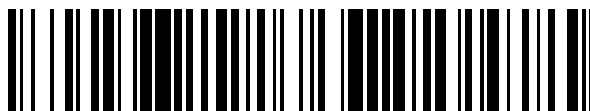


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 655**

51 Int. Cl.:

B29B 15/10 (2006.01)
B29B 7/84 (2006.01)
B29B 7/90 (2006.01)
B29C 70/12 (2006.01)
B29K 307/04 (2006.01)
B29K 309/08 (2006.01)
B29K 101/10 (2006.01)
B29K 105/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2017** **E 17199737 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2020** **EP 3318381**

54 Título: **Materiales compuestos con fibras cortas infusionadas con resina**

30 Prioridad:

07.11.2016 US 201615344755

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

31.07.2020

73 Titular/es:

THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-2016, US

72 Inventor/es:

SONG, WEIDONG

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 776 655 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

Materiales compuestos con fibras cortas infusionadas con resina

Campo

La divulgación se refiere al campo de materiales compuestos reforzados con fibras, y, en particular, a materiales compuestos reforzados con fibras cortas.

Antecedentes

Muchos materiales fibrosos tales como carbono, vidrio, Kevlar, y así sucesivamente, se usan para una variedad de fines con el fin de reducir su peso al tiempo que proporcionan un nivel de rendimiento estructural deseado. Por ejemplo, partes compuestas con fibras continuas utilizan hebras individuales de carbono que están orientadas en capas. Las hebras de fibra de carbono dentro de cada capa son paralelas y se extienden a lo largo de pies o incluso centenares de pies en una dirección deseada. Las fibras en cada capa mejoran la resistencia de la parte compuesta resultante con respecto a una dirección específica de fuerza de carga. Al combinar capas que presentan diferentes orientaciones de fibra, puede fabricarse una parte compuesta que muestra una resistencia estructural en una variedad de direcciones.

Aunque las partes compuestas de fibras continuas son altamente deseables, pueden no resultar económicas o factibles técnicamente en determinadas aplicaciones. Por ejemplo, puede no resultar económico fabricar una parte compuesta de fibras continuas particularmente estrecha o pequeña que muestre resistencia en múltiples direcciones. Los materiales compuestos con fibras cortas pueden utilizarse, por tanto, para tales partes compuestas. Los materiales compuestos con fibras cortas se diferencian de los materiales con fibras continuas porque los materiales con fibras cortas utilizan una longitud sustancialmente más corta que los materiales con fibras continuas. Las fibras cortas oscilan entre un cuarto de pulgada y un octavo de pulgada de largo. Una diferencia adicional entre materiales con fibras continuas y con fibras cortas es que las fibras individuales dentro de los materiales con fibras cortas muestran orientaciones aleatorias y, por tanto, no son paralelas desde un punto de vista de capa por capa. Estas características físicas hacen que los materiales con fibras cortas sean sustancialmente isotrópicos. Estas características también provocan que los materiales con fibras cortas muestren de manera no deseada una resistencia reducida con respecto a materiales compuestos con fibras continuas.

Por tanto, los diseñadores de partes compuestas con fibras cortas continúan buscando mejoras para los materiales compuestos con fibras cortas que aumentarán la resistencia.

El documento WO98/53968 afirma "un método genérico para producir materiales desprovistos de oclusión de gas y de vacíos, así como aparatos para la producción en lotes y continua de los mismos. Este método genérico puede utilizarse en la producción de una amplia variedad de compuestos poliméricos y materiales compuestos y abarca de manera específica los dos extremos del espectro de compuesto polimérico, es decir, hormigones poliméricos, por un lado, y compuestos poliméricos reforzados con fibras por otro lado. Los materiales compuestos se caracterizan a simple vista por estar desprovistos de oclusión de gas y de vacíos al nivel de 1 micrómetro en una magnificación de 1250x. Al mismo tiempo, se producen materiales de hormigón poliméricos útiles que muestran una integridad sustancialmente mejorada para una fácil mecanización a altas velocidades, y una alta resistencia mecánica y dieléctrica, en comparación con los materiales compuestos producidos mediante métodos convencionales. Por tanto, una aplicación particularmente bien adecuada para los materiales es la clase de materiales aislantes y elementos aislantes eléctricos de alta tensión en donde la presencia de defectos de vacíos, o de oclusión de gas, puede tener efectos dañinos, que conllevan fallos precoces".

El documento WO2014/045971A1 afirma "un compuesto de moldeo volumétrico caracterizado porque comprende (A) un material fibroso que contiene fibras orgánicas (a) obtenido usando un compuesto que tiene una estructura cíclica aromática y (B) una resina que tiene uniones dobles insaturadas; un artículo moldeado obtenido moldeando el mismo; y un elemento de baño. El artículo moldeado obtenido usando este compuesto de moldeo volumétrico tiene resistencia frente a los impactos a un grado en donde la deformación, agrietado, o similares, debido a que el impacto procedente del exterior no se produce".

Manufacturing Procedures for Advanced Composites (Flake C. Campbell), 1 de enero de 2004, Elsevier Advanced Technology, Oxford, GB, págs. 412-420 describe "moldeo por compresión".

Molding Comlibras (Miracle D B *et al*), 1 de diciembre de 2001, ASM Handbook, ASM International, Materials Park, Ohio, EE. UU., págs. 141-149 describe "compuestos de moldeo".

Sumario

En la presente solicitud se describe un método que comprende: formar un lecho de fibras secas orientadas de manera aleatoria sobre una base (604); introducir resina en el lecho en respuesta a presión para formar una mezcla de fibras orientadas de manera aleatoria impregnadas con resina (606) termoestable; alterar la mezcla al tiempo que se conserva la longitud de la fibra en la mezcla y desgasificar la mezcla (610); y extruir la mezcla para formar una

preforma (612). En la presente solicitud también se describe un sistema que comprende: un impregnador de resina que comprende: una base (210); una fuente (250) de presión configurada forzar la resina (122) termoestable a través de un lecho de fibras (124) secas orientadas de manera aleatoria en la base para formar una mezcla (120) de fibras impregnadas en la base; y una trayectoria (240) de salida para que el aire procedente del lecho de fibras salga del aparato; y una extrusora (400) que comprende: un orificio (460) dimensionado para recibir la mezcla; una primera sección (462) que comprende un primer tornillo (452) sin fin configurado para alimentarse por el orificio y que está configurado para mezclar la mezcla al tiempo que se conserva la longitud de la fibra en la mezcla y para mover la mezcla hacia una segunda sección (496), comprendiendo, además, la primera sección un orificio (464) de vacío configurado para eliminar el gas procedente de la primera sección; y comprendiendo la segunda sección un segundo tornillo (494) sin fin que está configurado para alterar la mezcla a una segunda presión de compresión que es superior a la primera presión de compresión al tiempo que se conserva la longitud de la fibra en la mezcla, estando el segundo tornillo sin fin configurado para mover adicionalmente la mezcla hacia una boquilla (499) de hilera de extrusora, comprendiendo, además, la segunda sección una carcasa (492) calentada que rodea el segundo tornillo sin fin; y la boquilla de hilera de extrusora, que tiene una abertura para que la mezcla abandone la extrusora, y se una a la segunda sección.

Las realizaciones descritas en el presente documento proporcionan los materiales compuestos con fibras cortas que utilizan impregnación de resina presurizada en combinación con extrusión a alta presión. Esta técnica aumenta sustancialmente una cantidad de penetración de resina en un lecho de fibras secas de fibras cortas orientadas de manera aleatoria. Al aumentar la cantidad de impregnación de resina se reduce la porosidad de la mezcla resultante y de ese modo mejora el rendimiento estructural de las partes compuestas con fibras cortas resultantes que se curan a partir de la mezcla.

Un ejemplo de referencia proporciona un material. El material incluye una parte compuesta que tiene una porosidad de menos del uno por ciento en volumen. La parte compuesta incluye una matriz de fibras orientadas de manera aleatoria siendo cada una de menos de la mitad de una pulgada de largo, y resina termoestable distribuida por la totalidad de las fibras.

Un ejemplo de referencia es un aparato que incluye una extrusora. La extrusora incluye un orificio dimensionado para recibir una mezcla de fibras impregnadas con resina termoestable, y una primera sección que incluye un primer tornillo sin fin alimentado por el orificio que mezcla la mezcla al tiempo que se conserva la longitud de la fibra en la mezcla, y mueve la mezcla hacia una segunda sección. La primera sección incluye, además, un orificio de vacío que elimina el gas procedente de la primera sección. La extrusora también incluye la segunda sección. La segunda sección incluye un segundo tornillo sin fin que altera la mezcla a una segunda presión de compresión que es superior a la primera presión de compresión al tiempo que se conserva la longitud de la fibra en la mezcla, moviendo adicionalmente el segundo tornillo sin fin la mezcla hacia una boquilla de hilera de extrusora. La segunda sección incluye, adicionalmente, una carcasa calentada que rodea el segundo tornillo sin fin. La extrusora también incluye la boquilla de hilera de extrusora, que tiene una abertura para que la mezcla abandone la extrusora, y se una a la segunda sección.

A continuación, pueden describirse otras realizaciones a modo de ejemplo (por ejemplo, métodos y medios legibles por ordenador relacionados con las realizaciones anteriores). Las características, funciones, y ventajas que se han comentado pueden lograrse de manera independiente en diversas realizaciones o pueden combinarse en todavía otras realizaciones, cuyos detalles adicionales pueden observarse con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Descripción de los dibujos

Ahora se describen algunas realizaciones de la presente divulgación, únicamente a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos adjuntos. El mismo número de referencia representa el mismo elemento o el mismo tipo de elemento en todos los dibujos

La figura 1 es un diagrama de una mezcla con fibras cortas mejorada producida por un método de una realización a modo de ejemplo.

La figura 2 es un diagrama que ilustra un impregnador de resina en una realización a modo de ejemplo.

La figura 3 es un diagrama que ilustra un impregnador de resina adicional en una realización a modo de ejemplo.

La figura 4 es un diagrama que ilustra una extrusora en una realización a modo de ejemplo.

La figura 5 es un diagrama que ilustra una boquilla de hilera en una realización a modo de ejemplo.

La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un método para fabricar materiales compuestos con fibras cortas mejorados en una realización a modo de ejemplo.

La figura 7 es un diagrama de bloques de un aparato de fabricación de materiales compuestos con fibras cortas en una realización a modo de ejemplo.

La figura 8 es un diagrama de flujo de metodología de producción y servicio de aeronaves en una realización a modo de ejemplo.

La figura 9 es un diagrama de bloques de una aeronave en una realización a modo de ejemplo.

Descripción

5 Las figuras y la siguiente descripción ilustran realizaciones a modo de ejemplo específicas de la divulgación. Por tanto, se apreciará que los expertos en la técnica podrán concebir diversas disposiciones que, aunque no se muestran o se describen de manera explícita en el presente documento, albergan los principios de la divulgación y se incluyen dentro del alcance de la divulgación. Además, cualquier ejemplo descrito en el presente documento está
10 destinado a ayudar a comprender los principios de la divulgación, y debe considerarse que pertenece, sin limitación, a tales ejemplos y condiciones mencionados de manera específica. Como resultado, la divulgación no se limita a las realizaciones o ejemplos específicos descritos a continuación, sino por las reivindicaciones.

La figura 1 es un diagrama de una mezcla 120 con fibras cortas mejorada producida por un método de una realización a modo de ejemplo. De manera específica, la mezcla 120 se ha mejorado para mostrar unos niveles de porosidad reducidos. La mezcla 120 incluye fibras 124 de carbono cortas. Las fibras 124 varían en cuanto a
15 orientación a lo largo del plano XY. Las fibras 124 pueden mostrar, además, orientaciones aleatorias a lo largo de cualquiera o los tres ejes espaciales mostrados. Las fibras 324 se diferencian de las fibras continuas de múltiples maneras. La primera diferencia es que las fibras 124 están orientadas de manera aleatoria (por ejemplo, a lo largo de todas las tres dimensiones) mientras que las fibras continuas son todas paralelas. Las fibras 124 pueden incluso moverse en espiral o, de otro modo, mostrar orientaciones variables a lo largo de su longitud (L) axial
20 correspondientes con torsiones o dobleces en la fibra. La segunda diferencia es que cada una de las fibras 124 muestra una longitud axial entre un octavo de una pulgada y la mitad de una pulgada. Esta longitud es lo suficientemente larga para garantizar que las fibras 124 puedan mejorar la capacidad de la mezcla 120 a soportar la tensión estructural tras el curado. Esta longitud también es lo suficientemente corta para garantizar que la mezcla 120 funcione como un material sustancialmente anisotrópico que puede moldearse para dar cualquier forma adecuada. Las fibras 124 se encapsulan dentro de la resina 122. La resina 122 puede comprender un monómero
25 termoestable que se endurece para dar un polímero que soporta una matriz de fibras 124.

Se comentan detalles adicionales de dispositivos que participan en el funcionamiento y fabricación de un material compuesto con fibras cortas con respecto a las figuras 2-6. La figura 2 es un diagrama que ilustra un impregnador 200 de resina en una realización a modo de ejemplo. El impregnador 200 de resina se ha diseñado de manera
30 específica para impregnar un lecho 212 de fibras cortas con resina. El impregnador 200 de resina incluye una base 210. La base 210 recibe el lecho 212 de fibras 124 cortas orientadas de manera aleatoria. Las fibras cortas están secas, lo que significa que esas fibras 124 todavía no se han humedecido con la resina 122.

El impregnador 200 de resina también incluye una bolsa 220 de vacío. La bolsa 220 de vacío se sella a base 210 y cubre el lecho 212. Los orificios 230 y el orificio 260 penetran en la bolsa 220 de vacío para permitir el paso de aire fuera del lecho 212 y para permitir el paso de resina 122 al interior del lecho 212. La bolsa 220 de vacío se comprime sobre el lecho 212 cuando se aplica presión negativa a los orificios 230 por medio del colector 232 y la
35 línea 240 a medida que una bomba 250 de vacío elimina el aire del lecho 212. Por tanto, la línea 240 actúa como una trayectoria de salida para que el aire abandone el lecho 212. Puede implementarse cualquier número de orificios, colectores, y líneas según se desee en realizaciones adicionales.

La bolsa 220 de vacío en combinación con la bomba 250 de vacío y el orificio 230 funcionan como una fuente de presión que baja la presión en el lecho 212 por debajo de la presión atmosférica evacuando el aire 290 a través de la
40 línea 240. Esta presión negativa extrae la resina 122 fuera del depósito 280 de resina. La resina 122 continúa a través de línea 270 de suministro por medio del orificio 260 al interior del lecho 212. La resina 122 se distribuye entre las fibras 124 individuales del lecho 212.

La figura 3 es un diagrama que ilustra un impregnador 300 de resina adicional en una realización a modo de ejemplo. El impregnador 300 de resina se diferencia del impregnador 200 de resina porque el impregnador 300 de resina utiliza presión positiva en lugar de presión negativa para impregnar un lecho 320 de fibras de carbono cortas. El impregnador 300 de resina incluye el lecho 320 de fibras cortas orientadas de manera aleatoria y secas dispuesto encima del recipiente 310 de la base 312 de presión. El impregnador 300 de resina incluye, además, resina 330 en
45 una fase líquida viscosa. La resina 330 penetra en el lecho 320 a medida que se aplica presión mediante la tapa 340 que se mueve en la dirección D. La tapa 340 se mueve en la dirección D mediante las fuerzas aplicadas por el árbol 350. La tapa 340 y el árbol 350 funcionan, por tanto, como una fuente de presión para la resina 330, lo que provoca que la resina 330 fluya hacia abajo y a través del lecho 320. La boquilla 360 de salida en la base 312 forma una trayectoria de salida para el aire a medida que la resina 330 penetra en el lecho 320. La resina 330 puede fluir,
50 adicionalmente, a través de la boquilla 360 de salida con el fin de garantizar que el exceso de resina no permanezca en el lecho 320. La impregnación del lecho 320 con la resina 330 da como resultado la mezcla 120 de la figura 1.

Ambas figuras 2-3 ilustran sistemas que utilizan la aplicación de un diferencial de presión para conducir la resina al interior de un lecho de fibras secas con el fin de formar una mezcla con fibras cortas. Estos sistemas muestran un

beneficio sustancial porque la utilización de presión para impregnar un lecho de fibras cortas aumenta sustancialmente la penetración de la resina al interior de la fibra. Esto significa que la porosidad en la mezcla 120 resultante se reduce, dado que las fibras 124 individuales se humedecen y/o impregnan por completo con la resina 122. Sin embargo, puede resultar beneficioso reducir la porosidad incluso adicionalmente dentro de la mezcla 120 y garantizar que la resina 122 se mezcla de manera uniforme en la totalidad de las fibras 124.

Las figuras 4-5 ilustran detalles de una extrusora 400 que mezcla una mezcla 120. Ventajosamente, la extrusora 400 agita/mezcla los componentes de la mezcla en conjunto sin dañar las fibras 124 individuales dentro de la mezcla 120. Esto significa de manera específica que las fibras 124 no se cortan o, de otro modo, se reduzca su longitud durante el procedimiento de alteración. La conservación de la longitud de las fibras 124 garantiza que la mezcla 120 retenga las propiedades estructurales deseadas incluso después de haberse completado la alteración.

La figura 4 es un diagrama que ilustra una extrusora 400 en una realización a modo de ejemplo. La extrusora 400 se muestra en una vista en sección. La figura 4 muestra que la extrusora 400 incluye un orificio 460 dimensionado para recibir la mezcla 120. La mezcla 120 permanece en una pasta semisólida sin curar cuando se coloca en el orificio 460. Además, la mezcla 120 puede aplicarse a una tasa de volumen correspondiente a una tasa de extrusión prevista de la extrusora 400.

La extrusora 400 también incluye una primera sección/cámara 462. El árbol 440 gira dentro de la sección 462. El giro del árbol 440 provoca que los brazos 450 roten alrededor del árbol 440 lo que a su vez mezcla la mezcla 120. El árbol 440 se acciona mediante el motor 410. La velocidad de rotación del árbol 440 puede elegirse para garantizar que los brazos 450 no cortan o de otro modo recortan las fibras 124. Una velocidad a modo de ejemplo del árbol 440 puede ser, por tanto, menor de cinco revoluciones por segundo. La relación de fibras con respecto a resina puede afectar a la viscosidad. La temperatura de la mezcla también puede afectar a la viscosidad, pero, de manera ideal, se encontrará por debajo de una temperatura de curado (por ejemplo, 143°C (290°F)) a la que la resina se cura para dar un polímero sólido. La carcasa 470 proporciona soporte estructural para la sección 462 y garantiza que la mezcla 120 no se vierta de la sección 462. La primera sección 498 también incluye un orificio 464 de vacío, que extrae el gas fuera de la primera sección 462 de la cámara.

El primer tornillo 452 sin fin se extrae de la mezcla 120 mezclada dentro de la sección 462 y comprime la mezcla 120 a una primera presión de compresión. La primera presión de compresión puede ser de aproximadamente 140 kPa (veinte libras por pulgada cuadrada (PSI)). El segundo tornillo 494 sin fin extrae la mezcla 120 del primer tornillo 452 sin fin en la ubicación 480 al interior de la segunda sección/cámara 496. La mezcla 120 se lleva hacia la segunda cámara 496 por medio de la acción de rotación del primer tornillo 452 sin fin. La zona 466 de transición funciona como la salida de la sección 498 y la entrada a la sección 496. El segundo tornillo 494 sin fin funciona a una presión/relación de compresión más elevada, lo que provoca que el tornillo 494 sin fin aplique un nivel de presión más elevado que el primer tornillo 452 sin fin. Esto significa que la sección 496 experimenta una segunda presión de compresión que es más elevada que la primera presión de compresión. Este nivel de presión más elevado puede oscilar entre 2070 kPa y 27580 kPa (entre trescientos y cuatro mil PSI). El aumento de la presión aplicada por el tornillo 494 sin fin hace que las bolsas de aire salgan de la mezcla 120. Esto presenta el impacto beneficioso de reducir adicionalmente la porosidad de la mezcla 120, lo que a su vez mejora la resistencia estructural. Esto puede reducir la porosidad de la mezcla 120 a menos del uno por ciento.

El tornillo 494 sin fin puede utilizar una carcasa 492 que muestra un aumento de resistencia estructural cuando se compara con la carcasa 470. Esto garantiza que la carcasa 492 no se rompa bajo el aumento de presión aplicado por el tornillo 494 sin fin. La carcasa 492 rodea el tornillo 494 sin fin, y la carcasa 492 puede calentarse para facilitar los procedimientos de mezclado. La mezcla 120 sale de la extrusora 400 por medio de la boquilla 499 de hilera de extrusora. También pueden utilizarse técnicas de desgasificación en línea por medio del orificio 464 de vacío a medida que la mezcla 120 se altera en la extrusora 400. Por ejemplo, puede aplicarse un vacío a la sección 462 durante la alteración con el fin de garantizar que no haya bolsas/burbujas de aire atrapadas dentro de mezcla 120. De esta manera, una combinación de compresión y desgasificación progresivas eliminan las bolsas/burbujas de aire de la mezcla 120.

La figura 5 es un diagrama que ilustra detalles adicionales de la boquilla 499 de hilera de extrusora de la extrusora 400 en una realización a modo de ejemplo. De manera específica, la figura 5 se corresponde con las flechas 5 de vista de la figura 4. La figura 5 ilustra que la boquilla 499 de hilera de extrusora incluye una abertura 520 de extrusión. Puede elegirse cualquier forma adecuada para la abertura 520 de extrusión con el fin de extruir una mezcla 120 que tiene una forma deseada. La boquilla 499 de hilera de extrusora también incluye puntos 530 de fijación mediante los que la boquilla 499 de hilera de extrusora puede unirse a la extrusora 400. También se ilustran agujeros 540 en la boquilla 499 de hilera de extrusora. Los agujeros 540 pueden utilizarse para fijar adicionalmente la boquilla 499 de hilera de extrusora a la extrusora 400.

Se comentarán detalles ilustrativos del funcionamiento del impregnador 200 de resina y la extrusora 400 con respecto a la figura 6. Se asume que un usuario ha adquirido un lote de fibras de carbono cortas y secas que presentan una longitud de la fibra que oscila entre 6,4 y 3,2 mm (de un cuarto a un octavo de una pulgada). También se asume que el usuario desea impregnar la fibra con resina para formar una mezcla de fibra y resina.

La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un método 600 para fabricar un material compuesto con fibras cortas en una realización a modo de ejemplo. Las etapas del método 600 se describen con referencia al impregnador 200 de resina de la figura 2. Los expertos en la técnica apreciarán que el método 200 puede realizarse en otros sistemas tales como el impregnador 300 de resina de la figura 3. Las etapas de los diagramas de flujo descritas en el presente documento no son todas inclusivas y pueden incluir otras etapas no mostradas. Las etapas descritas en el presente documento también pueden realizarse en un orden alternativo.

El método 600 incluye adquirir un lote de fibras 124 secas orientadas de manera aleatoria (por ejemplo, fibras de carbono o fibra de vidrio) que presenten menos de la mitad de una pulgada de largo (etapa 602). Estas se denominan fibras de fibras cortas. El método 600 incluye, además, formar un lecho 212 a partir de las fibras 124 cortas sobre la base 210 (etapa 604). El método 600 también incluye introducir resina 122 termoestable (es decir, curable) a través del lecho 212 en respuesta a la presión (etapa 606). La presión puede ser presión positiva o negativa aplicada al lecho 212 o la resina 122. La presión puede oscilar entre 140 kPa y 620 kPa (entre veinte y noventa PSI). La introducción de la resina 122 a través del lecho 212 de fibras 124 da como resultado la formación de la mezcla 120. La mezcla 120 muestra un nivel de porosidad reducido debido al procedimiento de infusión de la resina (es decir, debido a la penetración a presión de las fibras 124 con la resina 122). Las etapas adicionales del método 600 garantizan que la porosidad de la mezcla 120 se reduzca incluso adicionalmente hasta por debajo del uno por ciento en volumen (por ejemplo, al eliminar los gases de la mezcla 120). La mezcla 120 permanece sin curar en este momento. Esto significa que la mezcla 120 es una sustancia sustancialmente semisólida viscosa sin vacíos en este momento.

La mezcla 120 se despliega en la cámara 462 de la sección 498 de la extrusora 400 mientras que la mezcla 120 permanece en un estado semisólido (etapa 608). La mezcla 120 se mezcla mediante los brazos 450 en la cámara 462 de la sección 498 (etapa 610). Los brazos 450 alteran/agitan la mezcla 120 al tiempo que se conserva la longitud de la fibra. Esto significa que las fibras 124 no se dañan o cortan por los brazos 450. Esto puede comprender que el árbol 440 gire a una fuerza o número de revoluciones por segundo que es menor que un nivel de umbral al que las fibras 124 se cortarían por los componentes internos en movimiento de la extrusora 400. En la sección 498, la mezcla 120 se altera/agita a una primera presión de compresión (por ejemplo, de 140 a 210 kPa (de veinte a treinta PSI)). El tornillo 452 sin fin de la primera sección 498 mueve la mezcla 120 hacia la segunda sección 496. El tornillo 452 sin fin se alimenta mediante el orificio 460. La mezcla 120 continúa a través del tornillo 452 sin fin al interior del tornillo 494 sin fin a medida que el mezclado/alteración continúa. El tornillo 494 sin fin forma parte de la segunda sección 496, que altera la mezcla 120 a una segunda presión de compresión (por ejemplo, en exceso de 689 kPa (cientos de PSI)) que es más elevada que la primera presión de compresión. El tornillo 494 sin fin mueve la mezcla 120 hacia la boquilla 499 de hilera. Como el tornillo 452 sin fin, el tornillo 494 sin fin conserva la longitud de la fibra (es decir, no rompe ni corta las fibras). La mezcla 120 puede extruirse a una presión de al menos 2070 kPa (trescientos PSI) (etapa 412). La presión puede variar dependiendo de la realización de 2070 a 27580 kPa (de trescientos a cuatro mil PSI). La degasificación en línea también se usa durante la alteración y la extrusión, es decir, al compactar/comprimir la mezcla 120). Dado que la sección 462 se encuentra a vacío durante el funcionamiento, no se forma ninguna bolsa o burbuja de aire atrapada en la mezcla 120. Tras la extrusión, la mezcla 120 puede comprender una preforma de fibra y resina preparada para curarse.

La mezcla 120 se forma para dar una parte compuesta tras la extrusión. Este procedimiento puede realizarse curando la mezcla 120 para dar una parte compuesta sólida y endurecida (etapa 614). El curado puede lograrse calentando la mezcla 120 a una temperatura de curado deseada que provoca que la resina 122 se endurezca para dar un polímero. Por ejemplo, la temperatura deseada puede ser de 121°C (250°F) o 177°C (350°F).

Las realizaciones adicionales de la mezcla 120 pueden incluir fibra de vidrio con fibras cortas junto con fibra de carbono con fibras cortas. Esto proporciona múltiples beneficios. En primer lugar, permite unas propiedades de material equilibradas. La fibra de vidrio tiene una resistencia y un módulo de elasticidad menores que la fibra de carbono, pero tiene unas propiedades de alargamiento mayores, de modo que la fibra de vidrio mejora el alargamiento frente a rotura del material curado final. En segundo lugar, la fibra de vidrio mejora la facilidad de extrusión durante la fabricación. Las fibras de vidrio actúan como un lubricante en el sistema y eliminan el fenómeno de "fractura de piel de tiburón" durante la extrusión. Por tanto, al combinar materiales de fibra de vidrio y de carbono se ayuda a permitir más de un cincuenta por ciento (en peso) de carbono en el sistema.

En tales realizaciones, la fibra de vidrio con fibras cortas puede mezclarse con la fibra de carbono con fibras cortas, y la combinación de la fibra de carbono y la fibra de vidrio puede añadirse al lecho 212 antes de la impregnación de resina. La longitud de la fibra de vidrio con fibras cortas puede ser comparable o igual a la longitud de las fibras de carbono. Las realizaciones adicionales pueden utilizar, por tanto, una mezcla que comprende al menos el veinte por ciento en peso de fibra de vidrio y al menos el treinta por ciento en peso de fibra de carbono. Estas realizaciones también pueden ser de al menos el cuarenta por ciento en peso de resina.

Ejemplos

En los siguientes ejemplos, se describen procedimientos, sistemas, y métodos adicionales en el contexto de un sistema de fabricación para las mezclas con fibras cortas que tienen una baja porosidad.

La figura 7 es un diagrama de bloques de un sistema 700 de fabricación en una realización a modo de ejemplo. El sistema 700 de fabricación recibe las fibras 702 de carbono cortas, así como las fibras 704 de fibra de vidrio cortas. Las fibras 702 y 704 se mezclan previamente, y en conjunto forman el lecho 714 del impregnador 710 de resina. El lecho 714 se coloca encima de una base 712. El lecho 714 también se sella mediante la bolsa 716 a la base 712. La bomba 728 de vacío extrae las bolsas de aire fuera del lecho 714 por medio del orificio 720 y la línea 724 aplicando presión negativa. El depósito 726 de resina se llena de resina 706. La resina 706 se introduce por medio de un diferencial de presión, a través de la línea 722 de suministro y el orificio 718 al interior del lecho 714. Esto impregna el lecho 714 con la resina 706. La impregnación del lecho 714 con la resina 706 da como resultado una mezcla 730 que tiene una porosidad reducida.

La mezcla 730 se coloca en el orificio 742 de la extrusora 740. La mezcla 730 se desplaza desde el orificio 742 al interior de la cámara 744. La mezcla 730 se mezcla mediante los brazos 748 dentro de la cámara 744. Los brazos 748 se accionan mediante el árbol 750 y el motor 752. La cámara 744 también está delimitada por la carcasa 746. La mezcla 730 avanza desde la cámara 744 hasta el primer tornillo 754 sin fin. La cámara 744, el primer tornillo 754 sin fin, el motor 752, el árbol 750, la carcasa 746, y los brazos 748 comprenden partes de la primera sección 792. Puede producirse desgasificación dentro de la primera sección 792. La alteración continúa en el segundo tornillo 756 sin fin. El segundo tornillo 756 sin fin está delimitado por una carcasa 758 reforzada que puede soportar una presión a una presión en exceso de 689 o 6890 kPa (de cientos o miles de PSI). La mezcla 730 se extruye por medio de la boquilla 760 de extrusión de extrusora que presenta un nivel de porosidad deseado que se reduce en comparación con mezclas con fibras cortas tradicionales. Esto significa que la mezcla 730 puede mostrar menos del uno por ciento de porosidad en volumen. La segunda sección 794 incluye el segundo tornillo 756 sin fin y la carcasa 758.

La mezcla 730 puede extruirse adicionalmente por medio de la abertura 762 con el fin de mostrar una forma en sección transversal deseada. Esto puede comprender conformar la mezcla 730 en un relleno de huecos para dar un tirante de una aeronave. Estos rellenos de huecos pueden extenderse a lo largo de decenas de pies y tener una zona en sección transversal de menos de una pulgada cuadrada. Estos rellenos de huecos se denominan elementos cilíndricos rellenos.

Haciendo referencia de manera más particular a los dibujos, las realizaciones de la divulgación pueden describirse en el contexto de un método 800 de fabricación y servicio de aeronaves tal como se muestra en la figura 8 y una aeronave 802 tal como se muestra en la figura 9. Durante la producción previa, el método 800 a modo de ejemplo puede incluir la especificación 804 y diseño de la aeronave 802 y la obtención 806 de material. Durante la producción, tiene lugar la fabricación 808 de subconjuntos y componentes y la integración 810 del sistema de la aeronave 802. A continuación, la aeronave 802 puede someterse a certificación 812 y suministro con el fin de ponerse en servicio 814. Cuando se encuentra en servicio por un cliente, la aeronave 802 se programa para labores 816 de mantenimiento y servicio rutinarias (que también pueden incluir la modificación, reconfiguración, reaprovisionamiento, y así sucesivamente). El aparato y los métodos incluidos en el presente documento pueden emplearse durante una cualquiera o más fases adecuadas del método 800 de producción y servicio (por ejemplo, la especificación 804 y diseño, la obtención 806 de material, la fabricación 808 de subconjuntos y componentes, la integración 810 del sistema, la certificación 812 y suministro, el servicio 814, las labores 816 de mantenimiento y servicio) y/o cualquier componente adecuado de la aeronave 802 (por ejemplo, el fuselaje 818, los sistemas 820, interior 822, de propulsión 824, eléctrico 826, hidráulico 828, ambiental 830).

Cada uno de los procedimientos del método 800 puede realizarse o llevarse a cabo por un integrador de sistema, un tercero, y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Con los fines de esta descripción, un integrador de sistema puede incluir sin limitación cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistema principal; un tercero puede incluir sin limitación cualquier número de vendedores, subcontratistas, y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, empres de alquiler, entidad militar, organización de servicio, y así sucesivamente.

Tal como se muestra en la figura 9, la aeronave 802 producida por el método 800 a modo de ejemplo puede incluir un fuselaje 818 con una pluralidad de sistemas 820 y un interior 822. Ejemplos de sistemas 820 de alto nivel incluyen uno o más de un sistema 824 de propulsión, un sistema 826 eléctrico, un sistema 828 hidráulico, y un sistema 830 ambiental. Puede estar incluido cualquier número de sistemas adicionales. Aunque se muestra un ejemplo de la industria aeroespacial, los principios de la invención pueden aplicarse a otras industrias, tales como la industria de la automoción.

Tal como ya se mencionó anteriormente, el aparato y los métodos incluidos en el presente documento pueden emplearse durante una cualquiera o más de las etapas del método 800 de producción y servicio. Por ejemplo, pueden fabricarse o realizarse componentes o subconjuntos correspondientes a la fase 808 de producción de una manera similar a los componentes o subconjuntos producidos cuando la aeronave 802 se encuentra en servicio. Asimismo, pueden utilizarse una o más realizaciones del aparato, realizaciones del método, o una combinación de las mismas durante las fases 808 y 810 de producción, por ejemplo, acelerando sustancialmente el ensamblado de o reduciendo el coste de una aeronave 802. De manera similar, pueden utilizarse una o más de realizaciones del aparato, realizaciones del método, o una combinación de las mismas mientras que la aeronave 802 se encuentra en servicio, por ejemplo y sin limitación, a mantenimiento 816 y servicio. Por ejemplo, las técnicas y sistemas descritos en el presente documento pueden usarse para las etapas 806, 808, 810, 814, y/o 816, y/o pueden usarse para el fuselaje 818 y/o el interior 822. Estas técnicas y sistemas pueden incluso utilizarse para sistemas 820, que incluyen,

por ejemplo, sistemas de propulsión 824, eléctrico 826, hidráulico 828, y/o ambiental 830.

En una realización, la mezcla 120 se cura en una parte compuesta que comprende una parte del fuselaje 818, y se realiza durante la fabricación 808 de subconjuntos y componentes. La parte compuesta puede entonces ensamblarse en una integración 810 del sistema de la aeronave, y entonces utilizarse durante el servicio 814 hasta que el desgaste hace que la parte compuesta sea inutilizable. Entonces, durante el mantenimiento 816 y servicio, la parte compuesta puede desecharse y sustituirse por una parte recientemente fabricada. Los diversos impregnadores de resina y extrusoras comentados en el presente documento pueden entonces utilizarse para fabricar una parte compuesta nueva.

Cualesquiera de los diversos elementos de control (por ejemplo, componentes eléctricos o electrónicos) mostrados en las figuras o descritos en el presente documento pueden implementarse como hardware, un procesador que implementa software, un procesador que implementa firmware, o alguna combinación de los mismos. Por ejemplo, un elemento puede implementarse como hardware específico. Los elementos de hardware específicos pueden denominarse “procesadores”, “controladores”, o alguna terminología similar. Cuando se proporcionan por un procesador, las funciones pueden proporcionarse por un único procesador específico, por un único procesador compartido, o por una pluralidad de procesadores individuales, algunos de los cuales pueden ser compartidos. Además, no debe considerarse que el uso explícito del término “procesador” o “controlador” se refiere exclusivamente a hardware capaz de ejecutar software, y puede incluir de manera implícita, sin limitación, un hardware de procesador de señal digital (DSP), un procesador de red, aplicación un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) u otra circuitería, matriz de compuerta de campo programable (FPGA), una memoria de solo lectura (ROM) para almacenar software, una memoria de acceso aleatorio (RAM), almacenamiento no volátil, lógica, o algún otro componente o módulo de hardware físico.

Asimismo, puede implementarse un elemento de control como instrucciones ejecutables por un procesador o un ordenador para realizar las funciones del elemento. Algunos ejemplos de instrucciones son software, código de programa, y firmware. Las instrucciones resultan operativas cuando se ejecutan por el procesador para hacer que el procesador realice las funciones del elemento. Las instrucciones pueden almacenarse en dispositivos de almacenamiento que son legibles por el procesador. Algunos ejemplos de dispositivos de almacenamiento son memorias digitales o de estado sólido, medios de almacenamiento magnéticos tal como discos magnéticos y cintas magnéticas, discos duros, o medios de almacenamiento de datos digitales ópticamente legibles.

Aunque en el presente documento se describen realizaciones específicas, el alcance de la divulgación no se limita a esas realizaciones específicas. El alcance de la divulgación se define por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Método que comprende:
formar un lecho de fibras secas orientadas de manera aleatoria sobre una base (604);
introducir resina en el lecho en respuesta a presión para formar una mezcla de fibras orientadas de manera aleatoria impregnadas con resina (606) termoestable;
5 alterar la mezcla al tiempo que se conserva la longitud de la fibra en la mezcla y desgasificar la mezcla (610); y
extruir la mezcla para formar una preforma (612).
2. Método según la reivindicación 1, en el que:
la extrusión de la mezcla para formar la preforma da como resultado la preforma incluyendo fibras que están
10 orientadas de manera aleatoria a lo largo de todos los tres ejes espaciales, mezcladas con la resina.
3. Método según la reivindicación 1 o 2 que comprende, además:
cubrir el lecho con una bolsa de vacío;
sellar la bolsa de vacío a la base; y
aplicar presión negativa al lecho por medio de la bolsa de vacío, en el que
15 la introducción de la resina curable a través del lecho se realiza en respuesta a la aplicación de presión negativa.
4. Método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2 que comprende, además:
colocar resina encima del lecho; y
aplicar presión positiva a la resina desde encima del lecho, en el que
la introducción de la resina curable a través del lecho se realiza en respuesta a la aplicación de presión positiva.
- 20 5. Método según cualquier reivindicación anterior, en el que:
las fibras secas comprenden fibras de carbono secas que se han mezclado con fibra de vidrio seca antes de formar el lecho.
6. Método según la reivindicación 5 en el que:
la mezcla comprende al menos el veinte por ciento en peso de fibra de vidrio, al menos el treinta por ciento en peso
25 de fibra de carbono, y al menos el cuarenta por ciento en peso de resina.
7. Método según cualquier reivindicación anterior, en el que:
se altera la mezcla en un primer tornillo sin fin, seguido por una alteración de la mezcla en un segundo tornillo sin fin que tiene una mayor relación de compresión que el primer tornillo sin fin.
8. Método según cualquier reivindicación anterior, en el que:
30 las fibras están orientadas de manera aleatoria a lo largo de todos los tres ejes espaciales.
9. Método según cualquier reivindicación anterior que comprende, además:
desplegar la mezcla en una extrusora que realiza la extrusión.
10. Sistema que comprende:
un impregnador de resina que comprende:
35 una base (210);
una fuente (250) de presión configurada para forzar la resina (122) termoestable a través de un lecho de fibras (124) secas orientadas de manera aleatoria en la base para formar una mezcla (120) de fibras impregnadas en la base; y
una trayectoria (240) de salida para que el aire procedente del lecho de fibras salga del aparato; y
una extrusora (400) que comprende:

un orificio (460) dimensionado para recibir la mezcla;

una primera sección (462) que comprende un primer tornillo (452) sin fin configurado para alimentarse por el orificio y que está configurado para mezclar la mezcla al tiempo que se conserva la longitud de la fibra en la mezcla y para mover la mezcla hacia una segunda sección (496),

- 5 comprendiendo, además, la primera sección un orificio (464) de vacío configurado para eliminar el gas procedente de la primera sección; y

comprendiendo la segunda sección, un segundo tornillo (494) sin fin que está configurado para alterar la mezcla a una segunda presión de compresión que es superior a la primera presión de compresión al tiempo que se conserva la longitud de la fibra en la mezcla, estando el segundo tornillo sin fin configurado para mover adicionalmente la mezcla hacia un boquilla (499) de hilera de extrusora,

- 10

comprendiendo, además, la segunda sección una carcasa (492) calentada que rodea el segundo tornillo sin fin; y

teniendo la boquilla de hilera de extrusora una abertura para que la mezcla abandone la extrusora, y se una a la segunda sección.

11. Sistema según la reivindicación 10 en el que:

- 15 la fuente de presión comprende:

una bolsa (220) de vacío que está configurada para sellar el lecho a la base;

un orificio (230) de vacío acoplado con la bolsa de vacío; y

una bomba (250) de vacío que está configurada para extraer aire desde el lecho aplicando una presión negativa hasta la bolsa de vacío por medio del orificio de vacío.

- 20 12. Sistema según la reivindicación 11, que comprende, además:

un depósito de resina (280) acoplado con la bolsa de vacío por medio de un orificio (260).

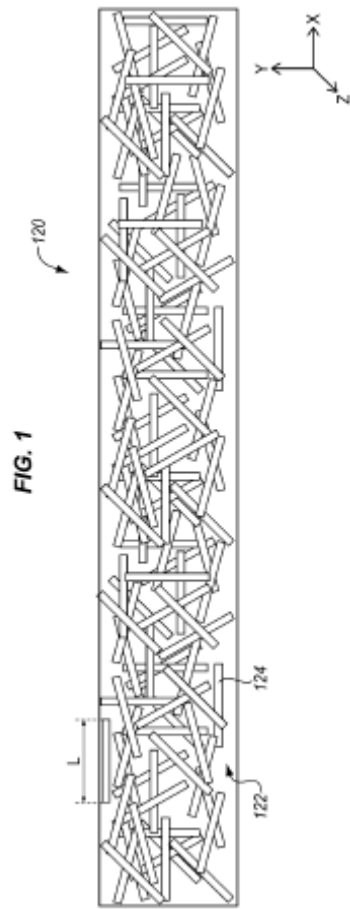


FIG. 2

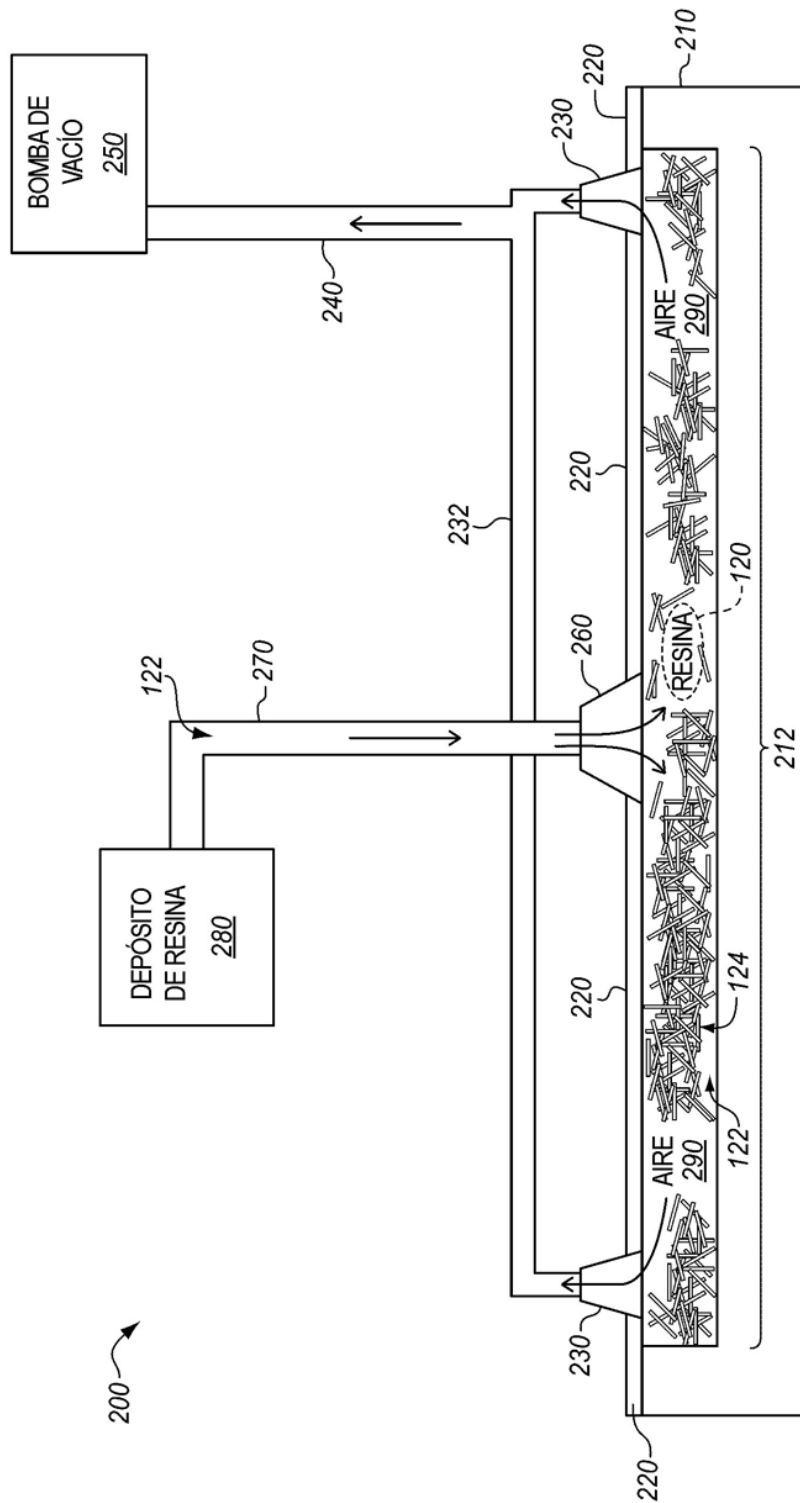


FIG. 3

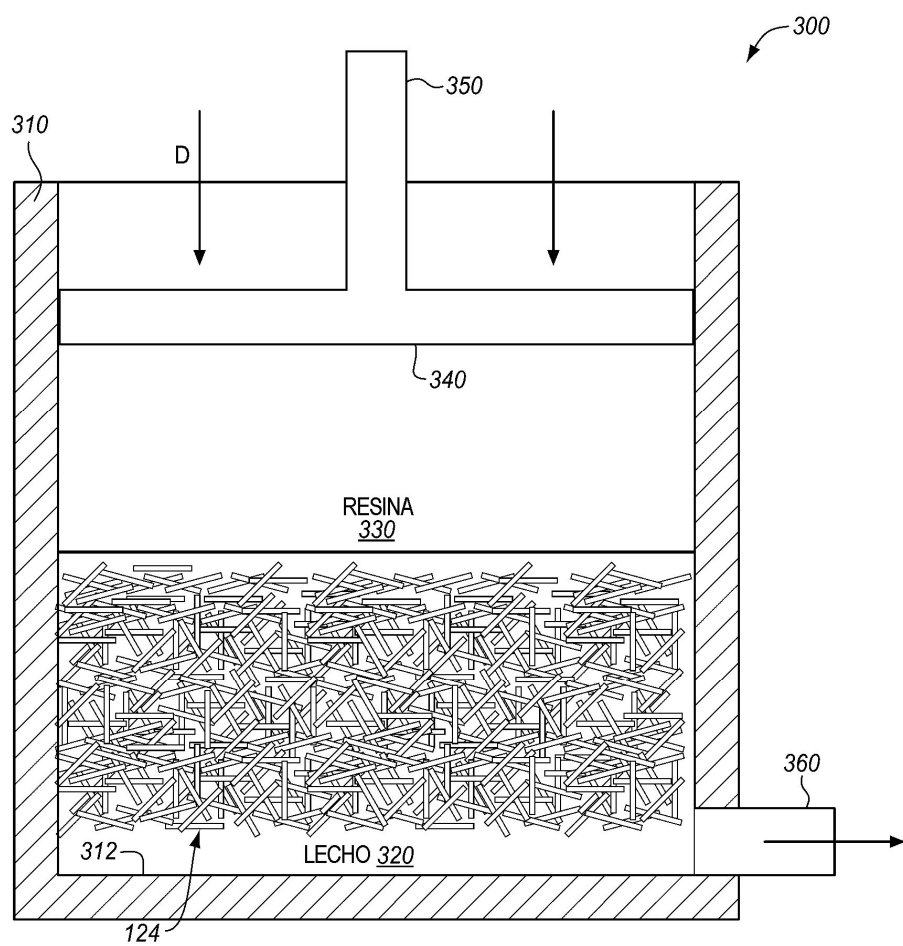


FIG. 4

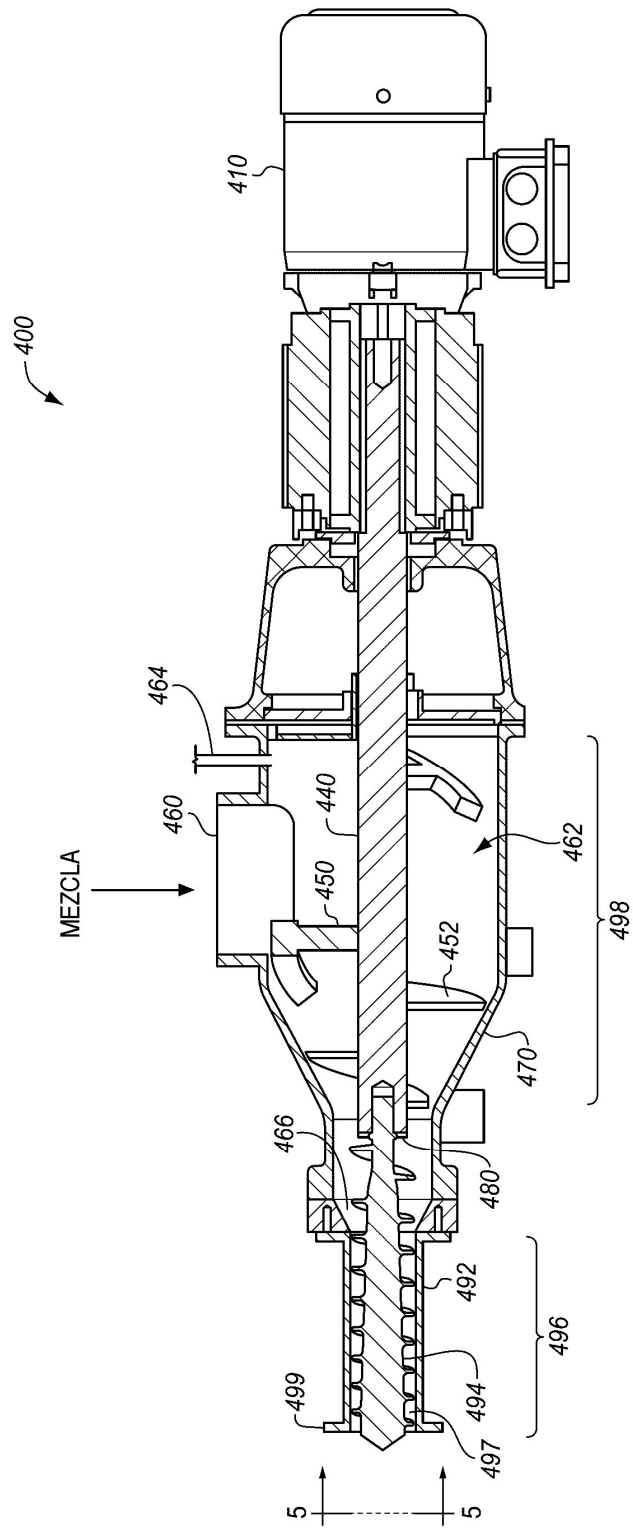


FIG. 5

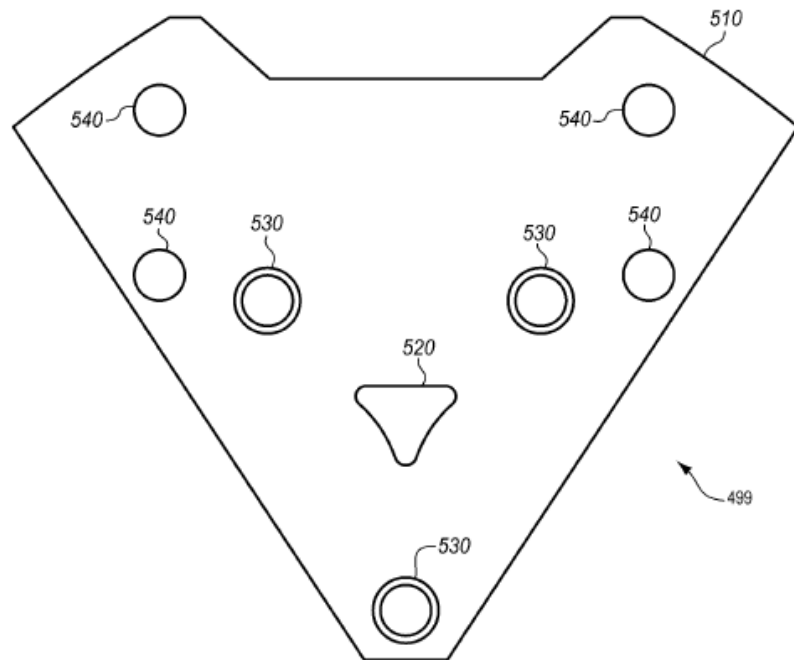


FIG. 6

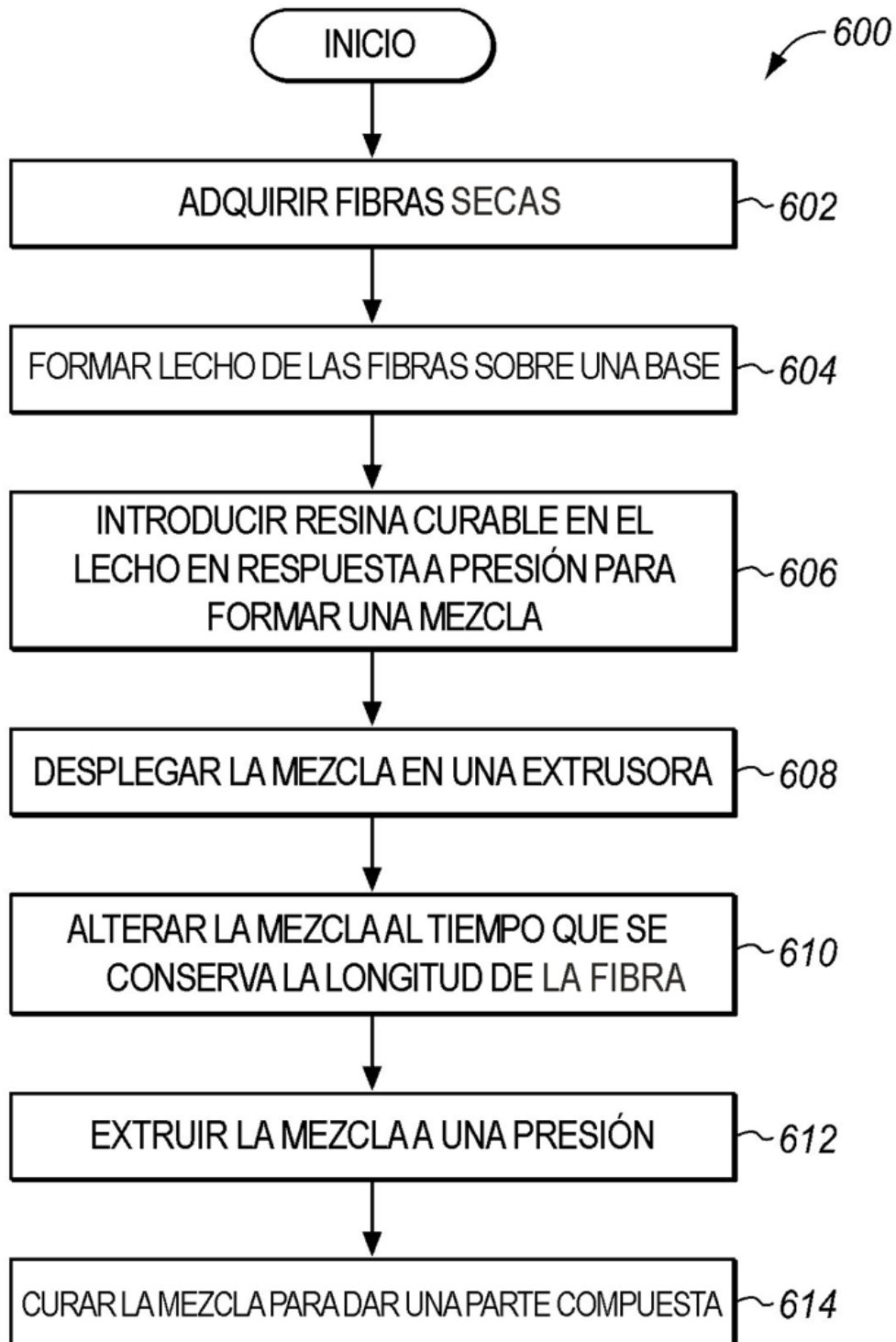


FIG. 7

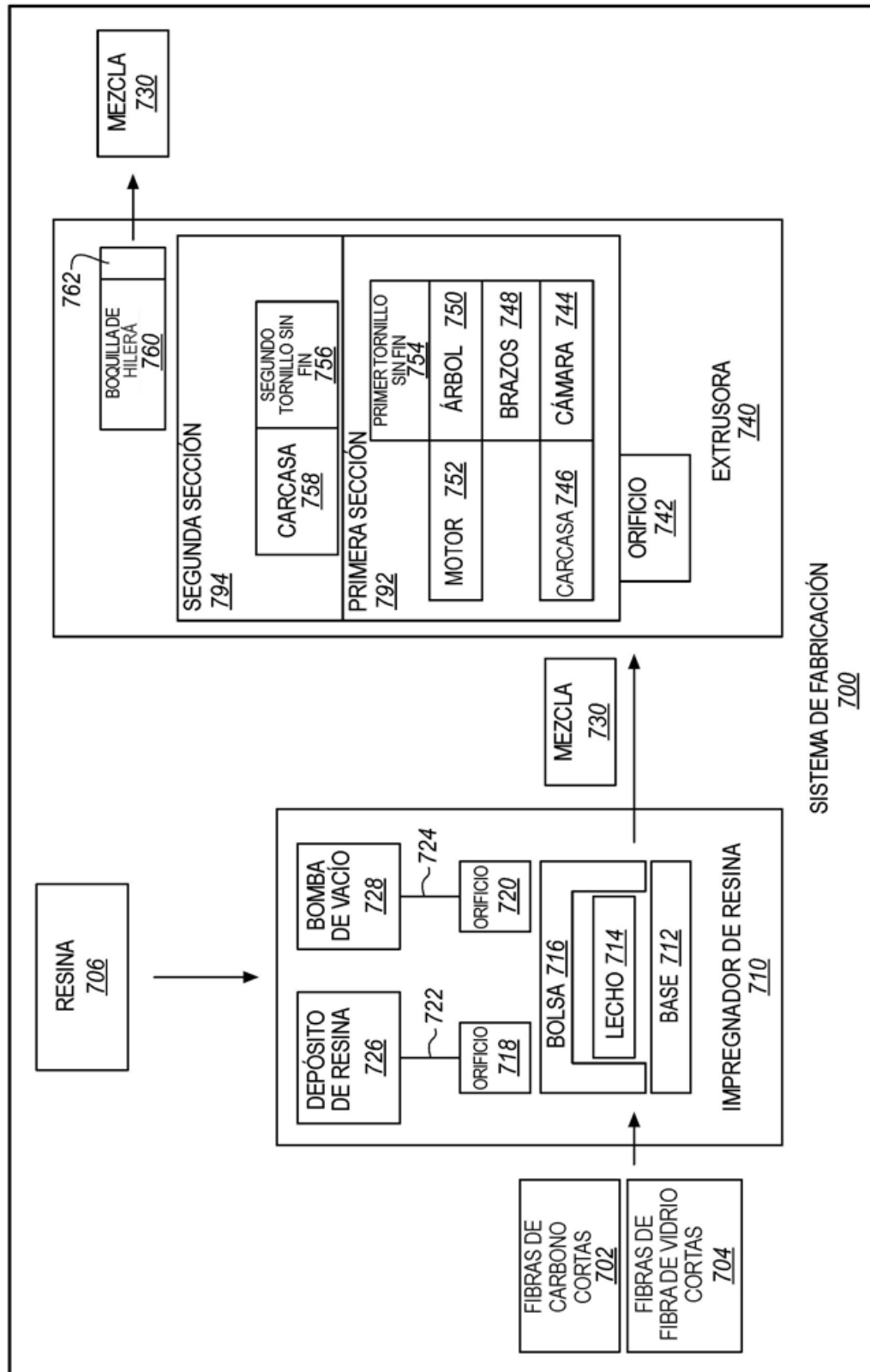


FIG. 8

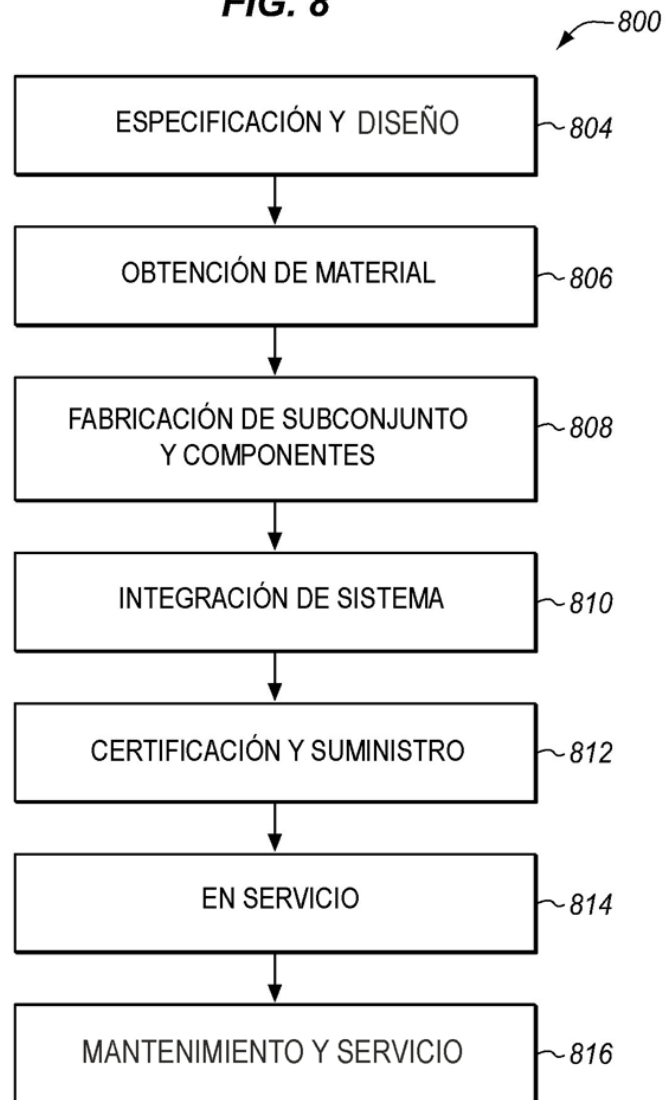


FIG. 9

