

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 093**

51 Int. Cl.:

F41H 5/04 (2006.01)

B32B 5/26 (2006.01)

B32B 5/14 (2006.01)

B32B 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.11.2011 PCT/US2011/060025**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.06.2012 WO12082266**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.11.2011 E 11802183 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018 EP 2652432**

54 Título: **Adhesión controlada de la matriz con la fibra para compuestos de fibra y polímero**

30 Prioridad:

15.12.2010 US 968514

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

12.06.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 672 093 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

Adhesión controlada de la matriz con la fibra para compuestos de fibra y polímero

Campo de la invención

5 La presente divulgación se refiere en general a materiales compuestos y, más particularmente, a artículos compuestos reforzados con fibra que tienen un comportamiento balístico mejorado.

Antecedentes

10 Los paneles de blindaje existentes como se conocen actualmente pueden estar compuestos por chapas laminadas de diversos materiales. Por ejemplo, los paneles de blindaje existentes pueden estar compuestos por una o más láminas de vidrio y/o acrílico que pueden laminarse usando adhesivos adecuados. En un intento por mejorar la resistencia balística o el desempeño de los paneles de blindaje, los fabricantes pueden agregar capas de material de policarbonato a las láminas de vidrio y acrílico laminadas.

15 Aunque generalmente son efectivos para absorber energía de impactos y proporcionar protección contra proyectiles, los paneles de blindaje existentes poseen ciertos inconvenientes que disminuyen su utilidad. Por ejemplo, el vidrio es un material relativamente denso y, por lo tanto, contribuye significativamente a la masa total y al volumen del panel blindado en los espesores requeridos para proporcionar suficiente protección balística. Un inconveniente adicional asociado con ciertos paneles de blindaje está relacionado con las propiedades mecánicas del vidrio y otros materiales que componen ciertos paneles de blindaje. Por ejemplo, puede ser deseable en ciertas aplicaciones, tales como en aplicaciones de vehículos, que un panel blindado sea transparente.

20 Desafortunadamente, ciertos paneles de blindaje transparentes actualmente disponibles pueden sufrir una pérdida significativa en el desempeño óptico después de un evento de impacto. Por ejemplo, para ciertos paneles de blindaje actualmente disponibles, un impacto en un área localizada del panel blindado por un proyectil puede dar como resultado la pérdida del desempeño óptico en una porción significativa del resto del panel blindado. Tal pérdida en el desempeño óptico puede ser el resultado de la propagación de grietas desde el sitio de impacto.

25 Como se puede ver, existe una necesidad en la técnica por un panel de blindaje que proporcione un alto grado de transparencia óptica con un desempeño balístico mejorado y un peso mínimo.

Los documentos EP-A-1.923.420 y US-B-6.673.452 divulgan artículos compuestos que comprenden capas de matriz reforzada con fibra en las que el nivel de adhesión de la matriz con la fibra varía entre las capas.

Breve resumen

30 De acuerdo con la invención, se proporciona un artículo compuesto y un método de fabricación de un artículo compuesto de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas.

35 Las necesidades descritas anteriormente asociadas con el desempeño balístico en paneles de blindaje se abordan y resuelven específicamente mediante la presente divulgación que, en una realización, proporciona un artículo compuesto que incluye una pluralidad de fibras al menos parcialmente incrustadas dentro de una matriz. Las fibras pueden adherirse a la matriz a nivel de adhesión. Los niveles de adhesión pueden variarse espacialmente dentro del artículo compuesto. Por ejemplo, el nivel de adhesión puede variar a lo largo de una de las fibras. El nivel de adhesión puede variar entre las fibras de una capa dada. Además, el nivel de adhesión puede variar a través de las capas del artículo compuesto.

40 En una realización adicional, se divulga un artículo compuesto que incluye una pluralidad de fibras al menos parcialmente incrustadas dentro de una matriz. Las fibras y la matriz pueden adherirse entre sí con una o más propiedades de adhesión. Las propiedades de adhesión pueden variar espacialmente dentro del artículo compuesto. Por ejemplo, las propiedades de adhesión pueden variar a lo largo de una longitud de una fibra. Las propiedades de adhesión también pueden variar entre las fibras dentro de una capa. Las propiedades de adhesión pueden variar adicionalmente entre al menos dos de las capas.

45 También se divulga un artículo compuesto que incluye una pluralidad de fibras al menos parcialmente incrustadas dentro de una matriz y en el que el nivel de adhesión y/o las propiedades de adhesión pueden variar espacialmente dentro del artículo compuesto de acuerdo con una cualquiera de una pluralidad de disposiciones. Por ejemplo, los niveles de adhesión y/o las propiedades de adhesión pueden variar a lo largo de una longitud de una de las fibras. Los niveles de adhesión y/o las propiedades de adhesión pueden variar entre las fibras de una capa dada. Además, los niveles de adhesión y/o las propiedades de adhesión pueden variar a través de las capas del artículo compuesto.

Se divulga adicionalmente un método para fabricar un artículo compuesto. El método puede comprender incrustar una pluralidad de fibras al menos parcialmente dentro de una matriz. Las fibras pueden adherirse a la matriz con un nivel de adhesión. El nivel de adhesión puede variarse espacialmente dentro del artículo compuesto. Por ejemplo, el método puede incluir variar el nivel de adhesión a lo largo de al menos una de las fibras, variar el nivel de adhesión entre las fibras de una capa de las fibras, y/o variar el nivel de adhesión entre al menos dos de las capas.

Las características, funciones y ventajas que se han discutido se pueden lograr independientemente en diversas realizaciones de la presente divulgación o se pueden combinar en otras realizaciones más, cuyos detalles adicionales se pueden observar con referencia a la siguiente divulgación y dibujos a continuación.

Breve divulgación de los dibujos

Estas y otras características de la presente divulgación serán más evidentes tras la referencia a los dibujos en los que los mismos números se refieren a partes similares en todas partes y en los que:

La Figura 1 es una ilustración en perspectiva de un artículo compuesto en una realización que comprende una matriz sustancialmente transparente y una pluralidad de fibras sustancialmente transparentes;

La Figura 2 es una ilustración en perspectiva en despiece ordenado del artículo compuesto de la Figura 1 y que ilustra una pluralidad de capas de las fibras incrustadas dentro de la matriz;

La Figura 3 es una ilustración en perspectiva ampliada de una parte de una realización del artículo compuesto de la Figura 1 y que ilustra la disposición de las capas de fibras dentro de la matriz;

La Figura 4A es una ilustración en sección ampliada del artículo compuesto tomada a lo largo de la línea 4A de la Figura 3 y que ilustra una porción de una longitud de una de las fibras que tiene un nivel variable de adhesión entre la fibra y la matriz a lo largo de la longitud de la fibra;

La Figura 4B es una ilustración en perspectiva ampliada tomada a lo largo de la línea 4B de la Figura 3 y que ilustra una realización adicional del artículo compuesto que tiene niveles de adhesión variables entre las superficies superior e inferior de una fibra;

La Figura 5 es una vista lateral ampliada del artículo compuesto tomada a lo largo de la línea 5 de la Figura 3 y que ilustra una realización que tiene niveles de adhesión variables a través de las capas del artículo compuesto;

La Figura 6 es una ilustración de la vista superior de un artículo compuesto que tiene al menos una capa de fibras orientadas sustancialmente paralelas a otra capa de fibras y que ilustra adicionalmente niveles de adhesión variables entre grupos de las fibras dentro de una de las capas;

La Figura 7 es una vista desde un extremo del artículo compuesto ilustrado en la Figura 6 y que ilustra grupos de capas que tienen niveles de adhesión variables entre la pila de capas;

La Figura 8 es una simulación por ordenador de un evento de impacto de un proyectil que impacta en un panel compuesto y que ilustra el movimiento de las fibras con relación a la matriz como resultado de una adhesión controlada entre las fibras y la matriz;

La Figura 9 es una ilustración en sección de un artículo compuesto tal como durante un evento de impacto y que ilustra el movimiento controlado de la fibra con relación a la matriz de una forma que controla la penetración del proyectil a través del artículo compuesto;

La Figura 10 es una ilustración esquemática de una configuración de prueba para medir diferencias en el desplazamiento axial de fibras en una matriz y en el que las fibras tienen cada una diferentes configuraciones de superficie o tratamientos superficiales;

La Figura 11 es un gráfico de la tensión de la fibra para el ensayo de configuración de la Figura 10 y que ilustra las diferencias en los niveles de adhesión entre la matriz y las fibras que tienen diferentes configuraciones de superficie o tratamientos; y

La Figura 12 es una ilustración de un diagrama de flujo que incluye una o más operaciones que pueden comprender una metodología de fabricación de un artículo compuesto.

Descripción detallada

Con referencia ahora a los dibujos en los que las exposiciones son con el propósito de ilustrar las realizaciones preferidas y diversas de la divulgación, se muestra en la Figura 1 una realización de un artículo 10 compuesto. El artículo 10 compuesto se puede fabricar como un panel 14 compuesto que comprende una matriz 30 y una pluralidad de fibras 32 incrustadas dentro de la matriz 30. Las fibras 32 pueden estar formadas de material de fibra 32 sustancialmente ópticamente transparente. Asimismo, la matriz 30 puede estar compuesta por un material de matriz 30 polimérica sustancialmente ópticamente transparente, aunque la matriz 30 puede estar formada por otras composiciones de material. Aunque el artículo 10 compuesto se ilustra en la Figura 1 en una configuración de panel 14 que tiene superficies sustancialmente paralelas del panel 14, el artículo 10 compuesto puede proporcionarse en cualquiera de una amplia variedad de tamaños, formas y configuraciones, sin limitación, y puede incluir cualquier cantidad de superficies planas y/o superficies de curvatura compuestas.

Ventajosamente, el artículo 10 compuesto como se ilustra en la Figura 1 está configurado específicamente para proporcionar niveles variables de adhesión entre las fibras 32 y la matriz 30 en todo el artículo 10 compuesto variando espacialmente el nivel 56 de adhesión entre las fibras 32 y la matriz 30, puede controlarse la cantidad y/o longitud de las fibras 32 que están involucradas en un evento de impacto. Más específicamente, variando espacialmente los niveles 56 de adhesión de la fibra y la matriz a lo largo del artículo 10 compuesto, se puede controlar la desaceleración de un proyectil u objeto balístico que pasa a través del artículo 10 compuesto.

Además, se divulgan realizaciones del artículo 10 compuesto en donde los niveles 56 de adhesión entre las fibras 32 y la matriz 30 se varían espacialmente de una forma para controlar los modos de falla de las fibras 32 como una función de la distancia o penetración del proyectil a través del artículo 10 compuesto. A este respecto, la presente divulgación proporciona el beneficio técnico de aumentar selectivamente la cantidad o longitud de cada fibra 32 que está involucrada en un evento balístico de manera que la deformación por tracción en cada fibra 32 pueda distribuirse a través de una longitud relativamente más larga de la fibra 32. Al aumentar la longitud de las fibras 32 que están implicadas en un evento balístico, puede aumentarse la cantidad total de energía del proyectil absorbida por las fibras 32.

Además, variando selectivamente los niveles 56 de adhesión en todo el artículo 10 compuesto, el movimiento relativo de las fibras 32 seleccionadas puede aumentarse para aumentar la duración de un evento de impacto balístico que da como resultado un aumento en la cantidad de tiempo que las fibras 32 tienen para desacelerar un proyectil y aumentar la cantidad de energía del proyectil que puede ser absorbida por las fibras 32. Además, la presente divulgación contempla controlar o variar espacialmente los niveles 56 de adhesión de la matriz 30 con la fibra 32, en diferentes lugares a lo largo del artículo 10 compuesto como un medio para controlar el tamaño del área del artículo 10 compuesto que es impactado o dañado por un proyectil. Incluso adicionalmente, la presente divulgación contempla controlar o variar espacialmente los niveles 56 de adhesión de la matriz con la fibra como un medio para controlar la deslaminación o separación de capas 74 adyacentes entre sí durante un evento tal como un evento balístico.

Con referencia a la Figura 1, se muestra el artículo 10 compuesto que está formado en una configuración de panel 14 y que comprende la pluralidad de fibras 32 incrustadas dentro de la matriz 30. Como se indicó anteriormente, las fibras 32 son preferiblemente sustancialmente ópticamente transparentes, aunque una o más porciones de las fibras 32 pueden formarse de material opaco u otros materiales que tengan diferentes niveles de transparencia óptica. Las fibras 32 pueden servir como refuerzo estructural para la matriz 30 sustancialmente transparente y pueden mejorar el desempeño mecánico del material 10 compuesto. Por ejemplo, las fibras 32 proporcionan refuerzo estructural de una forma para mejorar la rigidez específica del artículo 10 compuesto (es decir, la rigidez del artículo 10 compuesto dividido por la densidad del artículo 10 compuesto) debido al aumento de la resistencia a la tracción y el módulo de elasticidad de las fibras 32.

Con referencia a la Figura 2, se muestra una ilustración en perspectiva en despiece ordenado del panel 14 de la Figura 1 y que ilustra la pluralidad de fibras 32 generalmente formadas como tiras y dispuestas en capas 74 dentro de la matriz 30. Como se puede ver en la Figura 2, las fibras 32 se muestran con una forma de sección transversal alargada que incluye preferiblemente un par opuesto de caras de fibra 32 sustancialmente planas tales como las superficies 40, 42 superior e inferior. Las superficies 36 de fibra de las fibras 32 pueden disponerse para ser sustancialmente paralelas a una superficie 12 del artículo sustancialmente plana del artículo 10 compuesto. Tal orientación de las fibras 32 dentro de la matriz 30 puede mejorar el desempeño óptico del artículo 10 compuesto.

Con referencia a la Figura 3, se muestra una ilustración en perspectiva ampliada del artículo 10 compuesto en el que las fibras 32 están dispuestas en las capas 74 dentro de la matriz 30. Como se muestra en la Figura 3, las fibras 32 en cada una de las capas 74 pueden estar generalmente orientadas sustancialmente paralelas entre sí. En la realización ilustrada en la Figura 3, las capas 74 pueden disponerse en una configuración de capas cruzadas en donde las fibras 32 están orientadas perpendicularmente con respecto a la orientación de las fibras 32 en las capas 74 inmediatamente adyacentes. Sin embargo, las capas 74 pueden estar dispuestas en una variedad de configuraciones alternativas. Por ejemplo, las fibras 32 de una capa 74 pueden orientarse en cualquier ángulo no perpendicular (por ejemplo, a 15°, 22,5°, 45°, 60°, 75°, etc.) con relación a las fibras 32 de una o más de las capas 74.

Con referencia todavía a la Figura 3, aunque el artículo 10 compuesto se ilustra como que tiene tres capas 74 de fibras 32, puede proporcionarse cualquier cantidad de capas 74. Por ejemplo, el artículo 10 compuesto puede incluir una única capa 74 de fibras 32 o decenas o más capas 74 de fibras 32. Además, las fibras 32 en cada capa 74 no están limitadas a estar orientadas sustancialmente paralelas entre sí como se ilustra en la Figura. 3. Por ejemplo, una parte de las fibras 32 en una capa 74 puede orientarse en una relación no paralela entre sí. Aún más, aunque las Figuras 1-3 ilustran que las fibras 32 de cada capa 74 están generalmente dispuestas en una relación uniformemente espaciada entre sí, las fibras 32 pueden estar espaciadas en disposiciones no uniformes. Incluso adicionalmente, las fibras 32 en una capa 74 pueden estar dispuestas en una configuración tejida (no mostrada) y/o en la configuración no tejida ilustrada en las Figuras 1-3. Adicionalmente, una o más de las fibras 32 de una o más de las capas 74 pueden colocarse en contacto o sin contacto en relación con las fibras 32 de la misma capa 74 y/o con las fibras 32 de las capas 74 adyacentes.

Con referencia a la Figura 4A, se muestra una ilustración ampliada de una de las fibras 32 que tiene niveles 56 de adhesión diferentes a lo largo de una longitud de la fibra 32. El nivel 56 de adhesión se puede caracterizar como una medida de la resistencia del enlace 54 a una interfaz 52 entre la fibra 32 y la matriz 30 y puede comprender la resistencia del enlace 54 a lo largo de la longitud de la fibra 32. Se debe observar que, en el contexto de la presente divulgación, propiedades tales como la resistencia y la deformación se expresan en términos de propiedades dinámicas y/o propiedades cuasiestáticas. La Figura 4A ilustra un eje 50 de fibra de la fibra 32 que se extiende a lo largo de la longitud de la fibra 32. El nivel 56 de adhesión puede ser una medida de la resistencia de la unión 54 en la interfaz 52 entre la fibra 32 y la matriz 30 a lo largo de una dirección sustancialmente paralela al eje 50 de la fibra. Sin embargo, el nivel 56 de adhesión también puede incluir la resistencia de la unión 54 en la interfaz 52 entre las fibras 32 y la matriz 30 a lo largo de direcciones no paralelas o en una dirección transversal al eje 50 de la fibra.

Con referencia todavía a la Figura 4A, el nivel 56 de adhesión puede variar a lo largo de la longitud de la fibra 32 y puede representarse por un primer nivel 58 de adhesión en una porción de la longitud de la fibra 32 y un segundo nivel 60 de adhesión en otra porción de la longitud de la fibra 32 como se ilustra en la Figura 4A. A este respecto, la Figura 4A ilustra un cambio por etapas en el nivel 56 de adhesión a lo largo de la longitud de la fibra 32. Tal cambio en el nivel 56 de adhesión puede ser periódico a lo largo de la longitud de la fibra 32 y puede incluir múltiples cambios en el nivel 56 de adhesión a lo largo de la longitud de la fibra 32. Para cambios por etapas en el nivel 56 de adhesión, el aumento y/o disminución en el nivel 56 de adhesión se puede repetir como un patrón de aumentos y/o disminuciones en el nivel 56 de adhesión a lo largo de la longitud de la fibra 32. El nivel 56 de adhesión a lo largo de una longitud de fibra 32 puede alternar entre niveles relativamente altos de adhesión y niveles relativamente bajos de adhesión. El cambio periódico también puede ser generalmente uniforme, variando en etapas, variando sinusoidalmente, o cualquier cantidad de una variedad de configuraciones para variar el nivel 56 de adhesión a lo largo de la longitud de la fibra 32.

Con referencia todavía a la Figura 4A, tales cambios en el nivel 56 de adhesión se pueden realizar mejorando la resistencia o características de la unión 54 entre la fibra 32 y la matriz 30. Además, los cambios en el nivel 56 de adhesión se pueden realizar reduciendo la resistencia o características de la unión 54 en la interfaz 52 entre la fibra 32 y la matriz 30. Por ejemplo, al menos una porción de la fibra 32 puede proporcionarse o recubrirse con un agente 68 de liberación para reducir el nivel 56 de adhesión de la fibra 32 en esa porción de la longitud de la fibra 32. El agente 68 de liberación puede comprender uno cualquiera de varios agentes 68 de liberación apropiados que incluyen, pero no se limitan a, un revestimiento de alta tensión superficial, un agente 68 de liberación del molde tal como FREKOTE^{MR}, o cualquier otro agente 68 de liberación adecuado.

Por el contrario, el nivel 56 de adhesión entre la fibra 32 y la matriz 30 puede aumentarse recubriendo al menos una parte de una de las fibras 32 con un agente 70 de unión (Figura 4A). El agente 70 de unión puede comprender un recubrimiento químico que mejora la adhesión entre la fibra 32 y la matriz 30. Por ejemplo, se pueden aplicar agentes 70 de unión tales como silanos que incluyen, pero no se limitan a, glicidoxi trimetoxisilano a lo largo de al menos una porción de una fibra 32 para aumentar la unión 54 entre la fibra 32 y la matriz 30. La adhesión también se puede aumentar eliminando contaminantes de una parte de una fibra 32. Dichos contaminantes pueden incluir aceites que pueden reducir el nivel 56 de adhesión de la fibra 32 a la matriz 30 con respecto a una fibra 32 no contaminada. Las superficies 36 de fibra (Figura 4A) pueden limpiarse o tratarse para eliminar contaminantes tales como aceites que pueden reducir el nivel 56 de adhesión entre la fibra 32 y la matriz 30. Por ejemplo, las fibras 32 pueden limpiarse con alcohol o acetona para eliminar los contaminantes.

Con referencia todavía a la Figura 4A, el nivel 56 de adhesión de al menos una porción de una fibra 32 también puede aumentarse modificando mecánicamente localmente la configuración de superficie de la fibra 32. Por ejemplo, el nivel 56 de adhesión puede aumentarse aumentando la rugosidad 72 superficial de al menos una porción de una fibra 32. A este respecto, al menos una parte de la fibra 32 puede erosionarse o bien procesarse para aumentar la rugosidad 72 superficial de al menos una porción de la fibra 32 en relación con un resto de longitud de fibra 32. Los aumentos en la rugosidad 72 superficial pueden dar lugar a modificar localmente una porción relativamente delgada de la superficie de la fibra creando pequeños salientes que pueden extenderse lateralmente hacia afuera desde la superficie 36 de la fibra y que pueden ser encapsulados por la matriz 30 y proporcionan resistencia incrementada contra el movimiento relativo de la fibra 32 y la matriz 30 tal como en una dirección axial de la fibra 32. Como puede

verse en la Figura 4A, la porción de la longitud de la fibra 32 indicada como el primer nivel 58 de adhesión incluye la rugosidad 72 superficial que aumenta el nivel 56 de adhesión de una porción de la fibra 32 con relación al segundo nivel 60 de adhesión a lo largo de la misma fibra 32.

Con referencia a la Figura 4B, se muestra una ilustración en sección ampliada de una porción de una longitud de fibra 32 en donde una superficie 40 superior de la fibra 32 tiene un primer nivel 58 de adhesión que puede ser más alto que una superficie inferior 42 de la fibra 32 que puede tener un segundo nivel 60 de adhesión. El segundo nivel 60 de adhesión puede ser inferior al primer nivel 58 de adhesión debido a la aplicación de un agente 68 de liberación a la superficie inferior 42 de la fibra 32. Del mismo modo, la superficie 40 superior de la fibra 32 puede incluir un tratamiento para aumentar la rugosidad 72 superficial con el fin de aumentar el nivel 56 de adhesión. Además, se puede aplicar un agente 70 de unión a la superficie 40 superior para mejorar el nivel 56 de adhesión de la misma.

Con referencia a la Figura 5, se muestra una ilustración en sección ampliada del artículo 10 compuesto tomada a lo largo de la línea 5 de la Figura 3 y que ilustra una pluralidad de capas 74 de las fibras 32 incrustadas dentro de la matriz 30. Como puede verse, la capa 82 intermedia de las fibras 32 puede tener un primer nivel 58 de adhesión mientras que la capa 80 más exterior o más superior de las fibras 32 puede tener un segundo nivel 60 de adhesión que puede ser diferente del primer nivel 58 de adhesión. Del mismo modo, la capa 84 más inferior de las fibras 32 ilustradas en la Figura 5 pueden estar provistas de un nivel 56 de adhesión que puede ser similar al nivel 56 de adhesión de la capa 80 más superior o que puede estar provista de un nivel 56 de adhesión similar al nivel 56 de adhesión de la capa 82 intermedia de fibras 32. Alternativamente, la capa 84 más inferior de fibras 32 puede estar provista de un nivel 56 de adhesión diferente que la capa 82 intermedia o la capa 80 más superior.

A este respecto, la Figura 5 ilustra una realización de variar espacialmente el nivel 56 de adhesión entre o a través de las capas 74 del artículo 10 compuesto. Debe observarse que pueden proporcionarse disposiciones para variar espacialmente los niveles 56 de adhesión en diferentes combinaciones. Por ejemplo, la variación en el nivel 56 de adhesión a través de las capas 74 como se ilustra en la Figura 5 puede combinarse con la variación de los niveles 56 de adhesión a lo largo de las fibras 32 en cualquiera de las capas 74 similar a la variación en el nivel 56 de adhesión como se ilustra en las Figuras 4A y 4B. Asimismo, las variaciones en los niveles 56 de adhesión entre las fibras 32 en una capa 74 dada pueden combinarse con variaciones en los niveles 56 de adhesión a través de diferentes capas 74 del artículo 10 compuesto. Además, los niveles 56 de adhesión de la fibra y la matriz pueden variar de acuerdo con la geometría del artículo 10 compuesto. Por ejemplo, los niveles 56 de adhesión se pueden variar a lo largo del ancho 16 del panel (Figura 6) o la longitud 17 del panel (Figura 6), a lo largo del espesor 18 del panel (Figura 7) o a lo largo de cualquier otro parámetro geométrico del artículo 10 compuesto.

Refiriéndonos brevemente a la Figura 7, la variación en el nivel 56 de adhesión entre las capas 74 puede incluir progresivamente variar (es decir, progresivamente aumentar o progresivamente disminuir) el nivel 56 de adhesión de las fibras 32 dentro de una pila 78 de capas 74. Una pila 78 de las capas 74 puede representar cualquier cantidad de capas 74 en un artículo 10 compuesto. La variación en el nivel 56 de adhesión a través de las capas 74 del apilamiento 78 de capas puede proporcionarse por etapas en donde el nivel 56 de adhesión varía de un grupo de capas 74 a otro grupo de capas 74 en la pila 78. Un grupo 76 de capas 74 puede comprender capas 74 adyacentes de cualquier cantidad incluyendo una única capa 74. Uno o más grupos 76 de capas 74 pueden tener niveles 56 de adhesión más altos que los niveles 56 de adhesión de un grupo 76 de capas adyacentes como se describe con mayor detalle a continuación.

Además, la variación en los niveles 56 de adhesión a través de las capas 74 puede proporcionarse en un patrón de grupos 76 de capas y que puede ser un patrón repetitivo a través de la pila 78 de capas. Las fibras 32 en cada una de las capas 74 de un grupo 76 de capas pueden tener niveles 56 de adhesión que son sustancialmente equivalentes a los niveles 56 de adhesión de un grupo 76 no adyacente de capas 74. En una realización, la fibra 32 en cada capa 74 de un grupo 76 de capas puede tener niveles 56 de adhesión sustancialmente equivalentes. Sin embargo, como se indicó anteriormente, la presente divulgación contempla combinar disposiciones para variar los niveles 56 de adhesión dentro del artículo 10 compuesto incluyendo variar los niveles 56 de adhesión entre las fibras 32 (Figura 6) dentro de una capa 74 dada en combinación con la variación de los niveles 56 de adhesión a través de grupos 74 de capas (Figura 7).

Con referencia a la Figura 6, se muestra una ilustración esquemática en vista superior de una pluralidad de fibras 32 de una capa 74 (Figura 7) incrustada dentro de la matriz 30 de un artículo 10 compuesto en una configuración de panel 14 en la que el panel 14 tiene un ancho 16 del panel y una longitud 17 del panel. La Figura 6 ilustra una realización del artículo 10 compuesto en donde los niveles 56 de adhesión pueden variar entre las fibras 32 de las capas 74 (Figura 7). Por ejemplo, una o más fibras 32 en una capa 74 pueden tener un nivel 56 de adhesión que puede ser mayor que una o más fibras 32 en las mismas capas 74. A este respecto, la Figura 6 ilustra grupos 34 de fibras de las mismas capas 74. Un grupo 34 de fibras puede comprender fibras 32 adyacentes de cualquier cantidad dentro de una capa 74 dada (Figura 7) y que puede tener un nivel 56 de adhesión diferente que un grupo 34 de fibras adyacentes.

La Figura 6 ilustra grupos 34 de fibras situadas a lo largo de los bordes del panel 14. Los grupos 34 de fibras se ilustran como teniendo un segundo nivel 60 de adhesión. La Figura 6 también ilustra otro grupo 34 de fibras de un primer nivel 58 de adhesión situado entre los grupos 34 de fibras que tienen el segundo nivel 60 de adhesión. El primer nivel 58 de adhesión puede ser diferente del segundo nivel 60 de adhesión. Por ejemplo, el primer nivel 58 de adhesión puede ser mayor que el segundo nivel 60 de adhesión para proporcionar una rigidez relativamente mayor al panel 14 compuesto en la ubicación de los grupos 34 de fibras que tienen el primer nivel 58 de adhesión. Como puede apreciarse, los niveles 56 de adhesión entre cualquier capa 74 dada pueden distribuirse en cualquier disposición adecuada y no están limitados a la disposición que se ilustra en la Figura 6.

Con referencia todavía a la Figura 6, la variación o cambio en el nivel 56 de adhesión entre las fibras 32 de cualquier capa 74 dada (Figura 7) puede proporcionarse de cualquier manera adecuada, incluyendo un cambio progresivamente creciente o decreciente de los niveles 56 de adhesión a través una capa 74 dada (Figura 7). Además, los niveles 56 de adhesión pueden alterarse mejorando la resistencia o características de la unión 54 en la interfaz 52 entre la fibra 32 y la matriz 30 o reduciendo la resistencia o características de la unión 54 en la interfaz 52 entre la fibra 32 y la matriz 30. Por ejemplo, un grupo de fibras 32 puede recubrirse con un agente 68 de liberación para reducir el nivel 56 de adhesión entre las fibras 32 y la matriz 30. Alternativamente, se puede aplicar un agente 70 de unión a las fibras 32 para aumentar el enlace 54 químico entre las fibras 32 y la matriz 30, tal como alterando las rigideces de la cadena principal del polímero y/o las longitudes de cadena de las composiciones de fibra 32. Además, las superficies de las fibras 32 pueden tratarse o procesarse tal como limpiando las fibras 32 para eliminar contaminantes tales como aceite para aumentar los niveles 56 de adhesión.

Los niveles 56 de adhesión de las fibras 32 también pueden aumentarse aumentando la rugosidad 72 superficial de las fibras 32 con respecto a la rugosidad 72 superficial de las fibras 32 en su estado original o fabricado. La Figura 6 ilustra la aplicación local de la rugosidad 72 superficial a partes discretas de ciertas fibras 32. La aplicación local de la rugosidad 72 superficial puede aumentar el nivel 56 de adhesión en las ubicaciones de la longitud de la fibra 32. De esta manera, las fibras 32 en una capa 74 dada (Figura 7) pueden tratarse localmente para aumentar o disminuir el nivel 56 de adhesión con el fin de efectuar una respuesta deseada a un evento de impacto de un proyectil u objeto con el artículo 10 compuesto.

Además, el nivel 56 de adhesión de un grupo de fibras 32 puede aumentarse utilizando fibras 32 que tienen composiciones de fibra 32 de polímero diferentes en relación con las composiciones de fibra 32 de fibras 32 en otros grupos 34 de fibras de las mismas capas 74 (Figura 7). Por ejemplo, las fibras 32 fluoradas pueden incluirse dentro de un grupo de capas 74 (Figura 7) para proporcionar una adhesión reducida a la matriz 30 con relación a los niveles 56 de adhesión de los grupos 34 de fibras que tienen fibras 32 no fluoradas. Además, los niveles 56 de adhesión pueden alterarse usando un material de matriz 30 que tiene diferentes composiciones de matriz 30 para proporcionar una adhesión reducida a las fibras 32.

Con referencia a la Figura 7, se muestra una ilustración esquemática lateral de un artículo 10 compuesto que tiene una pluralidad de capas 74. Como se mencionó anteriormente con respecto a la Figura 5, un grupo de capas 74 puede estar provisto con niveles 56 de adhesión diferentes entre la pila 78 de capas. Un grupo de capas 74 puede comprender capas 74 adyacentes de cualquier cantidad incluyendo una única capa 74. La Figura 7 ilustra un grupo de capas 74 en la parte más superior del artículo 10 compuesto que tiene un primer nivel 58 de adhesión y el grupo más inferior de las capas 74 que también tienen un primer nivel 58 de adhesión. El grupo de capas 82 intermedias situadas entre las capas 80 más externas se ilustra con un segundo nivel 60 de adhesión que puede ser inferior al primer nivel 58 de adhesión. Alternativamente, un grupo más externo de capas 80 puede tener un primer nivel 58 de adhesión y las capas 74 restantes del artículo 10 compuesto pueden tener un segundo nivel 60 de adhesión que puede ser mayor que el primer nivel 58 de adhesión.

A este respecto, la Figura 7 ilustra la variación del nivel 56 de adhesión entre las capas 74 dentro de una pila 78 de capas. La variación en los niveles 56 de adhesión a través de las capas 74 de la pila 78 de capas puede ser progresiva, tal como un aumento o disminución progresivo o gradual o variación en los niveles 56 de adhesión a través del apilamiento 78 de capas. El nivel 56 de adhesión puede ser mayor para una cantidad predeterminada o grupo de capas 74 dentro del apilamiento 78 de capas con relación a las capas 74 restantes en el apilamiento 78 de capas. Además, los niveles 56 de adhesión pueden variar dentro de una capa 74 dada de una pila 78. Los niveles 56 de adhesión también pueden variar a lo largo de una longitud de una fibra 32 dentro de una capa 74. Por ejemplo, la Figura 7 ilustra la aplicación localizada de rugosidad 72 superficial a una o más fibras 32 en una capa 74 para aumentar localmente el nivel 56 de adhesión de las fibras 32. Se pueden proporcionar otros tratamientos a las fibras 32 para aumentar o disminuir los niveles 56 de adhesión.

Con referencia a la Figura 7, el nivel 56 de adhesión puede variarse dentro de un artículo 10 compuesto tal como un panel 14 compuesto con el fin de proporcionar un grado deseado de movimiento de las fibras 32 seleccionadas con respecto a la matriz 30. Por ejemplo, el artículo 10 compuesto puede implementarse como un panel 14 balístico que tiene superficies 20 de panel opuestas y que define un espesor 18 de panel como se ilustra en la Figura 7. El panel 14 puede configurarse de manera que las fibras 32 en la capa o capas 74 más próximas a una de las superficies 20 del panel tengan un nivel 56 de adhesión que difiere hasta aproximadamente 90% con respecto a la capa 74 más

cercana al opuesto a las superficies 20 del panel. Para su implementación como un panel 14 balístico, las superficies 20 de panel pueden comprender una cara 22 de ataque y una cara 26 posterior como se ilustra en la Figura 7. La cara 22 de ataque puede estar configurada para recibir un impacto de un objeto tal como de un proyectil y puede estar orientada, posicionada o bien dispuesta para recibir impactos de objetos. La cara 26 posterior puede estar en un lado del panel 14 opuesto a la cara 22 de ataque.

El nivel 56 de adhesión de las fibras 32 en la capa o capas 74 más cercanas a la cara 22 de ataque puede ser mayor que los niveles 56 de adhesión de las fibras 32 en la capa o capas 74 más cercanas a la cara posterior 26. Proporcionando mayores niveles 56 de adhesión en las capas 74 cerca de la cara 22 de ataque, la porción 24 del panel 14 cerca de la cara 22 de ataque puede tener una rigidez más alta que la porción 28 del panel 14 cerca de la cara 26 posterior. Una mayor rigidez para la cara 22 de ataque puede facilitar la absorción de una porción de la energía del proyectil durante la porción inicial del impacto con la cara 22 de ataque causando una deformación en la parte más delantera del proyectil mientras que una parte trasera del proyectil continúa moviéndose. A este respecto, una cara 22 de ataque relativamente rígida debido a un nivel 56 de adhesión relativamente alto de la capa 74 puede aumentar el tiempo de permanencia durante el cual puede deformarse la parte más delantera del proyectil. La deformación de la parte más delantera del proyectil puede comprender un aumento de la formación de un aspecto de hongo de la porción más delantera del proyectil que puede aumentar el área superficial para contactar las fibras 32 y que implica un mayor porcentaje de fibras 32 para desacelerar el proyectil. Además, una rigidez relativamente mayor en una porción del artículo 10 compuesto cerca de la cara 22 de ataque debido a los niveles 56 de adhesión relativamente más altos cerca de la cara 22 de ataque puede proporcionar alternativamente un soporte rígido para una capa adicional de vidrio y/o cerámica (no mostrada) que puede estar unida a la cara 22 de ataque.

En una realización adicional, el artículo 10 compuesto puede estar configurado para proporcionar un grado controlado de deslaminación de al menos una capa 74 (Figura 7) con respecto a una capa 74 adyacente del artículo 10 compuesto. A este respecto, y refiriéndose a la Figura 7, el artículo 10 compuesto puede formarse de manera que al menos un par de las capas 74 se unan junto con un bajo nivel 56 de adhesión con relación al nivel 56 de adhesión entre una o más de las capas 74 restantes del artículo 10 compuesto. Por ejemplo, el artículo 10 compuesto ilustrado en la Figura 7 puede ensamblarse con un bajo nivel 56 de adhesión que incluye, pero no se limita a, una unión de resistencia cero entre al menos un par de capas 74 adyacentes dentro de la pila 78 de capas del artículo 10 compuesto. En una realización no limitativa, la capa o capas 74 que tienen un nivel 56 de adhesión relativamente bajo a una o más capas 74 adyacentes se pueden ubicar aproximadamente a la mitad de la profundidad del apilamiento de capas 78. Sin embargo, la selección de la ubicación dentro de la pila 78 de capas para uno o más pares de capas 74 que tienen bajos niveles 56 de adhesión puede estar en cualquier ubicación dentro de la pila 78 de capas. Por ejemplo, la capa o capas 74 que tienen un nivel 56 de adhesión relativamente bajo con una o más las capas 74 adyacentes pueden estar situadas en una porción del artículo 10 compuesto adyacente a la cara 26 posterior del artículo 10 compuesto.

Tal nivel 56 de adhesión relativamente bajo puede facilitar la deslaminación controlada de al menos una porción de tales capas 74 (Figura 7) del artículo 10 compuesto y permitir que dichas capas 74 deslaminadas o porciones de las mismas se muevan lateralmente (es decir, generalmente paralelas al plano de una capa 74) y/o transversalmente (es decir, generalmente perpendicular al plano de una capa 74) con respecto a las capas 74 restantes durante un evento de falla tal como un evento balístico. Por ejemplo, colocando las capas 74 que tienen un nivel 56 de adhesión relativamente bajo en una ubicación intermedia tal como entre las capas 82 intermedias (Figura 7) dentro de la pila 78 de capas, una porción inferior del artículo 10 compuesto puede deslaminarse desde una porción superior del artículo 10 compuesto de una forma controlada. Dicha deslaminación controlada puede permitir movimiento lateral (es decir, en el plano) y/o movimiento transversal (es decir, fuera del plano) de la parte inferior con relación a la parte superior del artículo 10 compuesto, haciendo que las capas 74 deslaminadas absorban la energía cinética del proyectil y lo desaceleren.

A este respecto, las capas 74 deslaminadas (Figura 7) o porciones del artículo 10 compuesto pueden deformarse y desviarse ventajosamente en mayor medida que la porción restante del artículo 10 compuesto. Tal deflexión o deformación aumentada de las capas 74 deslaminadas puede facilitar la absorción de energía de un proyectil y facilitar la desaceleración del proyectil cuando las capas 74 se deslaminan. La selección de la ubicación a través de todo el espesor de la capa o capas 74 que tienen baja adhesión o ninguna adhesión puede basarse en las propiedades del material de las fibras 32 y la matriz 30, el modo de falla deseado del artículo 10 compuesto incluyendo el modo de falla deseada de las capas 74 deslaminadas, y otros factores.

Con referencia en forma breve a la Figura 5, las fibras 32 pueden proporcionarse en cualquier configuración adecuada. Por ejemplo, las fibras 32 pueden tener cada una un espesor 46 de fibra y un ancho 48 de fibra tal que la fibra 32 tenga una forma generalmente alargada en sección transversal como se ilustra en la Figura 5. La forma de la sección transversal puede estar provista de superficies 36 de fibras relativamente planas o sustancialmente planas para minimizar la dispersión de la luz en la interfaz 52 entre la fibra 32 y la matriz 30. En este aspecto, la forma generalmente alargada de las fibras 32 las superficies superior e inferior 40, 42 pueden mejorar la calidad óptica del artículo 10 compuesto.

Además, las superficies 36 de fibras sustancialmente planas (Figura 5) están orientadas preferiblemente sustancialmente paralelas a las superficies 12 del artículo 10 compuesto. Sin embargo, las fibras 32 pueden estar incrustadas dentro de la matriz 30 de manera que las superficies 36 de fibra están orientados en cualquier orientación deseada con relación a la superficie 12 del artículo. Incluso adicionalmente, aunque se ilustra en la

Figura 5 como sustancialmente plana, las superficies 36 de fibra pueden ser ligeramente curvadas (es decir, ligeramente cóncavas, ligeramente convexas, coronadas) y no están limitadas a un perfil estrictamente sustancialmente plano o llano. Además, las fibras 32 están dispuestas preferiblemente de modo que los bordes 44 laterales están dispuestos en relación espaciada entre sí, aunque las fibras 32 pueden estar dispuestas de manera que los bordes 44 laterales estén en relación de contacto entre sí. Además, aunque se ilustra como una forma generalmente rectangular, las fibras 32 pueden proporcionarse en cualquier forma de sección transversal adecuada que incluye, pero no se limita a, un polígono, un cuadrilátero, un cuadrado, un rectángulo y cualquier otra forma adecuada.

Como se indicó anteriormente, las fibras 32 pueden estar compuestas de cualquier material de fibra 32 adecuado y, preferiblemente, están compuestas de material de fibra 32 sustancialmente ópticamente transparente. Asimismo, la matriz 30 puede estar formada de cualquier material de matriz 30 adecuado y, preferiblemente, puede estar formada de material de matriz 30 polimérica sustancialmente ópticamente transparente. Asimismo, la interfaz 52 (Figura 5) entre la unión 54 adhesiva entre las fibras 32 y la matriz 30 también puede ser sustancialmente ópticamente transparente. Sin embargo, el artículo 10 compuesto puede configurarse de manera que la matriz 30, las fibras 32 y/o la interfaz 52 son opacas o tienen niveles variables de transparencia óptica que varían entre sustancialmente ópticamente transparente hasta sustancialmente opaca a lo largo de una longitud o anchura del artículo 10 compuesto.

La matriz 30 y la fibra 32 pueden estar formadas por cualquier material termoplástico, resina termoendurecible o vidrio adecuado. Por ejemplo, la matriz 30 y/o la fibra 32 pueden formarse de un material termoplástico que comprende al menos uno de los siguientes materiales: fluorocarbonos, poliamidas, polietilenos, poliésteres, polipropilenos, policarbonatos, poliuretanos, polieteretercetona, polietercetona y cualquier otro material termoplástico adecuado. Asimismo, la fibra 32 y la matriz 30 pueden formarse de un material termoestable que puede incluir cualquiera de los siguientes: poliuretanos, compuestos fenólicos, poliimidas, bismaleimidas, poliésteres, epoxis y cualquier otro material termoestable adecuado. Incluso adicionalmente, las fibras 32 y/o la matriz 30 pueden formarse de vidrio que comprende vidrio E (vidrio de borosilicato de aluminio), vidrio S (vidrio de silicato de aluminio), sílice pura, vidrio de borosilicato y/o vidrio óptico.

Además, el artículo 10 compuesto (Figuras 1-10) puede configurarse en una cualquiera de una variedad de formas, tamaños y configuraciones diferentes. Por ejemplo, el artículo 10 compuesto puede configurarse para uso en cualquier aplicación vehicular o no vehicular. A este respecto, el artículo 10 compuesto puede configurarse con una transparencia de un vehículo tal como una aeronave. Por ejemplo, el artículo 10 compuesto puede comprender un parabrisas o una cubierta de una aeronave. El artículo 10 compuesto también puede configurarse en otra configuración tal como una membrana, un panel estructural, un panel arquitectónico, un panel 14 no estructural o artículo, o cualquier otra implementación del artículo 10 compuesto.

El artículo 10 compuesto puede estar configurado adicionalmente para tener diferentes propiedades 62 de adhesión (Figura 5) dentro del artículo 10 compuesto en donde las propiedades 62 de adhesión entre las fibras 32 y la matriz 30 pueden variar espacialmente dentro del artículo 10 compuesto. Las propiedades 62 de adhesión pueden representar las propiedades de la unión 54 adhesiva entre las fibras 32 y la matriz 30, tal como en la interfaz 52, como se ilustra en las Figuras 1-5. Las propiedades 62 de adhesión pueden variar espacialmente dentro o a todo lo largo del artículo 10 compuesto en cualquier número de las disposiciones descritas anteriormente con respecto a la variación espacial en los niveles 56 de adhesión en todo el artículo 10 compuesto.

Las propiedades 62 de adhesión pueden incluir resistencia relativa, rigidez, ductilidad, deformación hasta fallo y otras propiedades de la unión 54 adhesiva y que pueden variar a través de todo el artículo 10 compuesto. Por ejemplo, las propiedades 62 de adhesión pueden variarse a lo largo de una longitud de una o más de las fibras 32, tal como una variación periódica en las propiedades 62 de adhesión de la unión 54 adhesiva a lo largo de una porción de una fibra 32 o a lo largo de la longitud total de la fibra 32. Además, las propiedades 62 de adhesión pueden variar entre las fibras 32 de una capa 74 (Figura 5) dentro del artículo 10 compuesto. Por ejemplo, la rigidez de la adhesión entre las fibras 32 y la matriz 30 puede variar de una fibra 32 a una fibra 32 dentro de una capa 74. A este respecto, una o más capas 74 o un grupo de capas 74 pueden tener una rigidez relativamente mayor que un grupo adyacente de capas 74. Las propiedades 62 de adhesión pueden variar de una capa 74 a una capa 74 (Figuras 5 -6) o entre los grupos 76 de capas (Figura 7) para aumentar la rigidez en porciones localizadas del artículo 10 compuesto.

Por ejemplo, las Figuras 4A-4B ilustran una primera propiedad 64 de adhesión en una porción de la fibra 32 y una segunda propiedad 66 de adhesión en otra porción de la misma fibra 32. La Figura 6 ilustra una primera propiedad 64 de adhesión en grupos 34 de fibras situados en forma adyacente a los bordes del panel 14 y una segunda propiedad 66 de adhesión en un grupo 34 de fibras situado entre los grupos 34 de fibras que tienen la primera

propiedad 64 de adhesión. Asimismo, la Figura 7 ilustra una primera propiedad 64 de adhesión en el grupo 76 de capas más cercano a la parte más superior del panel 14 y una segunda propiedad 66 de adhesión en el grupo 76 de capas situado debajo del grupo 76 de capas que tiene la primera propiedad 64 de adhesión.

Por ejemplo, el artículo 10 compuesto puede configurarse de manera que las propiedades 62 de adhesión (Figuras 4A-7) den como resultado una rigidez mayor de la unión 54 adhesiva entre la fibra 32 y la matriz 30 para la capa 74 más cercana a una de las superficies 12 del artículo tales como la superficie 12 más superior del artículo ilustrada en la Figura 7. Por el contrario, la rigidez de la unión 54 adhesiva entre la fibra 32 y la matriz 30 en la capa 74 más cercana a la superficie 12 opuesta o más inferior del artículo puede ser menor que la rigidez de la unión 54 adhesiva en la capa o capas 74 más cercanas a la superficie 12 más superior del artículo como se ilustra en la Figura 7. Incluso adicionalmente, los niveles 56 de adhesión de la matriz con la fibra (Figuras 6-7) se pueden variar espacialmente de una forma para controlar la deslaminación o separación de las capas 74 adyacentes entre sí durante un evento tal como un evento balístico. A este respecto, las propiedades 62 de adhesión pueden variarse espacialmente dentro del artículo 10 compuesto en cualquier disposición deseada similar a la que se describió anteriormente con respecto a la variación espacial en los niveles 56 de adhesión.

Con referencia a la Figura 12, se muestra un diagrama de flujo que ilustra una o más operaciones que pueden implementarse en una metodología para fabricar un artículo 10 compuesto. La etapa 302 de la Figura 12 puede incluir incrustar una pluralidad de fibras 32 al menos parcialmente dentro de la matriz 30 similar a la que se ilustra en las Figuras 1-5. Las fibras 32 pueden estar incrustadas al menos parcial o completamente dentro de la matriz 30. Además, las fibras 32 pueden estar orientadas en cualquier disposición adecuada, incluida la configuración de capas cruzadas como se ilustra en las Figuras 2-3. Sin embargo, las capas 74 de fibras 32 pueden estar orientadas en cualquiera de una variedad de ángulos con respecto a las capas 74 adyacentes.

La etapa 304 de la metodología de la Figura 12 puede incluir unir las fibras 32 a la matriz 30 a un nivel deseado de adhesión 56 y/o con una propiedad 62 de adhesión (Figuras 4A-7). El nivel 56 de adhesión se puede caracterizar como una representación de la resistencia de la unión 54 (Figuras 4A-7) en la interfaz 52 entre las fibras 32 y la matriz 30 y puede comprender la resistencia de la unión 54 a lo largo de una longitud de la fibra 32. Las propiedades 62 de adhesión pueden incluir resistencia relativa, rigidez, ductilidad, deformación hasta la falla y otras propiedades de la unión 54 adhesiva y que pueden variar a todo lo largo del artículo 10 compuesto.

La etapa 306 de la metodología ilustrada en la Figura 12 puede incluir variar al menos uno del nivel 56 de adhesión (Figuras 4A-7) y la propiedad 62 de adhesión (Figuras 4A-7) espacialmente dentro del artículo 10 compuesto de acuerdo con una configuración deseada o meta de desempeño del artículo 10 compuesto. Por ejemplo, la etapa 308 puede comprender variar el nivel 56 de adhesión y la propiedad 62 de adhesión a lo largo de una longitud o una porción de la longitud de al menos una de las fibras 32. Como se describió anteriormente con respecto a la Figura 4A, el nivel 56 de adhesión en una porción de la longitud de la fibra 32 puede ser diferente del nivel 56 de adhesión en otra porción de la longitud de la fibra 32 y puede efectuarse aplicando un agente de unión, un agente 68 de liberación (Figuras 4A-6) o aplicando rugosidad 72 superficial (Figuras 4A-6) a la superficie 36 de la fibra a lo largo de una parte de la longitud de la fibra 32. Además, el nivel 56 de adhesión puede variarse alterando la química entre la fibra 32 y la matriz 30. Por ejemplo, una o más de las fibras 32 en el artículo 10 compuesto pueden tener una composición diferente a las fibras 32 restantes para proporcionar niveles aumentados o reducidos de adhesión a la matriz 30 con relación a las fibras 32 restantes. Por ejemplo, las fibras 32 fluoradas pueden proporcionar una adhesión reducida a la matriz 30 con relación a las fibras 32 no fluoradas.

La etapa 310 de la metodología ilustrada en la Figura 12 puede comprender variar el nivel 56 de adhesión y/o la propiedad 62 de adhesión entre las fibras 32 de al menos una de las capas 74 similar a la que se ilustra en la Figura 6. Por ejemplo, la Figura 6 ilustra grupos 34 de fibras que pueden estar constituidos por una o más fibras 32 adyacentes dispuestas entre sí y que pueden contar con diferentes niveles 56 de adhesión o propiedades 62 de adhesión. El nivel 56 de adhesión y/o las propiedades 62 de adhesión entre las fibras 32 de las capas 74 puede variarse aplicando agentes 70 de unión, agentes 68 de liberación, rugosidad 72 superficial, o diferentes composiciones de fibra 32 o matriz 30.

La etapa 312 puede comprender variar el nivel 56 de adhesión y/o la propiedad 62 de adhesión entre las capas 74 o un grupo de capas 74 dentro de la pila 78 de capas. A este respecto, la Figura 7 ilustra grupos 76 de capas que pueden incluir uno o más capas 74 que tienen niveles 56 de adhesión que son diferentes del nivel 56 de adhesión de un grupo de capa 74 adyacente. Los grupos 76 de capas pueden proporcionarse en patrones que pueden ser uniformes o repetitivos y que pueden ir aumentando o disminuyendo progresivamente a través de una pila 78 de capas. Los niveles 56 de adhesión pueden optimizarse para lograr una respuesta deseada del artículo 10 compuesto a un evento tal como un impacto de un proyectil con el panel 14 compuesto.

Con referencia a la Figura 8, se muestra una simulación por ordenador de un artículo 10 compuesto configurado como un panel 14 que tiene capas 74 de fibras 32 incrustadas en una matriz 30 y que ilustra el movimiento relativo de las fibras 32 dentro de la matriz 30 a lo largo de una dirección axial de las fibras 32. Como se indicó anteriormente, el nivel 56 de adhesión de las fibras 32 se adapta preferiblemente para facilitar un grado deseado de

movimiento de las fibras 32 con relación a la matriz 30 de una forma tal para controlar la longitud de la fibra 32 que puede estar involucrada en un evento. Los niveles 56 de adhesión se pueden adaptar para proporcionar un desplazamiento controlado de un proyectil durante el impacto con el panel 14. Idealmente, el nivel 56 de adhesión se controla de una forma tal que facilita el desplazamiento máximo de la fibra 32 para maximizar la absorción por las fibras 32 de energía cinética de un proyectil antes de la falla de la fibra 32.

A este respecto, el nivel 56 de adhesión regula el desplazamiento de las fibras 32 para regular la distancia que recorre una fibra 32 durante un evento de impacto. El nivel 56 de adhesión puede optimizarse para una aplicación y función dada del artículo 10 compuesto. El nivel 56 de adhesión varía preferiblemente a través del artículo 10 compuesto de una forma tal para evitar la extracción excesiva de las fibras 32 con relación a la matriz 30. La extracción excesiva de las fibras 32 con relación a la matriz 30 puede dar como resultado el acúñamiento del proyectil entre las fibras 32 sin rotura de la fibra 32. Por el contrario, los niveles 56 de adhesión excesivamente altos pueden dar como resultado una longitud relativamente corta de la fibra 32 que reacciona contra las cargas de tracción dando como resultado una rotura prematura de la fibra 32 tras alcanzar la deformación final de la fibra 32.

Además, el artículo 10 compuesto puede configurarse para controlar el modo de falla del artículo 10 compuesto durante un evento de impacto. El modo de falla se puede controlar mediante el control de la variación en el nivel 56 de adhesión y/o las propiedades 62 de adhesión en el artículo 10 compuesto. Por ejemplo, variando el nivel 56 de adhesión de la capa 74 a la capa, el modo de falla del artículo 10 compuesto puede ser controlado en función de la profundidad del artículo 10 compuesto o panel 14. A este respecto, la presente divulgación proporciona una disposición para variar el nivel 56 de adhesión en todo el artículo 10 compuesto que puede ser contraria a un enfoque intuitivo que puede dictar el aumento de la rigidez general del panel 14 en un intento por mejorar el desempeño balístico.

En contraste, la presente divulgación facilita la variación espacial en los niveles 56 de adhesión y las propiedades 62 de adhesión para controlar la rigidez del panel 14 de una forma que mejora el desempeño balístico. Por ejemplo, el artículo 10 compuesto puede configurarse para aumentar localmente la rigidez del panel 14 en una porción 24 del panel 14 adyacente a la cara 22 de ataque y un nivel 56 de adhesión relativamente más bajo a lo largo de la profundidad restante del panel 14 compuesto. La rigidez reducida en la parte restante del panel 14 puede facilitar un mayor grado de movimiento de la fibra 32 con relación a la matriz 30 de manera que una mayor porción de las fibras 32 pueda estar involucrada en un evento de impacto para facilitar la desaceleración de un proyectil antes del fallo de las fibras 32.

Con referencia a la Figura 9, se muestra un evento 100 de impacto simulado por ordenador que ilustra una cara 26 posterior de un panel 14 compuesto después del impacto por un proyectil 112 de una cara 22 de ataque del panel 14 compuesto. El proyectil 112 u objeto 110 en el evento 100 de impacto simulado por ordenador era una bola de acero de 5,5 milímetros que impacta un panel 14 compuesto por fibras 32 dispuestas en una configuración de capas cruzadas a lo largo de las direcciones 108 indicadas y similares a las que se ilustran en las Figuras 1-5. En la Figura 9, la dirección del movimiento o recorrido del proyectil 112 se ilustra mediante la flecha 114. El panel 14 compuesto en el evento 100 de impacto simulado por ordenador se configuró con niveles 56 de adhesión que facilitan la desaceleración y detención del proyectil 112 antes de la penetración a través la cara 26 posterior. Como se puede ver en la Figura 9, el evento de impacto dio como resultado el movimiento de la fibra 32 a lo largo de la dirección 102 indicada y resultando además en deslaminaciones de la capa 74 y agrietamiento 104 de la matriz, así como desunión 106 de la fibra. En este sentido, la Figura 9 representa los niveles 56 de adhesión espacialmente variables y las propiedades 62 de adhesión que dan como resultado un desplazamiento axial de las fibras 32 que impide la penetración completa del proyectil 112 a través del panel 14 compuesto.

Con referencia a la Figura 10, se muestra una configuración 200 de prueba de una prueba de extracción para demostrar variaciones en el nivel 56 de adhesión (Figuras 4A-7) de la matriz 206 con diferentes configuraciones de fibra 204 para determinar el efecto del nivel 56 de adhesión en el desempeño de las fibras 204 en un evento de falla. Se preparó una pluralidad de fibras 204 que tenían una resistencia a la tracción y rigidez finales conocidas con diferentes tratamientos superficiales. Uno de los tratamientos superficiales incluía la eliminación de contaminantes limpiando la fibra 204 con acetona. Los diferentes tratamientos superficiales también incluyen la aplicación de rugosidad 72 superficial (Figuras 4A-6) desgastando una de las fibras 204. Los tratamientos superficiales incluyen también la aplicación de un agente 68 de liberación (Figura 6) a una de las fibras 204 usando FREKOTE^{MR} para reducir el nivel 56 de adhesión entre la fibra 204 y la matriz 206. Una de las muestras 202 se preparó con la fibra 204 en la condición tal como se recibió, en donde la fibra 204 incluía aceite sobre la superficie 36 de la fibra (Figura 5). Como se muestra en la Figura 10, se preparó una pluralidad de las muestras 202 con las diferentes fibras 204 incrustadas dentro de una matriz 206 epóxica y que tienen colas de fibra 204 que se extienden fuera de la matriz 206. Las muestras 202 del compuesto de fibra 204 y matriz 206 se insertaron en un soporte 210 de muestra unido a una celda 208 de carga. Las colas de fibras 204 se unieron a un cabrestante 212. Se aplicó una carga de tracción y se registró como se desplazaba el cabrestante 212 como se ilustra en la Figura 10.

Con referencia a la Figura 11, se muestra un gráfico de la tensión de la fibra 214 y que ilustra la importancia del tratamiento superficial o la falta del mismo en el nivel 56 de adhesión (por ejemplo, Figuras 4A-7) alcanzable en la

interfaz 52 (por ejemplo, Figuras 4A-5) entre la fibra 204 (Figura 10) y la matriz 206 (Figura 10). Como se muestra en la Figura 11, la fibra 204 tal como se recibió ("Como se Recibió") alcanzó una tensión de 35 ksi antes de la extracción de la matriz 206. Por el contrario, la configuración de la fibra 204 que se limpió con acetona ("Con acetona" en la Figura 11) y la configuración de la fibra 204 que se limpió con acetona y luego se recubrió con un agente 68 de liberación ("Con FREKOTE" en la Figura 11) alcanzó una tensión de fibra 214 de aproximadamente 9 ksi antes de extracción de la matriz 206. La configuración de la fibra 204 (Figura 10) a la que se le aplicó rugosidad 72 superficial (por ejemplo, Figuras 4A-6) desgastando la fibra 204 ("Desgastada" en la Figura 11) proporcionó el mayor nivel 56 de adhesión alcanzando un esfuerzo de tracción de 81 ksi antes de la extracción de la matriz 206. Notablemente, la tensión de la fibra 214 alcanzada durante la extracción de las diferentes configuraciones de fibra 204 estaba por debajo de la capacidad de deformación por tracción máxima de 150 ksi de la fibra 204 lo que indicaba que la interfaz 52 (por ejemplo, Figuras 4A-5) entre la fibra 204 (Figura 10) y la matriz 206 (Figura 10) podría optimizarse para aumentar el nivel 56 de adhesión (por ejemplo, las Figuras 4A-7) con la matriz 206.

Las modificaciones y mejoras adicionales de la presente divulgación pueden ser evidentes para los expertos en la técnica. Por lo tanto, la combinación particular de partes descritas e ilustradas en este documento pretende representar solo ciertas realizaciones de la presente divulgación y no pretenden servir como limitaciones de realizaciones o dispositivos alternativos dentro del alcance de la divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Un artículo compuesto, que comprende:
 - una pluralidad de capas (74), comprendiendo la pluralidad de capas:
 - una pluralidad de fibras (32) al menos parcialmente incrustadas dentro de una matriz (30);
- 5 las fibras (32) se adhieren a la matriz (30) con un nivel de adhesión; y
 - el nivel de adhesión varía a lo largo de una longitud de al menos una de las fibras (32);
 - caracterizado porque la variación en el nivel de adhesión comprende un cambio periódico en los niveles de adhesión a lo largo de la longitud de la fibra entre un nivel relativamente alto de adhesión y un nivel relativamente bajo de adhesión.
- 10 2. El artículo compuesto de la reivindicación 1 que comprende además una variación en el nivel de adhesión entre las fibras (32) de al menos una de las capas (74) que comprende un grupo de fibras que tiene un nivel de adhesión diferente que un grupo de fibra adyacente.
- 15 3. El artículo compuesto en cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que al menos una parte de las capas forma una pila (78) de capas y comprende además una variación en el nivel de adhesión a través de las capas que comprende un grupo de capas (74) que tienen un diferente nivel de adhesión que el nivel de adhesión de un grupo de capas adyacentes.
4. El artículo compuesto de la reivindicación 1, en el que:
 - al menos una porción de una de las fibras (32) que tiene un agente (68) de liberación que reduce el nivel de adhesión de la fibra.
- 20 5. El artículo compuesto de la reivindicación 1, en el que:
 - al menos una porción de una de las fibras (32) que tiene un agente (70) de unión que aumenta el nivel de adhesión de la fibra.
6. El artículo compuesto de la reivindicación 1, en el que:
 - al menos una porción de una de las fibras (32) que tiene una rugosidad superficial diferente con respecto a una porción restante de la fibra y que da como resultado un nivel de adhesión más alto.
- 25 7. El artículo compuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que:
 - al menos una de la pluralidad de fibras (32) comprende una fibra sustancialmente ópticamente transparente;
 - la matriz (30) comprende una matriz polimérica sustancialmente ópticamente transparente; y
 - la fibra y la matriz (30) definen una interfaz que es sustancialmente ópticamente transparente.
- 30 8. El artículo compuesto en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que al menos uno de la matriz (30) y al menos uno de la pluralidad de fibras (32) se forma a partir de al menos uno de los siguientes:
 - un material termoplástico que comprende al menos uno de los siguientes: fluorocarbonos, poliamidas, polietilenos, poliésteres, polipropilenos, policarbonatos, poliuretanos, polieteretercetona, polietercetonaacetona;
 - un material termoestable que comprende al menos uno de los siguientes: poliuretanos, compuestos fenólicos, poliimididas, bismaleimidadas, poliésteres, epoxi; y
- 35 vidrio.
9. Un método de fabricación de un artículo compuesto, que comprende las etapas de:
 - embeber una pluralidad de fibras (32) al menos parcialmente dentro de una matriz (30);

adherir las fibras (32) a la matriz (30) con un nivel de adhesión; y

variar el nivel de adhesión a lo largo de una longitud de al menos una de las fibras (32);

caracterizado porque la variación del nivel de adhesión comprende un cambio periódico en los niveles de adhesión a lo largo de la longitud de al menos una de las fibras entre un nivel relativamente alto de adhesión y un nivel relativamente bajo de adhesión.

5 10. El método de la reivindicación 9 que comprende además variar el nivel de adhesión entre un grupo de fibras (32) de una capa en al menos uno de una forma progresiva y en grupos de fibras (32).

10 11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9-10, en el que al menos una parte de las capas (74) forma una pila (78) de capas y comprende además variar el nivel de adhesión entre al menos un grupo de capas (74) dentro de la pila (78) de capas.

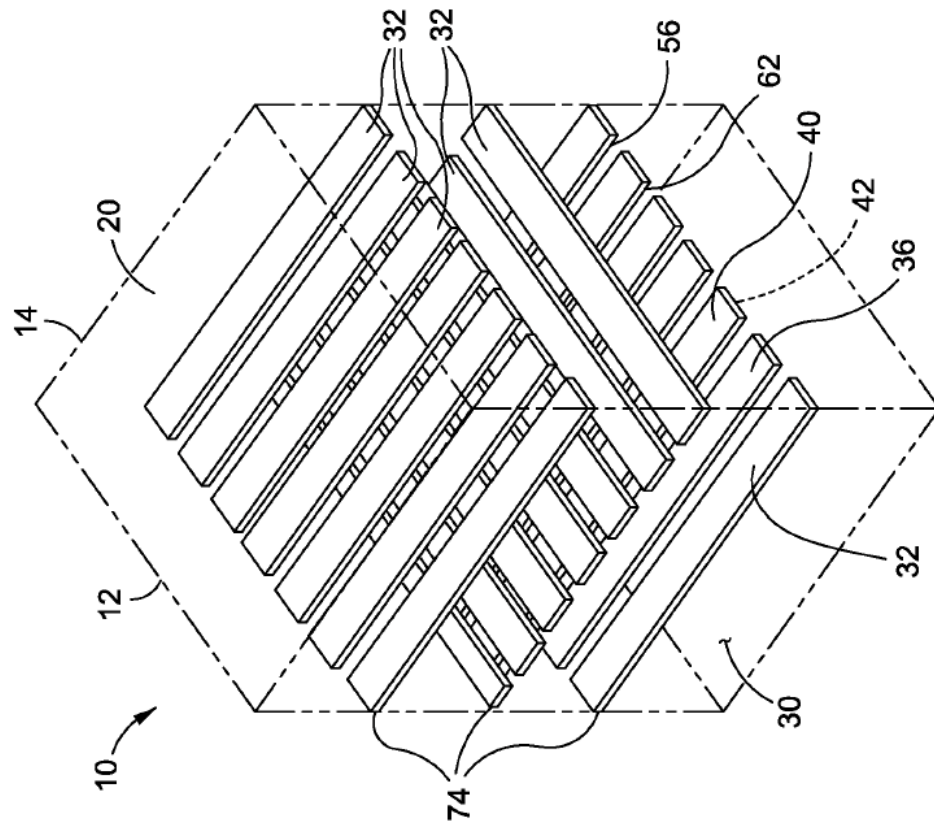


FIG. 2

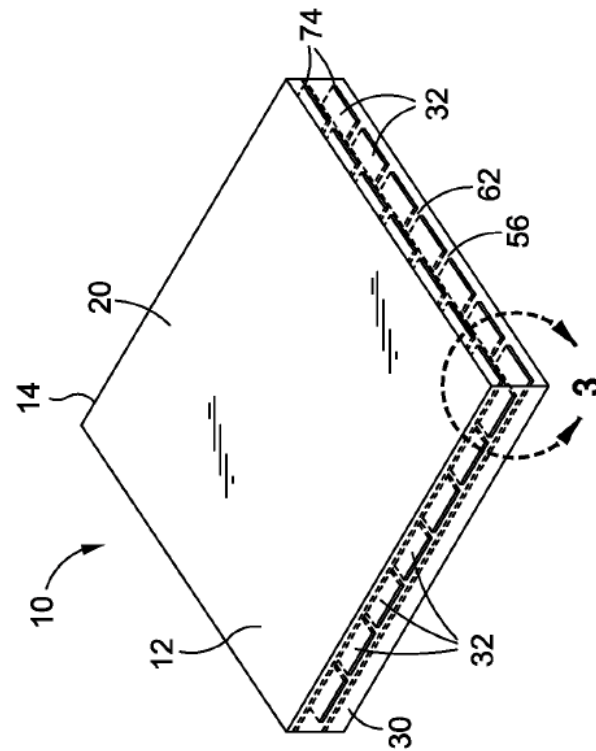


FIG. 1

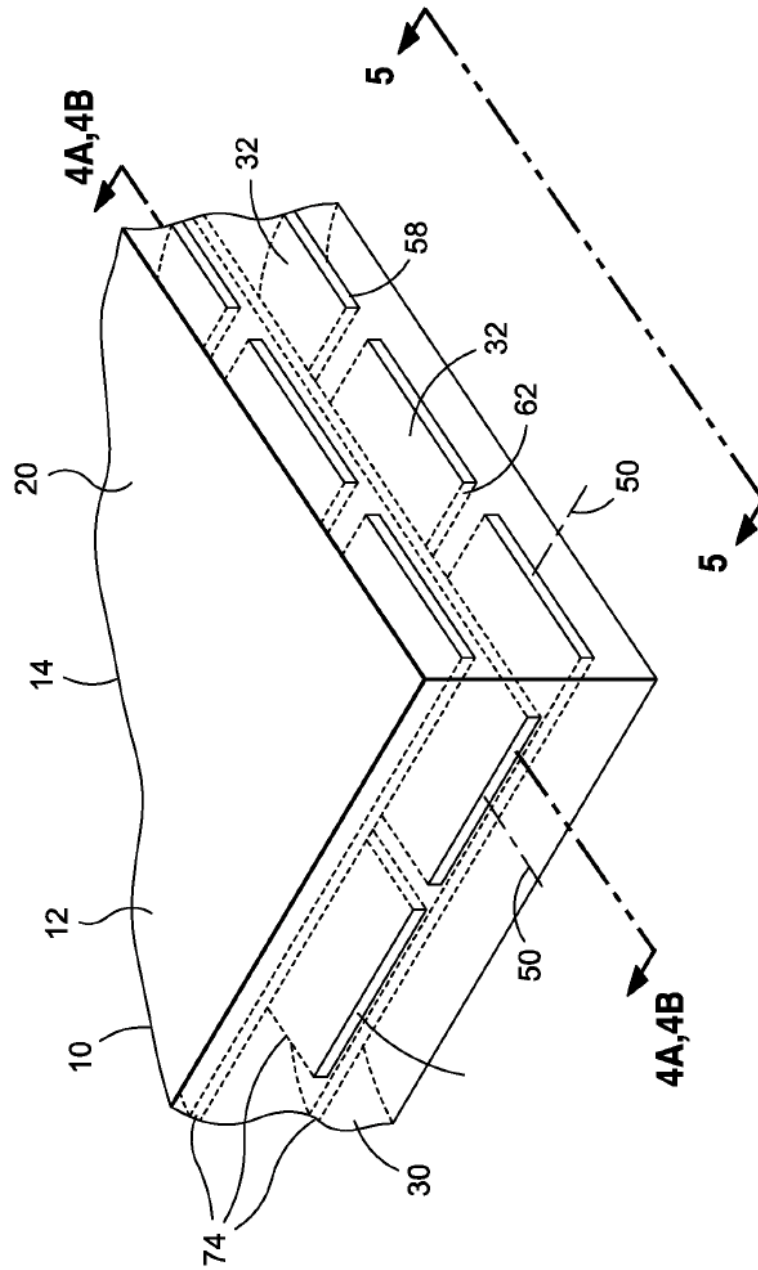


FIG. 3

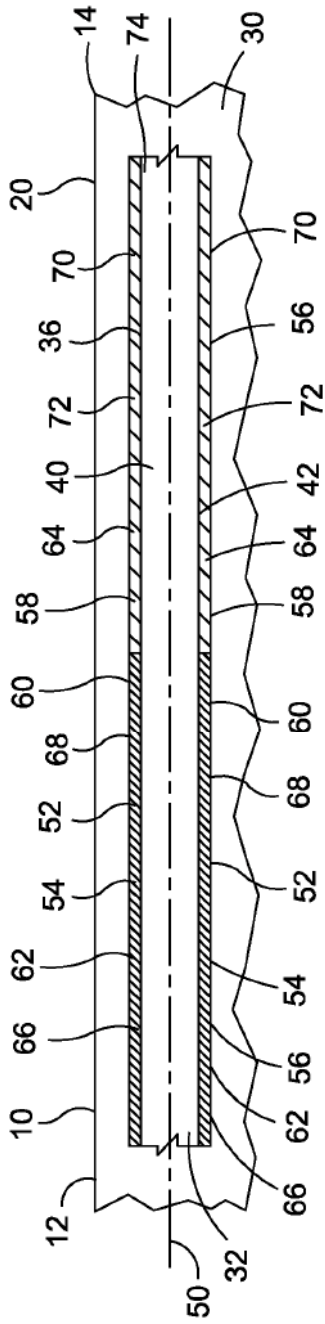


FIG. 4A

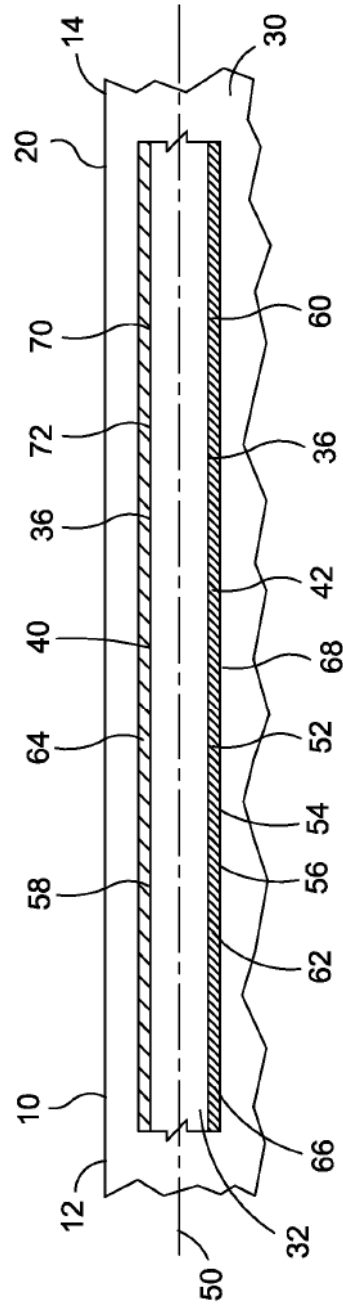


FIG. 4B

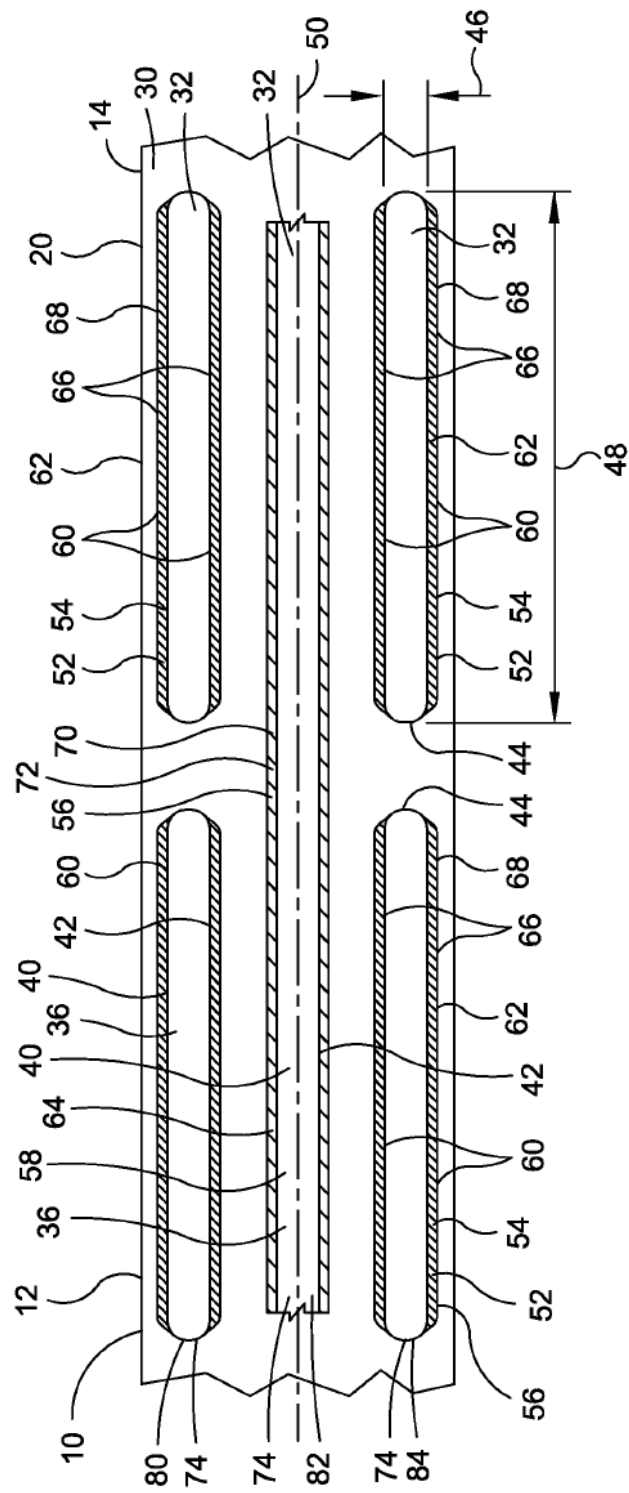


FIG. 5

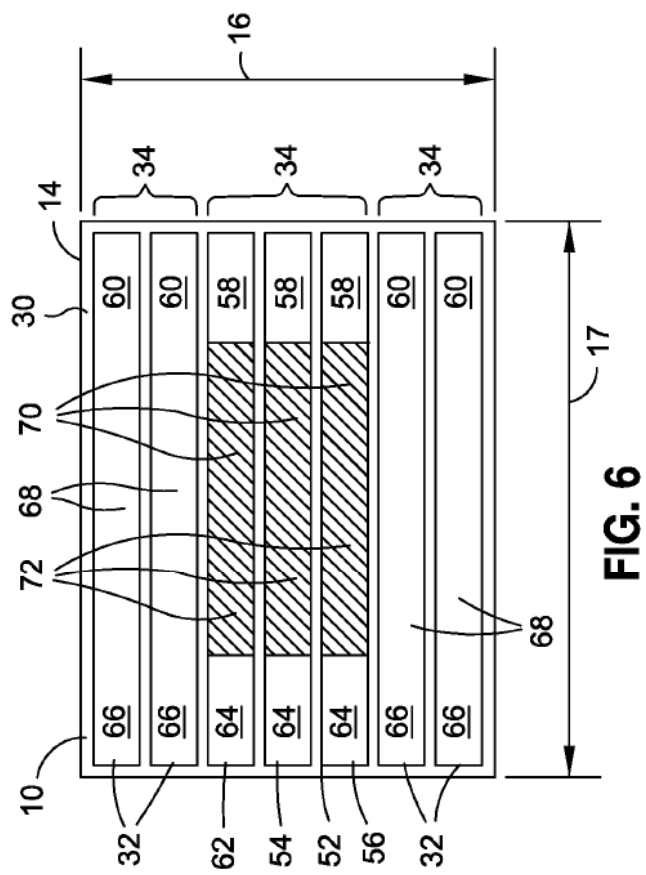
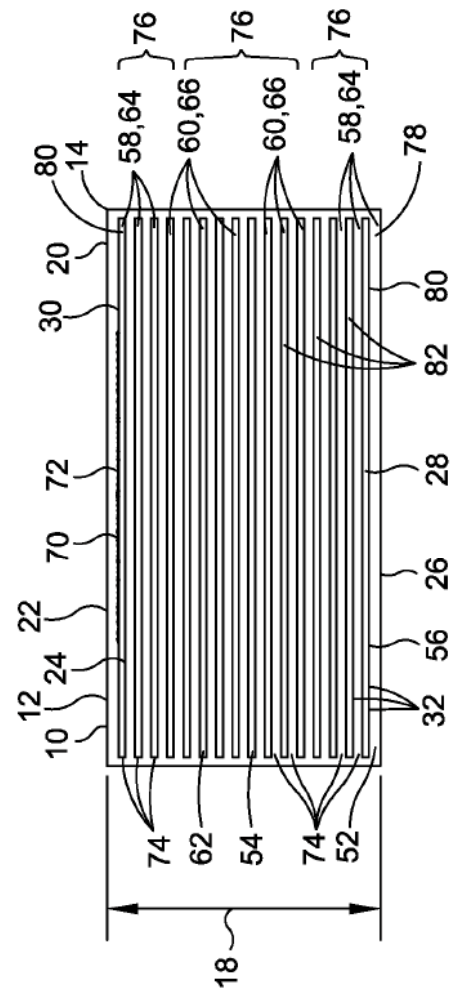


FIG. 6



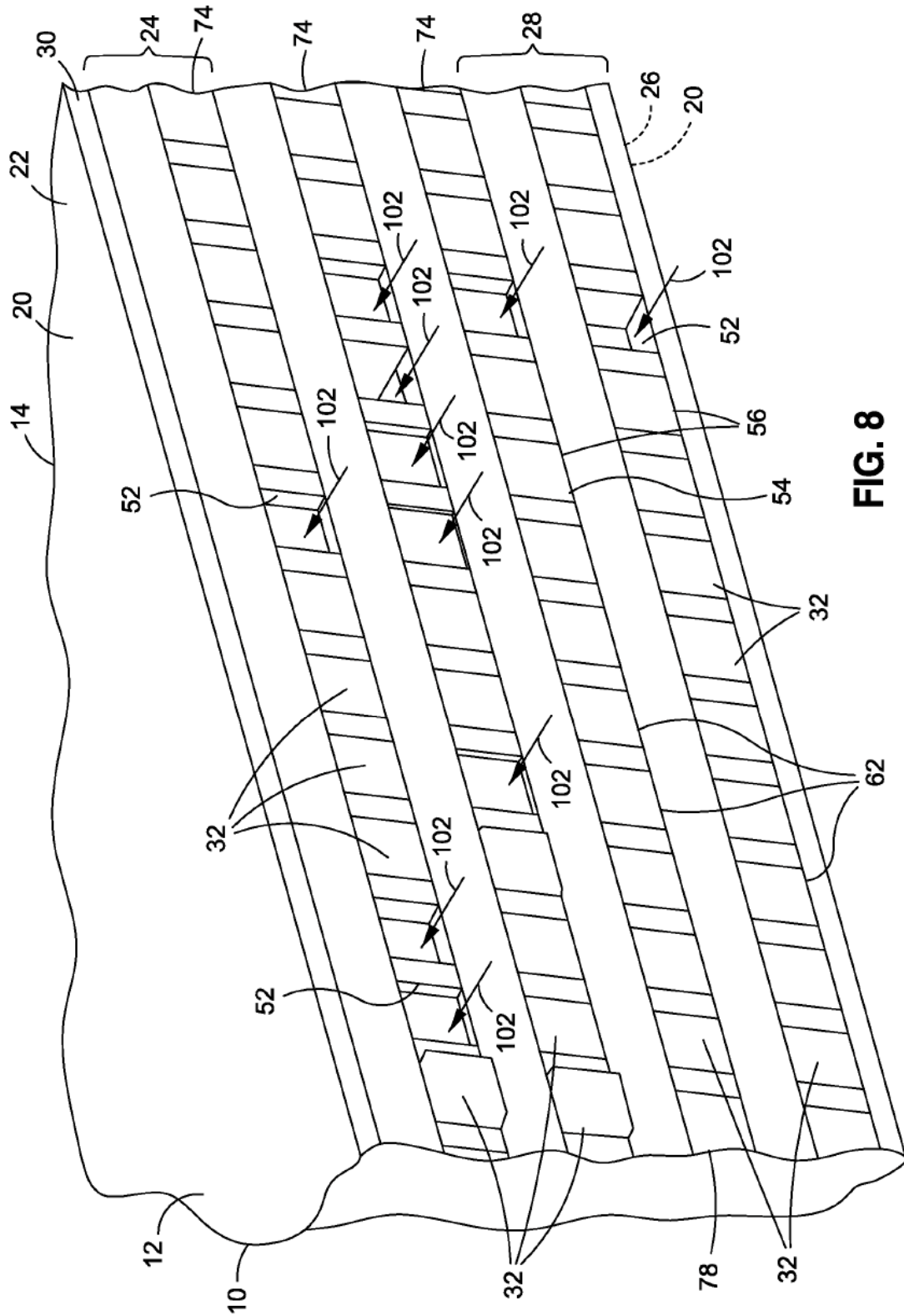


FIG. 8

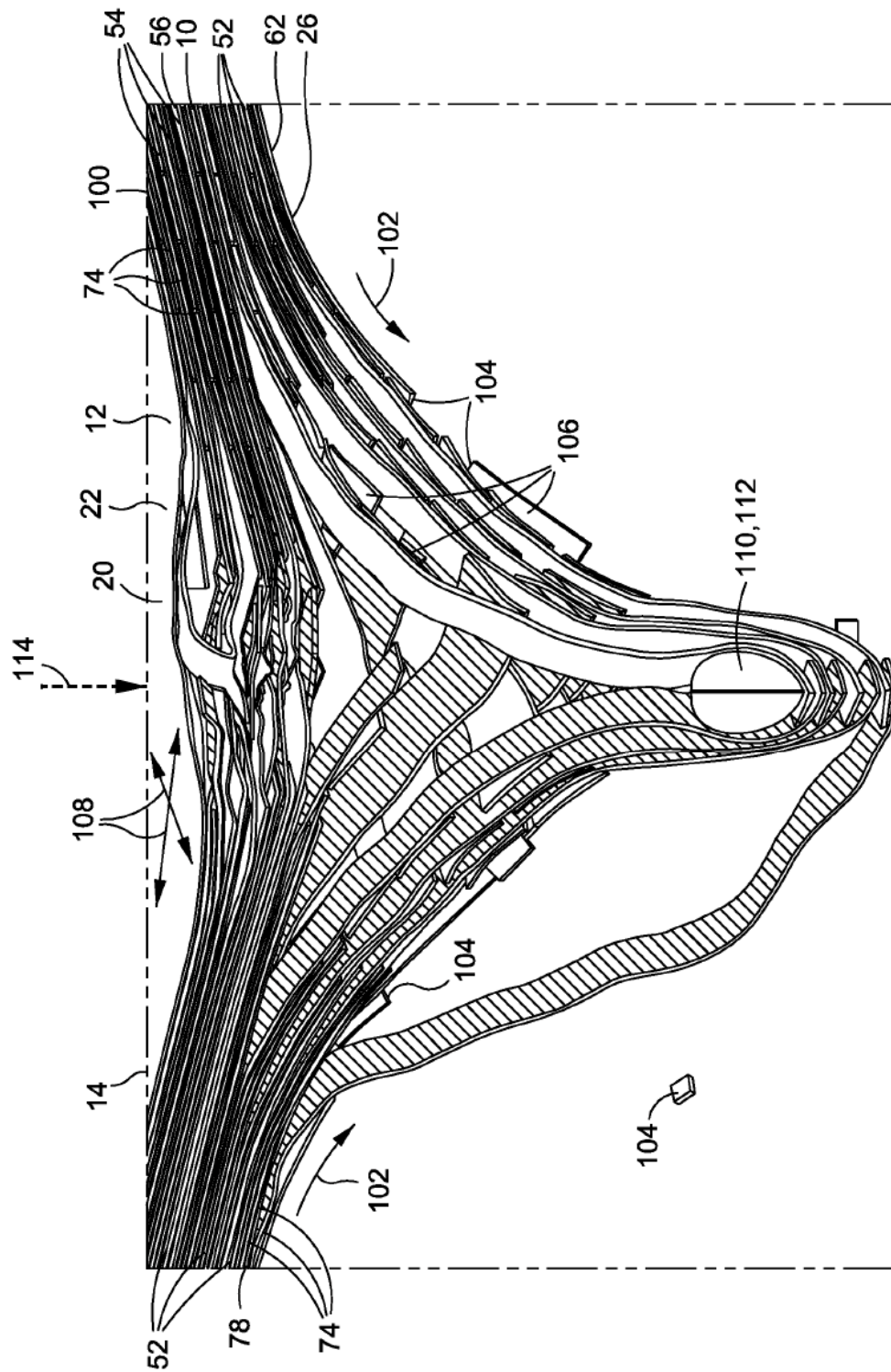


FIG. 9

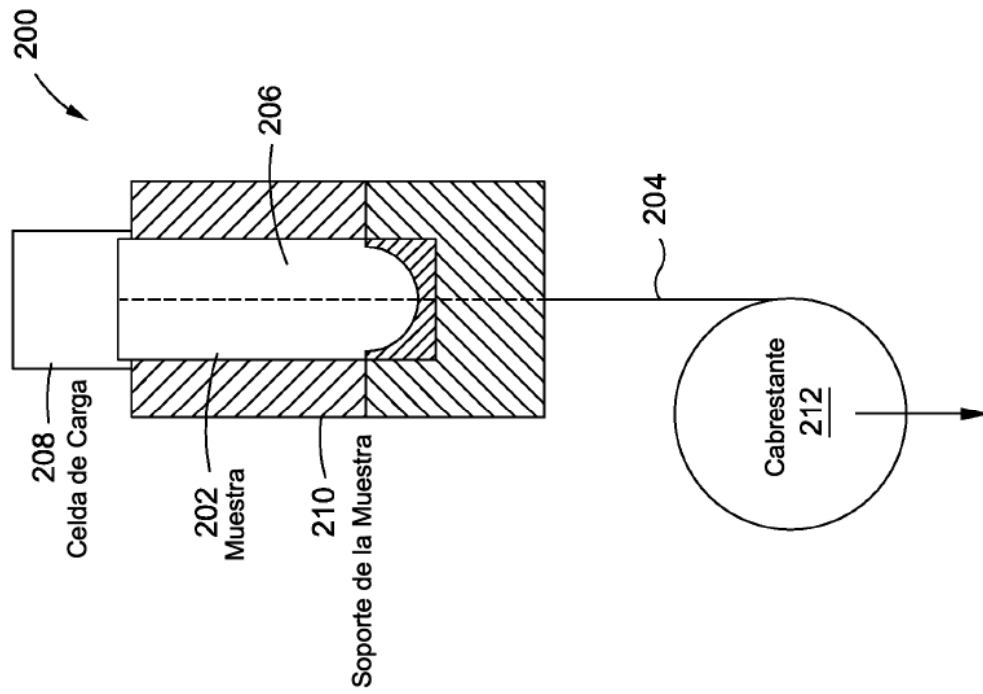


FIG. 10

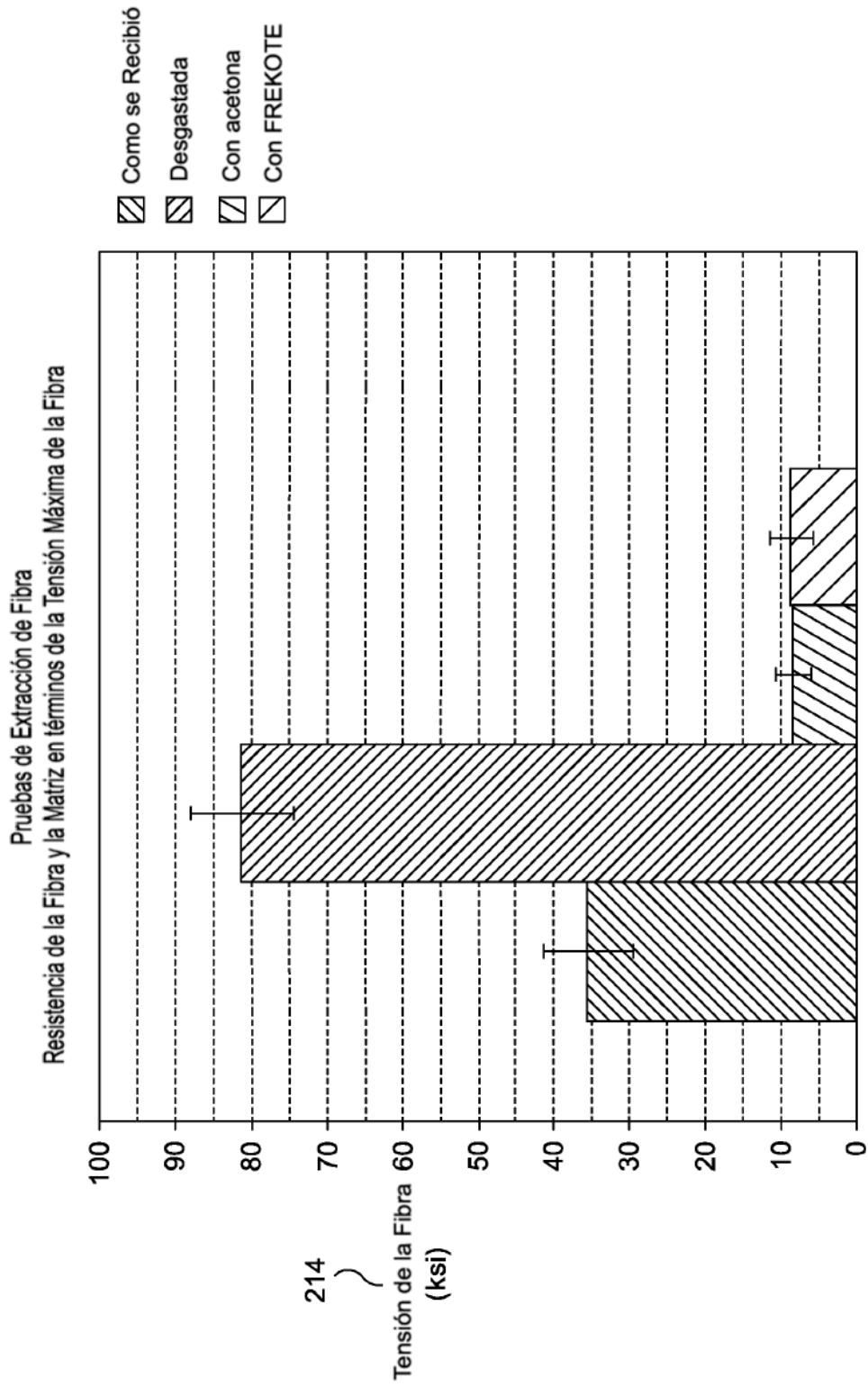


FIG. 11

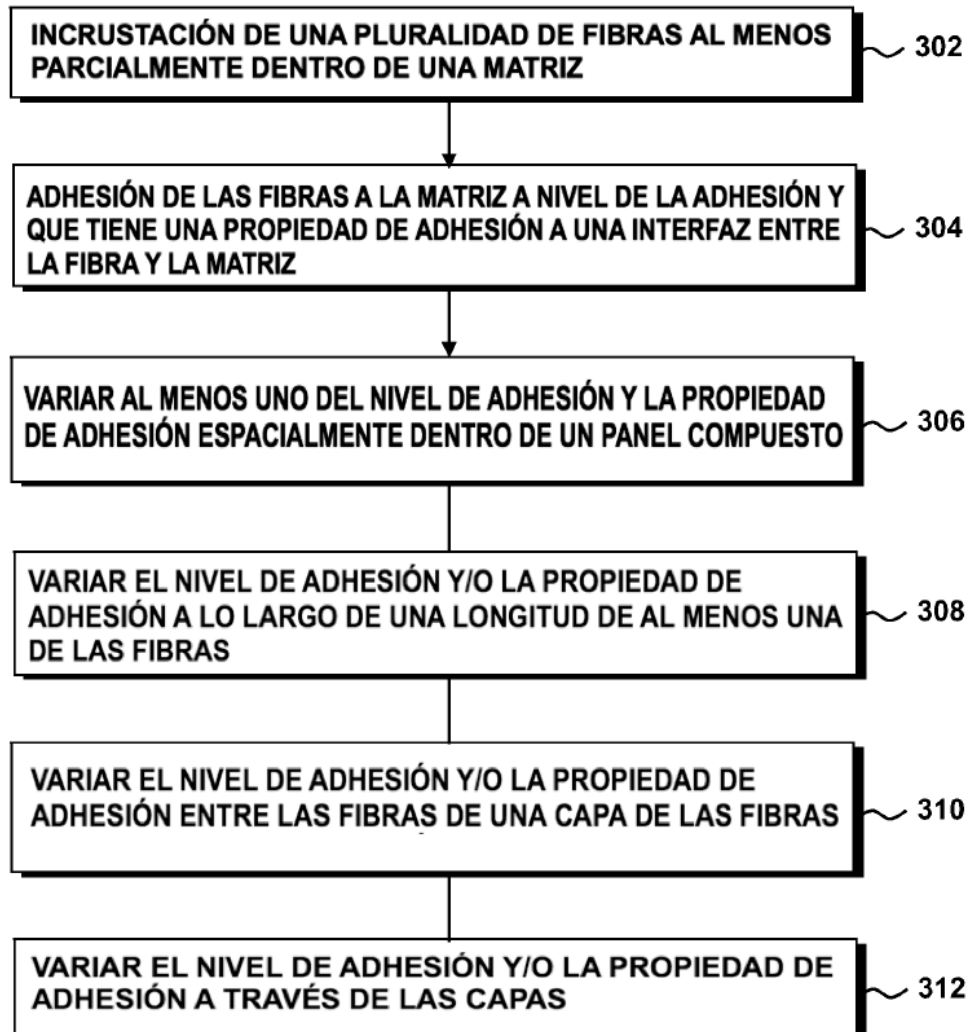


FIG. 12