

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 058**

51 Int. Cl.:

B32B 17/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.06.2013 E 13170928 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 2674294**

54 Título: **Fibras bicomponentes que contienen nanofilamentos para su uso en materiales compuestos ópticamente transparentes**

30 Prioridad:

14.06.2012 US 201213523108

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

15.04.2020

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 2 754 058 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

Fibras bicomponentes que contienen nanofilamentos para su uso en materiales compuestos ópticamente transparentes.

Campo

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

Antecedentes

- 10 El vidrio se usa ampliamente como elemento transparente en una diversidad de aplicaciones debido a sus cualidades ópticas superiores. Por ejemplo, el vidrio se usa comúnmente como material de acristalamiento o como material arquitectónico para edificios. El vidrio también se usa comúnmente como elemento transparente en aplicaciones vehiculares. Lamentablemente, el vidrio es un material relativamente denso y también es relativamente frágil, de modo que se requieren espesores relativamente grandes para proporcionar una resistencia suficiente para resistir la rotura cuando el vidrio es impactado por un objeto tal como un proyectil.

- 15 En un intento de evitar la penalización de peso asociada con el vidrio, los elementos transparentes pueden fabricarse a partir de materiales poliméricos. Por ejemplo, los elementos transparentes pueden estar formadas por polímeros monolíticos ópticamente transparentes, tales como el acrílico, que es menos denso que el vidrio y que posee propiedades ópticas adecuadas. Lamentablemente, el acrílico es un material de resistencia relativamente baja, por lo que generalmente no es adecuado para muchas aplicaciones donde se requiere alta resistencia al impacto.

- 20 Teniendo en cuenta las penalizaciones de peso asociadas con el vidrio y las limitaciones de resistencia asociadas con los polímeros monolíticos, los fabricantes también han fabricado elementos transparentes compuestos utilizando fibras convencionales tales como fibras en forma de cinta incrustadas en una matriz. Lamentablemente, las fibras convencionales están típicamente separadas entre sí en la matriz, lo que da como resultado que una parte de la luz incidente pase a través de espacios entre las fibras. Cuando hay una falta de coincidencia en el índice de refracción de la matriz y las fibras, hay un efecto perjudicial sobre la óptica del elemento transparente debido a las diferencias en las longitudes del camino óptico de los rayos de luz y las diferencias en los ángulos resultantes de los rayos de luz dependiendo de si los rayos de luz atraviesan las porciones principales de las fibras o si los rayos de luz atraviesan las superficies laterales de las fibras. La consecuencia de las diferencias en las longitudes del camino óptico y los ángulos resultantes es que un objeto visto a través del elemento transparente puede aparecer borroso.

- 30 El documento DE 10 2008056702 divulga un cristal de ventana que comprende una capa reforzada con fibra.

Como puede verse, existe una necesidad en la técnica de un artículo compuesto transparente de alta resistencia que tenga una configuración de fibra que proporcione un rendimiento óptico mejorado con una distorsión óptica reducida.

Breve resumen

- 35 Las necesidades descritas anteriormente asociadas con los artículos compuestos se abordan específicamente y se mitigan mediante la presente divulgación que, en una realización, proporciona una macrofibra para un artículo compuesto. La macrofibra incluye una pluralidad de nanofilamentos o fibras internas, cada una de las cuales puede tener un tamaño de la sección transversal final de fibra interna de menos de aproximadamente 100 nanómetros. Las fibras internas pueden estar rodeadas por material de matriz.

- 40 En una realización adicional, se divulga un artículo compuesto que puede incluir una pluralidad de macrofibras. Cada una de las macrofibras puede incluir una pluralidad de fibras internas. Cada una de las fibras internas puede tener un tamaño de sección transversal final de fibra interna de menos de aproximadamente 100 nanómetros. Cada macrofibra puede incluir un material de matriz que rodea las fibras internas. Cada macrofibra puede tener una forma de sección transversal predeterminada.

- 45 También se divulga un método de fabricación de una macrofibra. El método puede incluir la etapa de formar una pluralidad de fibras internas, cada una de las cuales tiene un tamaño de sección transversal final de fibra interna (por ejemplo, un diámetro final) de menos de aproximadamente 100 nanómetros. El método puede incluir adicionalmente rodear las fibras internas con material de matriz para formar una macrofibra. El método también puede incluir formar la macrofibra en una forma de sección transversal predeterminada.

- 50 En una realización adicional, se divulga un método para formar un artículo compuesto. El método puede incluir la etapa de proporcionar una pluralidad de macrofibras. Cada una de las macrofibras puede incluir una pluralidad de

fibras internas rodeadas por material de matriz. Cada una de las fibras internas puede tener un tamaño de sección transversal final de fibra interna de menos de aproximadamente 100 nanómetros. El método puede incluir reducir una viscosidad del material de matriz para causar el entremezclado del material de matriz entre la pluralidad de las macrofibras, y curar y/o solidificar el material de matriz para formar un artículo compuesto.

- 5 También se divulga un método para usar un artículo compuesto que puede incluir proporcionar un artículo compuesto que tiene una pluralidad de macrofibras en donde cada una de las macrofibras incluye una pluralidad de fibras internas rodeadas por material de matriz. Cada una de las fibras internas puede tener un tamaño de sección transversal final de fibra interna de menos de aproximadamente 100 nanómetros. El método de usar el artículo compuesto puede incluir poner el artículo compuesto en una condición no cargada y poner el artículo compuesto en una condición cargada.

Las características, funciones y ventajas que se han discutido pueden lograrse independientemente en diversas realizaciones de la presente divulgación o pueden combinarse en otras realizaciones más, pudiendo verse detalles adicionales de las realizaciones con referencia a la siguiente descripción y a los dibujos.

Breve descripción de los dibujos

- 15 Estas y otras características de la presente divulgación serán más evidentes con referencia a los dibujos en donde números similares se refieren a partes similares en todo el documento y en donde:

La Figura 1 es una vista en perspectiva de una realización de un artículo compuesto en una realización que comprende una pluralidad de capas que contienen fibras internas incrustadas en material de matriz;

- 20 La Figura 2 es una vista en perspectiva ampliada de una porción del artículo compuesto de la Figura 1 y que ilustra las fibras internas;

La Figura 3 es una vista en perspectiva de una pluralidad de macrofibras en una configuración de colocación y en donde cada macrofibra contiene una pluralidad de las fibras internas;

La Figura 4 es una vista en perspectiva de la pluralidad de macrofibras de la Figura 3 dispuestas en una configuración apilada antes del calentamiento y/o consolidación;

- 25 La Figura 5 es una vista en sección transversal de una realización de una de las macrofibras que contiene una pluralidad de fibras internas;

La Figura 6 es una vista en sección transversal de una macrofibra que tiene una cubierta externa compuesta de material de sacrificio;

La Figura 7 es una vista en sección transversal de una macrofibra en una configuración de lámina;

- 30 La Figura 8 es una vista en sección transversal de una macrofibra en una configuración trapezoidal;

La Figura 9 es una vista en sección transversal de una macrofibra en una configuración triangular;

La Figura 10 es una vista en sección transversal de una macrofibra en una configuración de diamante;

La Figura 11 es una vista lateral de un artículo compuesto en una configuración de colocación que incluye una pluralidad de primera y segunda capas estructurales;

- 35 La Figura 12 es una vista lateral del artículo compuesto de la Figura 11 en una configuración de consolidación;

La Figura 13 es una vista en perspectiva del artículo compuesto que ilustra la primera y segunda capa estructural más alta parcialmente cortada para ilustrar las direcciones de estirado de la primera y segunda capas estructurales alternas;

- 40 La Figura 14 es un diagrama de flujo que ilustra una o más operaciones que pueden incluirse en un método de fabricación de una macrofibra;

La Figura 15 es un diagrama de flujo que ilustra una o más operaciones que pueden incluirse en un método de fabricación de un artículo compuesto;

La Figura 16 es un diagrama de flujo que ilustra una o más operaciones que pueden incluirse en un método de uso

de un artículo compuesto; y

La Figura 17 es una ilustración en perspectiva de una aeronave que puede incorporar el artículo compuesto en una o más realizaciones.

Descripción detallada

5 Con referencia ahora a los dibujos en donde las presentaciones tienen el propósito de ilustrar realizaciones preferidas y diversas de la divulgación, en la Figura 1 se muestra una realización de un artículo compuesto 100. El artículo compuesto 100 está configurado como un panel compuesto 104 que tiene lados superior e inferior 108, 110. El artículo compuesto 100 puede fabricarse usando una pluralidad de capas estructurales dispuestas en una formación apilada 230. Por ejemplo, el artículo compuesto puede estar comprendido por una pluralidad de capas
10 estructurales tales como la primera y segunda capas estructurales 400, 420 ilustradas en la Figura 1. Cada una de las capas estructurales primera y segunda 400, 420 puede formarse usando una pluralidad de macrofibras 200 como se muestra en la Figura 5. Cada una de las macrofibras 200 puede estar compuesta por una pluralidad de fibras internas 300 sustancialmente unidireccionales (Figura 5) rodeadas por el material de matriz 236 (Figura 5) como se describe con mayor detalle a continuación. Las fibras internas 300 pueden tener una longitud 310 de fibra interna
15 (Figura 3) que puede estar alineada con la longitud 222 de la macrofibra (Figura 3).

Haciendo referencia a la Figura 2, se muestra una porción del artículo compuesto 100 de la Figura 1 e ilustra las fibras internas 300 en la primera y segunda capas estructurales 400, 420. Cada una de las capas estructurales primera y segunda 400, 420 tiene una dirección de estirado 406, 426. El artículo compuesto 100 puede configurarse de modo que la dirección de estirado de las capas estructurales pueda orientarse en cualquier dirección con
20 respecto a la dirección de estirado de cualquiera de las otras capas estructurales en el artículo compuesto 100. Por ejemplo, en la Figura 2, la dirección de estirado 406 de la primera capa estructural 400 en cada pareja 228 está orientada generalmente perpendicular a la dirección de estirado 426 de la segunda capa estructural 420 de la pareja 228. Orientando la dirección de estirado 406 de una primera capa estructural 400 en una pareja 228 generalmente perpendicular a la dirección de estirado 426 de una segunda capa estructural 420 en una pareja 228, el rendimiento balístico del artículo compuesto puede mejorarse como se describe a continuación.
25

Sin embargo, la dirección de estirado 406 de la primera capa estructural 400 puede orientarse en cualquier ángulo no perpendicular (no mostrado) con respecto a la dirección de estirado 426 de la segunda capa estructural 420 y que también puede dar como resultado una mejora en el rendimiento balístico y/o propiedades de resistencia del artículo compuesto 100 con respecto a una realización en donde las direcciones de estirado de las capas estructurales están
30 orientadas generalmente paralelas entre sí. En este sentido, el artículo compuesto 100 también puede proporcionarse en una realización en donde la dirección de estirado de una o más de las capas estructurales puede estar orientada generalmente paralela (no mostrada) entre sí.

Las Figuras 3-4 ilustran una pluralidad de macrofibras 200 en una configuración de colocación 232 durante la fabricación del artículo compuesto 100. Cada macrofibra 200 tiene una dirección de estirado 224 a lo largo de la longitud 222 de la macrofibra. Cada macrofibra 200 puede formarse con una forma de sección transversal 208 predeterminada para facilitar la colocación de las macrofibras 200 en la primera y segunda capas estructurales 400, 420. Por ejemplo, cada macrofibra 200 se puede formar en una forma de sección transversal 208 que tiene superficies laterales 206 de la macrofibra y al menos una superficie superior 202 de la macrofibra sustancialmente plana y/o una superficie inferior 204 de la macrofibra sustancialmente plana. En la Figura 3, cada macrofibra 200
40 tiene una forma de sección transversal 208 de tipo paralelogramo 210, aunque las macrofibras 200 se pueden formar en otras formas de sección transversal adecuadas que pueden facilitar la colocación de las macrofibras 200 en una proximidad relativamente cercana entre sí. Las superficies superior e inferior 202, 204 de la macrofibra son sustancialmente paralelas y planas, lo que puede facilitar la colocación de las macrofibras 200 en contacto íntimo con las macrofibras 200 de las capas estructurales primera y segunda 400, 420 adyacentes.

45 La Figura 4 muestra la primera y segunda capas estructurales 400, 420 dispuestas como parejas 228 en una formación apilada 230. Aunque se muestran tres parejas 228, se puede incluir cualquier número de parejas 228 para formar un artículo compuesto 100 de cualquier espesor deseado. Las superficies laterales 206 de la macrofibra se ponen en una disposición lado a lado 226 y pueden estar relativamente cercanas entre sí. Una vez que la primera y segunda capas estructurales 400, 420 están dispuestas en la formación apilada 230, se puede aplicar calor (no
50 mostrado) y/o presión (no mostrado) para reducir la viscosidad del material de matriz 236. La aplicación de calor puede reducir la viscosidad del material de matriz 236 dando como resultado el entremezclado del material de matriz 236 de macrofibras 200 adyacentes. El entremezclado del material de matriz 236 puede eliminar los espacios o huecos entre las superficies laterales 206 de la macrofibra y/o entre las superficies superior e inferior 202, 204 de la macrofibra de macrofibras adyacentes 200 como se muestra en la Figura 12 y se describe con mayor detalle a continuación. La aplicación de presión puede ayudar en la consolidación, curado y/o solidificación del material de
55 matriz del artículo compuesto 100.

Haciendo referencia a la Figura 5, se muestra una realización de una macrofibra 200 con una forma de la sección

transversal 208 de tipo paralelogramo 210. Cada macrofibra 200 puede incluir una pluralidad de nanofilamentos o fibras internas 300 de tamaño de sección transversal relativamente pequeño (por ejemplo, diámetro pequeño) rodeadas por material de matriz 236. El material de matriz 236 puede aplicarse sustancialmente de forma simultánea con la formación de las fibras internas 300. Ventajosamente, formando conjuntamente las fibras internas 300 de forma sustancialmente simultánea con la aplicación del material de matriz 236 circundante, puede reducirse o evitarse el tiempo, el gasto y la complejidad asociados con la aplicación separada de resina en la fabricación de compuestos convencionales. Adicionalmente, la formación conjunta de las fibras internas 300 con el material de matriz 236 puede dar como resultado un control más preciso de las dimensiones finales (por ejemplo, la altura o espesor total) del artículo compuesto 100 (Figura 3) y un control más preciso de la fracción de volumen de fibra del artículo compuesto 100. Un control más preciso de la geometría y la fracción de volumen de fibra puede dar como resultado un rendimiento óptico mejorado y/o un rendimiento balístico mejorado del artículo compuesto 100.

Las fibras internas 300 y el material de matriz 236 pueden estar formados de material que es al menos parcialmente transmisor de luz dentro de un espectro predeterminado de luz tal como dentro del espectro visible y/o espectro infrarrojo o dentro de otras bandas de longitud de onda. Cada una de las fibras internas 300 puede tener un tamaño de sección transversal 308 final de fibra interna. Para formas de sección transversal de fibra interna 300 no circular (no mostradas), el tamaño de la sección transversal 308 final de la fibra interna puede definirse como la distancia más larga a través de la forma de la sección transversal de la fibra interna 300.

Las fibras internas 300 pueden tener inicialmente un tamaño de sección transversal que puede ser mayor que su tamaño de sección transversal 308 final de la fibra interna. Cada una de las fibras internas 300 puede estirarse a lo largo de una dirección longitudinal durante o después de la formación de la fibra interna 300 que puede reducir el tamaño de la sección transversal de la fibra interna 300 hasta un tamaño de sección transversal 308 final de la fibra interna. En una realización, el tamaño de la sección transversal final 308 de la fibra interna puede ser inferior a aproximadamente un cuarto de la longitud de onda de un extremo inferior de un intervalo predeterminado de luz al que puede estar expuesto el artículo compuesto 100. Por ejemplo, para artículos compuestos 100 destinados a ser sustancialmente ópticamente transparentes en el espectro visible en donde el intervalo de longitud de onda está entre aproximadamente 400 nanómetros (nm) y 750 nm, cada una de las fibras internas 300 puede tener un tamaño de sección transversal 308 final de la fibra interna de menos de aproximadamente 100 nm. Para artículos compuestos configurados para ser sustancialmente ópticamente transparentes en el espectro del infrarrojo cercano en donde el intervalo de longitud de onda está entre aproximadamente 750 nm y 1,4 micrómetros, cada una de las fibras internas 300 puede tener un tamaño de sección transversal 308 final de la fibra interna que es inferior a aproximadamente 190 nm.

Ventajosamente, proporcionando las fibras internas 300 en un tamaño de sección transversal final de fibra interna (por ejemplo, un diámetro final) menor de aproximadamente un cuarto de la longitud de onda de los rayos de luz incidentes sobre el artículo compuesto, el índice de refracción de las fibras internas 300 y el material de matriz 236 puede no ser separable y en su lugar puede definirse o caracterizarse por un promedio de las propiedades ópticas de la combinación de las fibras internas 300 y el material de matriz 236. Por ejemplo, las fibras internas 300 pueden estar formadas por material que tenga un cierto índice de refracción y un coeficiente de temperatura del índice de refracción. Igualmente, el material de matriz 236 puede tener un índice de refracción y un coeficiente de temperatura del índice de refracción que puede ser diferente del índice de refracción y un coeficiente de temperatura del índice de refracción de las fibras internas 300. Las propiedades ópticas (por ejemplo, el índice de refracción) de la macrofibra 200 puede definirse como un promedio ponderado de las propiedades ópticas (por ejemplo, el índice de refracción) del material de matriz 236 y el material de fibra interna 300.

En la Figura 5, se muestra que las fibras internas 300 tienen diferentes tamaños de sección transversal 308 final de la fibra interna (por ejemplo, diámetros) y que están dispuestas a separaciones no uniformes entre sí. En este sentido, las fibras internas 300 pueden estar dispuestas a una separación pseudoaleatoria para minimizar los posibles efectos ópticos adversos que pueden ocurrir con una separación uniforme de las fibras internas 300. Sin embargo, se pueden formar una o más macrofibras 200 que tengan fibras internas 300 que tengan un diámetro sustancialmente uniforme y/o en donde las fibras internas 300 estén dispuestas en una separación sustancialmente uniforme (no mostrada). Aunque se muestra que las fibras internas 300 tienen una forma de sección transversal 304 generalmente circular, una o más de las fibras internas 300 pueden proporcionarse en formas de sección transversal no circulares específicas (no mostradas) para mejorar el rendimiento óptico del artículo compuesto 100 (Figura 1). Por ejemplo, una o más de las fibras internas 300 pueden proporcionarse en formas de sección transversal que tienen una o más superficies sustancialmente planas (no mostradas) que pueden reducir la distorsión óptica de la luz que pasa a través del artículo compuesto 100.

Cada macrofibra 200 (Figura 5) puede estirarse a lo largo de una dirección de estirado 224 (Figura 3) durante la formación de la macrofibra 200 y/o después de la formación de la macrofibra 200. Como se muestra en las Figuras 3-4, la dirección de estirado 224 de las macrofibras 200 en la primera y segunda capa estructural 400, 420 (Figura 3) define la dirección de estirado respectiva 406, 426 de la primera y segunda capa estructural 400, 420 como se muestra en las Figuras 1-2. El estiramiento de cada macrofibra 200 puede incluir el estiramiento de las fibras internas 300 (Figura 5) y el estiramiento del material de matriz 236 (Figura 5). Las fibras internas 300 se pueden

estirar a una relación de estiramiento predeterminada para lograr una propiedad de resistencia deseada tal como una resistencia a la tracción final deseada de las fibras internas 300. Las fibras internas 300 pueden estirarse antes de formar las macrofibras 200 o las fibras internas 300 pueden estirarse sustancialmente simultáneamente con la formación de las macrofibras 200. Ventajosamente, el estiramiento de las fibras internas 300 puede aumentar significativamente la resistencia a la tracción y/o el módulo de tracción de las fibras internas 300. El aumento en las propiedades de resistencia de las fibras internas 300 debido al estiramiento de las fibras internas 300 puede dar como resultado un aumento en las propiedades de resistencia global del artículo compuesto 100, tales como la resistencia específica y/o la rigidez específica del artículo compuesto 100 (Figura 1).

En la Figura 5, la forma de sección transversal 208 de tipo paralelogramo 210 de la macrofibra 200 incluye las superficies superior e inferior 202, 204 de la macrofibra y las superficies laterales 206 de la macrofibra. Las superficies laterales 206 de la macrofibra pueden estar orientadas de forma no perpendicular con respecto a las superficies superior e inferior 202, 204 de la macrofibra. La orientación no perpendicular de las superficies laterales 206 de la macrofibra puede facilitar la alineación de las macrofibras 200 adyacentes en una disposición lado a lado 226 entre sí como se muestra en las Figuras 3-4. La orientación no perpendicular de las superficies laterales 206 de la macrofibra también puede facilitar el entremezclado del material de matriz 236 en las superficies laterales 206 de la macrofibra cuando la viscosidad del material de matriz 236 se reduce tal como por calentamiento y/o durante la aplicación de presión durante la consolidación de la primera y segunda capas estructurales 400, 420 (Figura 3). Las superficies superior e inferior 202, 204 de la macrofibra pueden estar orientadas sustancialmente paralelas entre sí, lo que puede facilitar la colocación de una pluralidad de macrofibras 200 en contacto sustancialmente cercano o íntimo entre sí.

En la Figura 5, cada macrofibra 200 tiene una forma de sección transversal 208 de la macrofibra que puede estar compuesta o definida por el material de matriz 236. En esta disposición, cada una de las fibras internas 300 en una macrofibra 200 puede retroceder o separarse de la superficie perimetral de la forma de la sección transversal 208 de la macrofibra de modo que cada una de las fibras internas 300 esté completamente rodeada por el material de matriz 236. Sin embargo, la forma de la sección transversal 208 de la macrofibra puede definirse por una combinación del material de matriz 236 y por porciones de la superficie 302 de fibra interna de una o más de las fibras internas 300.

Con referencia aún a la Figura 5, cada macrofibra 200 tiene una anchura 218 de macrofibra y un espesor 220 de macrofibra. En una realización, la macrofibra 200 puede estar provista de un espesor máximo de macrofibra 220 en un intervalo de aproximadamente 3 micrómetros a 5000 micrómetros. Sin embargo, la macrofibra 200 se puede proporcionar en cualquier anchura 218 de macrofibra o en cualquier espesor 220 de macrofibra, sin limitación. La macrofibra 200 puede tener una forma de sección transversal 208 generalmente alargada que se forma preferiblemente en una relación de aspecto relativamente alta para minimizar la cantidad de macrofibras individuales 200 requeridas para abarcar una anchura deseada de la primera capa estructural 400 (Figura 3) o la segunda capa estructural 420 (Figura 3) u otras capas estructurales (no mostradas) durante la colocación de las macrofibras 200. La relación de aspecto de macrofibra 200 puede definirse como la relación de la anchura 218 de macrofibra al espesor 220 de macrofibra. En una realización, la relación de aspecto puede estar dentro del intervalo de aproximadamente 3 a aproximadamente 500, aunque la macrofibra 200 se puede formar en cualquier relación de aspecto.

Aunque la Figura 5 muestra la macrofibra 200 en forma de paralelogramo 210, la macrofibra 200 puede proporcionarse en cualquiera de una diversidad de formas y configuraciones alternativas, sin limitación. Por ejemplo, la macrofibra 200 puede proporcionarse como una lámina 242 (Figura 7), una forma trapezoidal 212 (Figura 8), una forma triangular 214 (Figura 9), una forma de diamante 216 (Figura 10), o en otras formas. Adicionalmente, la macrofibra 200 no está limitada a formas de sección transversal 208 que son sustancialmente planas, sino que también puede incluir formas de sección transversal 208 que son al menos parcialmente curvadas. Por ejemplo, la forma de la sección transversal 208 de la macrofibra 200 puede incluir un círculo 306, una forma parcialmente circular, un semicírculo cerrado, una forma de riñón, un óvalo, un elipsoide, y cualquiera de una diversidad de otras formas.

La Figura 6 muestra una realización de una macrofibra 200 que tiene una cubierta externa 238 aplicada a la macrofibra 200. La cubierta externa 238 puede comprender un material de sacrificio 240 aplicado a la macrofibra 200 para preservar la forma en sección transversal 208 de la macrofibra 200 durante la formación. El material de sacrificio 240 puede aplicarse a la macrofibra 200 de forma sustancialmente simultánea con la formación de las fibras internas 300 y el material de matriz 236. El material de sacrificio 240 de la cubierta externa 238 puede estar formado de material polimérico que sea complementario a las fibras internas 300 y al material de matriz 236. El material de sacrificio 240 puede comprender un material generalmente soluble que se puede lavar o eliminar de otro modo después de la formación de la macrofibra 200. Por ejemplo, el material de sacrificio 240 puede ser soluble en agua o en un disolvente o el material de sacrificio 240 puede eliminarse por otros medios químicos o mecánicos. Ventajosamente, el material de sacrificio 240 puede mejorar el control dimensional de la macrofibra 200 durante la formación minimizando el redondeo de las superficies de la macrofibra 200 y las esquinas de la macrofibra 200 debido a los efectos de la energía superficial en la forma de sección transversal 208 de la macrofibra 200.

La Figura 7 muestra una realización de una macrofibra 200 que tiene una forma transversal 208 de tipo lámina 242. La lámina 242 puede estar provista de una relación de aspecto relativamente alta de anchura 218 de macrofibra a espesor 220 de macrofibra. En una realización, la lámina 242 puede tener una relación de aspecto de anchura 218 de macrofibra a espesor 220 de macrofibra de al menos aproximadamente 10. Al formar la macrofibra 200 en una
 5 realización de lámina 242, la cantidad total de macrofibras 200 requerida para formar una capa estructural puede reducirse, lo que puede dar como resultado una cantidad de tiempo reducida requerida para colocar un artículo compuesto 100 (Figura 1).

La Figura 8 ilustra una forma de sección transversal 208 trapezoidal 212 de la macrofibra 200 que tiene superficies superiores e inferiores 202, 204 de la macrofibra sustancialmente planas que pueden ser sustancialmente paralelas
 10 entre sí. Las superficies laterales 206 de la macrofibra pueden estar orientadas en relación no paralela entre sí. La forma de sección transversal 208 trapezoidal 212 de la macrofibra 200 puede proporcionarse en una relación de aspecto relativamente alta que puede reducir el tiempo de fabricación para un artículo compuesto 100 (Figura 1). Durante la colocación de un artículo compuesto, se puede colocar una pluralidad de macrofibras 200 trapezoidales 212 en una disposición lado a lado 226 (Figura 4) en la primera y segunda capas estructurales 400, 420 (Figura 3).
 15 Una pluralidad de la primera y segunda capas estructurales 400, 420 y capas estructurales adicionales (no mostradas) pueden estar dispuestas en una formación apilada 230 (Figuras 3-4) y pueden calentarse para reducir la viscosidad del material de matriz 236 y permitir el entremezclado del material de matriz 236 de macrofibras 200 adyacentes. La colocación puede curarse y/o solidificarse para formar un artículo compuesto 100.

La Figura 9 ilustra una forma de sección transversal 208 de tipo triangular 214 de la macrofibra 200 que tiene una superficie inferior 204 de la macrofibra y un par de superficies laterales 206 de la macrofibra. La relación de aspecto de la macrofibra 200 triangular es preferiblemente grande para reducir la cantidad total de macrofibras 200
 20 requeridas para formar una capa estructural. La macrofibra triangular 200 puede facilitar el enrasado o la alineación de las macrofibras 200 entre sí en la primera y segunda capas estructurales 400, 420 (Figura 3) cuando se coloca un artículo compuesto 100. Por ejemplo, una primera capa estructural 400 (Figura 3) de las macrofibras 200 triangulares 214 puede estar dispuesta en una orientación vertical y en una disposición lado a lado (no mostrada) entre sí. Una segunda capa estructural 420 (Figura 3) de macrofibras 200 triangulares 214 invertidas (no mostradas) puede estar anidada entre las macrofibras 200 triangulares 214 verticales. Cada par de capas estructurales primera y segunda 400, 420 puede comprender una pareja 228 (Figura 3). Una pluralidad de las parejas 228 pueden estar
 25 dispuestas en la formación apilada 230 (Figura 3) (no mostrada) y pueden procesarse de la manera descrita anteriormente para formar un artículo compuesto 100.
 30

La Figura 10 ilustra una forma de sección transversal 208 de diamante 216 de la macrofibra 200 que tiene dos pares de superficies laterales 206 de la macrofibra. Una pluralidad de las macrofibras 200 de diamante 216 puede estar dispuesta en la primera y segunda capas estructurales 400, 420 (Figura 3) o más capas estructurales de una manera similar a la descrita anteriormente con respecto a las macrofibras 200 triangulares 214 (Figura 9). Se puede aplicar calor y/o presión para reducir la viscosidad del material de matriz 236 y/o consolidar las primera y segunda capas
 35 estructurales 400, 420 seguido de curado y/o solidificación para formar el artículo compuesto 100 (Figura 1).

La Figura 11 es una vista lateral de un artículo compuesto 100 en una configuración de colocación 232. El artículo compuesto 100 incluye una pluralidad de la primera y segunda capas estructurales 400, 420 que forman una pluralidad de parejas 228. Cada una de las capas estructurales primera y segunda 400, 420 incluye macrofibras 200.
 40 La dirección de estirado 406 de las primeras capas estructurales 400 puede orientarse perpendicularmente con respecto a la dirección de estirado 426 de las segundas capas estructurales 420. Sin embargo, la dirección de estirado de las capas estructurales puede estar orientada en cualquier dirección con respecto a la dirección de estirado de otras capas estructurales para lograr las propiedades de resistencia deseadas y/o las propiedades balísticas deseadas del artículo compuesto 100. Por ejemplo, la dirección de estirado de una o más capas
 45 estructurales puede orientarse a cualquier ángulo no perpendicular (por ejemplo, a 15°, 22,5°, 45°, 60°, 75°, etc.) en relación con la dirección de estirado de una o más de las otras capas estructurales en el artículo compuesto. En una realización, las direcciones de estirado pueden orientarse teniendo en cuenta la trayectoria de carga estructural primaria (no mostrada) en el artículo compuesto 100.

En la Figura 11, el artículo compuesto 100 puede proporcionarse en una realización en donde las superficies laterales 206 de la macrofibra pueden colocarse en una proximidad relativamente cercana entre sí o en contacto entre sí para minimizar o evitar la aparición de huecos en el artículo compuesto final 100. La minimización de la aparición de huecos puede mejorar las propiedades de resistencia y las propiedades ópticas del artículo compuesto 100. Las superficies superior e inferior 202, 204 de la macrofibra también pueden ponerse en contacto sustancialmente íntimo entre sí para minimizar la aparición de huecos. Se puede aplicar calor y/o presión al artículo
 50 compuesto 100 para reducir la viscosidad del material de matriz 236 y permitir la mezcla del mismo.
 55

La Figura 12 es una vista lateral del artículo compuesto 100 en una configuración consolidada 234. El calentamiento del material de matriz 236 y la reducción resultante de la viscosidad pueden causar el entremezclado del material de matriz 236 entre macrofibras 200 adyacentes (Figura 11). De esta manera, los espacios entre las superficies laterales 206 de la macrofibra (Figura 11) pueden evitarse o eliminarse en el artículo compuesto final 100. La

prevención o evitación de espacios en el artículo compuesto 100 puede minimizar o eliminar la aparición de distorsiones ópticas causadas por los rayos de luz que pasan a través de espacios entre las fibras convencionales (no mostradas). Se puede aplicar presión a una colocación del artículo compuesto 100 durante el calentamiento del material de matriz 236 para consolidar el artículo compuesto 100 y eliminar huecos en el artículo compuesto 100.

5 Adicionalmente, la consolidación puede mejorar el entremezclado e infusión del material de matriz 236 en todo el artículo compuesto 100.

La Figura 13 es una vista en perspectiva del artículo compuesto 100 en una realización en donde la primera y segunda capa estructural 400, 420 más altas están parcialmente cortadas para ilustrar la dirección de estirado 406, 426 de la primera y segunda capas estructurales 400, 420 alternas. Como se ha indicado anteriormente, el estiramiento de las fibras internas 300 puede aumentar significativamente la resistencia a la tracción o el módulo de tracción de las fibras internas 300. El aumento en la resistencia a la tracción o el módulo de tracción de las fibras internas 300 puede mejorar la resistencia específica y/o la rigidez específica del artículo compuesto 100.

10

En cualquiera de las realizaciones divulgadas en el presente documento, las fibras internas 300 (Figura 13) pueden estar formadas por cualquier material termoplástico adecuado, material termoendurecible, material inorgánico, y/o material de vidrio, sin limitación. Por ejemplo, las fibras internas 300 pueden estar formadas por un material termoplástico que comprende al menos uno de los siguientes: acrílicos, nailon, fluorocarbonos, poliamidas, polietileno, poliésteres, polipropileno, policarbonatos, poliuretanos, polieteretercetona, polietercetona, polieterimidias, polímeros estirados y cualquier otro material termoplástico adecuado. Igualmente, las fibras internas 300 pueden estar formadas por un material termoendurecible que puede incluir cualquiera de los siguientes: poliuretanos, fenólicos, poliimidias, bismaleimidias, poliésteres, epoxi, silsesquioxanos y cualquier otro material termoendurecible adecuado. Adicionalmente, las fibras internas 300 pueden estar formadas de un material inorgánico que incluye carbono, carburo de silicio, boro u otro material inorgánico. Incluso adicionalmente, las fibras internas 300 pueden estar formadas por un material de vidrio tal como vidrio E (vidrio de aluminio-borosilicato), vidrio S (vidrio de silicato de aluminio), sílice pura, vidrio de borosilicato, vidrio óptico y cualquier otro material de vidrio, sin limitación. Para realizaciones donde las fibras internas 300 están estiradas, las fibras internas 300 pueden estar formadas de un material termoplástico.

15
20
25

En cualquiera de las realizaciones divulgadas en el presente documento, el material de matriz 236 (Figura 13) puede comprender cualquier material termoplástico o material termoendurecible adecuado que incluya, pero sin limitación, cualquiera de los materiales termoplásticos o termoendurecibles mencionados anteriormente a partir de los cuales se pueden formar las fibras internas 300. Asimismo, en cualquiera de las realizaciones divulgadas en el presente documento, el material de matriz 236 (Figura 13) puede comprender cualquier material metálico adecuado. Aunque el material de matriz 236 y los materiales para formar las fibras internas 300 pueden ser sustancialmente ópticamente transparentes como se ha mencionado anteriormente, el material de matriz 236 y/o las fibras internas 300 pueden estar formadas de material sustancialmente no transparente o material opaco.

30

En una realización, el material de matriz 236 (Figura 13) puede estar formado por un material que es diferente del material de las fibras internas 300 (Figura 13). Sin embargo, el material de matriz 236 y las fibras internas 300 pueden estar formadas sustancialmente por el mismo material o un material similar. En una realización, el material de matriz 236 y las fibras internas 300 pueden estar formadas sustancialmente por el mismo material pero en donde el peso molecular del material de las fibras internas 300 puede ser mayor que el peso molecular del material de matriz 236. El alto peso molecular del material de fibra interna 300 puede mejorar las propiedades de resistencia y el rendimiento balístico del artículo compuesto 100. Al formar el material matriz 236 y las fibras internas 300 a partir del mismo material, el material de matriz 236 y el material de fibra interna 300 pueden tener índices de refracción y/o coeficientes de temperatura de índice de refracción sustancialmente equivalentes que pueden mejorar el rendimiento óptico del artículo compuesto 100 en relación con una disposición donde el material de matriz 236 y la fibra interna 300 están formados por diferentes materiales. En una realización, las fibras internas 300 y/o el material de matriz 236 pueden estar formados de polietileno debido a su módulo de elasticidad favorablemente alto. Por ejemplo, las fibras internas 300 pueden estar formadas por polietileno de peso molecular ultra alto tal como polietilenos de alta densidad de la marca SPECTRA™ o DYNEEMA™.

35
40
45

El artículo compuesto 100 puede configurarse en cualquiera de una diversidad de formas diferentes, tamaños y configuraciones que no se limitan al panel compuesto 104 mostrado en la Figura 1. Asimismo, el artículo compuesto 100 puede configurarse para su uso en cualquier aplicación vehicular o no vehicular. Por ejemplo, el artículo compuesto 100 puede configurarse como un elemento transparente de un vehículo tal como una aeronave. El artículo compuesto 100 también puede comprender un parabrisas o una cubierta de una aeronave. El artículo compuesto 100 puede configurarse adicionalmente para su uso como una ventana en cualquier aplicación vehicular o no vehicular. Incluso adicionalmente, el artículo compuesto 100 puede implementarse como una membrana, un panel de blindaje, un panel estructural, un panel arquitectónico, un panel o artículo no estructural, o en cualquier otra implementación del artículo compuesto, sin limitación.

50
55

La Figura 14 es un diagrama de flujo que ilustra una realización de un método 500 de fabricación de una macrofibra 200. La etapa 502 del método 500 de la Figura 14 puede incluir formar una pluralidad de fibras internas 300 (Figura

5), cada una de las cuales tiene un tamaño de sección transversal final 308 de la fibra interna (Figura 5) de menos de aproximadamente 100 nanómetros. En una realización, el método puede incluir inicialmente seleccionar una banda de longitud de onda de interés a la que el artículo compuesto 100 (Figura 3) puede quedar expuesto durante el servicio. Las fibras internas 300 pueden tener inicialmente un tamaño de sección transversal mayor que el tamaño de sección transversal final de su fibra interna 308 y pueden estirarse durante la formación o después de la formación a lo largo de una dirección longitudinal que puede reducir el diámetro inicial hasta un tamaño de sección transversal final 308 de la fibra interna de la fibra interna 300. En una realización, cada una de las fibras internas 300 puede tener un tamaño de sección transversal 308 final de la fibra interna que puede ser inferior a aproximadamente un cuarto de la longitud de onda en un extremo inferior de la banda de longitud de onda de interés. Por ejemplo, el extremo inferior del espectro visible es de aproximadamente 400 nm, de modo que las fibras internas 300 pueden formarse en un tamaño de sección transversal 308 final de la fibra interna de menos de aproximadamente 100 nm.

La etapa 504 del método 500 de la Figura 14 puede incluir rodear las fibras internas 300 (Figura 4) con el material de matriz 236 (Figura 3) para formar una macrofibra 200 (Figura 3). Las fibras internas 300 pueden estar orientadas generalmente paralelas a la longitud 222 de la macrofibra (Figura 3). Las fibras internas 300 pueden formarse de forma sustancialmente simultánea con el material de matriz 236. Ventajosamente, formando conjuntamente las fibras internas 300 con el material de matriz 236, la fracción de volumen de fibra del artículo compuesto 100 (Figura 3) puede controlarse con mayor precisión en relación con los artículos compuestos fabricados convencionalmente. Adicionalmente, la formación conjunta del material de matriz 236 con las fibras internas 300 puede reducir la cantidad de tiempo requerida para fabricar artículos compuestos 100. Asimismo, la formación conjunta del material de matriz 236 con las fibras internas 300 puede eliminar la necesidad de un equipo especializado de infusión de resina como puede ser necesario para fundir preformas de fibra seca (no mostradas) con resina (no mostrada) en la fabricación de materiales compuestos convencionales.

La etapa 506 del método 500 de la Figura 14 puede incluir estirar las fibras internas 300 y el material de matriz 236. Por ejemplo, las fibras internas 300 y el material de matriz 236 pueden estirarse a medida que las fibras internas 300 y el material de matriz 236 se extraen de una boquilla (no mostrada). Sin embargo, las fibras internas 300 pueden estirarse antes de formar las macrofibras 200. En una realización, las fibras internas 300 pueden estirarse después de la formación de las fibras internas 300 y antes de formar las macrofibras 200. Ventajosamente, el aumento de las propiedades de resistencia de las fibras internas 300 puede controlarse controlando la relación de estiramiento de las fibras internas 300.

La etapa 508 del método 500 de la Figura 14 puede incluir formar la macrofibra 200 (Figura 6) en una forma de sección transversal predeterminada 208 (Figura 6). Por ejemplo, la macrofibra 200 puede formarse con una superficie superior 202 de la macrofibra (Figura 6), una superficie inferior 204 de la macrofibra (Figura 6), y una o más superficies laterales 206 de la macrofibra (Figura 6). La forma en sección transversal 208 de la macrofibra 200 puede controlarse de manera que la superficie superior 202 de la macrofibra y la superficie inferior 204 de la macrofibra puedan ser sustancialmente planas y paralelas. Sin embargo, la macrofibra 200 se puede formar en cualquier forma de sección transversal adecuada 208 que pueda facilitar la colocación de las macrofibras 200 para formar capas estructurales. La macrofibra 200 se puede formar en una forma de sección transversal 208 que comprende una lámina 242 (Figura 7), un polígono, un paralelogramo 210 (Figura 6), un trapecioide 212 (Figura 8), y una cualquiera de una diversidad de otras formas de sección transversal 208.

La Figura 15 es un diagrama de flujo que ilustra un método 600 que tiene una o más operaciones que pueden incluirse en una realización para formar un artículo compuesto 100 (Figura 1). La etapa 602 del método 600 puede incluir proporcionar una pluralidad de macrofibras 200 (Figura 5) en donde cada una de las macrofibras 200 comprende una pluralidad de fibras internas 300 (Figura 5) rodeadas por el material de matriz 236 (Figura 5). En una realización en la que el artículo compuesto 100 puede exponerse a la luz en el espectro visible, cada una de las fibras internas 300 puede proporcionarse en un tamaño de sección transversal 308 final de la fibra interna de menos de aproximadamente 100 nanómetros. En este sentido, las fibras internas se pueden estirar hasta un tamaño de sección transversal final 308 de la fibra interna que es menor que aproximadamente un cuarto de la longitud de onda de un extremo inferior de un intervalo predeterminado de luz al que puede estar expuesto el artículo compuesto 100. Sin embargo, las fibras internas 300 pueden formarse en cualquier tamaño de sección transversal final de la fibra interna, sin limitación, basado en la longitud de onda en el extremo inferior de la banda de luz de longitud de onda a la que puede estar expuesto el artículo compuesto 100.

La etapa 604 del método 600 de la Figura 15 puede incluir la disposición de las macrofibras 200 (Figura 11) en una disposición lado a lado 226 (Figura 11) entre sí en una capa estructural. Por ejemplo, en una realización, una pluralidad de las macrofibras 200 puede estar dispuesta en una primera capa estructural 400 y una pluralidad de las macrofibras 200 puede estar dispuesta en una segunda capa estructural 420. Se puede disponer una pluralidad de capas estructurales en una formación apilada. Por ejemplo, en la realización mostrada en la Figura 11, las capas estructurales primera y segunda 400, 420 pueden colocarse en una proximidad relativamente cercana entre sí, tal como en contacto sustancialmente íntimo entre sí.

La etapa 606 del método 600 de la Figura 15 puede incluir la disposición de las capas estructurales en una

orientación deseada una con respecto a la otra. Por ejemplo, en la realización mostrada en las Figuras 3-4, el artículo compuesto 100 puede estar formado por una pluralidad de primera y segunda capas estructurales 400, 420. La segunda capa estructural 420 puede estar dispuesta de manera que la dirección de estirado 426 de la segunda capa estructural 420 esté orientada generalmente perpendicular a la dirección de estirado 406 de la primera capa estructural 400 como se muestra en la Figura 3. Sin embargo, la primera y segunda capa estructural 400, 420 pueden estar dispuestas de tal manera que las direcciones de estirado 406, 426 respectivas estén orientadas de manera no perpendicular entre sí en cualquier cantidad incluyendo orientaciones paralelas de las direcciones de estirado. En una realización, las direcciones de estirado de una o más de las capas estructurales pueden disponerse en ángulos específicos entre sí para lograr la resistencia, rendimiento balístico y/u óptico deseados en un artículo compuesto 100.

La etapa 608 del método 600 de la Figura 15 puede incluir la aplicación de calor a las macrofibras 200 (Figura 11) de las capas estructurales. El calor se puede aplicar por cualquier medio adecuado. Por ejemplo, el calor se puede aplicar mediante uno o más elementos calefactores (no mostrados). También puede aplicarse calor mediante calentamiento por radiación o por cualquier otro medio para elevar la temperatura del material de matriz 236 (Figura 11).

La etapa 610 del método 600 de la Figura 15 puede incluir reducir la viscosidad del material de matriz 236 (Figura 12) tal como debido a la aplicación de calor. La reducción de la viscosidad puede permitir el entremezclado del material de matriz 236 entre las macrofibras 200 (Figura 12). En este sentido, el material de matriz 236 de cada macrofibra 200 puede entremezclarse con el material de matriz 236 de macrofibras 200 adyacentes de manera que las capas estructurales se puedan formar sin espacios sustancialmente a lo ancho de las capas estructurales. Al formar el artículo compuesto 100 (Figura 12) sin espacios, el rendimiento óptico puede mejorarse significativamente en relación con los artículos compuestos convencionales (no mostrados) que tienen espacios entre las fibras. Opcionalmente, se puede aplicar presión durante la aplicación de calor para promover la consolidación de las capas estructurales.

La etapa 612 del método 600 de la Figura 15 puede incluir curar y/o solidificar el material de matriz 236 (Figura 13) para formar un artículo compuesto 100 (Figura 13). Como se ha indicado anteriormente, el artículo compuesto 100 puede formarse en una cualquiera de una diversidad de formas diferentes, tamaños y configuraciones, sin limitación. Asimismo, el artículo compuesto 100 puede implementarse en una cualquiera de una diversidad de aplicaciones vehiculares y no vehiculares. Ejemplos no limitativos de configuraciones de artículo compuesto 100 incluyen un parabrisas, una marquesina, una ventana, una membrana, un panel de blindaje, un panel estructural, un panel arquitectónico y un artículo no estructural.

Ventajosamente, las macrofibras 200 (Figura 11) como se ha descrito anteriormente pueden facilitar una mejora significativa en el rendimiento óptico de un artículo compuesto 100 (Figura 11) en relación con los artículos compuestos convencionales que usan fibras convencionales. Adicionalmente, las macrofibras 200 pueden dar como resultado un control más preciso de la fracción de volumen de fibra del artículo compuesto 100 que puede mejorar la resistencia específica del artículo compuesto 100 y el rendimiento balístico del artículo compuesto 100.

La Figura 16 es un diagrama de flujo de un método 700 de uso de un artículo compuesto 100. La etapa 702 del método 700 puede incluir proporcionar un artículo compuesto 100 que tenga una pluralidad de macrofibras 200. Cada una de las macrofibras 200 puede incluir la pluralidad de fibras internas 300 rodeadas por el material de matriz 236. Cada una de las fibras internas 300 puede tener un tamaño de sección transversal 308 final de la fibra interna de menos de aproximadamente 100 nanómetros.

La etapa 704 del método 700 de la Figura 16 puede incluir poner o mantener el artículo compuesto 100 (Figura 1) en una condición no cargada. La condición no cargada puede comprender una condición estática del artículo compuesto 100. Por ejemplo, el artículo compuesto 100 puede comprender una porción de un vehículo 801 (Figura 17) que es estático o sustancialmente no se mueve. En una realización, el vehículo 801 puede comprender una aeronave 800 (Figura 17).

Haciendo referencia a la Figura 17, se muestra una ilustración en perspectiva de una aeronave 800 que puede incorporar una o más realizaciones del artículo compuesto 100 (Figura 1) como se divulga en el presente documento. La aeronave 800 puede incluir un fuselaje 802 que tiene un par de alas 804 y una sección de cola 808 que puede incluir un estabilizador vertical 812 y estabilizadores horizontales 810. La aeronave 800 puede incluir además superficies de control 806 y unidades de propulsión 814. La aeronave 800 puede ser generalmente representativa de uno de una diversidad de vehículos que pueden incorporar uno o más de los artículos compuestos 100 como se describe en el presente documento.

En una realización, el artículo compuesto 100 (Figura 1) puede comprender un panel compuesto 104 (Figura 1). En la condición no cargada, las cargas en el panel compuesto 104 pueden estar limitadas a cargas estáticas, tal como las debidas a la fuerza gravitacional que actúa sobre una masa del panel compuesto 104 u otras cargas estáticas que actúan sobre la aeronave 800 (Figura 17). Un ejemplo de una condición sin carga puede incluir que el fuselaje

802 de la aeronave 800 no esté presurizado, como cuando la aeronave 800 está estacionada en una pista del aeropuerto.

La etapa 706 del método 700 de la Figura 16 puede incluir poner el artículo compuesto 100 (Figura 1) en una condición cargada en donde el vehículo 801 (Figura 17) puede estar en movimiento y/o el panel compuesto 104 puede estar sujeto a una carga dinámica. Por ejemplo, el vehículo puede comprender la aeronave 800 (Figura 17) en movimiento en una pista durante el despegue. La condición cargada también puede comprender que el fuselaje 802 de la aeronave 800 esté presurizado. En la condición cargada, las cargas en el artículo compuesto 100 pueden incluir cualquiera de cargas de compresión, cargas de tensión, cargas de corte, cargas de torsión, o cualquier combinación de las mismas.

10 De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, se proporciona un método para usar un artículo compuesto, que comprende las etapas de proporcionar un artículo compuesto que tiene una pluralidad de macrofibras, cada una de las macrofibras comprende una pluralidad de fibras internas rodeadas por material de matriz, cada una de las fibras internas tiene un tamaño de sección transversal final de fibra interna de menos de aproximadamente 100 nanómetros, poner el artículo compuesto en una condición no cargada, y poner el artículo compuesto en una
15 condición cargada. Ventajosamente, la condición no cargada se asocia con un vehículo que no se mueve sustancialmente, y la condición cargada se asocia con el vehículo en movimiento.

De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, se proporciona un método para formar un artículo compuesto, que comprende, proporcionar una pluralidad de macrofibras, cada una de las macrofibras comprende una pluralidad de fibras internas rodeadas por material de matriz, cada una de las fibras internas tiene un tamaño de
20 sección transversal final de fibra interna de menos de aproximadamente 100 nanómetros, reduciendo una viscosidad del material de matriz para causar el entremezclado del material de matriz entre la pluralidad de las macrofibras, y realizando al menos uno de curado y solidificación del material de matriz para formar un artículo compuesto. Ventajosamente, la pluralidad de macrofibras comprende adicionalmente disponer las macrofibras en disposición lado a lado para formar una capa estructural. Ventajosamente, hay una etapa adicional de disponer una pluralidad
25 de capas estructurales en una formación apilada. Ventajosamente, las macrofibras tienen una dirección de estirado, el método comprende además la etapa de orientar al menos una de las capas estructurales de manera que la dirección de estirado de las macrofibras en una de las capas estructurales esté orientada generalmente no paralela a la dirección de estirado de las macrofibras en una adyacente a las capas estructurales.

De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, se proporciona un método para fabricar una macrofibra, que comprende la etapa de formar una pluralidad de fibras internas, cada una de las cuales tiene un tamaño de sección transversal final de fibra interna de menos de aproximadamente 100 nanómetros, rodeando las fibras internas con material de matriz para formar una macrofibra y formando la macrofibra en una forma de sección transversal predeterminada. Ventajosamente, hay una etapa adicional de formar las fibras internas y el material de matriz de forma sustancialmente simultánea.

35 De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, se proporciona un artículo compuesto, que comprende una pluralidad de macrofibras, incluyendo cada una de las macrofibras, una pluralidad de fibras internas que tienen un tamaño de sección transversal final de fibra interna de menos de aproximadamente 100 nanómetros y que tienen una dirección de estirado y un material de matriz que rodea las fibras internas y las macrofibras que tienen una forma de sección transversal predeterminada. La macrofibra tiene una forma de sección transversal que comprende
40 al menos una de una superficie superior y una superficie inferior; y al menos una de las superficies superior e inferior es sustancialmente plana. Ventajosamente, las macrofibras están dispuestas en una capa estructural y una pluralidad de las capas estructurales están dispuestas en una formación apilada. Ventajosamente, cada una de las macrofibras tiene una dirección de estirado; y al menos un par de las capas estructurales están dispuestas de manera que la dirección de estirado de las macrofibras en una de las capas estructurales del par esté orientada de
45 forma sustancialmente perpendicular con respecto a la dirección de estirado de las macrofibras en una adyacente de las capas estructurales del par. Ventajosamente, el artículo compuesto está comprendido por al menos uno de un parabrisas, una marquesina, una ventana, una membrana, un panel de blindaje, un panel estructural, un panel arquitectónico y un artículo no estructural.

REIVINDICACIONES

1. Un revestimiento compuesto que comprende una pluralidad de capas dispuestas en una formación apilada, comprendiendo al menos una de dicha pluralidad de capas una pluralidad de macrofibras en una disposición lado a lado, comprendiendo dichas macrofibras:

5 una pluralidad de fibras internas (300) cada una de las cuales tiene un tamaño de sección transversal final de fibra interna de menos de aproximadamente 100 nanómetros; y estando rodeadas las fibras internas (300) por material de matriz (236),

en donde la macrofibra comprende superficies superiores e inferiores que son sustancialmente planas y paralelas.

2. El revestimiento compuesto de la reivindicación 1, en donde:

10 la macrofibra tiene una forma de sección transversal que comprende al menos una de una superficie superior (202) y una superficie inferior (204); y al menos una de la superficie superior e inferior es sustancialmente plana.

3. El revestimiento compuesto de las reivindicaciones 1 y 2, en donde:

15 la forma de la sección transversal comprende una lámina (242) que tiene una relación de aspecto de una anchura de macrofibra a un espesor de macrofibra de al menos aproximadamente 10.

4. El revestimiento compuesto de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde:

el material de matriz (236) tiene una propiedad óptica; y la propiedad óptica del material de matriz (236) es sustancialmente equivalente a la propiedad óptica de al menos una de las fibras internas (300).

20 5. El revestimiento compuesto de la reivindicación 4, en donde: la propiedad óptica comprende un índice de refracción.

6. El revestimiento compuesto de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde:

las fibras internas (300) están formadas de un material que comprende al menos uno de un material termoplástico, un material termoendurecible, un material inorgánico y un material de vidrio.

25 7. El revestimiento compuesto de la reivindicación 6, en donde:

las fibras internas (300) están formadas de un material termoplástico y están estiradas.

8. El revestimiento compuesto de cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde:

el material de matriz (236) comprende al menos uno de un material termoplástico y un material termoendurecible.

9. El revestimiento compuesto de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde:

30 las fibras internas (300) y el material de matriz (236) comprenden material sustancialmente ópticamente transparente.

10. El revestimiento compuesto en cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en donde:

la macrofibra tiene un espesor máximo de macrofibra en un intervalo de aproximadamente 3 micrómetros a 5000 micrómetros.

35 11. Un método para fabricar un artículo compuesto que comprende formar una pluralidad de capas en una formación apilada, comprendiendo al menos una de dichas capas una pluralidad de macrofibras en una disposición lado a lado, comprendiendo el método las etapas de:

formar una pluralidad de fibras internas (300) cada una de las cuales tiene un tamaño de sección transversal final de fibra interna de menos de aproximadamente 100 nanómetros;

40 rodear las fibras internas (300) con material de matriz (236) para formar una macrofibra; y formar la macrofibra en una forma de sección transversal predeterminada,

en donde la etapa de formar la macrofibra en la forma de sección transversal predeterminada comprende:

formar la forma de sección transversal predeterminada con al menos una de una superficie superior (202) y una superficie inferior (204); y

45 al menos una de la superficie superior (202) y la superficie inferior (204) es sustancialmente plana y paralela.

12. El método de la reivindicación 11 que comprende, además, las etapas de:
formar la macrofibra a partir del material de matriz (236) que tiene una propiedad óptica que es sustancialmente
equivalente a la propiedad óptica de al menos una de las fibras internas (300).

5 13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 11-12 que comprende además la etapa de:
estirar las fibras internas (300).

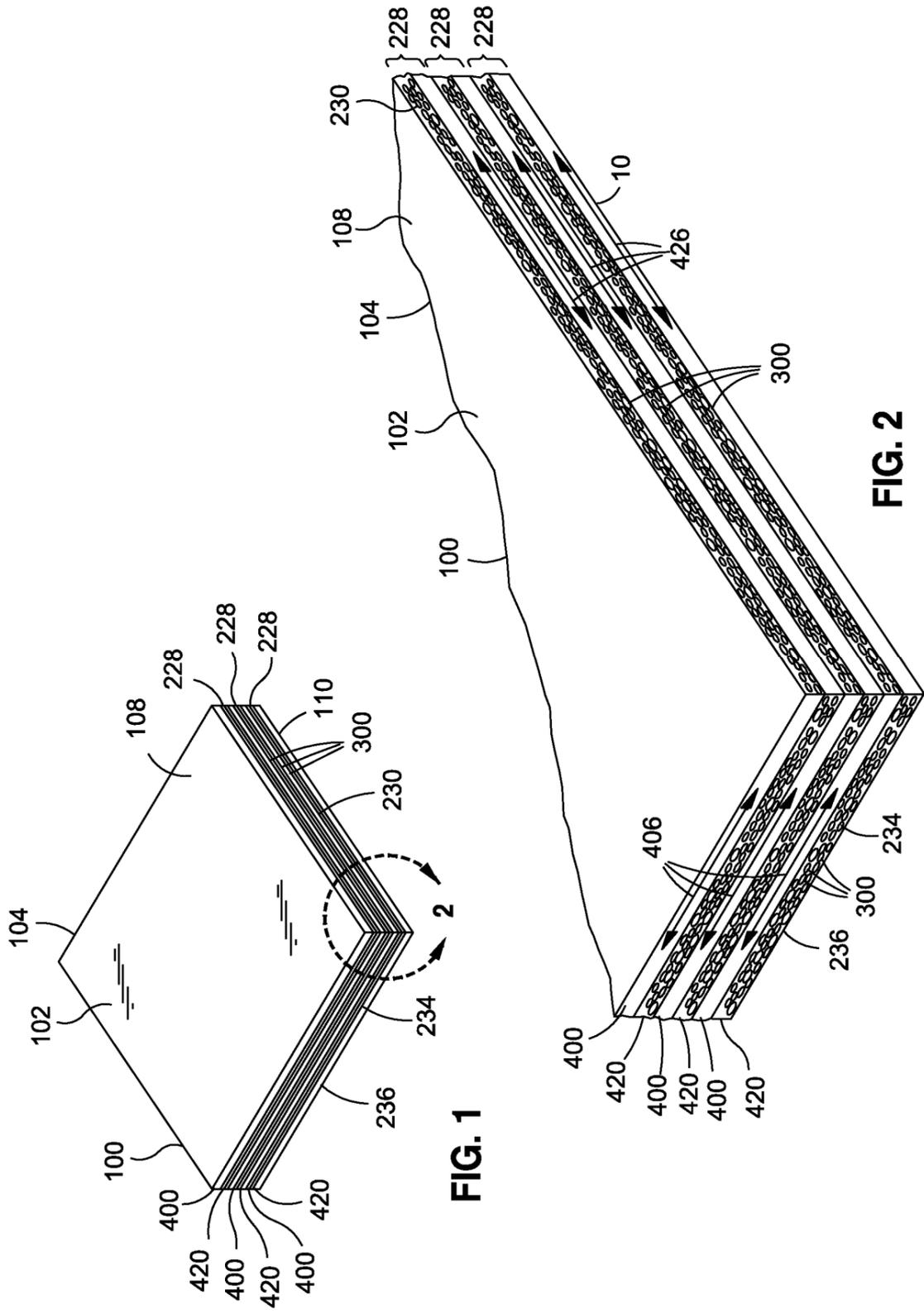


FIG. 1

FIG. 2

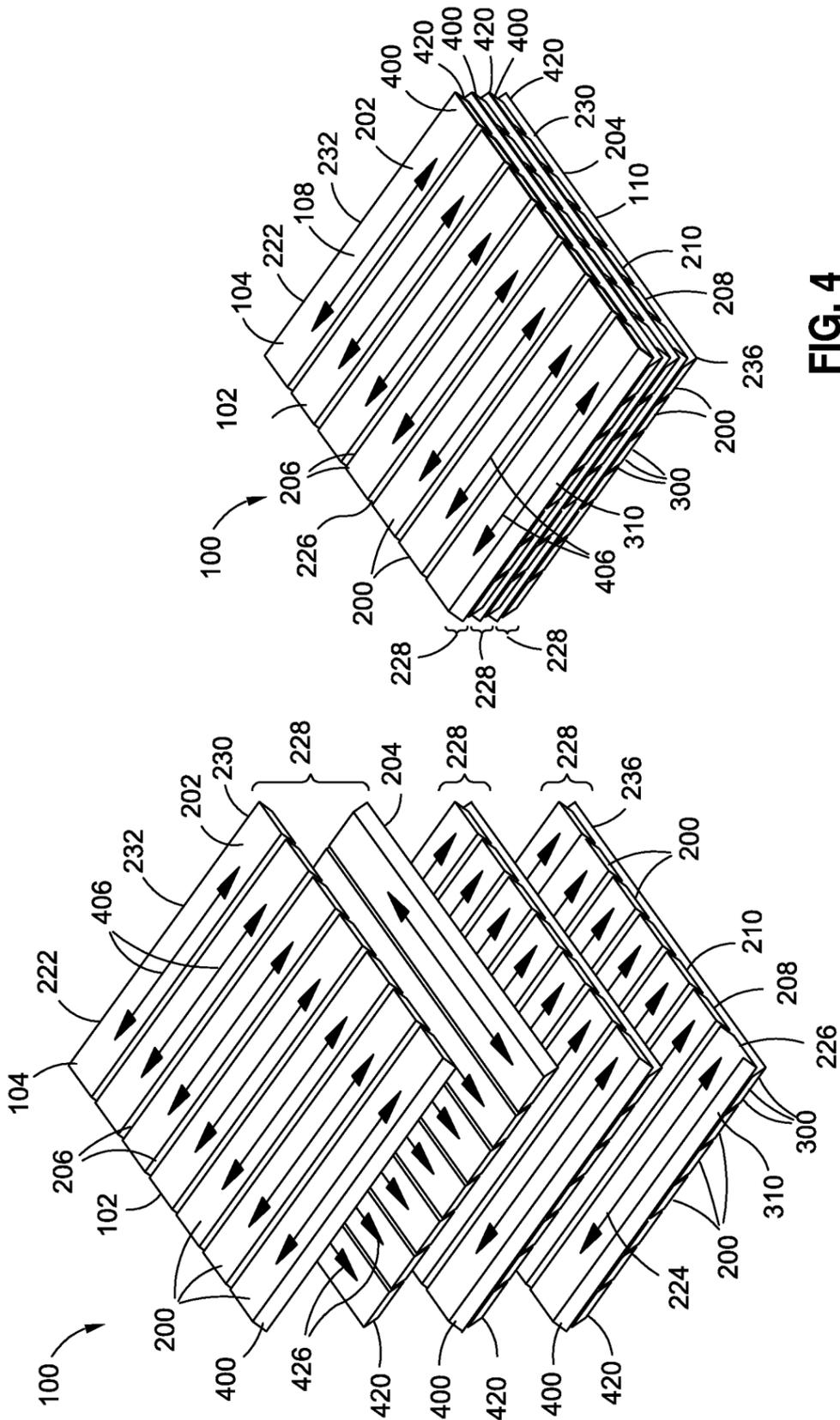


FIG. 4

FIG. 3

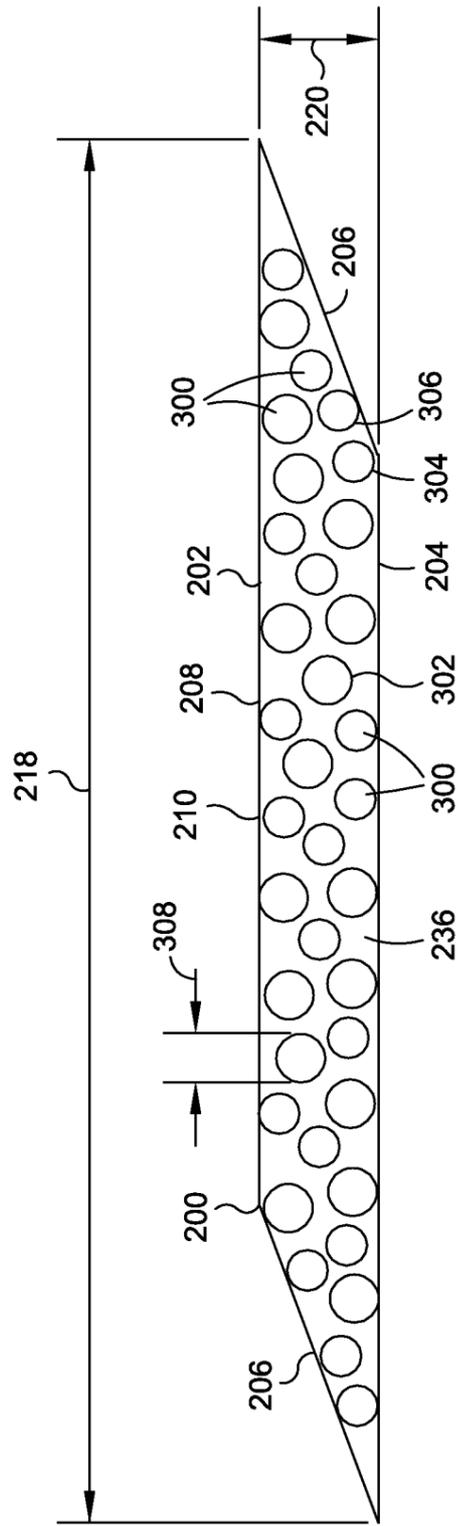


FIG. 5

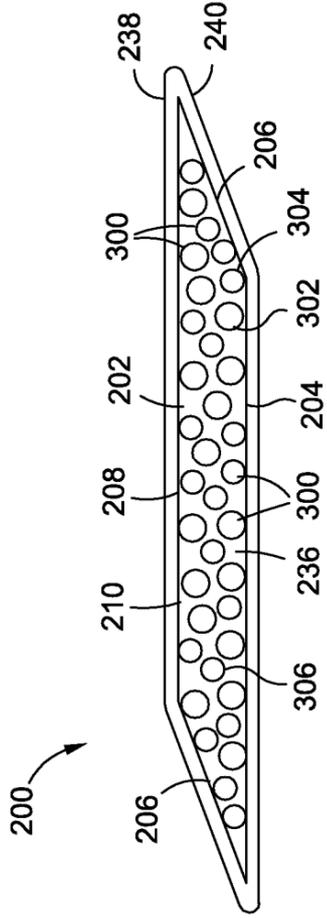


FIG. 6

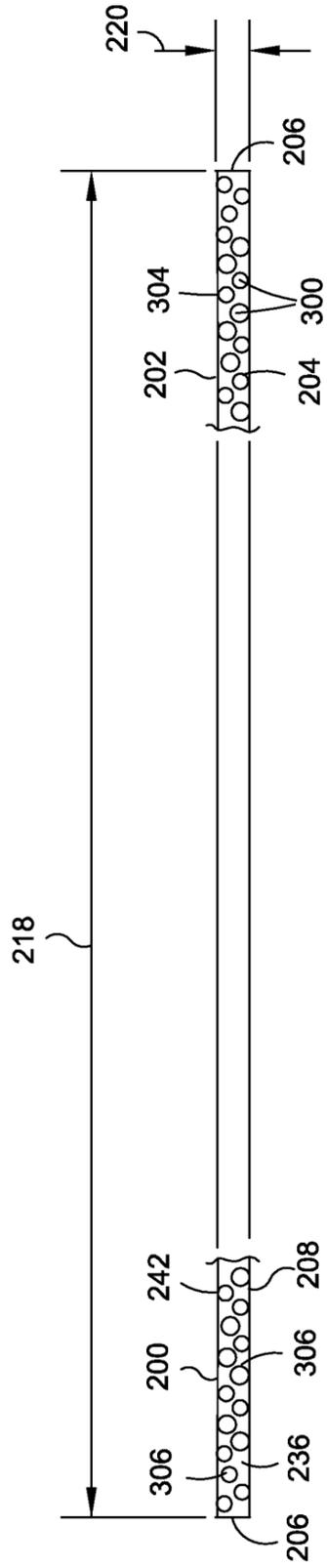


FIG. 7

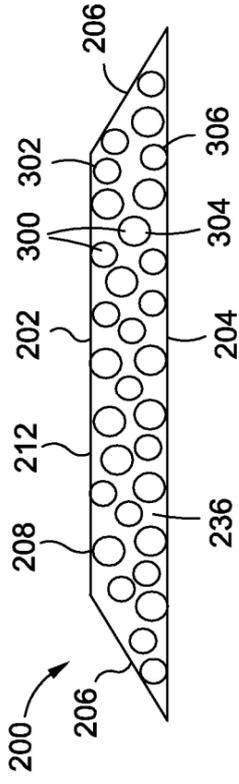


FIG. 8

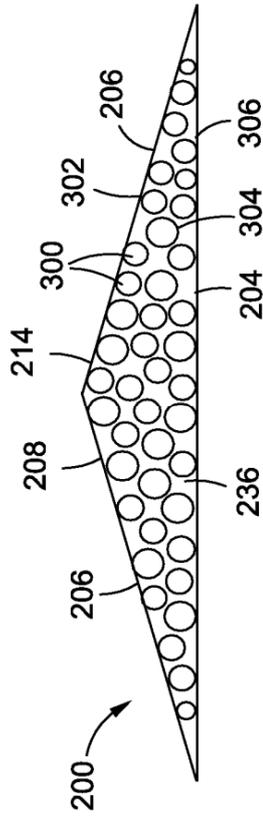


FIG. 9

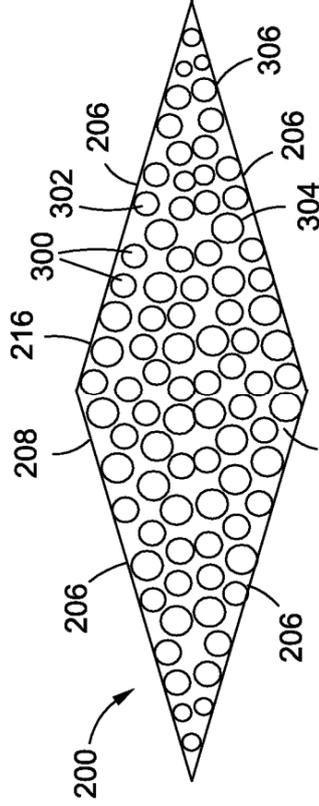


FIG. 10

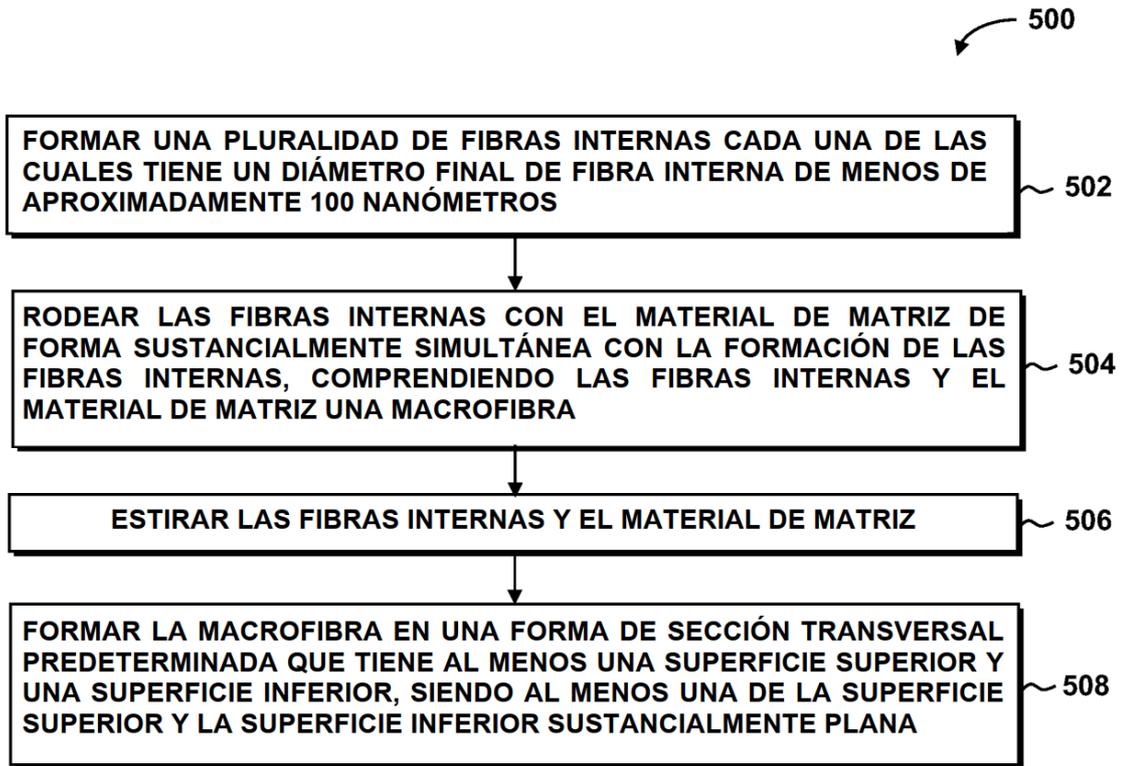


FIG. 14

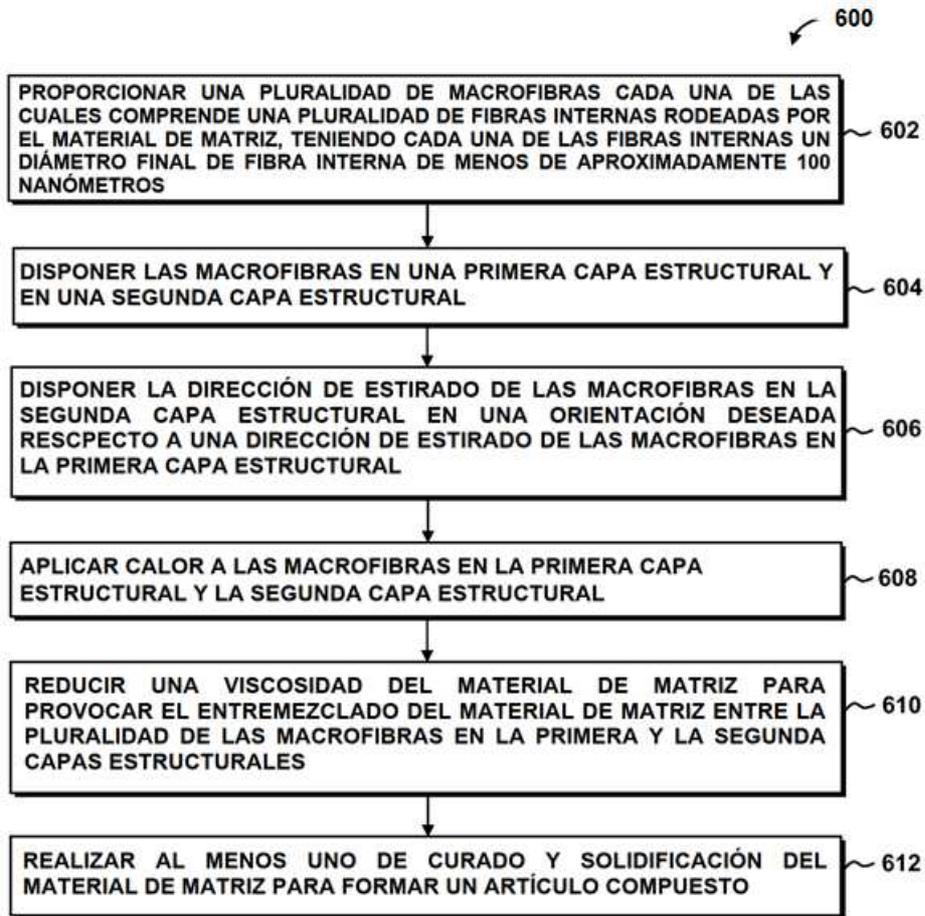


FIG. 15

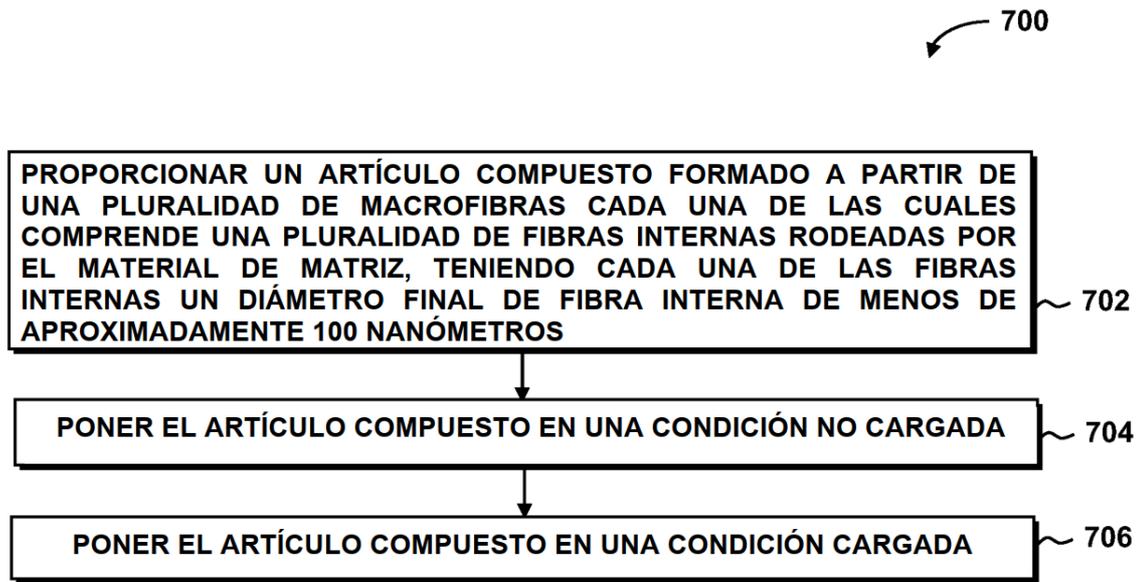


FIG. 16

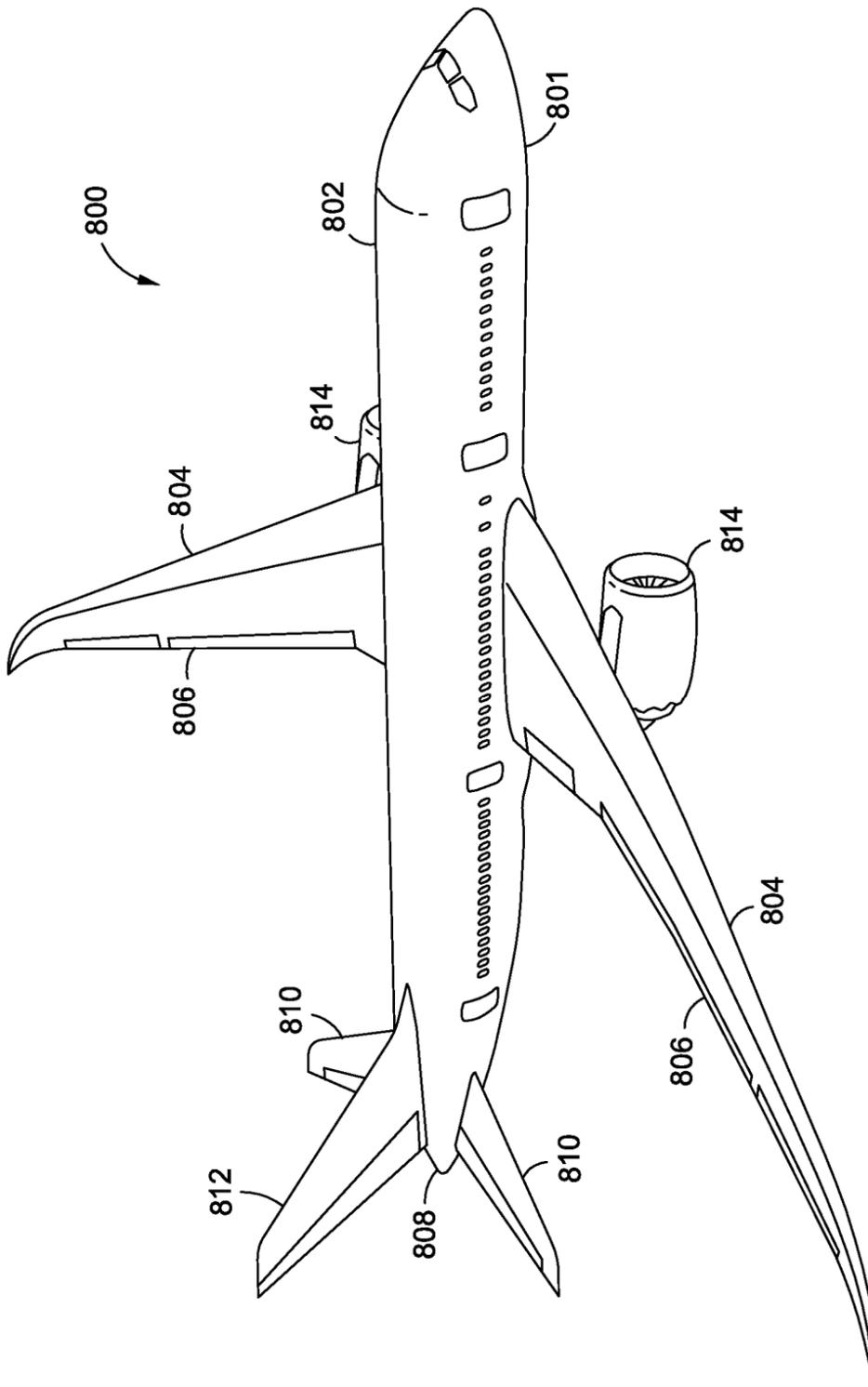


FIG. 17