(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 721 640**

(51) Int. CI.:

D04H 3/04 (2012.01)
B29B 15/12 (2006.01)
B29C 70/20 (2006.01)
D04H 3/12 (2006.01)
D06M 23/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2015 E 15186472 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.01.2019 EP 3000922**

(54) Título: **Patrones de impresión sobre estructuras laminadas de material compuesto**

(30) Prioridad:

23.09.2014 US 201414493364

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.08.2019

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

MEURE, SAMUEL J y
HOWE, CHRISTOPHER A

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

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

Patrones de impresión sobre estructuras laminadas de material compuesto

Campo

La presente divulgación se refiere de manera general a estructuras de material compuesto y, más particularmente, a la impresión de materiales modificadores sobre estructuras laminadas de material compuesto.

Antecedentes

Las estructuras de material compuesto incluyen normalmente fibras de refuerzo continuas incrustadas en una matriz de resina. Una estructura laminada de material compuesto es un tipo de estructura de material compuesto que comprende una disposición de capas de material compuesto dispuestas en una pila. Las capas de material compuesto individuales de una disposición de material compuesto pueden impregnarse previamente con resina (por ejemplo, capas preimpregnadas) antes del apilamiento. La pila de capas preimpregnadas puede disponerse de tal manera que las fibras de refuerzo continuas en cada capa están orientadas en una dirección específica. Puede aplicarse calor a la pila para reducir la viscosidad de la resina en cada capa para permitir que la resina se entremezcle con la resina de capas adyacentes mientras que la pila se consolida a presión para eliminar huecos y compuestos volátiles del interior de la disposición de material compuesto. La resina puede curarse o solidificarse para dar un estado endurecido o enfriarse de manera pasiva o activa dando como resultado una estructura de material compuesto. Alternativamente, en lugar de usar capas preimpregnadas, las capas de material compuesto pueden proporcionarse como preformas de fibra seca dispuestas en una pila. Puede infundirse resina líquida al interior de la pila mientras se aplican calor y/o presión para consolidar y curar la resina tras lo cual puede enfriarse la disposición de manera pasiva o activa para dar como resultado una estructura de material compuesto.

La capacidad de ajustar a medida la dirección de las fibras de refuerzo en cada capa de una disposición de material compuesto da como resultado una estructura de material compuesto con ventajas de rendimiento significativas. Tales ventajas de rendimiento incluyen una alta resistencia específica y alto módulo de elasticidad específico con respecto a la resistencia específica y módulo de estructuras metálicas. Desafortunadamente, las estructuras laminadas de material compuesto convencionales presentan varias características que pueden restar valor a sus ventajas de rendimiento. Por ejemplo, las estructuras laminadas de material compuesto convencionales pueden ser propensas a la separación en la superficie de contacto de resina-fibra debido a la ausencia de características de parada de grietas en el interior de la estructura laminada de material compuesto. Además, un conjunto de material compuesto convencional puede tener una resistencia a la cizalladura interlaminar de modo II relativamente baja o resistencia al pelado en la superficie de contacto entre estructuras laminadas de material compuesto unidas conjuntamente o curadas conjuntamente que constituyen el conjunto de material compuesto.

Una estructura laminada de material compuesto convencional también puede presentar una conductividad eléctrica relativamente baja lo cual puede presentar desafíos en el transporte y la distribución de corriente eléctrica a través de una estructura de material compuesto tal como en el caso de un impacto de rayo. Además, las estructuras laminadas de material compuesto que presentan superficie de contacto con componentes metálicos pueden ser propensas a la corrosión como resultado de reacciones de oxidación o reducción que pueden producirse entre la estructura laminada de material compuesto y el material metálico. Además, las capas de material compuesto de fibra seca convencionales pueden carecer de pegajosidad suficiente como para permitir que las capas de fibra seca se adhieran entre sí para permitir un apilamiento controlado de las capas de fibra seca para dar una preforma.

Los intentos por resolver la cuestión de la separación en la superficie de contacto de resina-fibra de estructuras laminadas de material compuesto convencionales incluyen distribuir de manera aleatoria material termoplástico a granel a través de una disposición de material compuesto. Aunque la distribución aleatoria de material termoplástico puede mejorar la resistencia interlaminar de modo II, la falta de control en la superficie de contacto de resina-fibra en estructuras laminadas de material compuesto convencionales da como resultado una baja resistencia interlaminar de modo I lo cual puede presentar desafíos en la prevención de la propagación de grietas dentro de las estopas de fibra. Los intentos por abordar la baja resistencia a la cizalladura interlaminar de modo II en la superficie de contacto entre estructuras laminadas de material compuesto de un conjunto de material compuesto convencional incluyen la adición de agentes de aumento de tenacidad en la resina. Desafortunadamente, los agentes de aumento de tenacidad de resina pueden tener un peso molecular relativamente alto que puede aumentar de manera no deseada la viscosidad de la resina lo cual puede inhibir el flujo de resina durante la infusión de preformas de fibra. Los intentos por abordar la cuestión de baja conductividad eléctrica en estructuras laminadas de material compuesto convencionales incluyen la adición de láminas o mallas metálicas a través de la superficie de capas de material compuesto. Desafortunadamente, la adición de láminas o malla metálicas separadas aumenta el coste, la complejidad y el tiempo de producción de una estructura de material compuesto.

Los intentos por prevenir la corrosión en la superficie de contacto entre una estructura laminada de material compuesto y una parte metálica incluyen añadir una capa independiente de fibra de vidrio en la superficie de contacto para actuar como capa de barrera contra la corrosión. Desafortunadamente, la adición de fibra de vidrio aumenta el coste y la complejidad de fabricación de una estructura laminada de material compuesto. El problema de baja pegajosidad en

capas de material compuesto de fibra seca convencionales se ha abordado añadiendo aglutinantes epoxídicos o nailones en la resina, o usando hierros de soldar para calentar localmente y adherir capas de material compuesto entre sí. Desafortunadamente, los aglutinantes epoxídicos o nailones tienen propiedades limitadas que limitan el intervalo de temperaturas y presiones requeridos para formar una pila de capas de preformas de fibra seca. La adhesión local entre sí de capas de material compuesto usando hierros de soldadura es un procedimiento que requiere mucho tiempo que se añade al tiempo de producción de una estructura de material compuesto.

Tal como puede observarse, existe una necesidad en la técnica de una estructura laminada de material compuesto y método de fabricación que proporcionen mejoras de rendimiento tales como mejora de la resistencia al agrietamiento, mejora de la resistencia a la cizalladura interlaminar, aumento de la conductividad eléctrica y resistencia a la corrosión, y mejora de la pegajosidad en un amplio intervalo de temperaturas.

El documento US 2011/0014419 da a conocer un material preimpregnado que comprende una matriz y fibras que tienen depositadas sobre las mismas una pluralidad de regiones elevadas al menos 5 micrómetros.

Sumario

La invención se define por las reivindicaciones 1 y 8.

Las necesidades anteriormente indicadas asociadas con estructuras laminadas de material compuesto se abordan específicamente por la presente divulgación que proporciona una fibra de material compuesto que puede incluir al menos un filamento de refuerzo formado por un primer material. Un segundo material puede depositarse de manera sistemática en un patrón impreso sobre el filamento de refuerzo de tal manera que una longitud, una anchura y/o un grosor del segundo material varía a través de una superficie del filamento de refuerzo. El patrón impreso puede tener el efecto de alterar una o más propiedades de una estructura de material compuesto que contiene la fibra de material compuesto.

En una realización adicional, se da a conocer una estructura de material compuesto que puede incluir una resina y una pluralidad de filamentos de refuerzo incrustados en la resina. Los filamentos de refuerzo pueden estar formados por un primer material. La estructura de material compuesto puede incluir un segundo material que puede depositarse de manera sistemática sobre los filamentos de refuerzo de tal manera que una longitud, una anchura y/o un grosor del segundo material varía a través de la superficie de los filamentos de refuerzo.

También se da a conocer un método de producción de una fibra de material compuesto. El método puede incluir proporcionar una pluralidad de filamentos de refuerzo formados por un primer material. El método puede incluir adicionalmente imprimir un segundo material sobre la pluralidad de filamentos de refuerzo usando un cabezal de deposición de una impresora o dispositivo de impresión.

Las características, funciones y ventajas que se han comentado pueden lograrse independientemente en diversas realizaciones de la presente divulgación o pueden combinarse en aún otras realizaciones, detalles adicionales de las cuales pueden observarse con referencia a la siguiente descripción y los dibujos a continuación.

Breve descripción de los dibujos

Estas y otras características de la presente divulgación resultarán más evidentes con referencia a los dibujos en los que números iguales hacen referencia a partes iguales en su totalidad y en los que:

la figura 1 es un diagrama de bloques de una estructura de material compuesto que incorpora uno o más materiales impresos sobre las fibras de refuerzo formadas por un primer material y que pueden configurarse como estopas de fibra, cinta unidireccional y/o material textil tejido;

la figura 2 es una vista en perspectiva de una disposición de material compuesto que incluye una pila de capas unidireccionales sobre las que pueden imprimirse uno o más materiales para mejorar las propiedades de la estructura de material compuesto;

la figura 3 es una vista desde arriba de una porción de una longitud de una cinta unidireccional tomada a lo largo de la línea 3 de la figura 2 y que ilustra un patrón impreso de un segundo material (y/o un tercer material, un cuarto material, etc.) impreso sobre la cinta unidireccional en forma de una matriz de puntos para mejorar la pegajosidad de la capa unidireccional;

la figura 4 es una vista desde arriba de una porción de una longitud de una cinta unidireccional que muestra un ejemplo de un segundo material impreso sobre la cinta unidireccional en forma de líneas perpendiculares orientadas transversales a una dirección longitudinal de la cinta unidireccional y que facilita la conductividad anisotrópica en la estructura de material compuesto y/o para facilitar la terminación de grietas en la estructura de material compuesto;

la figura 5 es una vista desde arriba de una porción de una longitud de una cinta unidireccional que muestra un ejemplo de un segundo material impreso sobre la cinta unidireccional en forma de patrones de líneas cruzadas para facilitar la parada de grietas en la estructura de material compuesto;

la figura 6 es una vista desde arriba de una porción de una longitud de una cinta unidireccional que muestra un ejemplo de un segundo material (y/o un tercer material, un cuarto material, etc.) impreso sobre la cinta unidireccional en forma de una combinación de curvas;

la figura 7 es una vista en perspectiva de una porción de una longitud de un filamento de refuerzo de una estopa de fibra y que ilustra un apresto (por ejemplo, un recubrimiento de superficie) que puede incluirse opcionalmente con el filamento de refuerzo;

la figura 8 es una vista en sección transversal de una cinta unidireccional tomada a lo largo de la línea 8 de la figura 3 y que muestra un ejemplo de la distribución de un segundo material impreso sobre una superficie superior de la cinta unidireccional;

la figura 9 es una vista en sección transversal de una cinta unidireccional que muestra un ejemplo de la distribución de un segundo material impreso sobre la superficie superior y la superficie inferior de la cinta unidireccional;

la figura 10 es una vista en sección transversal de una cinta unidireccional que muestra un ejemplo de un segundo material de un patrón impreso directamente en contacto con ambas de las capas de material compuesto adyacentes de una estructura de material compuesto;

la figura 11 es una vista en sección transversal de la disposición de material compuesto que ilustra un par de capas de material compuesto adyacentes de cinta unidireccional que tienen la misma orientación de fibra y que muestra un ejemplo de contacto entre el patrón impreso de segundo material sobre cada una de las capas de material compuesto;

la figura 12 es una vista en sección transversal de una cinta unidireccional de capas de material compuesto adyacentes y que muestra un patrón impreso de segundo material directamente en contacto sobre una capa de material compuesto y que se engancha mecánicamente con el patrón impreso de segundo material sobre una capa de material compuesto adyacente;

la figura 13 es una vista en sección transversal de una porción de una disposición de material compuesto que ilustra varias capas de material compuesto adyacentes de cinta unidireccional que tienen diferentes orientaciones de fibra y que muestra un segundo material directamente en contacto con las capas de material compuesto adyacentes y que muestra además un segundo material depositado entre los lados de cintas unidireccionales adyacentes;

la figura 14 es una ilustración esquemática de un ejemplo de un sistema para imprimir un patrón impreso de segundo material sobre una estopa de fibra;

la figura 14A es una ilustración esquemática de medios de impresión tomada a lo largo de la línea 14A de la figura 14 y que muestra los medios de impresión compuestos por materiales particulados;

la figura 14B es una ilustración esquemática de los medios de impresión compuestos por hebras de filamento;

la figura 14C es una vista ampliada de una punta del cabezal de deposición tomada a lo largo de la línea 14C de la figura 14 y que muestra píxeles que están formándose sobre una estopa de fibra;

la figura 15 es una ilustración esquemática de un ejemplo de un dispositivo robótico para la impresión automatizada de un patrón impreso de segundo material sobre una disposición de material compuesto;

la figura 16 es una ilustración esquemática de un ejemplo de un sistema para imprimir un patrón impreso de segundo material sobre un material textil tejido o cinta unidireccional;

la figura 17 es una ilustración esquemática de un ejemplo de un dispositivo robótico para la impresión automatizada de un patrón impreso de segundo material sobre un material textil tejido y/o cinta unidireccional

la figura 18 es un diagrama de flujo que ilustra una o más operaciones que pueden incluirse en un método de aplicación de un patrón impreso de segundo material sobre una estopa de fibra, material textil tejido y/o cinta unidireccional;

la figura 19 es un diagrama de flujo que ilustra una o más operaciones que pueden incluirse en un método de impresión de un patrón impreso usando un sistema mostrado en las figuras 14-17;

la figura 20 es un diagrama de flujo que ilustra una o más operaciones que pueden incluirse en un método de impresión de un patrón impreso sobre una o más capas de material compuesto durante la disposición en una herramienta de preforma.

Descripción detallada

Haciendo ahora referencia a los dibujos en los que lo que se muestra es con fines de ilustrar diversas realizaciones de la divulgación, en la figura 1 se muestra es un diagrama de bloques de una estructura 100 de material compuesto. La estructura 100 de material compuesto puede formarse como una disposición 102 de material compuesto o estructura 104 laminada de material compuesto que incluye una pluralidad de capas 106 de material compuesto. Las

capas 106 de material compuesto pueden incluir fibras 114 de refuerzo incrustadas dentro de la resina 112. Las fibras 114 de refuerzo pueden estar compuestas por una pluralidad de filamentos 116 de refuerzo. En algunos ejemplos, los filamentos 116 de refuerzo pueden incluir un apresto 138 (véase, por ejemplo, la figura 7) o recubrimiento protector que puede aplicarse a la superficie 118 de filamento de los filamentos 116 de refuerzo durante la fabricación de los filamentos 116 de refuerzo. El apresto 138 puede ser un acabado de superficie que puede depositarse en un grosor 140 de apresto uniforme o no uniforme (figura 7) sobre la superficie de refuerzo lo largo de la longitud del filamento 116 de refuerzo. El apresto 138 puede mejorar la adhesión entre los filamentos 116 de refuerzo y la resina 112 y/o puede proteger los filamentos 116 de refuerzo frente a la rotura durante el procesamiento tal como durante operaciones de tejido y/o preimpregnación. Los filamentos 116 de refuerzo pueden estar formados por un primer material 120 tal como material de carbono o material distinto de carbono.

Ventajosamente, en la presente divulgación, pueden aplicarse uno o más materiales modificadores (por ejemplo, un segundo material, un tercer material, un cuarto material, etc.) a uno o más filamentos 116 de refuerzo, estopas 114 de fibra, cintas 132 unidireccionales (figura 2), lámina unidireccional, material 134 textil tejido (figura 16), material textil trenzado, materiales textiles no acresponados, capas de material compuesto o preformas, o una cualquiera de una variedad de otras formas de fibra, como medios para alterar las propiedades de la estructura 100 de material compuesto. El material modificador o segundo material 202 (figura 4) o cualquier número de otros materiales (un segundo material, un tercer material, un cuarto material, etc.) se deposita de manera sistemática en un patrón 200 impreso predeterminado a lo largo de una longitud o anchura de un filamento de refuerzo, estopa 114 de fibra, cinta 132 unidireccional, lámina unidireccional, material 134 textil tejido, capa 106 de material compuesto u otra forma de fibra de tal manera que al menos uno de una longitud 204, una anchura 206 y un grosor 208 del segundo material 202 varía a través de una superficie del filamento de refuerzo, estopa 114 de fibra, cinta 132 unidireccional, lámina unidireccional, material 134 textil tejido u otra forma de fibra.

En algunos ejemplos, el segundo material 202 se aplica a formas de fibra (por ejemplo, estopas, cinta, material textil) que contienen filamentos 116 de refuerzo (figura 2) que carecen de apresto 138 o el segundo material 202 se aplica sobre el apresto 138 de los filamentos 116 de refuerzo, estopas 114 de fibra, cinta, material 134 textil tejido (figura 16) u otras formas de fibra. El material modificador o segundo material 202 impreso puede ser diferente del primer material 120 de los filamentos 116 de refuerzo. El segundo material 202 (por ejemplo, el material modificador) se deposita de manera sistemática (por ejemplo, impreso en tres dimensiones) en un patrón 200 impreso controlado con precisión a lo largo de una longitud y/o anchura de uno o más filamentos 116 de refuerzo, estopas 114 de fibra (figura 2), cinta 132 unidireccional, material 134 textil tejido u otras formas de fibra de una disposición 102 de material compuesto para alterar las propiedades de una estructura 100 de material compuesto. El segundo material 202 puede imprimirse como medios 264 de impresión (figura 14A) en forma de tintas, gránulos, materiales 266 particulados, hebras 268 de filamento y medios de extrusión.

El segundo material 202 se imprime mediante otras técnicas de fabricación incluyendo, pero sin limitarse a, aplicación/impresión manual, recubrimiento por pulverización, moldeo por deposición fundida, litografía, estereolitografía, flexografía, transferencia en seco, sinterizado por láser, sinterizado por calor selectivo, impresión en 3D basada en yeso, deposición capa por capa, impresión por chorro de tinta, unión química/térmica y extrusión hasta su posición. El segundo material 202 (figura 4) puede incluir uno o más de monómeros orgánicos, prepolímeros, polímeros, polvos metálicos, cargas inorgánicas y una disolución acuosa o basada en disolvente. El segundo material 202 también puede incluir cargas o fases secundarias tales como nanosílice, copolímeros de bloque, placas de grafeno, nanotubos de carbono y otros tipos de material. Ventajosamente, el patrón 200 impreso puede proporcionarse en una estructura jerárquica dentro de la estructura 104 laminada de material compuesto (figura 2) para lograr mejoras de rendimiento o funcionalidad específicas en la estructura 100 de material compuesto.

En un ejemplo, un segundo material 202 puede contener nanopartículas de polímero (no mostradas) que proporcionan al menos uno de aumento de la tenacidad, aumento de la resistencia a la inflamabilidad, aumento de la conductividad eléctrica, reducción de la distorsión relacionada con contracción por curado, reducción de la distorsión relacionada con calor de reacción y/o reducción de la degradación de resina relacionada con calor de reacción. Las nanopartículas de polímero pueden fabricarse de los mismos materiales que la resina o al menos uno de material termoplástico, materiales acrílicos, fluorocarbonos, poliamidas, poliolefinas, poliésteres, policarbonatos, poliuretanos, poliariletercetonas, polieterimidas, material termoendurecible, poliuretanos, compuestos fenólicos, poliimidas, polímero sulfonado (poli(sulfuro de fenileno)), un polímero conductor (por ejemplo, polianilina), benzoxazinas, bismaleimidas, ésteres de cianato, poliésteres, compuestos epoxídicos y silsesquioxanos. Las nanopartículas de polímero también pueden tener al menos una de las siguientes propiedades: ser al menos parcialmente solubles, tener una configuración de núcleo-cubierta, tener una contracción por curado de nanopartículas menor que la contracción por curado de resina, un CTE de nanopartícula diferente del CTE de resina, un calor de reacción de nanopartícula inferior al calor de reacción de resina, una mayor capacidad de distorsión que la resina, liberar o bien un catalizador o bien un endurecedor durante un procedimiento de curado de resina, y el catalizador o endurecedor puede alterar una velocidad de reacción de la resina 112.

Cualquier número de materiales modificadores (por ejemplo, un segundo material 202, un tercer material 212, un cuarto material, etc.) pueden imprimirse sobre una cualquiera de una variedad de las formas de fibra anteriormente mencionadas (por ejemplo, filamentos, estopas de fibra, cinta y/o material textil tejido, etc.) de una manera altamente controlada. Por ejemplo, un segundo material 202 (figura 4) puede imprimirse a una escala de nanométrica a

mesométrica (por ejemplo, de 10^{-9} mm a 10^{-3} mm) sobre una o más formas de fibras 114 como un aditivo o modificador estructural y/o funcional definido con precisión para una estructura laminada de material compuesto reforzada por fibra. Imprimir el segundo material 202 permite un grado relativamente alto de precisión de posición y control jerárquico de los medios 264 de impresión (por ejemplo, el segundo material 202). En algunos ejemplos, el segundo material 202 puede imprimirse de tal manera que la longitud 204, la anchura 206 (figura 4) y/o el grosor 208 del segundo material 202 están dentro del intervalo de aproximadamente 0,01 a 100 micrómetros. Ventajosamente, la longitud 204, la anchura 206 y el grosor 208 del segundo material 202 pueden controlarse de una manera altamente precisa para proporcionar las mejoras de funcionalidad deseadas en ubicaciones específicas de una estructura 100 de material compuesto (figura 1). Por ejemplo, la deposición (por ejemplo, la impresión) del segundo material 202 puede mejorar la resistencia al agrietamiento, resistencia a la cizalladura interlaminar, conductividad eléctrica y/o resistencia a la corrosión de una estructura de material compuesto, y/o el segundo material 202 puede aumentar la pegajosidad de las capas 106 de material compuesto en una disposición 102 de material compuesto, tal como se describe en más detalle a continuación.

La figura 2 muestra un ejemplo de una estructura 100 de material compuesto formada como una pila laminada de capas 110 unidireccionales. Cada una de las capas 110 unidireccionales puede incluir una pluralidad de estopas 114 de fibra paralelas dispuestas unas al lado de otras. En el ejemplo mostrado, las fibras 114 en una capa 106 de material compuesto pueden estar orientadas de manera no paralela a las fibras 114 en una capa 106 de material compuesto adyacente (por ejemplo, encima o debajo) en la pila. Sin embargo, una o más de las capas 106 de material compuesto pueden incluir fibras 114 que están orientadas en paralelo a las fibras 114 en una capa 106 de material compuesto adyacente. Tal como se indicó anteriormente, los filamentos 116 de refuerzo o las fibras 114 pueden estar formados por un primer material 120. En un ejemplo, el primer material 120 (figura 1) puede ser carbono o grafito. Sin embargo, en otros ejemplos, los filamentos 116 de refuerzo o las fibras 114 pueden estar formados por material distinto de carbono. Por ejemplo, las fibras 114 pueden estar formadas por boro, vidrio, material cerámico, material metálico y/o cualquier otro tipo de material de fibra.

Las fibras 114 en cada una de las capas 110 unidireccionales pueden proporcionarse como fibras 114 paralelas de la cinta 132 unidireccional o lámina unidireccional (no mostrada). Cada una de las capas 106 de material compuesto (figura 2) puede incluir una pluralidad de estopas 114 de fibra continuas. Una estopa 114 de fibra individual puede incluir un haz de varios miles de filamentos 116 de refuerzo (por ejemplo, de 1000 a 100.000 o más filamentos de refuerzo) agrupados entre sí. En algunos ejemplos, un filamento de refuerzo puede tener un diámetro o anchura en sección transversal de filamento de 5-30 micrómetros. Por ejemplo, un filamento de refuerzo de carbono puede tener una anchura en sección transversal de filamento de aproximadamente 5-7 micrómetros. Los filamentos de refuerzo de vidrio pueden tener una anchura en sección transversal de filamento de 10-25 micrómetros. Aunque no se muestra, las fibras 114 de material compuesto en la presente divulgación también pueden abarcar fibras 114 cortadas tal como pueden incorporarse en el interior de una estera de fibra. Con respecto a esto, las fibras 114 de material compuesto de la presente divulgación también pueden proporcionarse en una cualquiera de una variedad de otras configuraciones de fibra, y no se limitan a las configuraciones de fibra dadas a conocer en el presente documento. En la presente divulgación, los términos filamento de refuerzo, fibra, estopa de fibra y fibra de material compuesto pueden usarse de manera intercambiable.

En algunos ejemplos, una estructura 100 de material compuesto puede estar formada por capas 106 de material compuesto que pueden impregnarse previamente con resina 112 (por ejemplo, capas preimpregnadas de material compuesto) que pueden estar formadas por estopas 114 de fibra preimpregnadas (figura 2), cinta 132 unidireccional preimpregnadas y otras formas de material preimpregnado. Alternativamente, una estructura 100 de material compuesto puede formarse como preforma 136 de fibra seca. Por ejemplo, una estructura 100 de material compuesto (figura 2) puede formarse disponiendo capas 106 de material compuesto secas, estopas 114 de fibra, cinta 132 unidireccional seca (figura 4), láminas de fibra secas, tela tejida seca, material textil y/u otras formas de fibra seca. Las formas de fibra secas pueden disponerse en una pila de capas 106 de material compuesto sobre las cuales puede imprimirse el segundo material 202 tras lo cual puede infundirse resina 112 en un procedimiento de disposición en húmedo.

En uno cualquiera de los ejemplos dados a conocer en el presente documento, la resina 112 y/o los filamentos 116 de refuerzo pueden formarse a partir de material termoplástico o material termoendurecible. El material termoplástico puede incluir al menos uno de los siguientes: materiales acrílicos, fluorocarbonos, poliamidas, polietilenos, poliésteres, polipropilenos, policarbonatos, poliuretanos, poliarilетercetonas, polieteretercetona, polietercetonacetona y polieterimidas. El material termoestable puede incluir uno de los siguientes: poliuretanos, compuestos fenólicos, poliimidas, bismaleimidas, poliésteres, compuestos epoxídicos, ésteres de cianato, polisolfonas y silsesquioxanos. Además, en uno cualquiera de los ejemplos dados a conocer en el presente documento, la resina 112 (figura 2) y/o los filamentos 116 de refuerzo o las fibras 114 (figura 2) pueden formarse a partir de materiales tales como carbonos, carburo de silicio, y boro. Los filamentos 116 de refuerzo o las fibras 114 también pueden formarse a partir de vidrio tal como vidrio E (vidrio de aluminoborosilicato), vidrio S (vidrio de silicato de aluminio), sílice pura, vidrio de borosilicato, vidrio óptico y otras composiciones de vidrio.

La figura 3 es una vista desde arriba de una porción de una longitud de una estopa 114 de fibra o cinta 132 unidireccional que tiene un patrón 200 impreso en forma de una matriz de puntos 214 impresa sobre la estopa 114 de fibra o cinta 132 unidireccional. Tal como se indicó anteriormente, la estopa 114 de fibra o cinta 132 unidireccional

puede estar compuesta por un haz 122 de filamentos 116 de refuerzo continuos. Los filamentos 116 de refuerzo pueden incluir o no apresto 138 (véase, por ejemplo, la figura 7) que cubre los filamentos 116 de refuerzo. Las estopas 114 de fibra o cinta 132 unidireccional pueden proporcionarse como fibras 114 secas o las estopas 114 de fibra o cinta 132 unidireccional pueden proporcionarse como material preimpregnado. La matriz de puntos 214 puede estar formada por uno o más materiales modificadores que pueden ser diferentes del primer material 120 del que están formados los filamentos 116 de refuerzo. Por ejemplo, la matriz de puntos 214 puede estar formada por un segundo material 202 que puede ser diferente del primer material 120. Algunos de los puntos 214 en una matriz de puntos pueden estar formados por un tercer material 212 que puede ser una composición diferente del primer material 120 y/o el segundo material 202. El tercer material 212 puede imprimirse con un tamaño igual o diferente (por ejemplo, longitud, anchura, grosor) y con un patrón impreso igual o diferente del segundo material 202. Un cuarto material (no mostrado), un quinto material (no mostrado) o cualquier número de otros materiales pueden imprimirse para proporcionar diferente funcionalidad. Por ejemplo, tales funcionalidades adicionales que pueden proporcionarse por los diferentes materiales pueden incluir, pero no se limitan a, mejora de la resistencia al agrietamiento, mejora de la resistencia a la cizalladura interlaminar, aumento de la conductividad eléctrica y resistencia a la corrosión, y mejora de la pegajosidad en un amplio intervalo de temperaturas. Debe observarse que uno cualquiera de los materiales segundo, tercero, cuarto y/o quinto o más pueden proporcionar una cualquiera de las funcionalidades anteriormente indicadas. Con respecto a esto, puede combinarse cualquier número de materiales de cualquier número de maneras para proporcionar una cualquiera o más de las funcionalidades anteriormente indicadas.

La matriz de puntos 214 o una cualquiera de una variedad de otras configuraciones geométricas de uno o más materiales modificadores puede disponerse en un patrón 200 impreso (figura 3) para proporcionar una o más de una variedad de diferentes funcionalidades. Por ejemplo, un patrón 200 impreso puede configurarse para proporcionar una mejora de la pegajosidad a las capas 106 de material compuesto. Uno o más materiales modificadores pueden proporcionarse en un patrón 200 impreso que puede proporcionar unión química entre capas 106 de material compuesto adyacentes (figura 2) y/o enclavamiento mecánico y/o físico entre las capas 106 de material compuesto adyacentes. Por ejemplo, un material modificador puede imprimirse sobre una forma de fibra (por ejemplo, una estopa de fibra, cinta unidireccional, material textil tejido) y puede unirse con los filamentos 116 de refuerzo a medida que el material modificador se aplica o imprime sobre la forma de fibra mediante una impresora 260 (figura 14). El material modificador puede tener una pegajosidad que permite que el material modificador se adhiera a una capa 106 de material compuesto adyacente. En algunos ejemplos, pueden imprimirse materiales modificadores con características mecánicas formadas sobre el patrón 200 impreso tales como dientes 224 (no mostrados) o muescas que pueden engancharse a los filamentos 116 de refuerzo (figura 3) de una capa 106 de material compuesto adyacente. En una realización adicional, un patrón 200 impreso en una capa 106 de material compuesto puede imprimirse con características mecánicas para engancharse al patrón 200 impreso de una capa 106 de material compuesto adyacente, tal como se describe a continuación.

Además, pueden seleccionarse materiales modificadores para ser compatibles con las temperaturas de procesamiento de la disposición 102 de material compuesto. Por ejemplo, pueden seleccionarse materiales modificadores para proporcionar pegajosidad entre las capas 106 de material compuesto (figura 2) dentro de un intervalo de temperaturas de desde temperatura ambiente hasta temperaturas elevadas asociadas con la consolidación y el curado de la resina 112 (figura 2). La mejora de la pegajosidad puede permitir que capas de material compuesto de fibra secas o capas preimpregnadas se adhieran entre sí para permitir una manipulación y apilamiento controlados de las capas de fibra de material compuesto para dar una disposición 102 de material compuesto (figura 2). Con respecto a esto, la mejora de la pegajosidad proporcionada por el patrón 200 impreso puede estabilizar las capas 106 de material compuesto contra el movimiento relativo durante el apilamiento, envasado a vacío, infusión de resina, consolidación y otras operaciones de procesamiento de material compuesto.

Uno cualquiera o más de una variedad de patrones 200 impresos también pueden proporcionar funcionalidad en forma de mejora de la unión a modo de puente de capas entre capas adyacentes en una estructura 104 laminada de material compuesto (figura 10). Por ejemplo, un patrón 200 impreso (figura 10) de uno o más materiales modificadores puede proporcionar prevención de agrietamiento o características de parada de grietas en la estructura 100 de material compuesto. Por ejemplo, uno o más materiales modificadores pueden mejorar la unión adhesiva entre los filamentos 116 de refuerzo y la resina 112 (figura 10). Además, un patrón 200 impreso de uno o más materiales modificadores puede actuar como mecanismo de aumento de tenacidad que puede inhibir o prevenir el inicio de grietas o el crecimiento de grietas dentro de la estructura 100 de material compuesto. Uno o más materiales modificadores pueden imprimirse sobre las estopas 114 de fibra o cinta 132 unidireccional en una longitud 204, anchura 206 y/o grosor 208 controlados con precisión para unir a modo de puente a través de la región 108 interlaminar (véanse, por ejemplo, las figuras 10-13) entre un par adyacente de capas 106 de material compuesto tal como se describe en más detalle a continuación. La unión a modo de puente de las capas 106 de material compuesto adyacentes puede distribuir concentraciones de esfuerzo localizado dentro de la estructura 104 laminada de material compuesto y de ese modo minimizar y prevenir el inicio de grietas o crecimiento de grietas dentro de la estructura 104 laminada de material compuesto.

En algunos ejemplos, la impresión de un material modificador en forma de una matriz de puntos 214 u otra configuración geométrica puede mejorar la tenacidad de una estructura 104 laminada de material compuesto. Por ejemplo, un patrón 200 impreso (figura 3) de material modificador puede inducir una extracción, liberación o desprendimiento controlados de partículas de material modificador a partir de los filamentos 116 de refuerzo (figura 3)

como mecanismo de liberación de esfuerzo para inhibir o prevenir la formación de grietas y/o el crecimiento de grietas. En otro ejemplo, un material modificador puede tener una composición o propiedades mecánicas que permiten una cantidad controlada de deformación del material modificador cuando se somete la estructura 104 laminada de material compuesto (figura 2) a determinados tipos de cargas (por ejemplo, cargas de una determinada magnitud y/o dirección).

En la presente divulgación, un segundo material 202, un tercer material 212 y/o cualquier número de otros materiales modificadores pueden imprimirse de manera sistemática sobre una forma de fibra (por ejemplo, estopas de fibra, cinta unidireccional, material textil tejido, etc.) usando un cabezal 262 de deposición (por ejemplo, véanse las figuras 14-17) de una impresora 260 tal como una impresora de chorro de tinta en tres dimensiones u otra configuración de impresora. El procedimiento de aplicar uno o más materiales modificadores sobre una forma de fibra puede aprovechar la precisión de tamaño (por ejemplo, longitud, anchura, grosor) y posición con la que el cabezal 262 de deposición de impresora puede imprimir los píxeles 210 (figura 14C) de material modificador en un procedimiento aditivo para formar un patrón 200 impreso predeterminado sobre una forma de fibra.

Un cabezal 262 de deposición de una impresora 260 puede configurarse para imprimir los materiales (por ejemplo, el segundo material 202, tercer material 212, etc.) en píxeles 210 (figura 14C) de hasta 100 micrómetros de diámetro y a un grosor de hasta 100 micrómetros. En algunos ejemplos, el tamaño de cada píxel 210 puede ser de entre aproximadamente 0,1 y 10 micrómetros de diámetro. En otros ejemplos, cada uno de los píxeles 210 puede aplicarse a una estopa de fibra, cinta o material textil en un grosor de cada píxel de al menos aproximadamente 0,01 micrómetros. Puede imprimirse una sucesión de píxeles 210 usando un cabezal 262 de deposición de impresora 260 (figura 14C) para acumular un patrón 200 impreso sobre una estopa 114 de fibra u otra forma de fibra de tal manera que el patrón 200 impreso final (figura 13) tiene una longitud 204, anchura 206 y grosor 208 controlados con precisión.

La figura 4 muestra una longitud de una cinta 132 unidireccional que tiene un segundo material 202 impreso en un patrón 200 impreso de líneas 216 perpendiculares orientadas transversales a una dirección longitudinal de la cinta 132 unidireccional. El patrón 200 impreso de líneas 216 perpendiculares puede facilitar la conductividad eléctrica anisotrópica a lo largo de una dirección paralela a las líneas 216 perpendiculares del patrón 200 impreso. La disposición de líneas 216 perpendiculares puede facilitar el transporte y/o la distribución de carga eléctrica a través de una estructura 100 de material compuesto tal como en el caso de un impacto de rayo en una aeronave. El patrón 200 impreso de líneas 216 perpendiculares también puede facilitar la terminación de grietas o la prevención de propagación de grietas en la estructura 100 de material compuesto. Por ejemplo, las líneas 216 perpendiculares pueden prevenir la propagación de grietas que pueden formarse en la resina 112 entre los filamentos 116 de refuerzo cuando se aplica una carga perpendicular a la dirección longitudinal (por ejemplo, la dirección de soporte de carga) de los filamentos 116 de refuerzo.

La figura 5 muestra una longitud de una estopa 114 de fibra con un patrón 200 impreso en forma de patrones 218 de líneas cruzadas a lo largo de la longitud de la estopa 114 de fibra. De manera similar a las líneas 216 perpendiculares mostradas en la figura 4, un patrón 218 de líneas cruzadas también puede facilitar la terminación de grietas o prevenir la propagación de grietas que pueden formarse en la resina 112 (figura 2) de una estructura 100 de material compuesto. Los patrones 218 de líneas cruzadas también pueden proporcionar un trayecto para ayudar en la distribución de carga eléctrica a través de una estructura 100 de material compuesto. Pueden imprimirse uno o más de los patrones 218 de líneas cruzadas usando uno o más de los materiales modificadores. Por ejemplo, un patrón 218 de líneas cruzadas puede estar formado por un segundo material 202 y un tercer material 212 que pueden ser diferentes del primer material 120 del que pueden formarse los filamentos 116 de refuerzo. El segundo material 202 puede proporcionar un tipo de funcionalidad tal como proporcionar un mecanismo de aumento de tenacidad para prevenir el inicio de grietas o crecimiento de grietas en la estructura 100 de material compuesto (figura 2) durante el ciclado térmico y/o durante determinadas condiciones de carga en la estructura 100 de material compuesto. El tercer material 212 puede proporcionar otro tipo de funcionalidad a la estructura 100 de material compuesto tal como mejorar la conductividad eléctrica de la estructura 100 de material compuesto.

La figura 6 muestra una longitud de una cinta 132 unidireccional con un patrón 200 impreso en forma de una combinación de curvas 220. Las curvas 220 pueden estar formadas por uno o más materiales modificadores tal como se indicó anteriormente. Con respecto a esto, el patrón 200 impreso puede variar en cuanto a la longitud y la anchura para incluir una combinación de una variedad de tamaños, formas y configuraciones. Por ejemplo, un patrón 200 impreso puede incluir cualquier combinación de puntos 214, líneas 216 (figura 4), líneas 218 cruzadas (figura 5) y/o curvas 220, o una cualquiera de una variedad de otras configuraciones de patrón 200 impreso.

En cualquier ejemplo dado a conocer en el presente documento, uno cualquiera o más materiales modificadores (por ejemplo, un segundo material 202, un tercer material 212, etc.) pueden imprimirse sobre una forma de fibra (por ejemplo, filamentos de refuerzo, estopas de fibra, cinta unidireccional, material textil tejido, etc.) en uno cualquiera de una variedad de diferentes patrones 200 impresos. Un material modificador tal como un segundo material 202 puede depositarse de manera sistemática de tal manera que al menos uno de una longitud 204, una anchura 206 (figura 3) y un grosor 208 (figura 8) del segundo material 202 varía a través de una superficie de uno o más filamentos o una o más fibras 114. Por ejemplo, un segundo material 202 puede depositarse de manera sistemática en un patrón 200 impreso a lo largo de cualquier porción de una longitud de una estopa 114 de fibra, cinta 132 unidireccional o material 134 textil tejido (figura 16). En algunos ejemplos, un patrón 200 impreso puede repetirse a lo largo de una porción de una longitud de una estopa 114 de fibra, cinta 132 unidireccional (figura 5) o material 134 textil tejido. En otros

ejemplos, un patrón 200 impreso puede imprimirse con una separación aleatoria a lo largo de la longitud de una estopa 114 de fibra, cinta 132 unidireccional o material 134 textil tejido.

Tal como puede apreciarse, uno cualquiera o más de una variedad de diferentes materiales modificadores pueden incorporarse en el patrón 200 impreso (figura 6) para proporcionar una o más funcionalidades deseadas para la estructura 100 de material compuesto (figura 2). Con respecto a esto, la deposición sistemática del material modificador sobre una forma de fibra de una estructura laminada de material compuesto puede dar como resultado una estructura 100 de material compuesto que tiene al menos una propiedad de estructura de material compuesto que está alterada con respecto a las propiedades de una estructura de material compuesto que tiene filamentos de refuerzo que carecen del material modificador. La propiedad de estructura de material compuesto alterada puede incluir tenacidad, fracción en volumen, permeabilidad, módulo, contracción por curado, calor de reacción, pegajosidad de filamento, inflamabilidad y conductividad eléctrica, y otros tipos de funcionalidades. En algunos ejemplos, un tercer material 212 puede depositarse de manera sistemática sobre uno o más filamentos 116 de refuerzo u otras formas de fibra usando un cabezal 262 de deposición (figura 14A) de una impresora 260. El resultado de depositar un segundo material 202 y un tercer material 212 puede ser una estructura 100 de material compuesto que tiene al menos dos (2) propiedades de estructura de material compuesto diferentes que están alteradas con respecto a las propiedades de una estructura de material compuesto que tiene filamentos de refuerzo que carecen del segundo y tercer material.

En una realización, uno o más materiales modificadores se aplican o imprimen sobre una forma de fibra en uno o más patrones 200 impresos (figura 6) para mejorar la resistencia a la cizalladura interlaminar y/o resistencia al pelado de la estructura 100 de material compuesto (figura 2) en las superficies de contacto entre componentes de material compuesto coincidentes (no mostrados). Por ejemplo, un material modificador puede aplicarse a una forma de fibra en un patrón 200 impreso para mejorar la resistencia a la cizalladura interlaminar y/o resistencia al pelado en una superficie de contacto entre una piel de material compuesto y un rigidizador de material compuesto de una estructura laminada infundida con resina. En otro ejemplo, uno o más materiales modificadores pueden imprimirse sobre una o más de las estopas 114 de fibra, cintas 132 unidireccionales (figura 6) y/o material 134 textil tejido (figura 16) de una estructura 100 de material compuesto laminada de una manera para aumentar o reducir localmente la tenacidad frente a fracturas, módulo elástico y/o deformación a la rotura de la estructura 100 de material compuesto en previsión de condiciones de carga ambiental y/o mecánica previstas a las que puede someterse la estructura 100 de material compuesto durante su vida útil.

En otro ejemplo, uno o más materiales modificadores se aplican a una forma de fibra en un patrón 200 impreso que funciona como barrera frente a la corrosión entre una estructura de material compuesto laminada y una parte metálica. Con respecto a esto, el patrón 200 impreso (figura 6) puede actuar como barrera frente a la corrosión contra reacciones oxidantes y/o de reducción que pueden producirse entre una estructura laminada de fibra de carbono y un componente metálico tal como un componente de aluminio. En un ejemplo adicional, uno o más materiales modificadores pueden imprimirse sobre una fibra formada para mejorar las características de inflamabilidad, humo y/o toxicidad de una estructura 100 de material compuesto (figura 2). Ventajosamente, en cualquiera de los ejemplos dados a conocer en el presente documento, pueden imprimirse materiales modificadores sobre una forma de fibra para ajustar a medida localmente las propiedades de la estructura 104 laminada de material compuesto (figura 2) en correspondencia con las condiciones de carga y/o entorno de servicio previstas. Por ejemplo, pueden imprimirse materiales modificadores de una manera para alterar el módulo de elasticidad en diferentes ubicaciones dentro de la estructura 104 laminada de material compuesto para adaptarse a las condiciones de carga de la estructura 104 laminada de material compuesto. Con respecto a esto, imprimiendo uno o más tipos, cantidades y configuraciones geométricas diferentes de materiales modificadores sobre estopas de fibra, cintas, capas y/o material textil tejido en regiones específicas de una disposición 102, puede ajustarse a medida el rendimiento de una estructura 100 de material compuesto para el entorno de funcionamiento y las condiciones de servicio previstas de la estructura 100 de material compuesto.

La figura 7 muestra una porción de una longitud de un filamento 116 de refuerzo de una estopa 114 de fibra (figura 5) y que ilustra un apresto 138 (por ejemplo, un recubrimiento de superficie) que puede incluirse opcionalmente con el filamento 116 de refuerzo. Tal como se indicó anteriormente, el apresto 138 puede aplicarse durante la fabricación de un filamento 116 de refuerzo. El apresto 138 puede proteger el filamento 116 de refuerzo frente al daño tal como rotura durante la fabricación y/o durante un procesamiento posterior tal como durante el tejido y/o la disposición de las capas 106 de material compuesto.

La figura 8 muestra una sección transversal de una estopa 114 de fibra y/o cinta 132 unidireccional formada por la pluralidad de filamentos 116 de refuerzo de un primer material 120. También se muestra un patrón 200 impreso de material modificador (por ejemplo, un segundo material 202) impreso sobre una porción exterior del haz 122 de filamentos 116 de refuerzo. El material modificador se muestra impreso sobre una superficie 128 superior de la estopa 114 de fibra y/o cinta 132 unidireccional. Tal como se indicó anteriormente, el material modificador puede imprimirse en un grosor 208 deseado. Por ejemplo, material modificador puede imprimirse en un grosor 208 de hasta 100 micrómetros o mayor.

La figura 9 muestra una sección transversal de una estopa 114 de fibra y/o cinta 132 unidireccional formada por una pluralidad o haz 122 de filamentos 116 de refuerzo. Un material modificador (por ejemplo, un segundo material 202) puede imprimirse en un patrón 200 impreso sobre al menos dos (2) planos 124 diferentes asociados con el haz 122 de filamentos 116 de refuerzo. Por ejemplo, un patrón 200 impreso puede aplicarse tanto a una superficie 128 superior

como a una superficie 130 inferior de la cinta 132 unidireccional. El material modificador puede imprimirse en un patrón distribuido y a un grosor 208 deseado para permitir la unión a modo de puente de capas con las capas 106 de material compuesto adyacentes a la superficie 128 superior y la superficie 130 inferior. Además, puede aplicarse un patrón impreso a uno o más lados de la cinta unidireccional (véase por ejemplo, la figura 13).

La figura 10 es una vista en sección transversal de una disposición 102 de material compuesto (figura 2) que muestra un patrón 200 impreso que une entre sí la cinta 132 unidireccional de las capas 106 de material compuesto adyacentes de una estructura 100 de material compuesto. El patrón 200 impreso de material modificador puede aplicarse a los filamentos 116 de refuerzo de una o ambas de las capas 106 de material compuesto a una profundidad que permite el enclavamiento mecánico y/o la interacción química de las capas 106 de material compuesto. En la figura 10, el patrón 200 impreso de material modificador entra directamente en contacto y puede proporcionar una pegajosidad mejorada o puede unirse de manera adhesiva con ambas de las capas 106 de material compuesto. Aunque las capas 110 unidireccionales en la figura 10 tienen la misma orientación de fibra, el material modificador puede unir directamente capas 106 de material compuesto adyacentes que tienen diferentes orientaciones de fibra. En un ejemplo, un patrón 200 impreso puede variar en cuanto a la longitud, anchura y altura para incluir cualquier combinación de características geométricas (no mostradas) para el enclavamiento mecánico de las capas incluyendo, pero sin limitarse a, rótulas, ganchos y bucles, cuñas de cola de milano y ranuras, picos curvos y valles, características de enclavamiento biónicas, formas tridimensionales irregulares y cualquier otro tipo de característica geométrica.

La figura 11 es una vista en sección transversal de una disposición 102 de material compuesto (figura 2) que incluye un par de capas 106 de material compuesto adyacentes de cinta 132 unidireccional. Puede imprimirse material modificador sobre cada una de las capas 106 de material compuesto. El material modificador de una capa 106 de material compuesto puede estar en contacto con el material modificador de la capa 106 de material compuesto adyacente. Los materiales modificadores pueden enclavarse mecánica y/o químicamente entre sí. En cualquiera de los ejemplos dados a conocer en el presente documento, la composición de materiales modificadores puede seleccionarse de tal manera que el contacto entre los materiales modificadores da como resultado una superficie de contacto con interacción miscible o inmiscible entre los materiales modificadores.

Además, uno cualquiera o más materiales modificadores pueden ser solubles, parcialmente solubles o insolubles en la resina 112 (figura 2). Un material modificador soluble o parcialmente soluble puede estar configurado para liberar catalizador o endurecedor durante el curado de la resina para alterar localmente las propiedades de curado (por ejemplo, tiempo de curado y/o temperatura de curado) de la resina. Con respecto a esto, un material modificador puede disolverse al menos parcialmente en la resina cuando el material soluble alcanza una temperatura predeterminada que provoca que el material modificador libere de manera progresiva el catalizador o endurecedor en la resina, y reduciendo así el tiempo de curado de resina con respecto al tiempo de curado de resina que carece del material modificador. Además, uno cualquiera o más materiales modificadores pueden tener un calor de reacción que es menor que el calor de reacción de resina lo cual puede tener el efecto de reducir localmente la temperatura de curado para así reducir la distorsión térmica local en la estructura laminada de material compuesto como resultado de diferencias en el coeficiente de dilatación térmica (CTE) de la resina con respecto al CTE de las fibras 114. En un ejemplo adicional, uno cualquiera o más materiales modificadores pueden ser porosos para aumentar localmente la capacidad de deformación de la resina a lo largo de al menos una dirección cuando la estructura de material compuesto se somete a una fuerza o carga externa.

La figura 12 es una vista en sección transversal de una disposición 102 de material compuesto (figura 2) en la que un material modificador se imprime sobre cada una de las capas 106 de material compuesto para facilitar el enclavamiento del material modificador de cada capa 106 de material compuesto. El patrón 200 impreso de material modificador sobre cada una de las capas 106 de material compuesto puede imprimirse con características 222 de enclavamiento mecánico. Por ejemplo, el patrón 200 impreso sobre una de las capas 106 de material compuesto puede incluir dientes 224, ganchos u otras características mecánicas para engancharse físicamente y enclavarse con características 222 de enclavamiento mecánico correspondientes que pueden imprimirse sobre el material modificador de la capa 106 de material compuesto opuesta. En algunos ejemplos, el material modificador de una capa 106 de material compuesto en la figura 12 puede estar configurado para enclavarse químicamente con el material modificador de la capa 106 de material compuesto adyacente.

La figura 13 es una vista en sección transversal de una disposición 102 de material compuesto (figura 2) que muestra varias capas 106 de material compuesto adyacentes de cinta 132 unidireccional que tienen diferentes orientaciones de fibra. Los patrones 200 impresos de material modificador se imprimen sobre las capas 106 de material compuesto para facilitar o permitir una mejora de la pegajosidad y/o unión a modo de puente de capas entre las capas 106 de material compuesto adyacentes. También puede aplicarse un patrón 200 impreso entre las superficies 131 laterales de las cintas 132 unidireccionales adyacentes. En uno cualquiera de los ejemplos dados a conocer en el presente documento, pueden imprimirse materiales modificadores sobre una o más formas de fibra para proporcionar cualquier número de funcionalidades deseadas para la estructura 104 laminada de material compuesto. Por ejemplo, pueden imprimirse materiales modificadores para mejorar la pegajosidad, conductividad eléctrica, resistencia a la corrosión, resistencia a la cizalladura interlaminar y tenacidad frente a fracturas, capacidad de parada de grietas, propiedades térmicas y otras funcionalidades. Ventajosamente, la capacidad para controlar con precisión el material, tamaño, geometría y posición de cada patrón 200 impreso con precisión de escala micrométrica de una manera repetible puede dar como resultado una mejora del rendimiento específico de estructuras laminadas de material compuesto.

La figura 14 es una ilustración esquemática de un ejemplo de un sistema para imprimir un patrón 200 impreso del segundo material 202 sobre una estopa 114 de fibra o cinta 132 unidireccional o forma. En el ejemplo mostrado, el sistema incluye una bobina 282 de estopa 114 de fibra. La estopa 114 de fibra (figura 13) puede ser fibra seca o la estopa 114 de fibra puede impregnarse previamente con resina 112 (figura 2). La estopa 114 de fibra puede alimentarse mediante rodillos 270 de alimentación al interior de un lecho 256 de impresora. El lecho 256 de impresora puede incluir una impresora 260 que tiene un cabezal 262 de deposición para imprimir material modificador en un patrón 200 impreso sobre la estopa 114 de fibra. En algunos ejemplos, la impresora 260 puede ser móvil a lo largo de una pista 258 de guía a lo largo de una dirección de izquierda a derecha con respecto al plano de papel según puede ser deseable para una operación de impresión pulsada en la que una longitud de la estopa 114 de fibra puede moverse al interior del lecho 256 de impresora y detenerse para permitir que la impresora 260 aplique el patrón 200 impreso sobre la longitud de la estopa 114 de fibra. La impresora 260 también puede ser móvil en una dirección hacia dentro y hacia fuera del plano de papel mientras que la estopa está estacionaria dentro del lecho 256 de impresora. En otros ejemplos, la impresora 260 puede ser estacionaria y la estopa 114 de fibra puede ser móvil de manera continua a través del lecho 256 de impresora mientras la impresora 260 imprime de manera continua el patrón 200 impreso sobre la estopa 114 de fibra.

En la figura 14, la impresora 260 puede funcionar en respuesta a instrucciones de un programa 254 de impresión legible por ordenador (por ejemplo, código) basándose en un modelo 252 digital del patrón 200 impreso. En algunos ejemplos, el modelo 252 digital del patrón 200 impreso puede basarse en un modelo de diseño asistido por ordenador (CAD) del patrón 200 impreso que puede generarse en un ordenador 250 y que se muestra visualizado en la pantalla del ordenador 250. El programa 254 de impresión puede proporcionar un control de la posición del cabezal 262 de deposición y también puede controlar el tamaño, forma y configuración general del patrón 200 impreso que puede imprimirse usando medios 264 de impresión (por ejemplo, el material modificador). En algunos ejemplos, el lecho 256 de impresora puede incluir una pantalla 274 para la observación del avance de la impresión del patrón 200 impreso sobre una estopa 114 de fibra (figura 13). Tras imprimir el patrón impreso sobre una estopa 114 de fibra, la estopa 276 de fibra impresa puede bobinarse sobre una bobina 282. Aunque no se muestra, la bobina 282 de la estopa 276 de fibra impresa puede transportarse a un área de disposición de material compuesto en la que la estopa 114 de fibra puede disponerse para dar una estructura 104 laminada de material compuesto en un procedimiento de disposición manual y/o usando una máquina de disposición de cinta automatizada (no mostrada).

La figura 14A es una ilustración esquemática de un ejemplo de los medios 264 de impresión compuestos por materiales 266 particulados. Los materiales 266 particulados pueden proporcionarse en una forma generalmente esférica. Sin embargo, se contemplan otras formas. La figura 14B es una ilustración esquemática de medios 264 de impresión compuestos por hebras 268 de filamento. Tal como se indicó anteriormente, los medios 264 de impresión (por ejemplo, el material modificador) pueden incluir monómeros orgánicos, prepolímeros, polímeros, polvos metálicos, cargas inorgánicas y otros materiales modificadores. La figura 14C es una vista ampliada de una punta del cabezal 262 de deposición que muestra píxeles 210 que están formándose sobre una estopa 114 de fibra. Tal como se mencionó anteriormente, cada píxel 210 puede tener un diámetro de hasta 100 micrómetros o mayor y puede tener un grosor 208 de al menos aproximadamente 0,1 micrómetros. El cabezal 262 de deposición puede imprimir una sucesión de píxeles 210 con el fin de acumular un patrón 200 impreso de grosor 208, longitud 204, anchura 206 y geometría deseados.

La figura 15 es una ilustración esquemática de un ejemplo de un dispositivo 272 robótico para imprimir un patrón 200 impreso de material modificador sobre una forma de fibra. En el ejemplo mostrado, el dispositivo 272 robótico puede incluir brazos articulados para posicionar el cabezal 262 de deposición de la impresora 260 con respecto a una estructura 104 laminada de material compuesto de la cinta 132 unidireccional (figura 13). El dispositivo 272 robótico puede controlar la impresora 260 para imprimir un patrón 200 impreso predeterminado de material modificador sobre capas 106 de material compuesto sucesivas en una pila de una estructura 104 laminada de material compuesto. El dispositivo 272 robótico puede hacerse funcionar en respuesta a instrucciones de programa 254 de impresión legible por ordenador (por ejemplo, código) basándose en un modelo 252 digital del patrón 200 impreso, de manera similar a la disposición descrita para el lecho 256 de impresora de la figura 14.

La figura 16 es una ilustración esquemática de un ejemplo de un lecho 256 de impresora para imprimir un patrón 200 impreso de material modificador sobre un material 134 textil tejido o cinta 132 unidireccional o lámina. En el ejemplo mostrado, el sistema incluye un rollo 284 de material 134 textil tejido que puede ser material textil seco o material textil preimpregnado. El material 134 textil tejido puede alimentarse de manera continua mediante rodillos 270 de alimentación al interior de un lecho 256 de impresora que tiene una impresora 260 con un cabezal 262 de deposición para imprimir material modificador en un patrón 200 impreso sobre el material 134 textil tejido. La impresora 260 puede ser estacionaria o la impresora 260 puede ser móvil en una cualquiera de una variedad de diferentes direcciones con respecto al lecho 256 de impresora de manera similar a la disposición anteriormente descrita de la figura 14. Tras imprimir el patrón 200 impreso sobre el material 134 textil tejido, la estopa 278 de fibra impresa puede bobinarse sobre un rollo 286.

El sistema de la figura 16 puede hacerse funcionar opcionalmente en una disposición en modo pulsado en la que una sección o longitud del material 134 textil tejido puede moverse al interior del cabezal de la impresora 260 y la impresora 260 puede moverse mientras se deposita un patrón 200 impreso sobre la longitud de material 134 textil tejido, tras lo cual el material 278 textil tejido impreso puede bobinarse sobre un rollo 286. Una nueva longitud del material 134 textil

tejido puede alimentarse al interior del lecho 256 de impresora para imprimir. El sistema de impresión de estopa 114 de fibra ilustrado en la figura 14 también puede hacerse funcionar en una disposición en modo pulsado.

La figura 17 muestra un ejemplo de un dispositivo 272 robótico para la impresión automatizada de un patrón 200 impreso de material modificador sobre un material 134 textil tejido y/o cinta 132 unidireccional (figura 16) o lámina. El dispositivo 272 robótico puede hacerse funcionar de una manera similar a la descrita anteriormente para la figura 16. Con respecto a esto, el programa 254 de impresión puede hacer que un dispositivo 272 robótico posicione la impresora 260 con respecto a la disposición 102 de material compuesto mientras que el cabezal 262 de deposición se controla para imprimir el patrón 200 impreso predeterminado.

La figura 18 es un diagrama de flujo que ilustra una o más operaciones que pueden incluirse en un método 300 de aplicación de un patrón de segundo material 202 (figura 4) sobre una estopa 114 de fibra (figura 4), material 134 textil tejido (figura 16) y/o cinta 132 unidireccional (figura 4). La etapa 302 del método 300 puede incluir proporcionar una pluralidad de filamentos 116 de refuerzo (figura 4) formados por un primer material 120. Tal como se indicó anteriormente, la pluralidad de filamentos 116 de refuerzo pueden proporcionarse como estopas de fibra, cinta unidireccional, material textil tejido u otras formas de fibra.

La etapa 304 del método 300 puede incluir imprimir un segundo material 202 sobre la pluralidad de filamentos 116 de refuerzo usando un cabezal 262 de deposición de una impresora 260. Por ejemplo, las figuras 14 y 16 ilustran un sistema que incluye una impresora 260 de un lecho 256 de impresora para posicionar el cabezal 262 de deposición con respecto a la forma de fibra. Las figuras 15 y 17 ilustran un dispositivo 272 robótico que tiene brazos articulados para posicionar el cabezal 262 de deposición de una impresora 260 con respecto a una estructura 104 laminada de material compuesto. En algunos ejemplos, el cabezal 262 de deposición puede moverse o posicionarse basándose en código programable de un programa 254 de impresión que puede derivarse a partir de un modelo 252 digital (modelo de diseño asistido por ordenador) de un generador de patrón 200 impreso predeterminado en un ordenador 250.

Tal como puede apreciarse, pueden implementarse sistemas alternativos para imprimir un material modificador sobre una forma de fibra. La impresión del material modificador puede producirse durante la fabricación de una o más formas de un filamento 116 de refuerzo (figura 8) tal como durante la fabricación de estopas 114 de fibra (figura 8), cinta 132 unidireccional (figura 9), material 134 textil tejido y/o preformas 136 de fibra. La impresión del material modificador puede realizarse moviendo un cabezal 262 de deposición de impresora con respecto a una preforma 136 de fibra (figura 2) que contiene la pluralidad de filamentos 116 de refuerzo y/o imprimiendo el segundo material 202 (figura 13) sobre la preforma de fibra durante la disposición de la preforma 136 de fibra.

En algunos ejemplos, el patrón 200 impreso puede estar formado por un material modificador que tiene una longitud 204, una anchura 206 y/o un grosor 208 de aproximadamente 0,01 a 500 micrómetros. En algunos ejemplos, el segundo material 202 puede imprimirse en un patrón 200 impreso predeterminado sobre una porción 126 exterior de la pluralidad de filamentos 116 de refuerzo. Por ejemplo, las figuras 8-13 ilustran un patrón 200 impreso depositado sobre una superficie 128 superior y/o una superficie 130 inferior de las estopas 114 de fibra, la cinta 132 unidireccional. Tal como se indicó anteriormente, el material modificador (por ejemplo, medios de impresión) puede proporcionarse en uno cualquiera de una variedad de tamaños, formas, materiales y configuraciones diferentes, incluyendo, pero sin limitarse a, materiales 266 particulados y/o hebras 268 de filamento tal como se muestra respectivamente en las figuras 14A y 14B.

En un ejemplo, la impresión del segundo material 202 (figura 1) puede incluir la colocación dirigida del segundo material 202 en cavidades ricas en resina (no mostradas) en hendiduras y/o intersecciones de las estopas de fibra de material textil tejido o entre capas y/o cintas. En una realización, durante el procedimiento de disponer capas de material compuesto de un material textil tejido o material preimpregnado, pueden colocarse nanopartículas de polímero (no mostradas) en las cavidades ricas en resina tal como en las hendiduras y/o intersecciones de las estopas de fibra del material textil tejido para prevenir la formación de microgrietas o el agrietamiento por esfuerzo resultantes de cambios de temperatura de la estructura 100 de material compuesto.

La figura 19 es un diagrama de flujo que ilustra una o más operaciones que pueden incluirse en un método 400 de impresión de un patrón 200 impreso sobre una forma de fibra usando uno de los sistemas ilustrados esquemáticamente en las figuras 14-17. La etapa 402 del método puede incluir proporcionar la forma de fibra que va a imprimirse tal como estopa 114 de fibra, material 134 textil tejido o cinta 132 unidireccional. La etapa 404 puede incluir cargar la estopa 114 de fibra sobre una bobina, o cargar el material 134 textil tejido o la cinta 132 unidireccional sobre un rollo. La etapa 406 puede incluir transferir la estopa 114 de fibra o el material 134 textil tejido a un lecho 256 de impresora tal como se muestra en las figuras 14 y 16, o posicionar una impresora 260 de un dispositivo 272 robótico sobre la estopa 114 de fibra, cinta 132 unidireccional o material 134 textil tejido tal como se muestra en las figuras 15 y 17.

La etapa 408 del método 400 puede incluir proporcionar medios 264 de impresión para imprimir sobre la estopa 114 de fibra, material 134 textil tejido o cinta 132 unidireccional. La etapa 410 puede incluir cargar los medios 264 de impresión en una impresora 260 tal como se muestra en las figuras 14-17. La etapa 412 puede incluir diseñar un patrón 200 impreso que va a imprimirse sobre una forma de fibra. Por ejemplo, puede usarse un ordenador 250 para crear un modelo 252 digital de un patrón 200 impreso. La etapa 416 puede incluir crear un programa 254 de impresión

tridimensional de control numérico (N/C) (por ejemplo, código) basándose en el modelo 252 digital. El programa 254 de impresión puede incluir instrucciones referentes a la longitud, anchura, altura y/o geometría con las que va a imprimirse el material modificador sobre la forma de fibra.

La etapa 418 puede incluir ejecutar el programa 254 de impresión para hacer funcionar una impresora de un lecho 256 de impresora (figuras 14 y 16) o un dispositivo 272 robótico (figuras 15 y 17). La etapa 420 puede incluir imprimir el patrón 200 impreso sobre la estopa 114 de fibra, material 134 textil tejido o cinta 132 unidireccional. Tal como se indicó anteriormente, la forma de fibra puede hacerse pasar a través del lecho de fibra de manera continua o de manera pulsada mientras que el cabezal 262 de deposición imprime el patrón 200 impreso sobre la forma de fibra. Alternativamente, la forma de fibra puede ser estacionaria tal como se muestra en las figuras 15 y 17, y el dispositivo 272 robótico puede mover el cabezal 262 de deposición para imprimir el patrón 200 impreso sobre una estructura 104 laminada de material compuesto. La etapa 422 puede incluir cargar la estopa/cinta de fibra impresa o el material 134 textil tejido impreso sobre una bobina 282 o rollo 286 respectivo.

El método puede incluir transportar la bobina 282 o el rollo 286 a un área de disposición (no mostrada) y disponer la forma de fibra impresa en una estructura 104 laminada de material compuesto. La forma de fibra impresa puede incluir fibras preimpregnadas que contienen el patrón 200 impreso (figura 14) y dispuestas en una pila. Puede aplicarse calor a la pila para reducir la viscosidad de la resina preimpregnada haciendo que la resina de capas 106 de material compuesto adyacentes (figura 13) se entremezcle. Puede permitirse que la resina se cure y/o endurezca para dar un estado solidificado tras lo cual puede enfriarse la resina de manera pasiva o activa para formar la estructura 100 de material compuesto. Alternativamente, la forma de fibra impresa puede ser fibras secas que contienen el patrón 200 impreso y que pueden disponerse en una pila. Puede infundirse resina líquida al interior de la pila y puede aplicarse calor y/o presión para consolidar y curar y/o endurecer para dar un estado solidificado tras lo cual puede enfriarse la resina 112 (figura 2) de manera pasiva o activa para formar la estructura 100 de material compuesto.

La figura 20 es un diagrama de flujo que ilustra una o más operaciones que pueden incluirse en un método 500 de impresión de uno o más patrones 200 impresos sobre una o más capas 106 de material compuesto durante la disposición en una herramienta de preforma (no mostrada). La etapa 502 del método puede incluir proporcionar medios 264 de impresión y un programa 254 de impresión a uno o más dispositivos 272 robóticos de una manera similar a la descrita con referencia a la figura 19. Por ejemplo, los medios 264 de impresión pueden cargarse en el cabezal 262 de deposición de un dispositivo 272 robótico similar al dispositivo 272 robótico mostrado en la figura 17. Puede diseñarse un patrón 200 impreso tal como usando un programa de diseño asistido por ordenador para crear un modelo 252 digital (figura 17) del patrón 200 impreso que puede transformarse en un programa 254 de impresión tridimensional de control numérico (N/C) (por ejemplo código) y cargarse en el dispositivo 272 robótico.

La etapa 504 del método 500 puede incluir proporcionar una herramienta de preforma (no mostrada) sobre la cual pueden disponerse una o más capas 106 de material compuesto. Por ejemplo, pueden cortarse previamente capas 106 de material compuesto de fibra secas o preimpregnadas a la forma aproximada de una estructura 100 de material compuesto final que va a fabricarse. Una o más de las capas 106 de material compuesto pueden disponerse sobre la herramienta de preforma durante la etapa 506 del método 500.

La etapa 508 del método 500 puede incluir activar el dispositivo 272 robótico para hacer que el cabezal 262 de deposición imprima el patrón 200 impreso sobre la capa 106 de material compuesto. Tal como se indicó anteriormente, el cabezal 262 de deposición puede estar configurado para aplicar o imprimir cualquier número de materiales diferentes en cualquier número de patrones 200 diferentes sobre cualquier porción de una capa 106 de material compuesto. Por ejemplo, puede imprimirse un segundo material sobre la capa 106 de material compuesto para proporcionar una funcionalidad específica tal como aumento de la tenacidad para una mejora de la resistencia al agrietamiento en la estructura de material compuesto final. Un tercer material, cuarto material y cualquier número de materiales adicionales pueden imprimirse sobre una capa 106 de material compuesto en cualquier número de patrones 200 impresos para proporcionar funcionalidades específicas tales como mejora de la resistencia a la cizalladura interlaminar, aumento de la conductividad eléctrica y resistencia a la corrosión, mejora de la pegajosidad en un amplio intervalo de temperaturas o cualquier número de otras funcionalidades, sin limitación.

Tras completarse la impresión sobre una capa 106 de material compuesto, pueden disponerse una o más capas 106 de material compuesto adicionales sobre una capa 106 de material compuesto anteriormente impresa, y el cabezal 262 de deposición del dispositivo 272 robótico puede imprimir otro patrón 200 impreso sobre la capa 106 de material compuesto recién dispuesta. La etapa 510 del método puede incluir repetir la etapa 506 de disposición y la etapa 508 de impresión hasta que se ha dispuesto y/o impreso el número deseado de capas 106 de material compuesto. Ventajosamente, el método anterior permite un alto grado de precisión y flexibilidad en la aplicación de patrones 200 impresos en regiones específicas de una disposición 102 de material compuesto usando cualquier número de tipos diferentes de medios o material impreso (por ejemplo, un segundo material, un tercer material, etc.).

Pueden describirse realizaciones ilustrativas de la divulgación en el contexto de un método (no mostrado) de fabricación y/o puesta en servicio de una aeronave, nave espacial, satélite u otro componente aeroespacial. La preproducción, fabricación de componentes y/o puesta en servicio pueden incluir la especificación y el diseño de componentes aeroespaciales y el aprovisionamiento de material. Durante la producción, tiene lugar la fabricación de componentes y subconjuntos y la integración de sistemas de componentes aeroespaciales. Después de eso, la

aeronave, nave espacial, satélite u otro componente aeroespacial puede pasar por certificación y suministro con el fin de ponerse en servicio.

En un ejemplo, los componentes aeroespaciales producidos mediante el método de fabricación y puesta en servicio pueden incluir un fuselaje con una pluralidad de sistemas y un interior. Los ejemplos de la pluralidad de sistemas pueden incluir uno o más de un sistema de propulsión, un sistema eléctrico, un sistema hidráulico y un sistema ambiental. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, diferentes realizaciones ilustrativas pueden aplicarse a otras industrias, tales como la industria del automóvil.

Los aparatos y métodos implementados en el presente documento pueden emplearse durante al menos una de las fases de un método de fabricación y/o puesta en servicio de componente aeroespacial. En particular, una estructura 100 de material compuesto (por ejemplo, la figura 1), un recubrimiento, un plástico moldeado por inyección, y/o un adhesivo pueden fabricarse durante una cualquiera de las fases del método de fabricación y puesta en servicio de componente aeroespacial. Por ejemplo, sin limitación, una estructura de material compuesto puede fabricarse durante al menos una etapa de fabricación de componentes y subconjuntos, integración de sistemas, mantenimiento y puesta en servicio de rutina, o alguna otra fase de fabricación y puesta en servicio de aeronaves. Todavía adicionalmente, una estructura de material compuesto puede usarse en una o más estructuras de componentes aeroespaciales. Por ejemplo, una estructura de material compuesto puede incluirse en una estructura de un fuselaje, un interior o alguna otra parte de una aeronave, nave espacial, satélite u otro componente aeroespacial.

Modificaciones y mejoras adicionales de la presente divulgación pueden resultar evidentes para los expertos habituales en la técnica. Por tanto, se pretende que la combinación particular de partes descritas e ilustradas en el presente documento represente únicamente determinadas realizaciones de la presente divulgación y no se pretende que sirva como limitaciones de realizaciones alternativas o dispositivos dentro del alcance de la divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Fibra de material compuesto, que comprende:

al menos un filamento (116) de refuerzo formado por un primer material; y

un segundo material depositado de manera sistemática en un patrón sobre el al menos un filamento de refuerzo de tal manera que al menos uno de una longitud, una anchura y un grosor del segundo material varía a través de una superficie del al menos un filamento de refuerzo,

caracterizada porque:

(a) el segundo material se imprime sobre al menos un filamento (116) de refuerzo, no incluyendo dicho filamento de refuerzo un apresto (138) que cubre el al menos un filamento de refuerzo, como píxeles que tienen cada uno un grosor de hasta 100 micrómetros; o

(b) el segundo material se imprime sobre al menos un filamento (116) de refuerzo, incluyendo dicho filamento de refuerzo un apresto (138) que cubre el al menos un filamento de refuerzo, como píxeles que tienen cada uno un grosor de hasta 100 micrómetros.

2. Fibra de material compuesto según la reivindicación 1, en la que:

el filamento (116) de refuerzo incluye un apresto aplicado en un grosor de apresto uniforme a una superficie de filamento del al menos un filamento de refuerzo; y

el segundo material depositado de manera sistemática sobre el apresto del al menos un filamento de refuerzo.

3. Fibra de material compuesto según las reivindicaciones 1 y 2, en la que:

al menos uno de la longitud, la anchura y el grosor del segundo material es de aproximadamente 0,01 a 100 micrómetros.

4. Fibra de material compuesto según las reivindicaciones 1-3, en la que:

el segundo material está compuesto por uno cualquiera o más de los siguientes: tintas, gránulos, medios de extrusión, monómeros orgánicos, prepolímeros, polímeros, polvos metálicos, cargas inorgánicas en una disolución acuosa o basada en disolvente, sílice, copolímeros de bloque, placas de grafeno, nanopartículas de polímero y nanotubos de carbono.

5. Fibra de material compuesto según las reivindicaciones 1-4, en la que:

el segundo material se aplica sobre el al menos un filamento (116) de refuerzo usando un cabezal de deposición de un dispositivo de impresión.

6. Fibra de material compuesto según las reivindicaciones 1-5, que comprende además:

uno o más materiales adicionales incluyendo un tercer material depositado de manera sistemática sobre el al menos un filamento (116) de refuerzo.

7. Fibra de material compuesto según las reivindicaciones 1-6, en la que:

el segundo material se aplica a al menos dos superficies diferentes asociadas con un haz de filamentos (116) de refuerzo que forman la fibra de material compuesto.

8. Método de producción de una fibra de material compuesto que comprende:

proporcionar una pluralidad de filamentos (116) de refuerzo formados por un primer material; e

(a) imprimir un segundo material sobre la pluralidad de filamentos de refuerzo, el segundo material se imprime sobre al menos un filamento (116) de refuerzo, filamento de refuerzo que no incluye un apresto (138) que cubre el al menos un filamento de refuerzo, como píxeles que tienen cada uno un grosor de hasta 100 micrómetros, usando un cabezal de deposición de una impresora, o

(b) imprimir un segundo material sobre la pluralidad de filamentos de refuerzo, el segundo material se imprime sobre al menos un filamento (116) de refuerzo, filamento de refuerzo que incluye un apresto (138) que cubre el al menos un filamento de refuerzo, como píxeles que tienen cada uno un grosor de hasta 100 micrómetros, usando un cabezal de deposición de una impresora.

9. Método según la reivindicación 8, en el que la etapa de imprimir el segundo material comprende:

imprimir el segundo material en un patrón impreso predeterminado en una porción exterior de la pluralidad de filamentos de refuerzo.

10. Método según las reivindicaciones 8-9, en el que:

el segundo material incluye partículas y/o hebras de filamento.

11. Método según las reivindicaciones 8-10, en el que la etapa de imprimir el segundo material incluye:

mover el cabezal de deposición con respecto a los filamentos (116) de refuerzo basándose en un código programable derivado de un modelo digital (modelo de diseño asistido por ordenador) de un patrón impreso predeterminado.

12. Método según las reivindicaciones 8-11, en el que la etapa de imprimir el segundo material incluye:

imprimir el segundo material en una porción exterior de uno o más haces de filamentos (116) de refuerzo proporcionados en al menos una de las siguientes formas de fibra: una estopa de fibra, cinta unidireccional, material textil tejido, material textil no acresponado, una trenza, una capa de material compuesto o preforma.

13. Método según las reivindicaciones 8-12, en el que la etapa de imprimir el segundo material incluye:

mover el cabezal de deposición con respecto a una preforma de fibra que contiene la pluralidad de filamentos (116) de refuerzo; e

imprimir el segundo material sobre la preforma de fibra durante la disposición de la preforma de fibra.

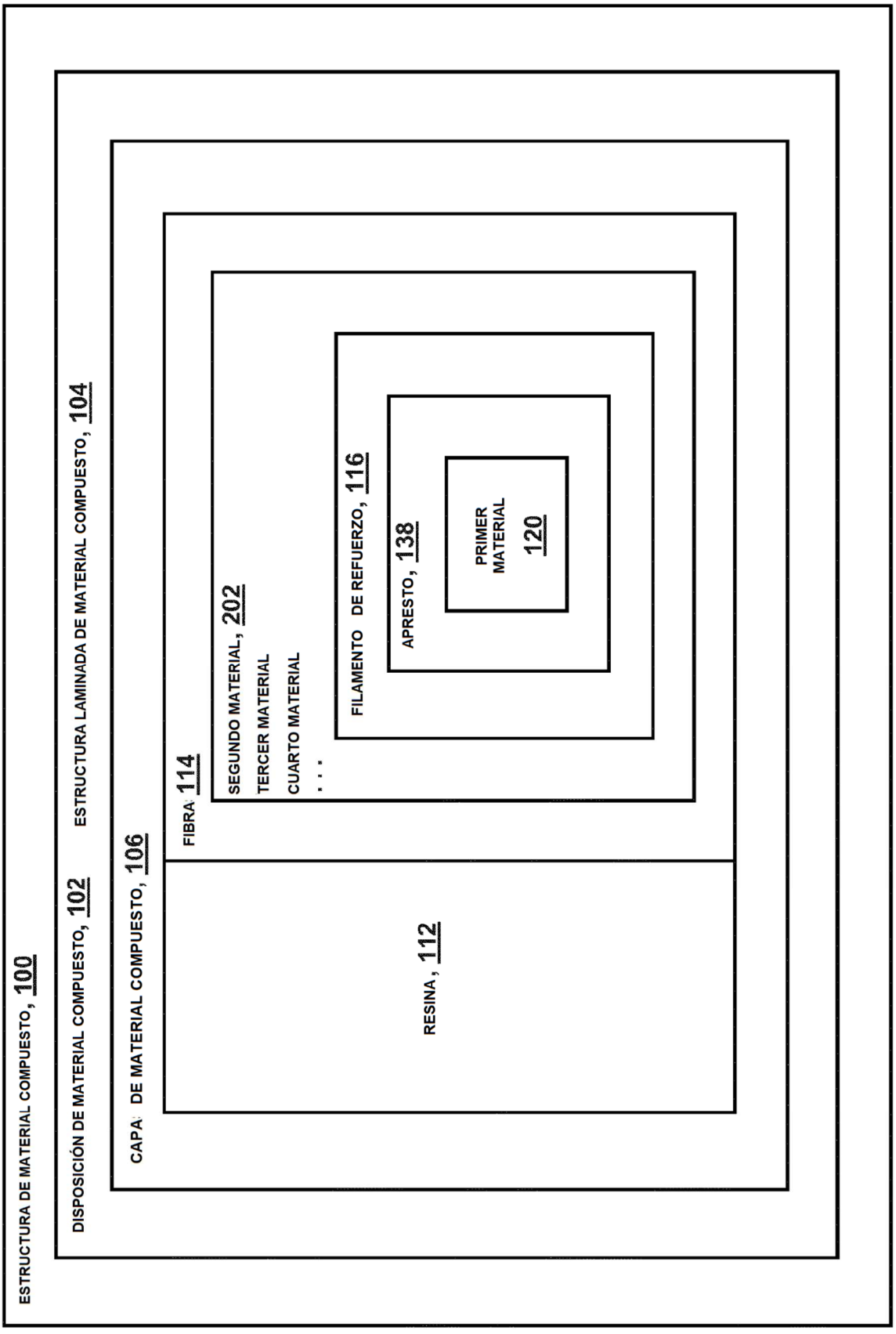
ESTRUCTURA DE MATERIAL COMPUESTO, 100
DISPOSICIÓN DE MATERIAL COMPUESTO, 102
ESTRUCTURA LAMINADA DE MATERIAL COMPUESTO, 104
CAPA DE MATERIAL COMPUESTO, 106
RESINA, 112
FIBRA 114
SEGUNDO MATERIAL, 202
TERCER MATERIAL
CUARTO MATERIAL
. . .
FILAMENTO DE REFUERZO, 116
APRESTO, 138
PRIMER MATERIAL 120

FIG. 1

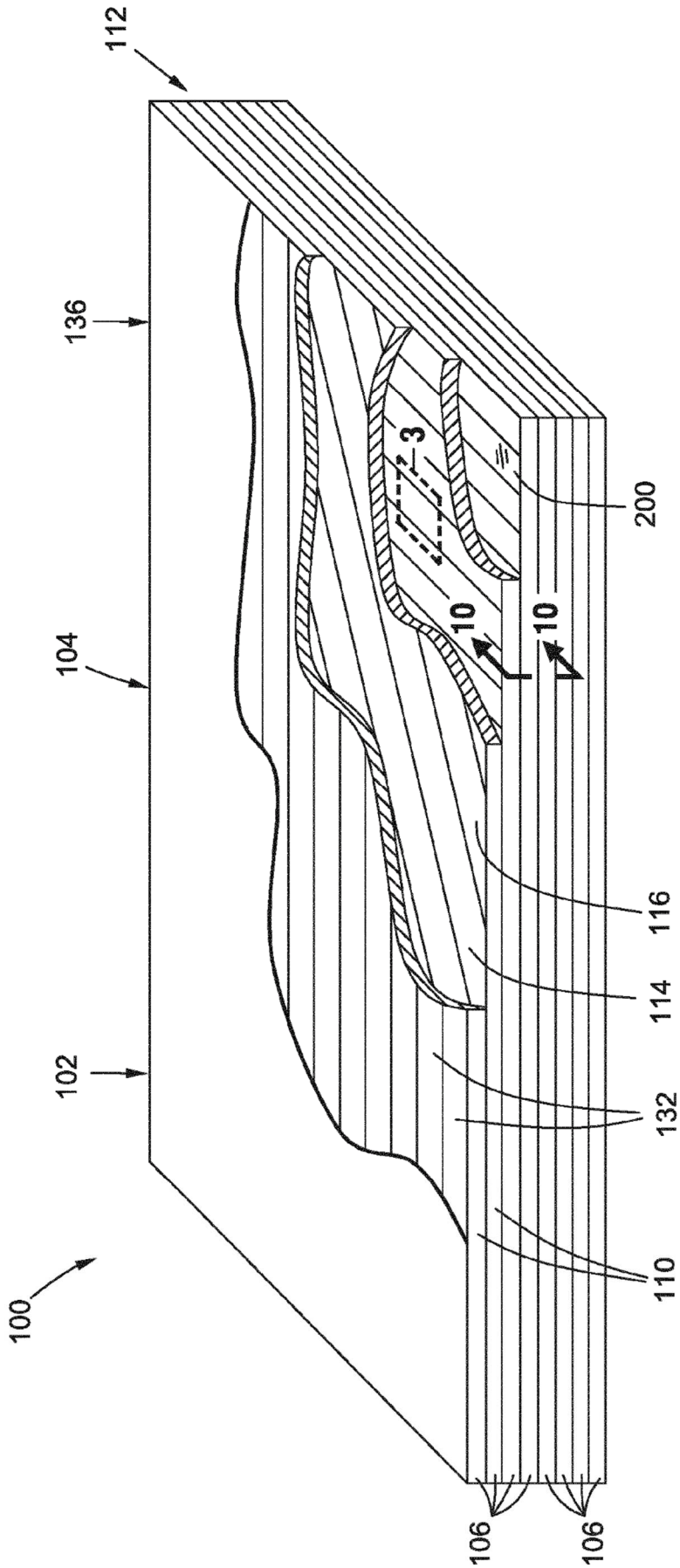

FIG. 2

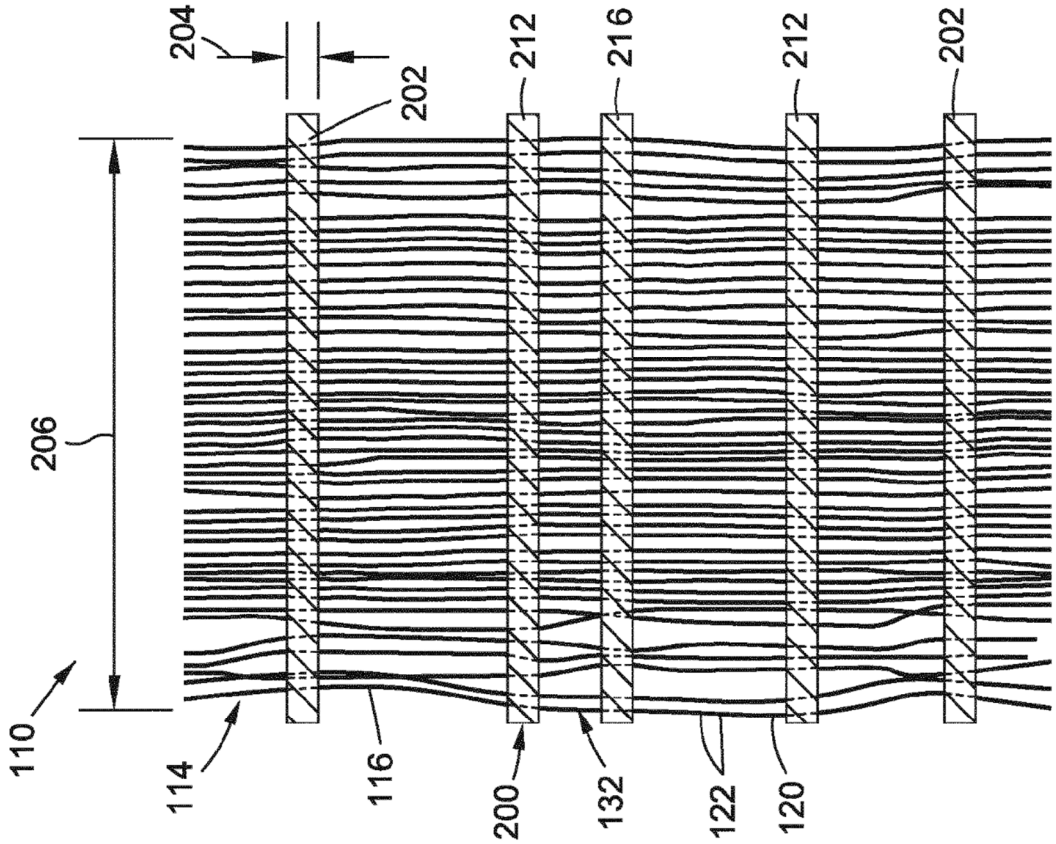
204
202
212
216
212
202
206
110
114
116
200
132
122
120

FIG. 4

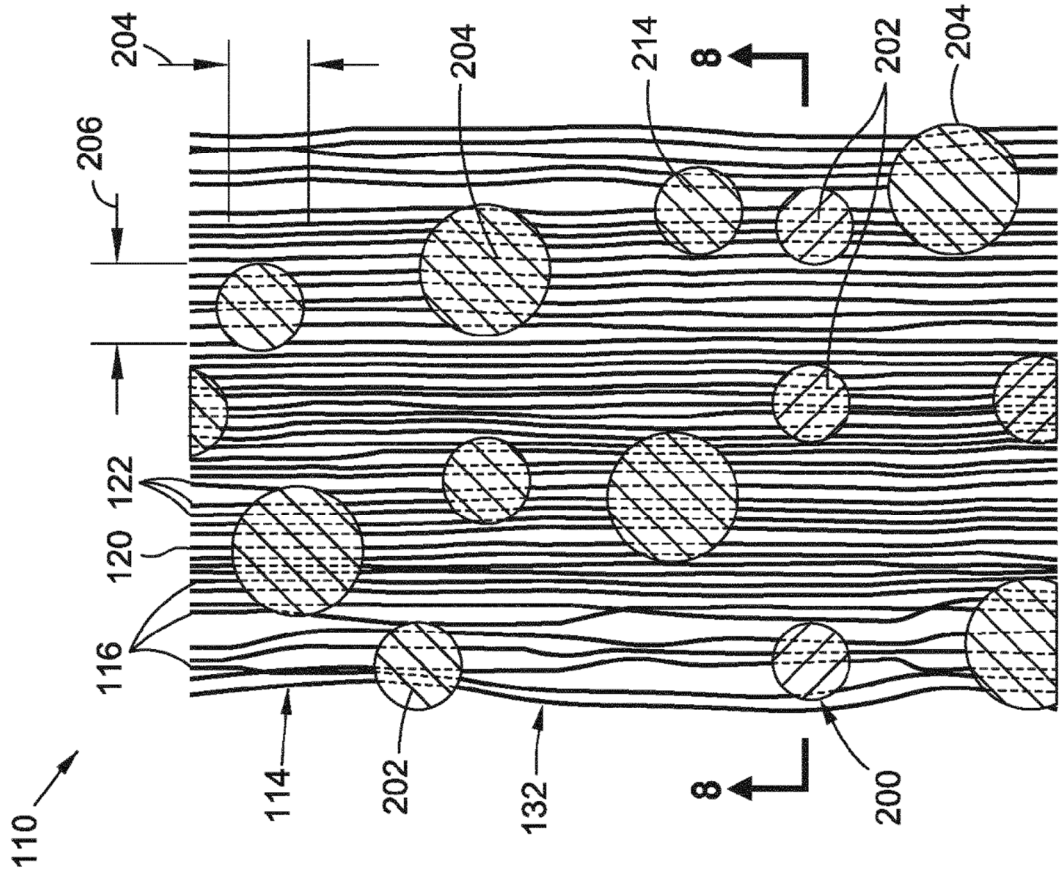
204
206
204
214
8
202
204
122
120
116
110
114
202
132
8
200

FIG. 3

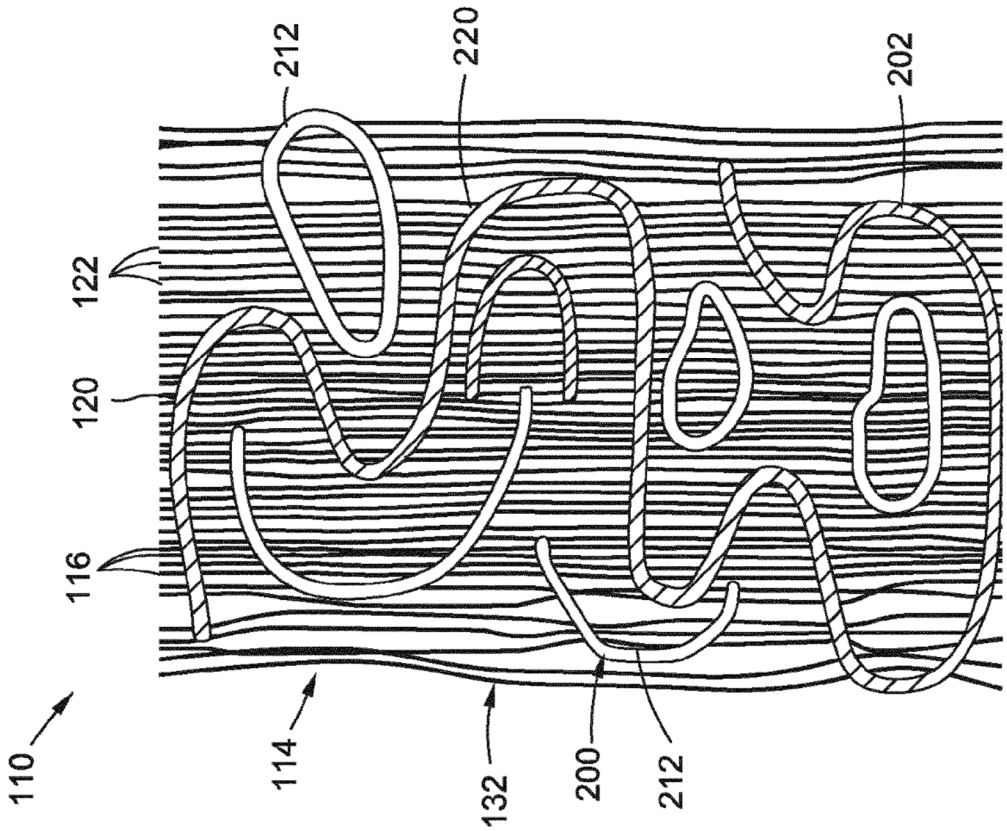
212
220
202
122
120
116
110
114
132
200
212

FIG. 6

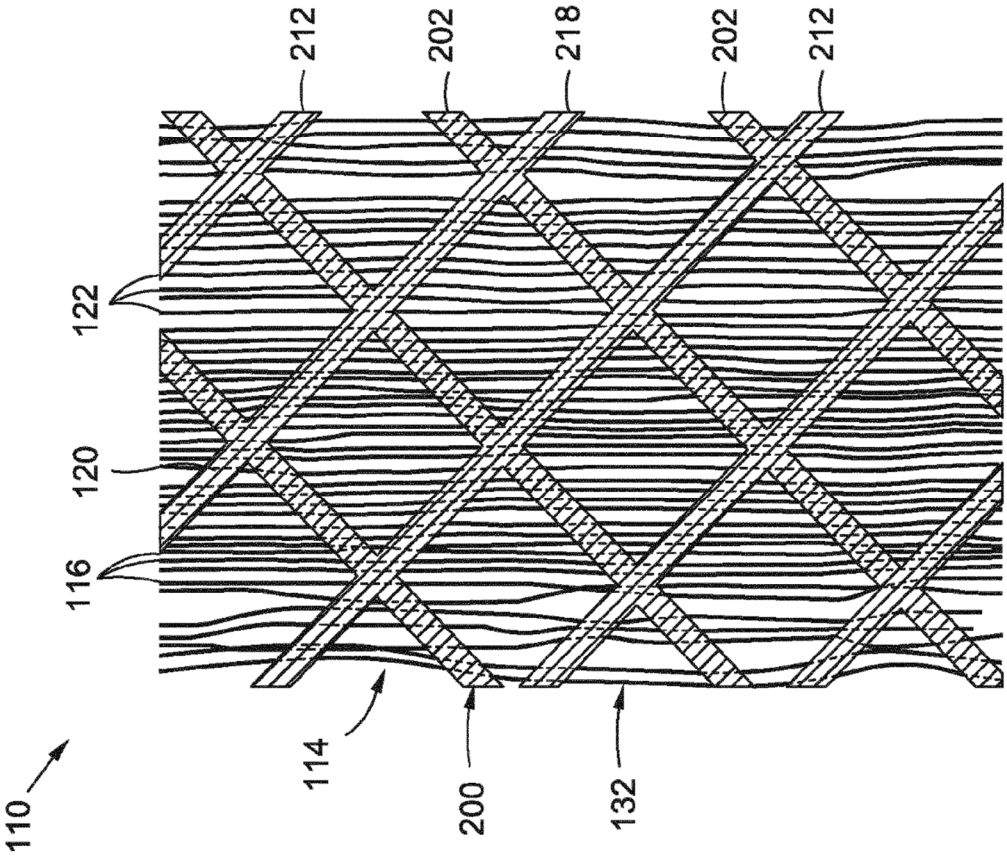
212
202
218
202
212
122
120
116
110
114
200
132

FIG. 5

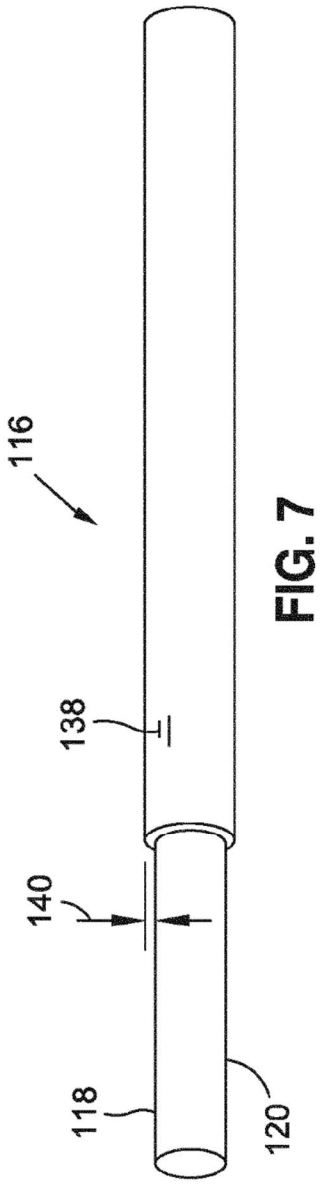

FIG. 7

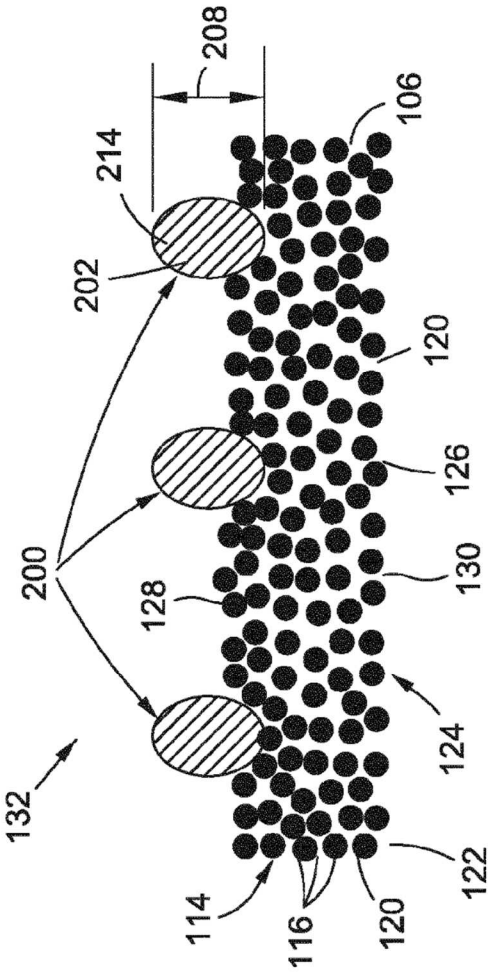

FIG. 8

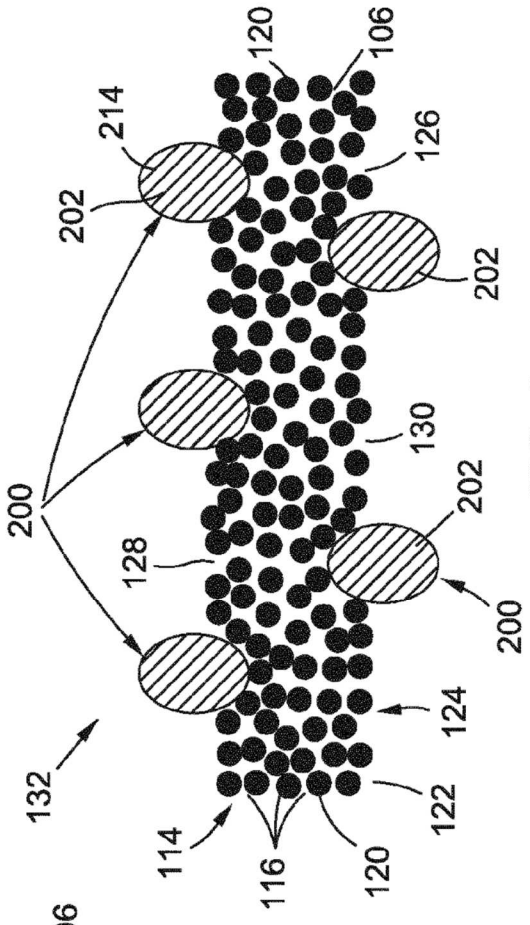

FIG. 9

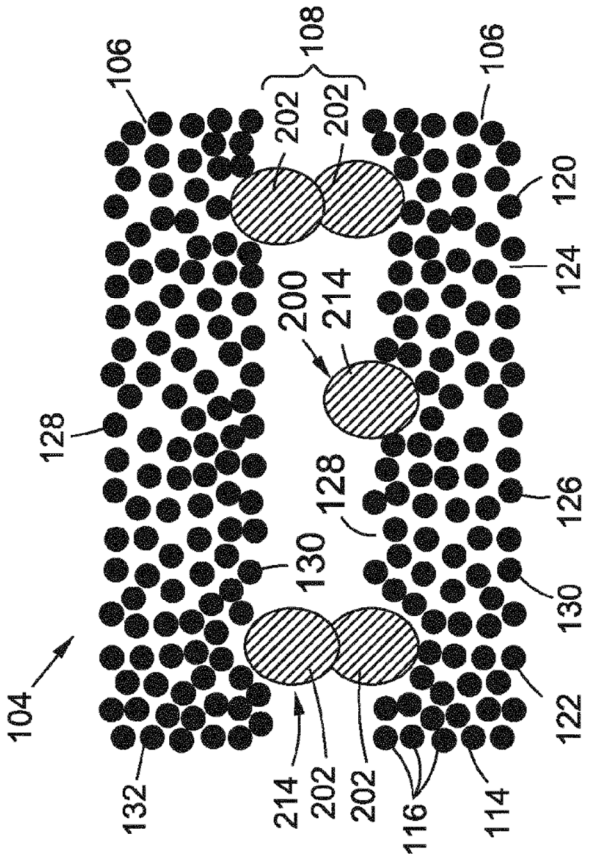

FIG. 11

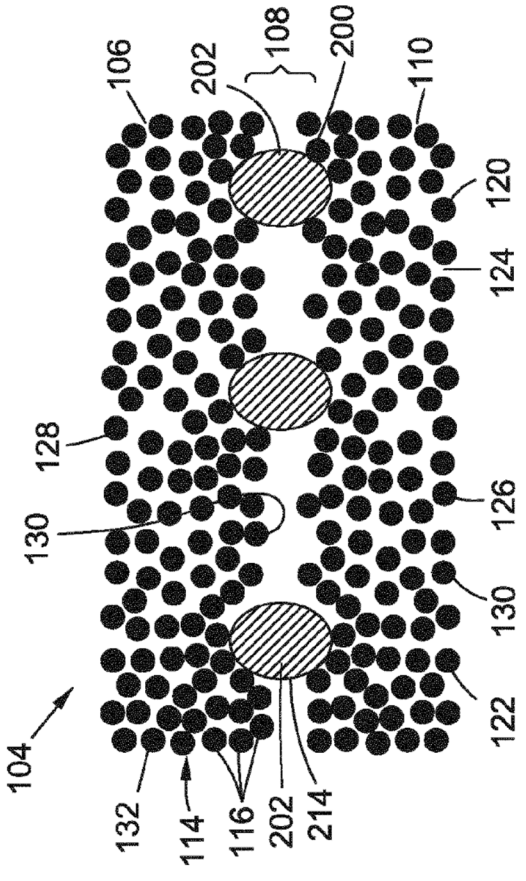

FIG. 10

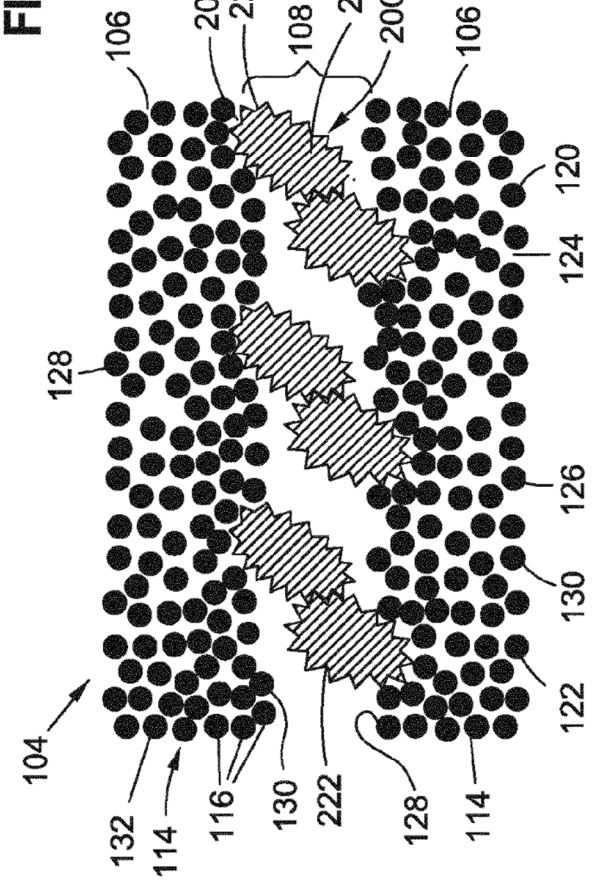

FIG. 12

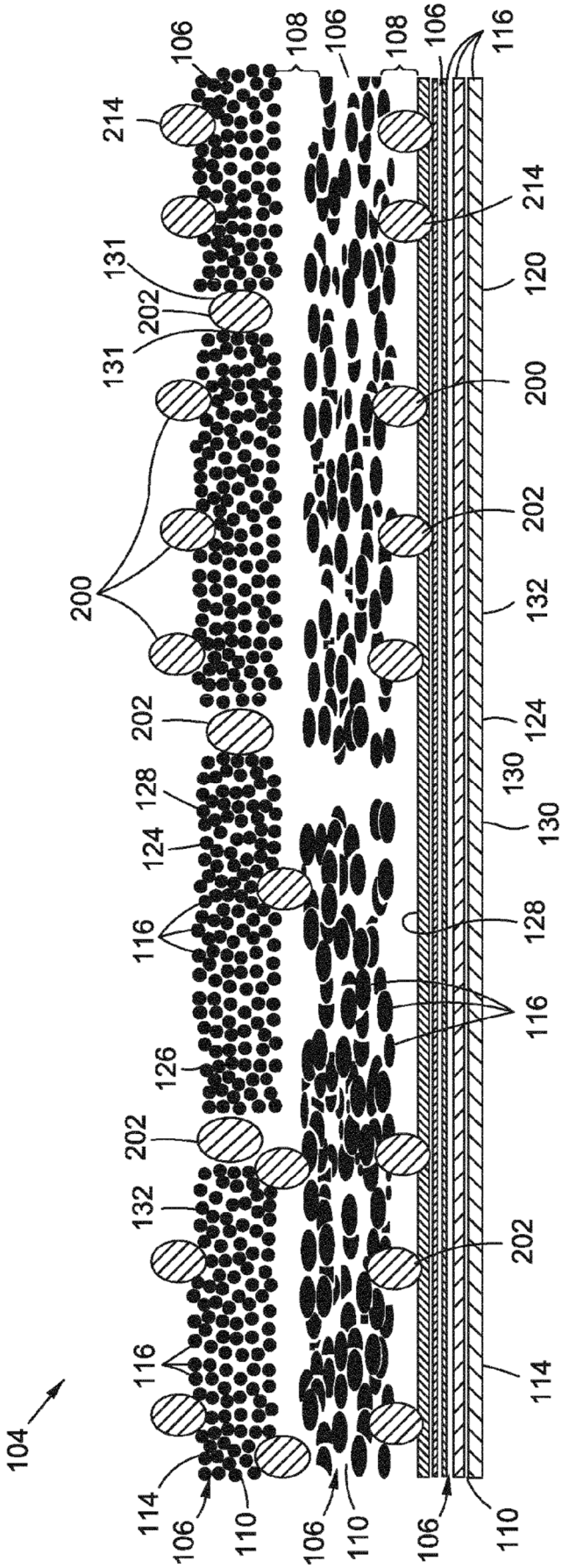
104
106
108
106
108
106
116
214
214
131
202
131
120
200
202
132
124
130
130
128
124
116
128
116
126
202
132
202
116
114
106
110
106
110
106
110

FIG. 13

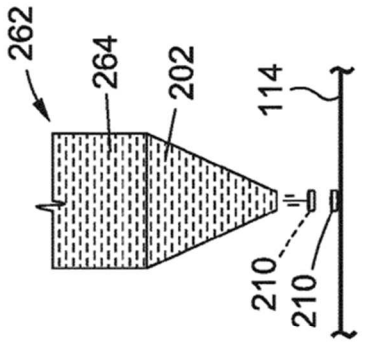

FIG. 14C

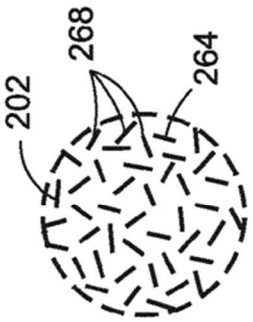

FIG. 14B

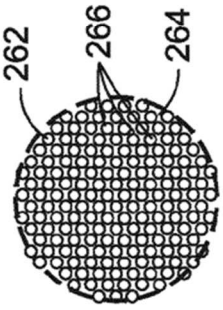

FIG. 14A

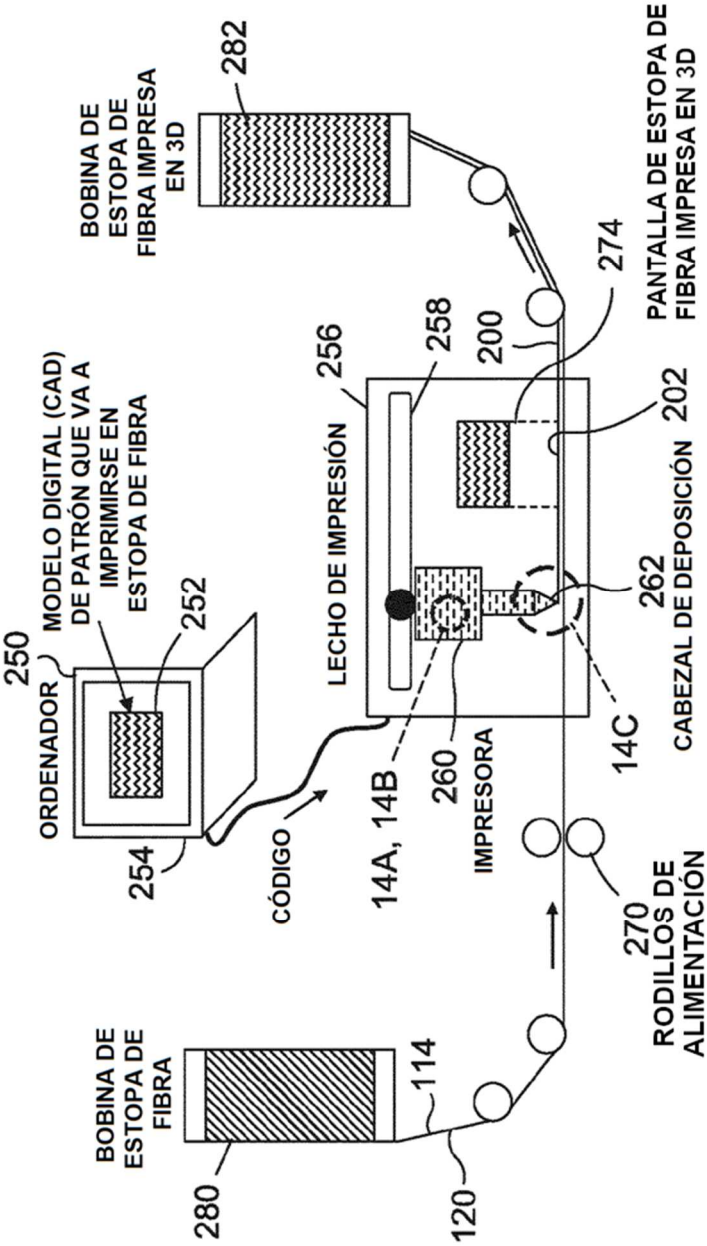

FIG. 14

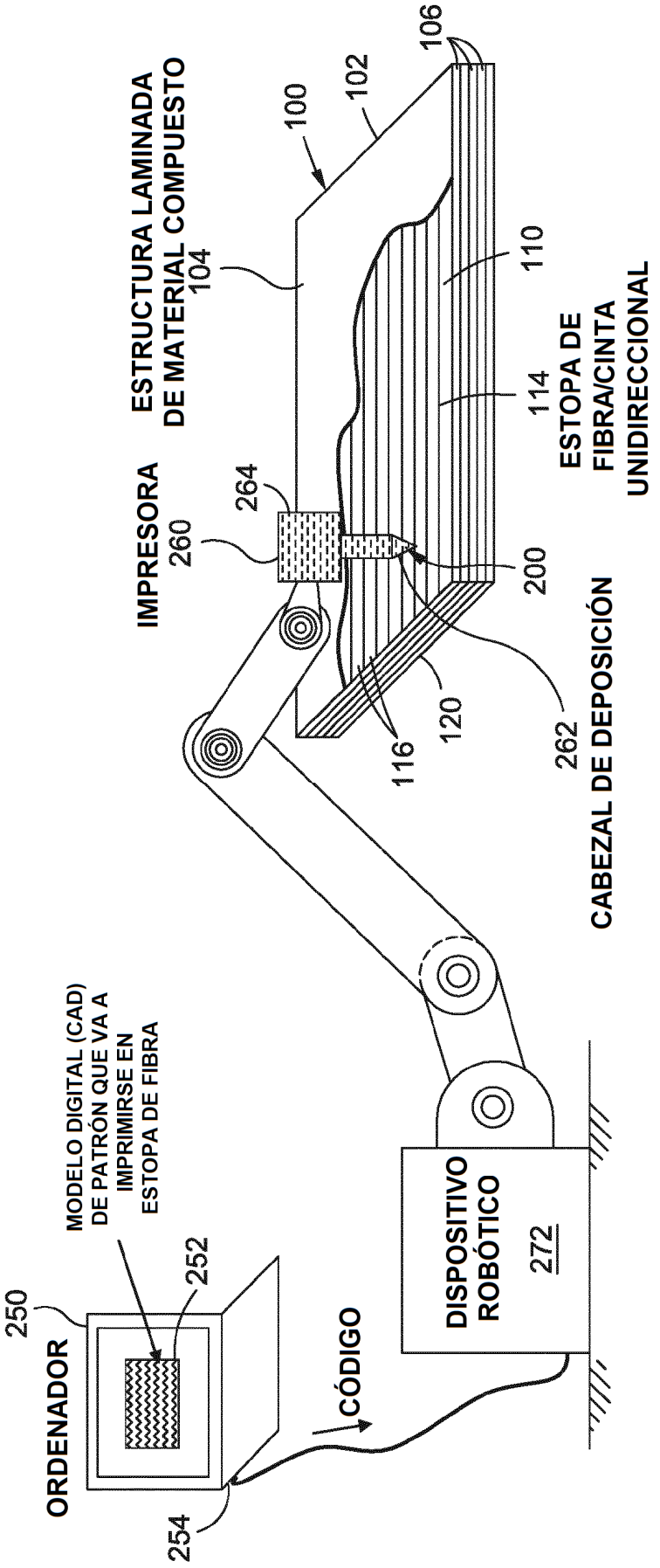
ESTRUCTURA LAMINADA DE MATERIAL COMPUESTO
104
100
102
106
110
114
ESTOPA DE FIBRA/CINTA UNIDIRECCIONAL
IMPRESORA
260
264
200
CABEZAL DE DEPOSICIÓN
262
120
116
MODELO DIGITAL (CAD) DE PATRÓN QUE VA A IMPRIMIRSE EN ESTOPA DE FIBRA
252
250
ORDENADOR
254
CÓDIGO
DISPOSITIVO ROBÓTICO
272

FIG. 15

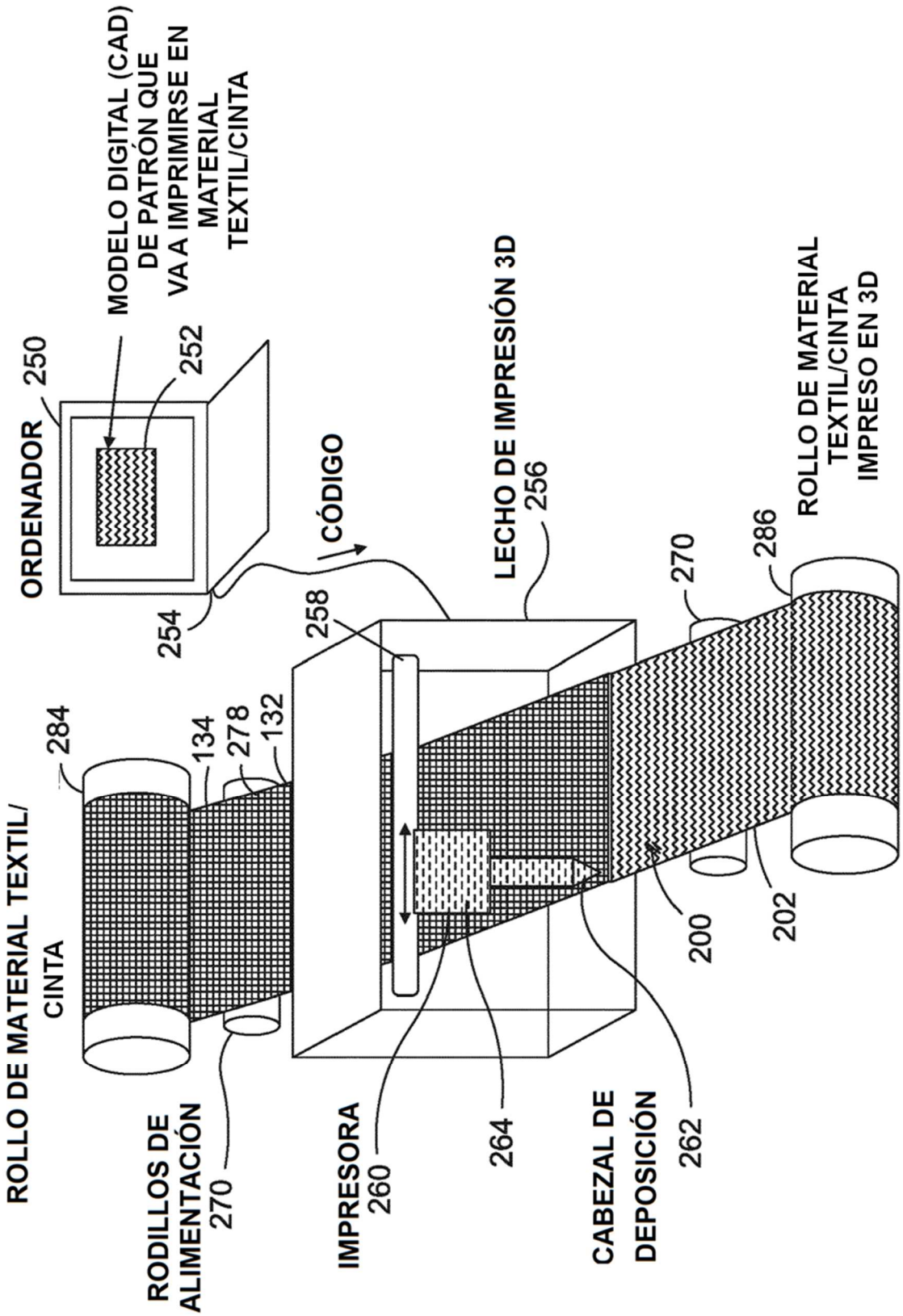
ORDENADOR
250
MODELO DIGITAL (CAD) DE PATRÓN QUE VA A IMPRIMIRSE EN MATERIAL TEXTIL/CINTA
252
254
CÓDIGO
LECHO DE IMPRESIÓN 3D
256
ROLLO DE MATERIAL TEXTIL/CINTA IMPRESO EN 3D
286
270
258
284
134
278
132
ROLLO DE MATERIAL TEXTIL/ CINTA
RODILLOS DE ALIMENTACIÓN
270
IMPRESORA
260
264
CABEZAL DE DEPOSICIÓN
262
200
202

FIG. 16

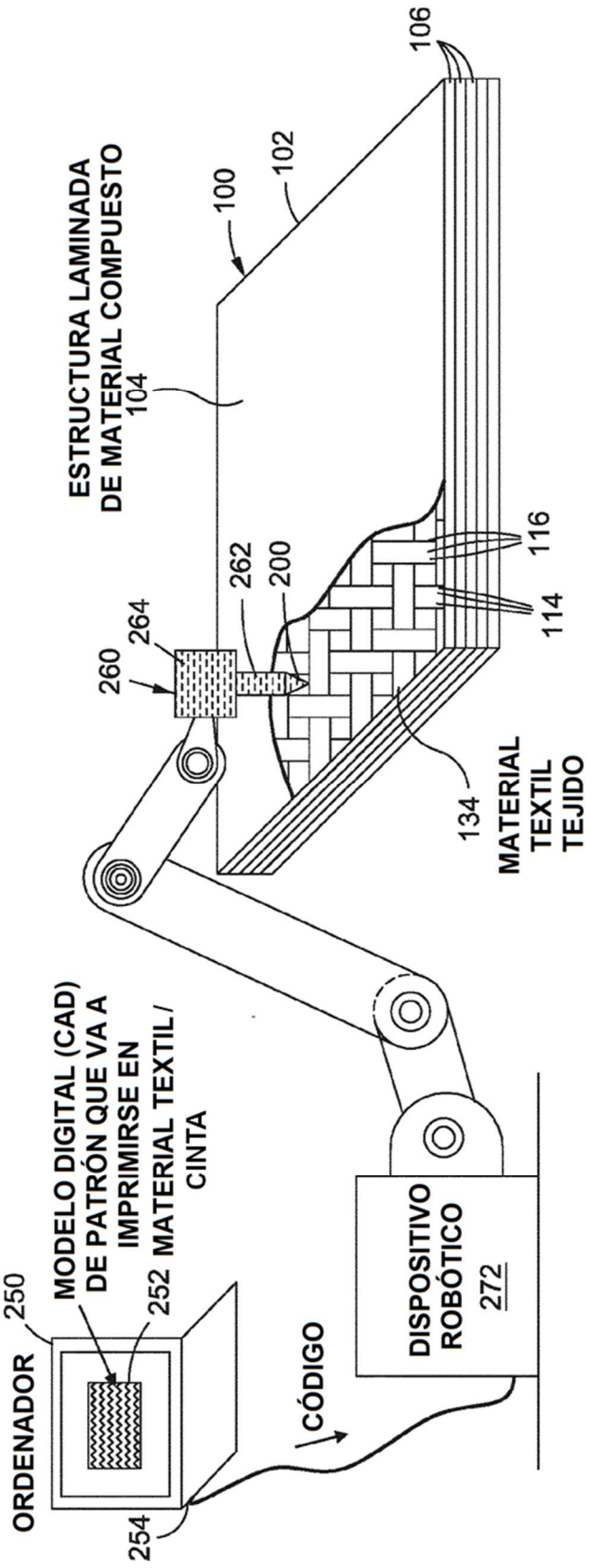
ESTRUCTURA LAMINADA DE MATERIAL COMPUESTO
104
100
102
106
116
114
262
200
264
260
134
MATERIAL TEXTIL TEJIDO
ORDENADOR
250
MODELO DIGITAL (CAD) DE PATRÓN QUE VA A IMPRIMIRSE EN
252
MATERIAL TEXTIL / CINTA
254
CÓDIGO
DISPOSITIVO ROBÓTICO
272

FIG. 17

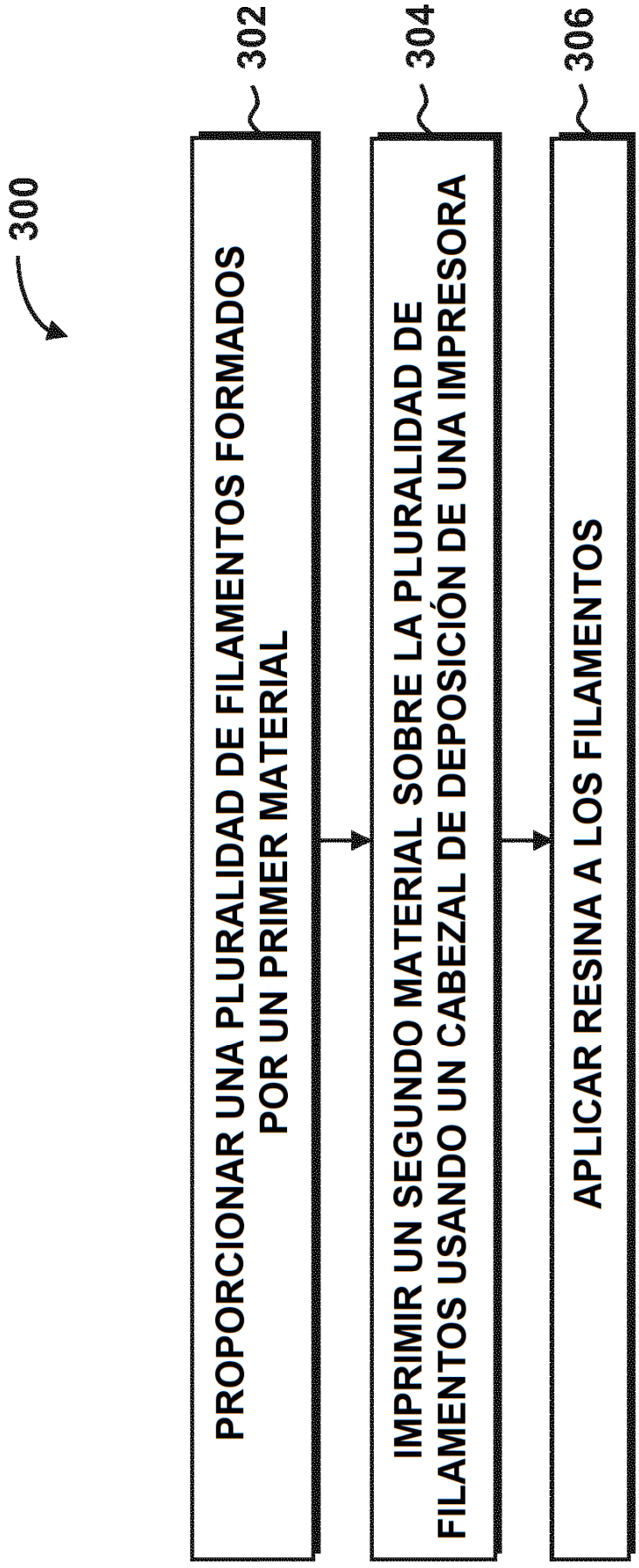
300
302
PROPORCIONAR UNA PLURALIDAD DE FILAMENTOS FORMADOS POR UN PRIMER MATERIAL
304
IMPRIMIR UN SEGUNDO MATERIAL SOBRE LA PLURALIDAD DE FILAMENTOS USANDO UN CABEZAL DE DEPOSICIÓN DE UNA IMPRESORA
306
APLICAR RESINA A LOS FILAMENTOS

FIG. 18

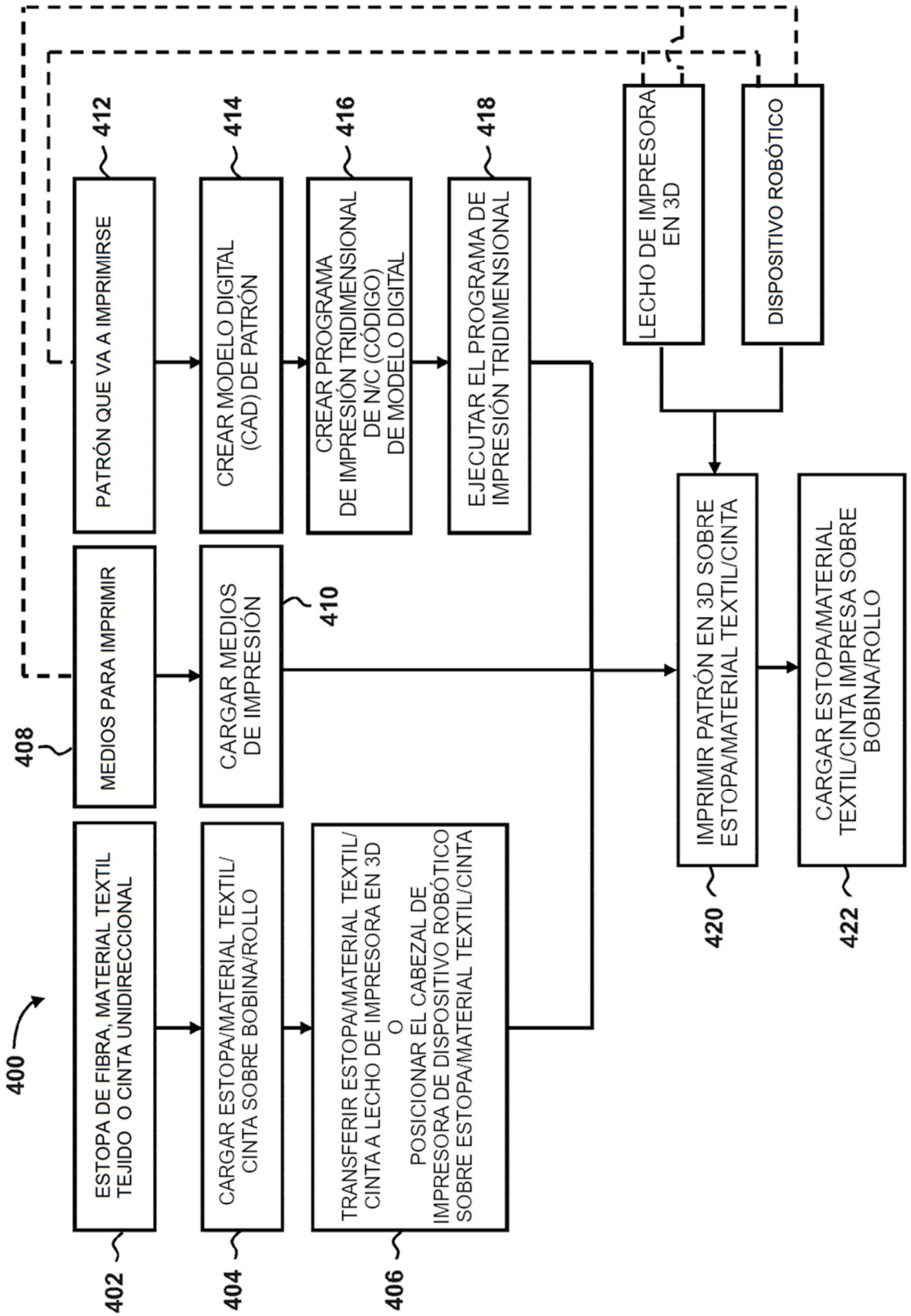
400
ESTOPA DE FIBRA, MATERIAL TEXTIL TEJIDO O CINTA UNIDIRECCIONAL
402
CARGAR ESTOPA/MATERIAL TEXTIL/ CINTA SOBRE BOBINA/ROLLO
404
TRANSFERIR ESTOPA/MATERIAL TEXTIL/ CINTA A LECHO DE IMPRESORA EN 3D O POSICIONAR EL CABEZAL DE IMPRESORA DE DISPOSITIVO ROBÓTICO SOBRE ESTOPA/MATERIAL TEXTIL/CINTA
406
408
MEDIOS PARA IMPRIMIR
CARGAR MEDIOS DE IMPRESIÓN
410
PATRÓN QUE VA A IMPRIMIRSE
412
CREAR MODELO DIGITAL (CAD) DE PATRÓN
414
CREAR PROGRAMA DE IMPRESIÓN TRIDIMENSIONAL DE N/C (CÓDIGO) DE MODELO DIGITAL
416
EJECUTAR EL PROGRAMA DE IMPRESIÓN TRIDIMENSIONAL
418
LECHO DE IMPRESORA EN 3D
DISPOSITIVO ROBÓTICO
IMPRIMIR PATRÓN EN 3D SOBRE ESTOPA/MATERIAL TEXTIL/CINTA
420
CARGAR ESTOPA/MATERIAL TEXTIL/CINTA IMPRESA SOBRE BOBINA/ROLLO
422

FIG. 19

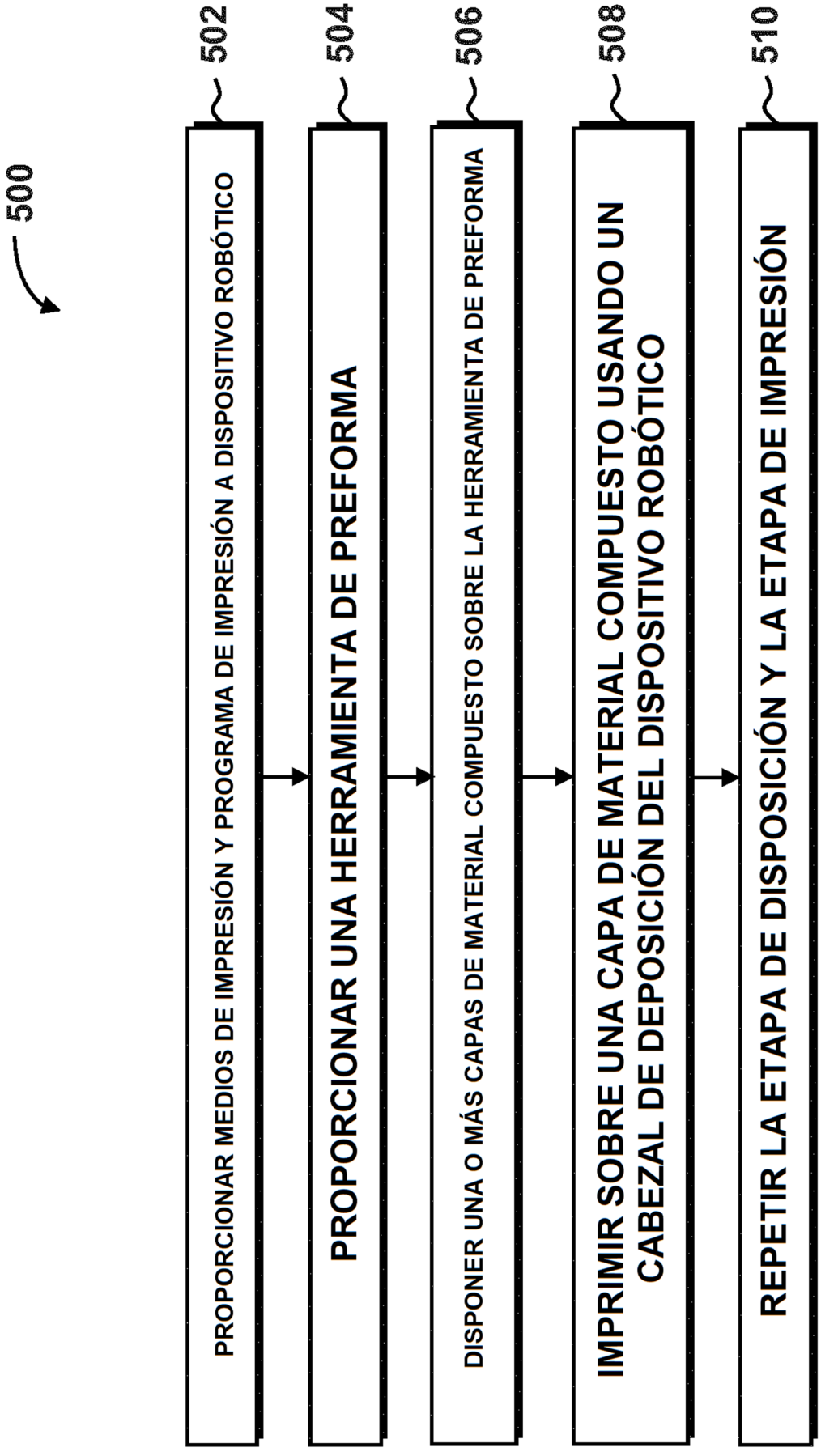
500
502
PROPORCIONAR MEDIOS DE IMPRESIÓN Y PROGRAMA DE IMPRESIÓN A DISPOSITIVO ROBÓTICO
504
PROPORCIONAR UNA HERRAMIENTA DE PREFORMA
506
DISPONER UNA O MÁS CAPAS DE MATERIAL COMPUESTO SOBRE LA HERRAMIENTA DE PREFORMA
508
IMPRIMIR SOBRE UNA CAPA DE MATERIAL COMPUESTO USANDO UN CABEZAL DE DEPOSICIÓN DEL DISPOSITIVO ROBÓTICO
510
REPETIR LA ETAPA DE DISPOSICIÓN Y LA ETAPA DE IMPRESIÓN

FIG. 20