Las necesidades anteriormente descritas asociadas con las estructuras de material compuesto para aplicaciones balísticas quedan específicamente resueltas y aliviadas mediante la presente divulgación que, en una realización, proporciona un artículo de material compuesto que incluye una pluralidad de fibras al menos parcialmente incluidas en una matriz. Cada una de las fibras tiene una superficie superior, inferior y lateral. Al menos una de las superficies superior e inferior de al menos una de las fibras incluye una región de entalladura y un par de regiones laterales en lados opuestos de la región de la entalladura. La pluralidad de fibras está dispuesta en capas. Al menos una de las fibras de una de las capas se aloja en el interior de la región de la entalladura de al menos una de las fibras de otra de las capas.

También se divulga una fibra que tiene superficie superior, inferior y laterales. Al menos una de las superficies superior e inferior puede tener una región de entalladura y un par de regiones laterales en lados opuestos de la región de la entalladura. La región de la entalladura se puede configurar para recibir la región lateral de una fibra adyacente.

La presente divulgación incluye adicionalmente un método para fabricar un artículo de material compuesto. El método incluye las etapas de conformar una pluralidad de fibras con superficies superiores, inferiores y laterales. Una región de la entalladura se forma en la fibra en al menos una de las superficies superior e inferior de las fibras, y se extiende axialmente a lo largo de la longitud de la fibra. Se forman un par de regiones laterales en lados opuestos de la región de la entalladura. La región de la entalladura está configurada para recibir la región lateral de otra de las fibras.

El método puede incluir adicionalmente recibir un par de regiones laterales de un correspondiente par de fibras en el interior de la región de la entalladura de una de las fibras. La pluralidad de fibras se puede colocar en disposición lateral, de tal forma que la superficie lateral de al menos una de las fibras esté prácticamente paralela a la superficie

lateral de una de las fibras inmediatamente adyacente. El método puede incluir integrar al menos parcialmente las fibras en una matriz, y curar o solidificar la matriz para formar el artículo de material compuesto.

- 5 Los rasgos, funciones y ventajas que se han descrito se pueden conseguir independientemente en diferentes realizaciones de la presente divulgación o se pueden combinar con otras realizaciones, se pueden ver otros detalles de las mismas en referencias a las siguientes descripciones y figuras.

Breve descripción de los dibujos

- 10 Estos y otros rasgos de la presente divulgación serán más evidentes tras la referencia a los dibujos, donde números de referencia iguales se refieren a piezas análogos en todos ellos, y donde:

- la Figura 1 es una ilustración en perspectiva de un artículo de material compuesto en una realización que comprende material de matriz y una pluralidad de fibras integradas dentro de la matriz;
- 15 la Figura 2 es una ilustración en perspectiva con despiece ordenado del artículo de material compuesto de la Figura 1 y que ilustra una pluralidad de las fibras dispuestas en capas, y entrelazadas entre sí mediante regiones de entalladura formadas en las fibras;
- la Figura 3 es una ilustración en perspectiva ampliada de una parte del artículo de material compuesto tomada a lo largo de la línea 3 de la Figura 1 y que ilustra el entrelazado de las fibras;
- 20 la Figura 4 es una ilustración en sección del artículo de material compuesto tomada a lo largo de la línea 4 de la Figura 3 y que ilustra una pluralidad de fibras, teniendo cada una región de la entalladura y un par de regiones laterales en lados opuestos de la región de la entalladura;
- la Figura 5 es una ilustración en perspectiva con despiece ordenado de las fibras de la Figura 4 y que ilustra además las regiones de la entalladura formadas en las fibras;
- 25 la Figura 6 es una ilustración en sección transversal de otra realización de las fibras donde las regiones de la entalladura incluyen entalladuras en ángulo en las paredes laterales para encajar en otra, y que proporcionan resistencia contra el desplazamiento en el plano y el desplazamiento fuera del plano de una fibra con respecto a otra;
- la Figura 7 es una ilustración en sección transversal de una pluralidad de las fibras que tienen regiones de la entalladura formadas en las superficies superior e inferior;
- 30 la Figura 8 es una ilustración en sección transversal de una pluralidad de las fibras que tienen superficies laterales orientadas en una relación no perpendicular con respecto a las superficies superior e inferior de la fibra;
- la Figura 9 es una ilustración en sección transversal de una pluralidad de las fibras que ilustran regiones de la entalladura formadas en cada una de las superficies superior e inferior de cada fibra y que ilustra además entalladuras en ángulo en las paredes laterales y superficies laterales en forma de ángulo de las fibras;
- 35 la Figura 10 es una ilustración de una pluralidad de capas del artículo de material compuesto en una configuración con pliegues perpendiculares de las fibras orientadas perpendicularmente con respecto a pared de fibras acopladas adyacentes a las fibras; y
- 40 la Figura 11 es un diagrama de flujo que ilustra una o más operaciones que las que se pueden incluir en una metodología para fabricar un artículo de material compuesto.

Descripción detallada

- 45 En referencia ahora a los dibujos donde lo que se muestra tiene el fin de ilustrar realizaciones preferidas y variadas de la divulgación, se muestra en la Figura 1 una realización de un artículo 10 de material compuesto. El artículo 10 de material compuesto se puede fabricar como un panel 14 de material compuesto reforzado con fibras que comprende una matriz 18 y una pluralidad de fibras 22 integradas dentro de la matriz 18. De manera ventajosa, la matriz 18 se puede formar a partir de un material prácticamente ópticamente transparente. Del mismo modo, la fibra 22 se puede formar a partir de un material de fibra 22 prácticamente ópticamente transparente. Aunque el artículo 10
- 50 de material compuesto se ilustra en la Figura 1 en una configuración de panel 14 que tiene superficies 16 del panel prácticamente planas, el artículo 10 de material compuesto se puede proporcionar en una cualquiera de una variedad de tamaños, formas y configuraciones, sin limitación, y puede incluir superficies planas y/o superficies de curvatura compuesta.
- 55 De manera ventajosa, el artículo 10 de material compuesto tal como se divulga en el presente documento incluye regiones 40 de entalladura (Figura 2) que se extienden axialmente a lo largo de la longitud de las fibras 22 y permite el entrelazado de las fibras 22 en una dirección 46 lateral o en el plano (Figuras 4-10) y, opcionalmente, permite el entrelazado en una dirección 48 fuera del plano (Figuras 6, 8-10) tal como se describe más adelante. El entrelazamiento 46 en el plano de las fibras 22 puede restringir o impedir el movimiento relativo de al menos una de
- 60 las fibras 22 de una capa 20 con al menos una de las fibras 22 de una capa 20 adyacente. Las fibras 22 entrelazadas de dos capas 20 diferentes comprenden un par 21 de capas acopladas. El entrelazado de las fibras 22 puede mejorar el comportamiento balístico del artículo 10 de material compuesto evitando que un proyectil forme una cuña entre las fibras 22. Además, el entrelazado de las fibras 22 puede mejorar la calidad óptica del artículo 10 de material compuesto minimizando los huecos entre fibras 22 adyacentes. Más aún, la adición de las regiones 40
- 65 de entalladura puede mejorar y/o controlar ventajosamente las propiedades mecánicas del artículo 10 de material compuesto incluido la mejora en propiedades tales como la resistencia a la cizalla interlaminar, rigidez, resistencia a

la compresión, tenacidad a la fractura y tolerancia a daños del artículo 10 de material compuesto. Además, la capacidad óptica del artículo 10 de material compuesto se puede mejorar mediante la orientación de las superficies laterales 30 (Figura 4) de las fibras 22 en una relación no perpendicular con respecto a las superficies superior e inferior 26, 28 (Figura 4) de las fibras 22 para minimizar la cantidad de luz que atraviesa la matriz 18 y entre las fibras 22 dando lo contrario como resultado una diferencia de fase con la luz que atraviesa la matriz 18 y las fibras 22 dando como resultado una distorsión óptica.

En referencia a la Figura 1, se muestra el artículo 10 de material compuesto en forma de un panel 14 y que incluye una pluralidad de las fibras 22 integradas dentro de la matriz 18. Las fibras 22 pueden funcionar como un refuerzo estructural de la matriz 18 y pueden mejorar el comportamiento mecánico y balístico del artículo 10 de material compuesto. Por ejemplo, las fibras 22 proporcionan un refuerzo estructural para mejorar la rigidez específica del artículo 10 de material compuesto (es decir, la rigidez del artículo 10 de material compuesto dividida por la densidad del mismo) como resultado de la mejora en la resistencia a la tracción y en el módulo de elasticidad de las fibras 22. En este sentido, se debería indicar que, en el contexto de la presente divulgación, las propiedades tales como resistencia, deformación y rigidez se proporcionan en términos de propiedades dinámicas y/o propiedades cuasi-estáticas.

El comportamiento balístico se puede mejorar debido al entrelazado de las fibras 22 proporcionado mediante las regiones 40 de entalladura (Figura 2) formadas en una o más de las fibras 22. Más específicamente, las regiones 40 de entalladura entrelazan las fibras 22 de una capa 20 con las fibras 22 de una capa 20 adyacente limitando la capacidad de las fibras 22 entrelazadas para desplazarse lateralmente con respecto a otra y con respecto a la matriz 18. El efecto técnico del entrelazado proporcionado mediante las regiones 40 de entalladura es una reducción o eliminación de la cuña que forma un proyectil entre las fibras 22. Durante la formación de la cuña, el proyectil puede empujar indeseablemente las fibras 22 lateralmente, de forma que el proyectil puede pasar entre las fibras 22, permitiendo al proyectil penetrar en el panel 14 de material compuesto sin romper las fibras 22. Sin embargo, la presente divulgación minimiza o reduce dicho movimiento lateral de las fibras 22 mediante entrelazado de las fibras 22 con las regiones 40 de entalladura formada en las fibras 22.

Adicionalmente, las regiones 40 de entalladura (Figura 2) dan como resultado un aumento de la energía que requiere el proyectil para romper el entrelazamiento 46 en el plano (Figuras 4-10) que de otra manera facilitaría la separación lateral de las fibras 22. Además, las regiones 40 de entalladura se pueden configurar para proporcionar entrelazados 46, 48 tanto en el plano como fuera del plano (Figuras 6, 8-10) en determinadas configuraciones, haciendo que las fibras 22 permanezcan cerca unas de otras, y dando como resultado un panel 14 de material compuesto que tiene resistencia mejorada al impacto tal como desde un proyectil. Las regiones 40 de entalladura pueden proporcionar adicionalmente resistencia al daño mejorada de tal manera que el artículo 10 de material compuesto puede continuar soportando cargas estructurales después del impacto de un proyectil.

En referencia a la Figura 2, se muestra una ilustración con despiece ordenado del artículo 10 de material compuesto o del panel 14 de la Figura 1 y que ilustra una pluralidad de las fibras 22 formadas en tiras y dispuestas en capas 20 dentro de la matriz 18. Tal como se ilustra en la Figura 2, las fibras 22 están dispuestas en tiras y están obligatoriamente alineadas entre sí mediante las regiones 40 de entalladura que se extienden a lo largo de la longitud de cada una de las fibras 22. Cada una de las fibras 22 tiene una forma de sección transversal alargada que incluye un par opuesto de superficies 24 de la fibra prácticamente planas, como se puede observar mejor en la Figura 4. En una realización similar a la que se ilustra en la Figura 2, las superficies 24 de la fibra, tales como las superficies superior e inferior 26, 28 (Figura 4) pueden estar orientadas prácticamente paralelas a la superficie 12 del artículo 10 de material compuesto para potenciar el comportamiento óptico del artículo 10 de material compuesto.

En referencia a la Figura 3, se muestra una ilustración en perspectiva ampliada del artículo 10 de material compuesto donde las fibras 22 están dispuestas en capas 20 dentro de la matriz 18. Las capas 20 pueden estar dispuestas en cualquier orientación entre sí dentro del artículo 10 de material compuesto y no están limitadas la configuración con pliegues transversales mostrada en la Figura 3. Adicionalmente, aunque el artículo 10 de material compuesto en la Figura 3 se ilustra teniendo seis de las capas 20 de las fibras 22 formando tres pares 21 de capas acopladas (Figuras 1-2), cualquier cantidad de capas 20 se puede proporcionar en cualquier disposición de interconectividad. Por ejemplo, en una disposición, el artículo 10 de material compuesto puede incluir una sola capa 20 de fibras 22 que puede incluir regiones 40 de entalladura pero que pueden no estar interconectadas con las fibras 22 de otra capa 20. Adicionalmente, el artículo 10 de material compuesto puede incluir fibras 22 que forman cualquier número de pares 21 de capas acopladas. Uno o más de los pares 21 de capas asociadas pueden estar interconectados con uno o más de los otros pares 21 de capas asociadas mediante las regiones 40 de entalladura formadas en las superficies superiores y/o inferiores 26, 28 (Figura 4) de una o más de las fibras 22. En este sentido, el artículo 10 de material compuesto puede estar compuesto de una sola capa 20 de fibras 22 o por decenas o más de las capas 20 de fibras 22. Las capas 20 pueden estar orientadas en cualquier dirección entre sí. Más específicamente, las fibras 22 de cualquier capa 20 pueden estar orientadas en cualquier ángulo con respecto a las fibras 22 de capas 20 adyacentes.

La Figura 3 ilustra varias capas 20, comprendiendo cada una de ellas fibras 22 entrelazadas con las fibras 22 de capas 20 adyacentes mediante las regiones 40 de entalladura. Las capas 20 pueden comprender fibras 22

orientadas en cualquier dirección con respecto a las fibras 22 de una capa 20 inmediatamente adyacente. Por ejemplo, la Figura 3 ilustra una configuración con pliegues transversales donde las fibras 22 de una capa 20 de un par 21 de capas asociadas están orientadas perpendicularmente con respecto a las fibras 22 de la capa 20 inmediatamente adyacente de un par 21 de capas acopladas. Se debe señalar que la Figura 3 es una ilustración de una realización no limitante del artículo 10 de material compuesto y no se debe considerar como una configuración alternativa limitante del artículo 10 de material compuesto o disposiciones alternativas de las capas 20 de fibras 22 dentro de la matriz 18. Por ejemplo, las capas 20 pueden estar en orientadas de forma perpendicular entre sí como se ilustra en la Figura 3 o en cualquier orientación no perpendicular (por ejemplo, 15°, 22,5°, 45°, 60°, 75°, etc.) con respecto a las capas 20 adyacentes.

En referencia a la Figura 4, se muestra una ilustración en sección transversal ampliada de una parte del artículo 10 de material compuesto tomado a lo largo de la línea 4 de la Figura 3 y que ilustra un par de capas 20 de fibras 22 entrelazadas entre sí. Como puede observarse en la Figura 4, cada una de las fibras 22 tiene una forma de sección transversal alargada con caras de la fibra 22 relativamente aplanadas o prácticamente planas para minimizar la flexión o la refracción de la luz, que de lo contrario se produciría cuando la luz atraviesa una superficie curvada. En este sentido, la configuración sustancialmente plana de la fibra 22 mejora el rendimiento óptico del artículo 10 de material compuesto.

En referencia a las Figuras 4-5, la forma relativamente alargada de las fibras 22 tiene preferentemente una relación dimensional relativamente elevada. La relación dimensional se puede definir como la proporción entre la anchura 34 de la fibra (Figura 4) y el espesor 32 de la fibra (Figura 4). En una realización, la relación dimensional puede variar de aproximadamente 3 a aproximadamente 500 aunque la sección transversal de las fibras 22 se puede proporcionar con cualquier relación dimensional. En una realización, el espesor 32 de la fibra puede estar comprendida en el intervalo de aproximadamente 5 micrómetros a aproximadamente 5.000 micrómetros (por ejemplo, 0,002 a 0,20 pulgadas). Sin embargo, la fibra 22 se puede proporcionar con cualquier espesor 32 de la fibra, sin limitación.

Como se muestra en las Figuras 4-5, las superficies superiores e inferiores 26, 28 de las fibras 22 están preferiblemente orientadas en una relación prácticamente paralela entre sí. Sin embargo, las fibras 22 se pueden proporcionar en configuraciones alternativas donde las superficies superiores e inferiores 26, 28 están orientadas en una relación no paralela entre sí. Tal como se ha mencionado anteriormente, cada una de las fibras 22 incluye una región de la entalladura 40 que se extiende axialmente a lo largo de la longitud de la fibra 22. Aunque la Figura 4 ilustra la región de la entalladura 40 formada en una de las superficies superiores e inferiores 26, 28 de cada fibra 22, la fibra 22 se puede proporcionar en una realización donde las regiones 40 de entalladura se forman en ambas superficies superiores e inferiores 26, 28 de cada fibra 22 tal como se muestra en las Figuras 7 y 9 y se describen con mayor detalle en lo sucesivo.

En referencia a las Figuras 4-5, la región de la entalladura 40 de las fibras 22 puede estar generalmente centrada en la anchura de la fibra 22. Sin embargo, se contempla que las fibras 22 se pueden proporcionar en configuraciones donde la región de la entalladura 40 está desplazada hacia una de las superficies laterales 30 de las fibras 22. Para configuraciones de la fibra 22 que tienen regiones 40 de entalladura en ambas superficies superiores e inferiores 26, 28 tal como se muestra en las Figuras 7 y 9, la región de la entalladura 40 de la superficie superior 26 puede estar generalmente alineada con la región de la entalladura 40 de la superficie superior 28 de la fibra 22 tal como se describe con mayor detalle en lo sucesivo. Sin embargo, las regiones 40 de entalladura de las superficies superiores e inferiores 26, 28 pueden estar desplazadas entre sí.

La región de la entalladura 40 puede dar como resultado que las fibras 22 tengan un espesor en la región de la entalladura 40 que sea menor al espesor 32 de la fibra en las regiones 42 laterales. Como puede observarse en las Figuras 4-5, cada una de las regiones 40 de entalladura tiene uno de las regiones 42 laterales dispuestas sobre caras laterales opuestas de la región de la entalladura 40. El espesor de una fibra 22 en la región de la entalladura 40 se ilustra generalmente como menor que el espesor de la fibra 22 en las regiones 42 laterales. Sin embargo, la fibra 22 se puede proporcionar en una configuración donde la región 40 de la entalladura y las regiones 42 laterales tienen espesores sustancialmente similares. En una configuración de este tipo (no se muestra), la fibra 22 puede formar una sección en forma de sombrero relativamente poco profunda en comparación con las secciones en forma de U relativamente poco profundas formadas mediante la configuración ilustrada en la Figuras 4-5. La región de la entalladura 40 puede estar unida en caras laterales opuestas mediante paredes laterales 44 con entalladuras. Las Figuras 4 y 5 ilustran las paredes 44 con entalladuras orientadas perpendicularmente con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28. Sin embargo, las Figuras 6, 8 y 9 ilustran paredes 44 con entalladuras formadas en ángulos que no son perpendiculares con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28. Se debería indicar que aunque las regiones 40 de entalladura, regiones laterales 42, paredes 44 con entalladuras y superficies laterales 30 están ilustradas como incluyendo superficies relativamente planas con esquinas relativamente agudas, las fibras 22 se pueden configurar de tal forma que las regiones 40 de entalladura incluyan las regiones laterales 42, superficies laterales 30 y las paredes 44 con entalladuras se pueden formar con superficies curvadas o una combinación de superficies planas y superficies curvadas. Además, las esquinas de las paredes 44 con entalladuras y superficies laterales 30 pueden ser redondeadas, biseladas, achaflanadas o de otra forma que proporcione esquinas no agudas.

Como se ha indicado anteriormente, las regiones laterales 42 de una fibra 22 se pueden alojar dentro de la región de la entalladura 40 de una de las fibras 22 adyacentes de la capa 20 para formar un par 21 de capas acopladas. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 4, cada región de la entalladura 40 puede alojar un par de las regiones laterales 42 de un par de fibras 22 adyacente de una capa 20 adyacente como se muestra en la Figura 4. En este sentido, las fibras 22 están colocadas en una disposición paralela, y se retienen entre sí mediante el entrelazado de las regiones 40 de entalladura. Las fibras 22 se pueden disponer de tal forma que las superficies laterales 30 de las fibras 22 estén preferentemente orientadas prácticamente paralelas entre sí. Por ejemplo, La Figura 4 ilustra las superficies laterales 30 de cada una de las fibras 22 orientadas de forma paralela entre sí y prácticamente perpendiculares con respecto a las superficies superiores e inferiores 26,28.

Del mismo modo, las Figuras 6 y 7 ilustran las superficies laterales 30 orientadas prácticamente perpendicularmente con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28. Además, la Figura 6 ilustra las paredes 44 con entalladuras de cada una de las regiones 40 de entalladura orientadas de forma no perpendiculares con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28. En este sentido, la Figura 6 ilustra un par 21 de capas acopladas y que representan la configuración de una fibra 22 que se proporciona con un entrelazado 46 en el plano y un entrelazado 48 fuera del plano gracias a la orientación de las paredes 44 con entalladuras.

En referencia a la Figura 7, se muestran las regiones 40 de entalladura donde las paredes 44 con entalladuras están orientadas prácticamente perpendicularmente con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28 de tal forma que las regiones 40 de entalladura proporcionan el entrelazado 46 de las fibras 22. La Figura 7 ilustra además las regiones 40 de entalladura formadas en cada una de las superficies superiores e inferiores 26, 28 de cada una de las fibras 22 para proporcionar un mayor grado de entrelazado 46 en el plano de las fibras 22 adyacentes de lo que se proporcionaría con una sola región de la entalladura 40 de las fibras 22 ilustrada en la Figuras 4 y 5. La Figura 7 también ilustra las regiones 40 de entalladura formadas en ambas superficies superiores e inferiores 26, 28 de cada una de las fibras 22 para facilitar el entrelazado de cada fibra 22 a las fibras 22 de las capas 20 situadas a cada lado de cada fibra 22. Aunque, sin embargo, la Figura 7 ilustra dos de las capas 20 interconectadas entre sí para formar un par 21 de capas acopladas, las regiones 40 de entalladura de ambas superficies superiores e inferiores 26, 28 de las fibras 22 facilita la interconexión en el plano de capas 20 adicionales más allá de las dos capas 20 ilustradas en la Figura 7.

En referencia a la Figura 8, se muestra una realización de las fibras 22 donde las paredes 44 con entalladuras están orientadas de forma no perpendicular con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28. Del mismo modo, las superficies laterales 30 de las fibras 22 están orientadas de forma no perpendicular con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28 para proporcionar el entrelazado 48 fuera del plano de las fibras 22. En una realización ilustradas en la Figura 8, las superficies laterales 30 pueden estar orientadas en cualquier ángulo con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28. Por ejemplo, las superficies laterales 30 pueden estar orientadas entre aproximadamente 10° y 170° con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28 aunque las superficies laterales 30 puedan estar orientadas en ángulos inferiores a 10 grados o mayores de 170 grados con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28. Adicionalmente, aunque la Figura 8 ilustra cada fibra 22 teniendo superficies laterales 30 y paredes 44 con entalladuras orientadas de forma no perpendicular con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28, las fibras 22 pueden proporcionarse en una configuración donde solamente las superficies laterales 30 estén orientadas de forma no perpendicular con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28 y las paredes 44 con entalladuras están orientadas prácticamente perpendicularmente con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28, o viceversa. También se debe indicar que, aunque las superficies laterales 30 y las paredes 44 con entalladuras se ilustren orientadas prácticamente en el mismo ángulo unas con respecto a otras, las superficies laterales 30 se pueden orientar en ángulos diferentes con respecto a las paredes 44 con entalladuras.

En referencia a la Figura 9, se muestra una realización alternativa de las fibras 22 que ilustra las regiones 40 de entalladura de cada fibra 22 formadas por las paredes 44 con entalladuras que tienen una orientación no perpendicular con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28 (Figura 8). Del mismo modo, las superficies laterales 30 de las fibras 22 se pueden formar en un ángulo no perpendicular con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28 para proporcionar un entrelazado y una resistencia al movimiento de las fibras 22 mejorado. La Figura 9 también ilustra las regiones 40 de entalladura formadas en ambas superficies superiores e inferiores 26, 28 de cada una de las fibras 22 para facilitar el entrelazado de cada fibra 22 a las fibras 22 de las capas 20 situadas a cada lado de cada fibra 22, de una forma similar a la que se ha ilustrado en la Figura 7 y se ha descrito anteriormente. En este sentido, la Figura 9 ilustra tres de las capas 20 que tienen regiones 40 de entalladura en ambas superficies superiores e inferiores 26, 28 para facilitar la interconexión de las mismas para formar dos de los pares 21 de capas asociadas. Como se apreciará, cualquier cantidad de las capas 20 se puede interconectar mediante las regiones 40 de entalladura de las superficies superiores e inferiores 26, 28 de cada una de las fibras 22.

En referencia a la Figura 10, se muestra una ilustración en sección de una parte de un artículo 10 de material compuesto que comprende una pila de ocho de las capas 20 de fibras 22 y que forman cuatro pares 21 de capas asociadas. Como se puede observar, las capas 20 de los pares 21 de capas asociadas están orientadas generalmente perpendicularmente con respecto a las capas 20 de los pares 21 de capas adyacentes acopladas. En

este sentido, la Figura 10 ilustra una configuración con pliegues transversales de las capas 20 similar a la configuración con pliegues transversales de las fibras 22 ilustrada en la Figuras 2 y 3. Más particularmente, la Figura 10 ilustra dos de los pares 21 de capas asociadas que se extienden fuera de la página y dos de los pares 21 de capas asociadas que se extienden a lo largo del plano de la página. Como se apreciará, cualquier cantidad de las

5 capas 20 se puede interconectar en cualquier disposición mediante la provisión de regiones 40 de entalladura en una o más de las superficies superiores y/o inferiores 26, 28 de las fibras 22.

En las realizaciones ilustradas en las Figuras 1-10, se puede proporcionar material de la matriz 18 entre cada una de las superficies superiores e inferiores 26, 28 de las fibras 22 incluido entre las superficies laterales 30 de las fibras 22 adyacentes y entre la región de la entalladura 40 y las paredes 44 con entalladuras de las fibras 22 adyacentes. El material de la matriz 18 puede acoplar de manera física y óptica las fibras 22 entre sí. En las realizaciones

10 ilustradas en las Figuras 1-10, las disposiciones de la fibra 22 resisten la separación en una dirección en el plano. Además, algunas realizaciones de las fibras 22 que tienen paredes 44 con entalladuras en ángulo tal como se muestra en las Figuras 6, 8 y 9 pueden proporcionar resistencia contra la separación fuera del plano separación

15 debida a la orientación no perpendicular de las paredes 44 con entalladuras.

De manera ventajosa, las fibras 22 resisten la separación debido al efecto de entrelazado, que proporciona un medio para controlar la cantidad relativa de desplazamiento de las fibras 22 en la matriz 18 bajo diferentes condiciones de carga. Durante el impacto de un proyectil en el artículo 10 de material compuesto tal como el panel 14 ilustradas en

20 la Figura 1, puede ser deseable que las fibras 22 resistan la separación en el plano, mientras que se permite que otras capas 20 de las fibras 22 no vinculadas se desplacen unas con respecto a otras. Por ejemplo, en la disposición ilustrada en la Figura 10, los pares 21 de capas asociadas más superiores pueden resistir la propagación en el plano de las fibras 22 (es decir, en la dirección lateral) mientras que capas 20 inmediatamente por debajo de los pares 21 de capas asociadas más superiores pueden estar desvinculadas de los pares 21 de capas asociadas y de esta

25 forma se pueden desplazar lateralmente con respecto a las capas 20 de los pares 21 de capas asociadas más superiores.

El desplazamiento relativo entre pares de las capas 20 se puede controlar mediante la selección de las propiedades del material de la matriz 18 y un adhesivo, que se puede incluir opcionalmente para unir las capas 20 entre sí. Por

30 ejemplo, puede ser deseable proporcionar un adhesivo que proporcione un grado de desplazamiento de a las capas 20 entre sí que sea limitado. El desplazamiento limitado, o deslizamiento de algunas fibras 22 dentro de la matriz 18 puede ser deseable durante un evento balístico, de tal forma que una mayor parte de la longitud de algunas fibras 22 pueda contribuir a la deceleración de un proyectil.

Las fibras 22 y la matriz 18 (Figuras 1-10) se pueden formar de cualquier material adecuado que sea preferentemente ópticamente transparente, aunque las fibras 22 y/o la matriz 18 se puedan formar de materiales opacos. En este sentido, la matriz 18 y/o las fibras 22 se pueden formar de cualquier material que tenga cualquier grado de transparencia entre prácticamente transparente y prácticamente opaco. La matriz 18 y/o las fibras 22 pueden estar formadas de material termoplástico, y pueden comprender al menos uno de los siguientes: acrílicos, fluorocarbonos, poliamidas, polietilenos, poliésteres, polipropilenos, policarbonatos, poliuretanos, polieteretercetona, polietercetonaacetona, polieterimididas, resinas epoxi e inorgánicas. En la matriz 18 también se pueden utilizar resinas y aceites. La matriz 18 y/o las fibras 22 también pueden estar formadas de un material termoendurecible que comprende al menos uno de los siguientes: poliuretanos, fenólicos, poliimididas, bismaleimididas, poliésteres, epoxi, y silsesquioxanos. La matriz 18 y/o las fibras 22 también pueden estar formadas de materiales inorgánicos que

40 incluyen, aunque no de forma limitativa, carbono, carburo de silicio, y boro. La matriz 18 y/o las fibras 22 pueden estar adicionalmente formadas de vidrio tales como E-Glass (vidrio de aluminio-borosilicato), S-glass (vidrio de aluminosilicato), sílice pura, vidrio de borosilicato y vidrio óptico. Las fibras 22 pueden estar adicionalmente formadas de material metálico.

El artículo 10 de material compuesto (Figuras 1-10) tal como se divulga en el presente documento se puede implementar en una variedad de aplicaciones. Por ejemplo, el artículo 10 de material compuesto se puede implementar como un panel 14 balístico para aplicaciones en vehículos tales como parabrisas, cubiertas y ventanas para aeronaves. Además, el artículo 10 de material compuesto se puede implementar en cualquier aplicación diferente a un vehículo tales como una membrana, un panel estructural, un panel arquitectónico, o un panel 14 no

50 estructural. En este sentido, el artículo 10 de material compuesto se puede conformar en cualquier tamaño, forma y configuración para cualquier aplicación tanto en vehículos como no en vehículos, sin limitación.

En referencia a la Figura 11, se muestra un diagrama de flujo que ilustra una o más operaciones que se pueden incluir en una metodología para fabricar el artículo 10 de material compuesto. En la Etapa 102, el artículo 10 de material compuesto se fabrica mediante la formación de una pluralidad de fibras 22 (Figura 4) con superficies superiores, inferiores y laterales 26, 28, 30 (Figura 4). Las fibras 22 se pueden formar mediante extrusión, pultrusión o cualquier otro proceso de fabricación adecuado. Las superficies superiores e inferiores 26, 28 se pueden formar para que sean prácticamente paralelas entre sí, y por lo general son planas. Las fibras 22 se conforman con una forma de sección transversal alargada y puede tener una relación dimensional entre la anchura 34 de la fibra (Figura 4) y el espesor 32 de la fibra (Figura 4) comprendida en el intervalo de aproximadamente 3 a aproximadamente 500, aunque se contemplan otras relaciones dimensionales fuera del intervalo de 3-500.

60 65

Las superficies laterales 30 (Figura 4) de las fibras 22 se pueden conformar en una relación prácticamente perpendicular con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28 o en una relación no perpendicular con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28 como se muestra en la Figura 6. En este sentido, las superficies laterales 30 pueden formar cualquier ángulo con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28. Por ejemplo, las superficies laterales 30 pueden formar un ángulo entre aproximadamente 10° y 170° con respecto a al menos una de las superficies superiores e inferiores 26, 28, aunque se contemplan ángulos mayores o menores.

Aún en referencia a la Figura 11, la etapa 104 comprende la formación de una región de la entalladura 40 y un par de regiones laterales 42 en caras laterales opuestas de la región de la entalladura 40 en las superficies superiores y/o inferiores 26, 28 de cada una de las fibras 22, de una forma similar a la mostrada en las Figuras 4-9. Como puede observarse en las Figuras 4-9, la región de la entalladura 40 puede dar como resultado que el espesor de la fibra 22 en las regiones laterales 42 sea mayor que el espesor 32 de la fibra en la región de la entalladura 40.

Para las configuraciones mostradas en las Figuras 7 y 9, las regiones 40 de entalladura se pueden formar en ambas superficies superiores e inferiores 26, 28 y las regiones 40 de entalladura pueden estar en general verticalmente alineadas entre sí como se muestra en la Figura 7 y 9, aunque las regiones 40 de entalladura puedan estar desplazadas unas con respecto a otras. En una o más de las configuraciones, la región de la entalladura 40 puede estar generalmente centrada en la anchura de la fibra 22 tal como se muestra en las Figuras 1-10 aunque la región de la entalladura 40 pueda estar desplazada hacia una de las superficies laterales 30 de las fibras 22. En referencia a las Figuras 4-10, la región de la entalladura 40 puede incluir paredes 44 con entalladuras que pueden estar formadas en cualquier ángulo con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28. Por ejemplo, las regiones 40 de entalladura se pueden formar perpendicularmente con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28 tal como se muestra en las Figuras 4, 5, y 7. Como alternativa, las paredes 44 con entalladuras se pueden formar en un ángulo no perpendicular con respecto a las superficies superiores e inferiores 26, 28 de forma similar a la mostrada en las Figuras 6 y 8-10.

En referencia a la Figura 11, la etapa 106 puede comprender recibir un par de las regiones laterales 42 de un correspondiente par de fibras 22 dentro de una región de la entalladura 40 de una fibra 22 para interconectar las fibras 22 tal como se muestra en las Figuras 6-10. Como se muestra en las figuras, cada una de las regiones 40 de entalladura admite un par de las regiones laterales 42 de un correspondiente par de fibras 22. La etapa 108 de la metodología de la Figura 11 puede comprender colocar una pluralidad de las fibras 22 en relación paralela entre sí, de tal forma que la superficie lateral 30 de al menos una de las fibras 22 esté orientada prácticamente paralela a la superficie lateral 30 de una de las fibras 22 inmediatamente adyacente. Las fibras 22 están configuradas preferentemente de tal forma que las superficies laterales 30 de las fibras 22 adyacentes estén muy cercanas entre sí.

Las fibras 22 interconectadas de una capa 20 puedan estar orientadas a lo largo de la longitud en cualquier ángulo con respecto a la orientación a lo largo de la longitud de las fibras 22 de una capa 20 adyacente. Por ejemplo, tal como se muestra en las Figuras 1-3, las capas 20 pueden estar orientadas prácticamente perpendicularmente con respecto a las de capas 20 adyacentes. Como alternativa, una pluralidad de las capas 20 que tienen fibras 22 prácticamente paralelas pueden estar interconectadas en realizaciones que incluyen regiones 40 de entalladura en ambas superficies superiores e inferiores 26, 28 de las fibras 22, de una forma similar a la mostrada en las Figuras 7 y 9. También se contempla que las capas 20 de fibras 22 que están orientadas en una disposición no perpendicular entre sí pueden estar interconectadas mediante la provisión de rasgos localizados (no mostrados) para conectar las regiones 40 de entalladura que se extienden axialmente a lo largo de las fibras 22 las de capas 20 adyacentes.

En referencia a la Figura 11, La etapa 110 puede comprender integrar al menos parcialmente las fibras 22 en una matriz 18 de una forma similar a la mostrada en las Figuras 1-3. Como se ha indicado anteriormente, la matriz 18 está formada preferentemente de un material prácticamente ópticamente transparente. Del mismo modo, las fibras 22 están formadas preferentemente de un material prácticamente ópticamente transparente. La etapa 112 de la Figura 11 puede comprender curar o solidificar la matriz 18 y/o las fibras 22 para formar el artículo 10 de material compuesto. En este sentido, el artículo 10 de material compuesto se puede someter el calor y/o la presión para facilitar el curado o la solidificación.

Una realización de la presente invención se refiere a un artículo de material compuesto que comprende una pluralidad de fibras (22) teniendo cada una de ellas superficies superiores, inferiores y laterales, teniendo al menos una de las superficies superiores e inferiores de al menos una de las fibras una región de la entalladura (40) y un par de regiones laterales (42) en lados opuestos de la región de la entalladura (40), estando dispuesta la pluralidad de fibras (22) en capas, y estando alojada al menos una de las fibras de una de las capas dentro de la región de la entalladura de al menos una de las fibras de una de las capas adyacentes. En el artículo de material compuesto anteriormente descrito, la fibra (22) puede tener un espesor en la región de la entalladura (40) que esa menor que el espesor de la fibra en las fibras en las regiones laterales (42). El artículo de material compuesto puede comprender además la pluralidad de fibras (22) colocadas en disposición lateral, de tal forma que la superficie lateral de al menos una de las fibras esté prácticamente paralela a la superficie lateral de una de las fibras inmediatamente adyacente. El artículo de material compuesto puede comprender además superficies superiores e inferiores, teniendo cada una de ellas una región de la entalladura (40) y estando la región de la entalladura en la superficie superior de al menos

una de las fibras generalmente alineada con la región de la entalladura en la superficie inferior de la fibra. El artículo de material compuesto puede comprender además la región de la entalladura que incluye un par opuesto de paredes laterales con entalladuras (44) y estando al menos una de las paredes laterales con entalladuras orientada en una relación no perpendicular con respecto a al menos una de las superficies superiores e inferiores de la fibra.

5 El artículo de material compuesto puede comprender además la fibra (22) que tiene una sección transversal con una relación dimensional entre la anchura de la fibra y el espesor de la fibra, y estando la relación dimensional en el intervalo de aproximadamente 3 a aproximadamente 500. El artículo de material compuesto puede comprender además aquel donde al menos una de la matriz y la fibra está formada por al menos uno de un material termoplástico que comprende al menos uno de los siguientes: acrílicos, fluorocarbonos, poliamidas, polietilenos, poliésteres, polipropilenos, policarbonatos, poliuretanos, polieteretercetona, polietercetonacetona, polieterimidias, un material termoestable que comprende al menos uno de los siguientes: poliuretanos, fenólicos, poliimidias, bismaleimidias, poliésteres, epoxi, silsesquioxanos, materiales inorgánicos que comprenden al menos uno de los siguientes: carbono, carburo de silicio, y boro; y vidrio que comprende E-glass (vidrio de aluminio-borosilicato), S-glass (vidrio de aluminosilicato), sílice pura, vidrio de borosilicato, vidrio óptico.

15 Otra realización de la presente invención se refiere a un método para fabricar un artículo de material compuesto, que comprende, formar una pluralidad de fibras con superficie superiores, inferiores y laterales (102), formar una región de la entalladura y un par de regiones laterales en lados opuestos de la región de la entalladura en al menos una de las superficies superiores e inferiores de las fibras (104), recibir la región lateral de una de las fibras dentro de la región de la entalladura de otra de las fibras. El método puede comprender además, recibir un par de regiones laterales de un correspondiente par de fibras en el interior de la región de la entalladura (106). El método puede comprender además, formar la región de la entalladura en ambas superficies superiores e inferiores. El método puede comprender además, colocar la pluralidad de fibras en una disposición lateral, de tal forma que la superficie lateral de al menos una de las fibras esté prácticamente paralela a la superficie lateral de una de las fibras (105) inmediatamente adyacente. El método puede comprender además, formar paredes laterales con entalladuras en la región de la entalladura en un ángulo no perpendicular con respecto a al menos una de las superficies superiores e inferiores de la fibra.

30 Pueden ser evidentes para los expertos en la materia modificaciones y mejoras adicionales de la presente divulgación. De esta manera, la combinación particular de piezas descritas e ilustradas en el presente documento está prevista para representar solamente algunas realizaciones de la presente divulgación, y no se pretende que sirvan como limitaciones de realizaciones o dispositivos alternativos comprendidos en el espíritu y alcance de la divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Un artículo de material compuesto, que comprende:

5 una pluralidad de fibras (22) teniendo cada una superficies superiores, inferiores (26, 28) y laterales (30), donde cada una de la pluralidad de fibras (22) tiene una forma de la sección transversal alargada, y donde las superficies superiores e inferiores con un par opuesto de superficies (24) de fibras prácticamente planas; teniendo al menos una de las superficies superiores e inferiores de al menos una de las fibras una región de la entalladura (40) y un par de regiones laterales (42) en lados opuestos de la región de la entalladura (40); estando la pluralidad de fibras (22) dispuesta en capas; caracterizado el artículo de material compuesto por que:

al menos una de las fibras de una de las capas se aloja en el interior de la región de la entalladura (40) de al menos una de las fibras de una de las capas adyacentes para formar un par de capas (21) acoplado.

15 2. El artículo de material compuesto de la reivindicación 1 donde:

la fibra (22) tiene un espesor en la región de la entalladura (40) que es inferior al espesor de la fibra en las regiones laterales (42).

20 3. El artículo de material compuesto de la reivindicación 1 o la reivindicación 2 donde:

a pluralidad de fibras (22) está colocada en disposición lateral, de tal forma que la superficie lateral (30) de al menos una de las fibras esté prácticamente paralela a la superficie lateral de una de las fibras inmediatamente adyacente.

25 4. El artículo de material compuesto de cualquier reivindicación anterior donde: cada una de las superficies superiores e inferiores tiene una región de la entalladura (40); y la región de la entalladura en la superficie superior de la menos una de las fibras está generalmente alineada con la región de la entalladura en la superficie inferior de la fibra.

30 5. El artículo de material compuesto de cualquier reivindicación anterior donde:

la región de la entalladura incluye un par opuesto de paredes laterales con entalladuras (44); y al menos una de las paredes laterales con entalladuras está orientada en una relación no perpendicular con respecto a al menos de las superficies superiores e inferiores de la fibra.

35 6. El artículo de material compuesto de cualquier reivindicación anterior donde:

la fibra (22) tiene una sección transversal con una relación dimensional entre la anchura de la fibra y el espesor de la fibra; y estando la relación dimensional en el intervalo de aproximadamente 3 a aproximadamente 500.

40 7. El artículo de material compuesto de la reivindicación 1 donde al menos una de la matriz y la fibra está formada por al menos uno de los siguientes:

45 un material termoplástico que comprende al menos uno de los siguientes: acrílicos, fluorocarbonos, poliamidas, polietilenos, poliésteres, polipropilenos, policarbonatos, poliuretanos, polieteretercetona, polietercetona, polieterimidias;
un material termoestable que comprende al menos uno de los siguientes: poliuretanos, fenólicos, poliimidias, bismaleimidias, poliésteres, epoxi, silsesquioxanos;

50 materiales inorgánicos que comprenden al menos uno de los siguientes: carbono, carburo de silicio, y boro; y vidrio que comprende E-glass (vidrio de aluminio-borosilicato), S-glass (vidrio de aluminosilicato), sílice pura, vidrio de borosilicato, vidrio óptico.

55 8. El artículo de material compuesto de cualquier reivindicación anterior donde el artículo de material compuesto está configurado como al menos uno de los siguientes:

un parabrisas, una cubierta, una ventana, una membrana, un panel estructural, un panel arquitectónico, un artículo no estructural.

60 9. Un método para fabricar un artículo de material compuesto, que comprende las etapas de:

formar una pluralidad de fibras con superficie superiores, inferiores y laterales (102), donde cada una de la pluralidad de fibras (22) tiene una forma de la sección transversal alargada, y donde las superficies superiores e inferiores con un par opuesto de superficies (24) de fibras prácticamente planas;

65 formar una región de la entalladura (40) y un par de regiones laterales (42) en lados opuestos de la región de la entalladura en al menos una de las superficies superiores e inferiores de las fibras (104);

disponer la pluralidad de fibras (22) en capas (20); y
recibir la región lateral de una de las fibras de una de las capas dentro de la región de la entalladura de otra de las fibras de una de las capas adyacentes para formar un par de capas (21) acoplado.

- 5 10. El método de la reivindicación 9 que comprende además la etapa de:
recibir un par de regiones laterales de un correspondiente par de fibras en el interior de la región de la entalladura (106).
- 10 11. El método de la reivindicación 9 o de la reivindicación 10 que comprende además la etapa de:
formar la región de la entalladura en ambas superficies superiores e inferiores.
- 15 12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11 que comprende además la etapa de:
colocar la pluralidad de fibras (22) en una disposición lateral, de tal forma que la superficie lateral de al menos una de las fibras esté prácticamente paralela a la superficie lateral de una de las fibras (105) inmediatamente adyacente.
- 20 13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12 que comprende además la etapa de:
formar paredes laterales con entalladuras en la región de la entalladura en un ángulo no perpendicular con respecto a al menos una de las superficies superiores e inferiores de la fibra.

25

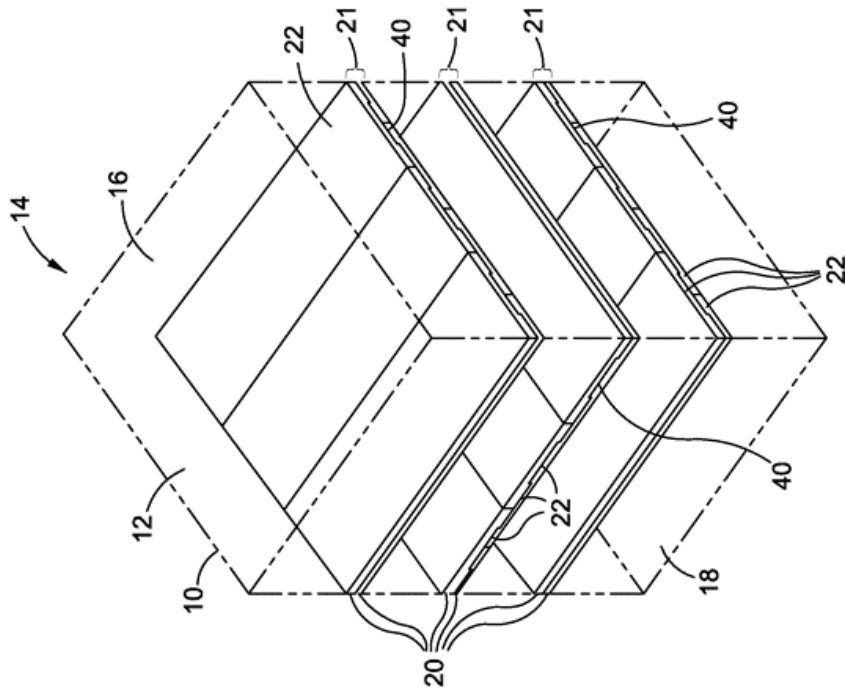


FIG. 2

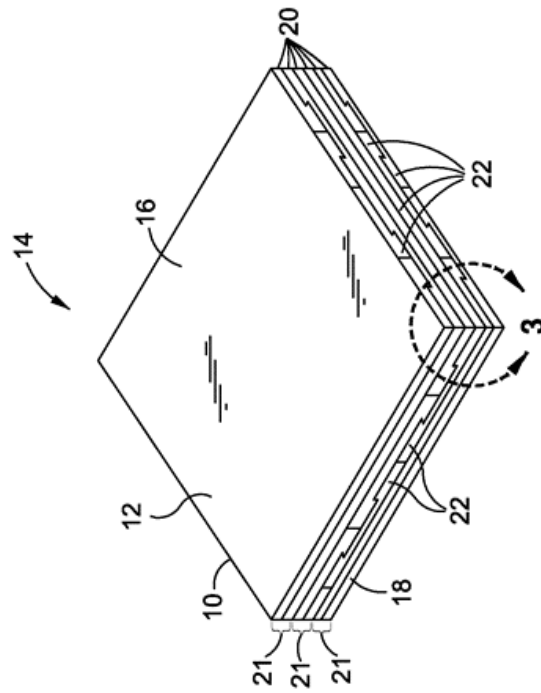


FIG. 1

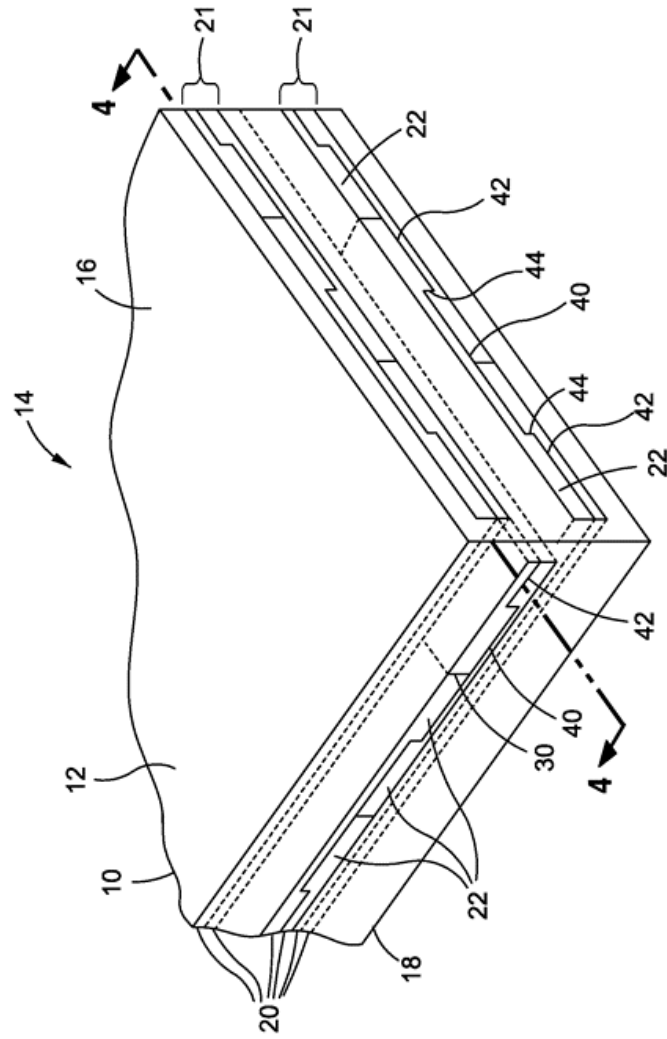


FIG. 3

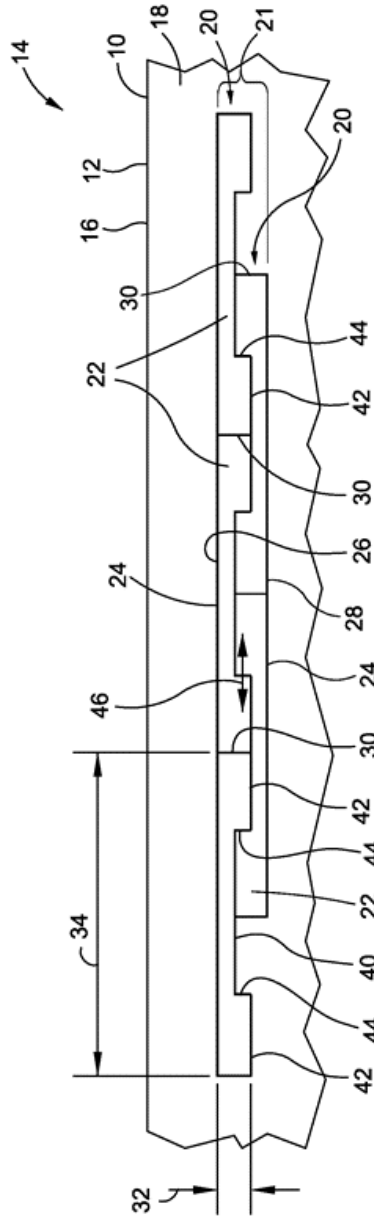


FIG. 4

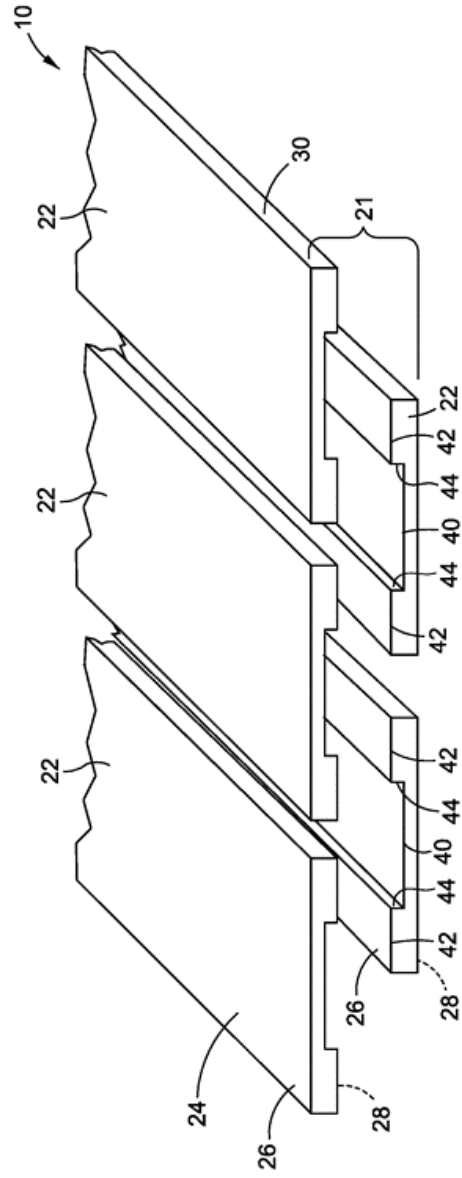


FIG. 5

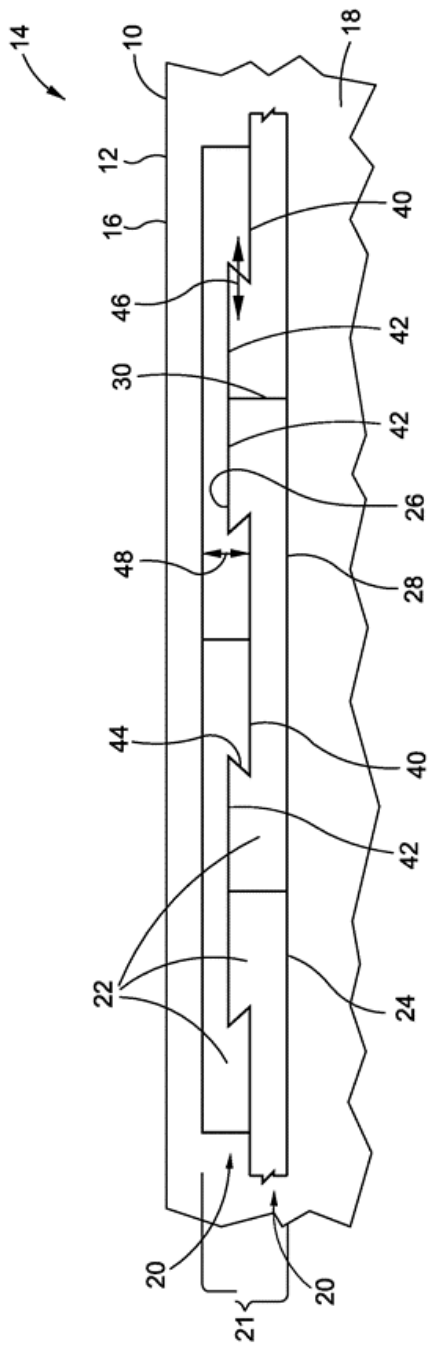


FIG. 6

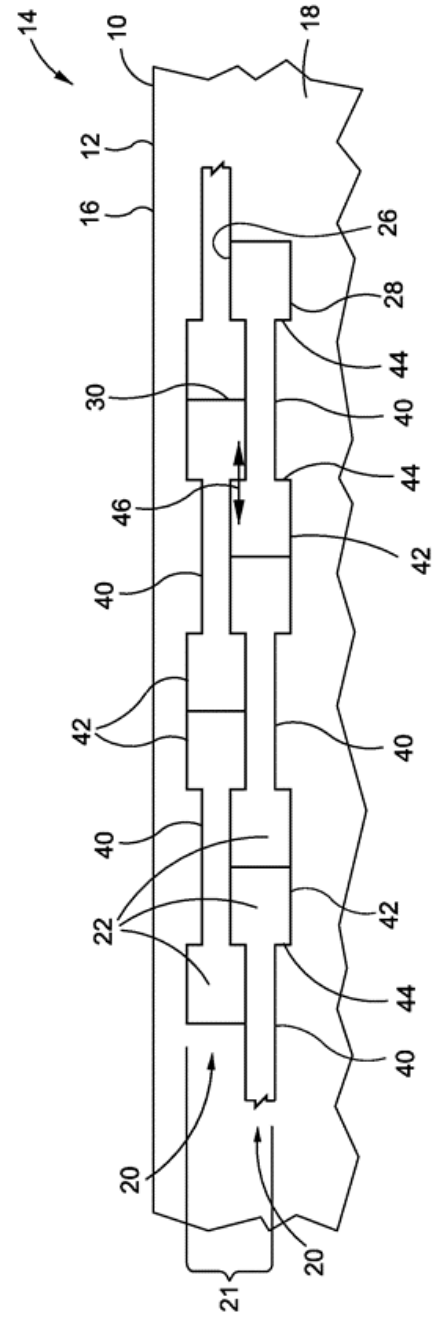


FIG. 7

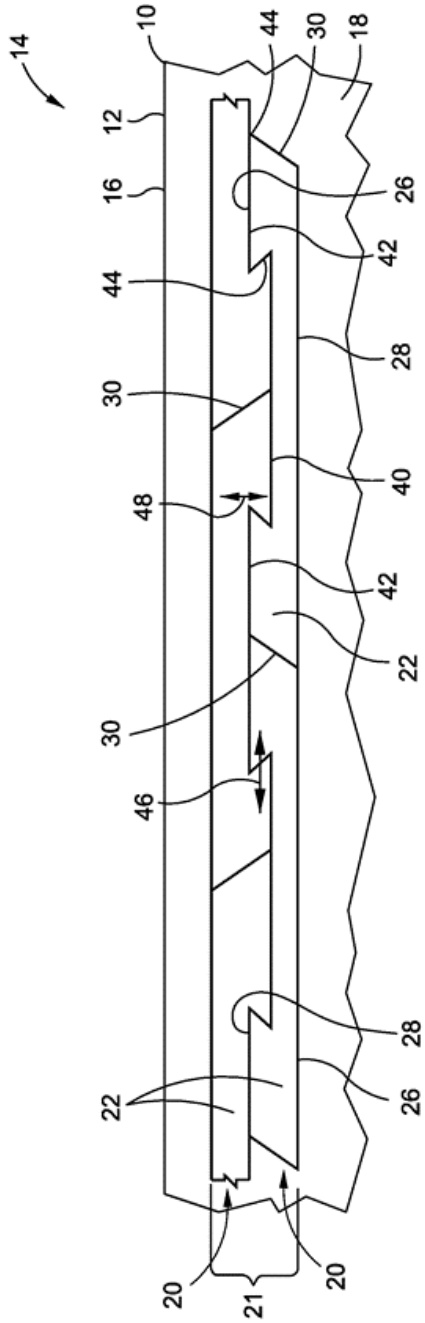


FIG. 8

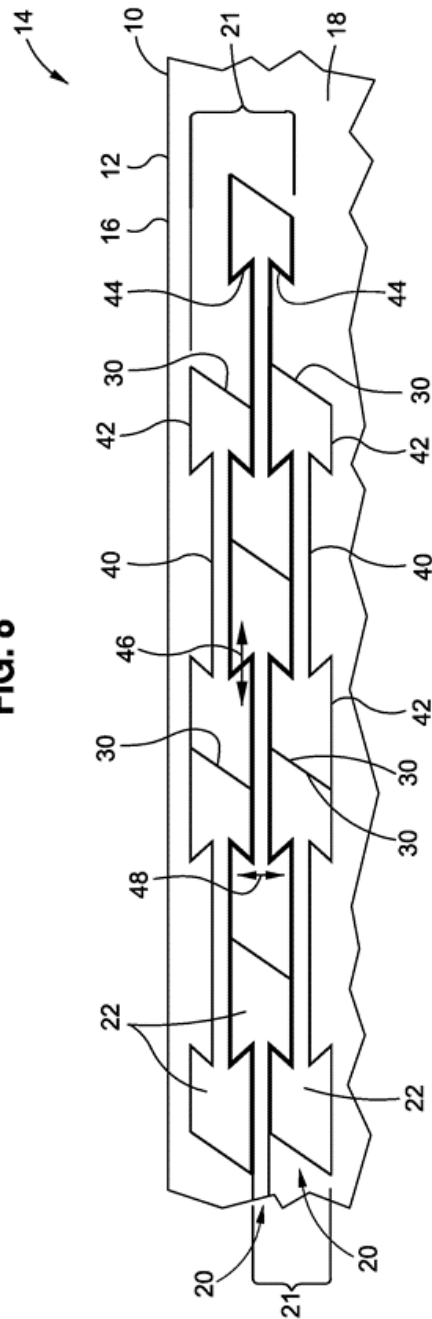


FIG. 9

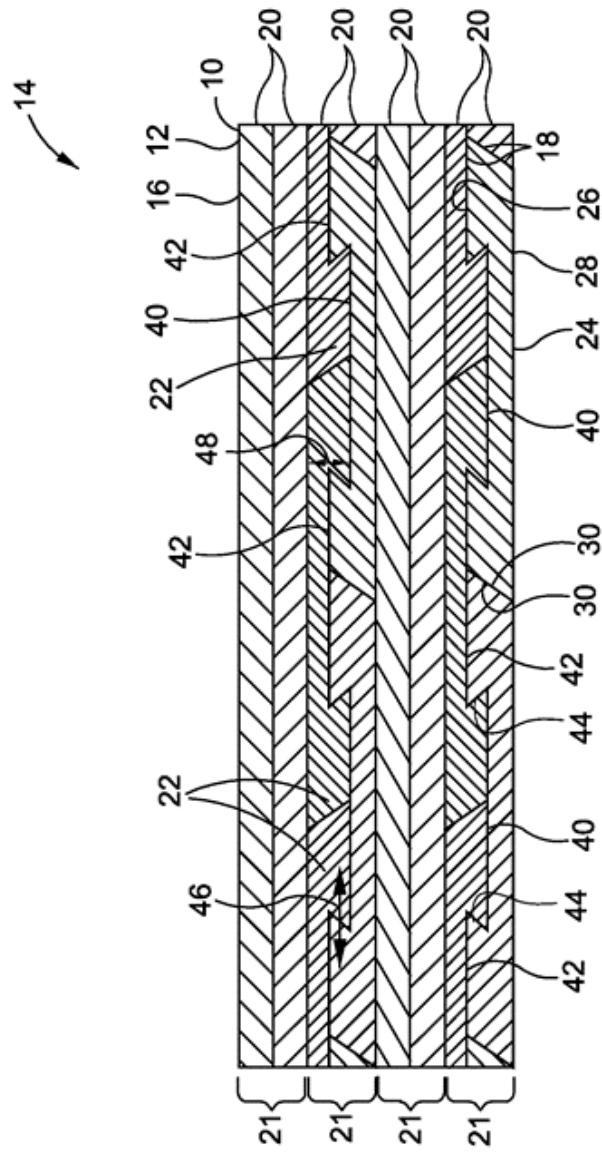


FIG. 10

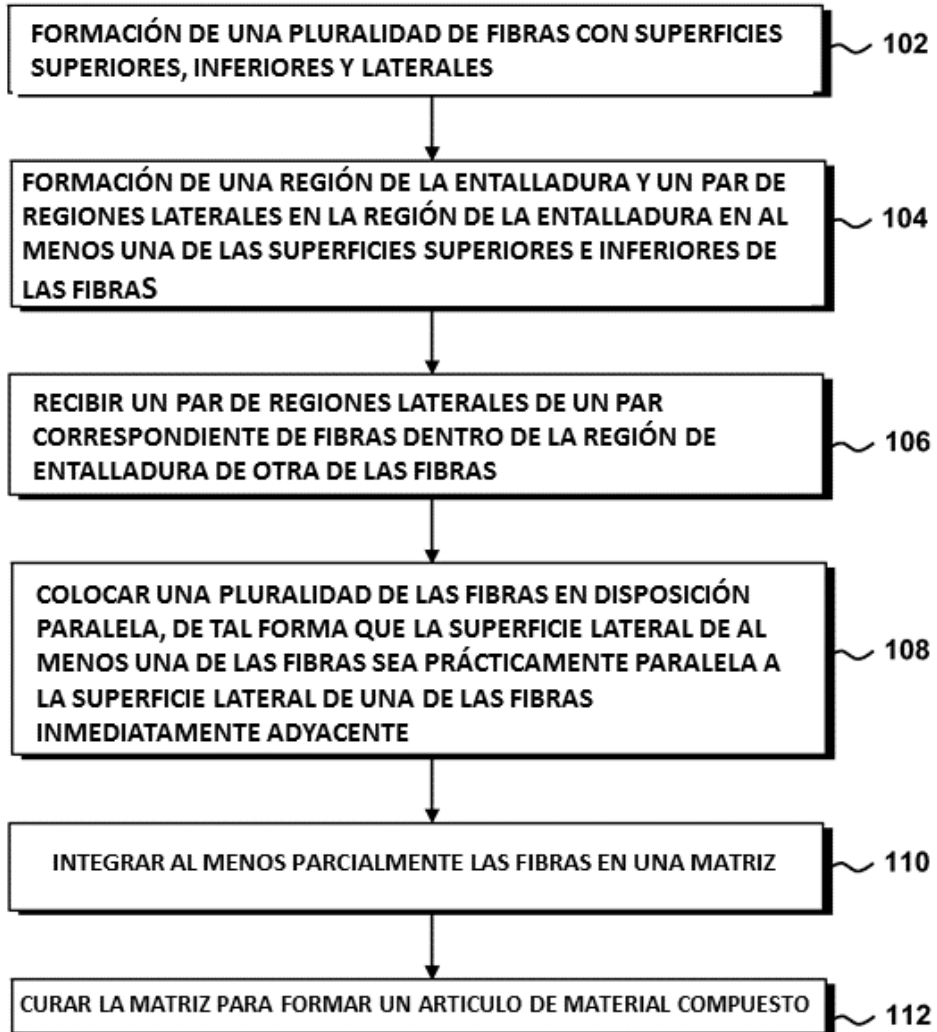


FIG. 11