(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 730 732**

(51) Int. Cl.:

B29C 70/32	(2006.01)	***B29C 65/00***	(2006.01)
B29C 70/54	(2006.01)	*B29L 31/00*	(2006.01)
B29C 65/48	(2006.01)	*B29L 31/30*	(2006.01)
B29C 65/50	(2006.01)		
B29D 99/00	(2010.01)		
B32B 37/14	(2006.01)		
B32B 3/28	(2006.01)		
B64C 3/18	(2006.01)		
B64C 3/26	(2006.01)		
B32B 5/12	(2006.01)		

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.10.2013** **E 13190083 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019** **EP 2727711**

(54) Título: **Rellenos de radio compuesto y métodos de formación del mismo**

(30) Prioridad:

01.11.2012 US 201213666959

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.11.2019

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

BUTLER, GEOFFREY A y
NORDMAN, PAUL S

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 730 732 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Rellenos de radio compuesto y métodos de formación del mismo

Antecedentes

1) Campo de la divulgación

La divulgación se relaciona en general con estructuras compuestas, y más específicamente, con rellenos de radio compuesto para uso en estructuras compuestas, tales como en aeronaves, y con métodos para formar las mismas.

2) Descripción de la técnica relacionada

Las estructuras compuestas, tales como las estructuras compuestas de plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP), se utilizan en una amplia diversidad de aplicaciones, incluso en la fabricación de aeronaves, vehículos espaciales, aeronaves de rotor, vehículos acuáticos, automóviles, camiones y otros vehículos y estructuras, debido a sus altas relaciones de resistencia a peso, resistencia a la corrosión y otras propiedades favorables. En la construcción de aeronaves, las estructuras de materiales compuestos se utilizan en cantidades crecientes para formar el fuselaje, las alas, las secciones de la cola y otros componentes.

Por ejemplo, las alas de las aeronaves pueden estar formadas por estructuras de paneles rígidos compuestos que comprenden paneles de revestimiento compuestos o bandas a las cuales se pueden adjuntar o unir refuerzos o largueros de refuerzo para mejorar la resistencia, rigidez, resistencia al pandeo y estabilidad de los paneles o bandas de revestimiento de material compuesto. Los refuerzos o largueros de refuerzo adjuntos o unidos a los paneles o bandas de revestimiento de material compuesto pueden configurarse para transportar diversas cargas y pueden proporcionarse en una diversidad de formas transversales diferentes, tales como refuerzos en T, refuerzos en J y vigas en I. Para ayudar a la capacidad de carga del ala, se puede conectar una serie de cuadernas a los largueros mediante uniones de corte. La Figura 4A es una ilustración de una vista en perspectiva de un conjunto conocido de unión de corte y cuaderna 68 monolítica para un ala 18 de aeronave (véase la Figura 1). La Figura 4A muestra cuadernas 70 monolíticas con uniones 72 de corte que se interconectan con largueros 74 y paneles 76 de revestimiento. La Figura 4B es una ilustración de una vista en perspectiva de un conjunto 78 conocido de unión de corte y de cuaderna de carga de aire para un ala 18 de aeronave (véase la Figura 1). La Figura 4B muestra uniones 80 de corte con cuadernas 82.

Los huecos o regiones vacías pueden formarse por el radio de cada pieza curva de los refuerzos de refuerzo, tales como los refuerzos en T, los refuerzos en J y las vigas en I, cuando se adjuntan o se unen perpendicularmente a los paneles o bandas de revestimiento compuesto. Dichos huecos o regiones vacías pueden denominarse típicamente “regiones de relleno de radio” o “regiones de fideo”. Dichas regiones de relleno de radio o regiones de fideo dentro de refuerzos de refuerzo pueden ser propensas a agrietarse debido a que pueden estar limitadas tridimensionalmente. Los elementos de relleno de radio o “fideos” hechos de material compuesto o material adhesivo/epoxi y que tienen una sección transversal en general triangular se pueden usar para rellenar las regiones de relleno de radio o las regiones de fideo para proporcionar un refuerzo estructural adicional a dichas regiones.

Existen configuraciones conocidas de elementos de relleno de radio o fideos. Por ejemplo, dichas configuraciones conocidas de elementos de relleno de radio o fideos pueden incluir elementos de relleno de radio CFRP o fideos que son extruidos y agrupan todas las capas de grado cero con fibras unidireccionales. Sin embargo, dichos elementos de relleno de radio extruidos CFRP de todas las capa de grado cero o fideos pueden tener una expansión térmica de gran espesor y un encogimiento de la resina que puede llevar a altas tensiones residuales, es decir, tensiones internas creadas dentro de un componente durante la fabricación, tal como la tensión residual térmica que puede crearse durante el curado por calor. Además, las fibras unidireccionales de dichos elementos de relleno de radio CFRP extruidos de grado cero o fideos pueden tener una fuerza de extracción baja y pueden separarse como resultado de las altas tensiones residuales que pueden crearse durante el curado por calor a altas temperaturas, es decir, tal como 350 grados Fahrenheit o más, y la exposición posterior a temperaturas frías, es decir, como menos de -65 (menos sesenta y cinco) grados Fahrenheit, los cuales pueden, a su vez, dar lugar a agrietamiento por tensión o fatiga en los elementos de relleno de radio CFRP o fideos. Para disminuir la probabilidad de dicho agrietamiento por tensión o fatiga debido a la baja fuerza de extracción y las altas cargas de tracción, puede ser necesario el uso de uniones de corte en las cuadernas de las alas. Sin embargo, el uso de dichas uniones de corte puede agregar peso a la aeronave debido a la posible necesidad de una unión de corte en cada ubicación donde una cuaderna se interseca con un larguero. El peso adicional de las uniones de corte en cada intersección de cuadernas y largueros puede reducir la capacidad de carga útil de la aeronave y puede aumentar el consumo de combustible y los costes de combustible. Además, la adición de una unión de corte en cada intersección de cuadernas y largueros puede aumentar la complejidad de la fabricación, el coste y el tiempo de producción.

Además, existen elementos de relleno de radio laminados o fideos conocidos que tienen una sección transversal en general triangular y que se construyen utilizando una pirámide de capas en una sola dirección. Sin embargo, dichos elementos de relleno de radio laminados conocidos o fideos pueden minimizar los esfuerzos térmicos residuales en solo dos puntos o picos del elemento de relleno de laminado de radio conocido o fideo, pero no en los tres puntos o picos del elemento de relleno de laminado de radio conocido o fideo.

El documento WO 01/62495 divulga un relleno de radio compuesto laminado (de múltiples capas) el cual incluye una pluralidad de capas reforzadas de tela tejida cortadas para llenar un hueco de radio (que incluye, si es apropiado, un llenado excesivo intencional). El relleno de radio puede tener dos secciones distintas que son trapezoidales en sección transversal y una punta opcional. El documento de los Estados Unidos US 5919543 divulga un método para fabricar rellenos de radio colocando una pila de pre impregnados de material compuesto en la cavidad de formación.

El documento de los Estados Unidos US 2010/0252179 A1 divulga un método para formar perfiles compuestos curvados.

De acuerdo con esto, existe una necesidad en la técnica de rellenos de radio compuestos mejorados y métodos para formar los mismos que proporcionen ventajas sobre elementos, conjuntos y métodos conocidos.

Resumen

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un relleno de radio compuesto para una estructura compuesta de acuerdo con la reivindicación 1 y un método para formar un relleno de radio compuesto de acuerdo con la reivindicación 6.

Se satisface esta necesidad de rellenos de radio compuestos mejorados y métodos para formar los mismos. Como se discute en la siguiente descripción detallada, las realizaciones de rellenos de radio compuestos mejorados y los métodos para formar los mismos pueden proporcionar ventajas significativas sobre los elementos, conjuntos y métodos conocidos.

En una realización de la divulgación, se proporciona un relleno de radio compuesto para una estructura compuesta. El relleno de radio compuesto comprende dos o más laminados de radio. Cada laminado de radio comprende un laminado de capas compuestas apiladas formadas en un radio deseado con una orientación radial deseada de las capas compuestas apiladas que coinciden sustancialmente con una orientación radial de capas compuestas apiladas adyacentes de una estructura compuesta que rodea los laminados de dos o más radios. Cada laminado de radio se recorta preferiblemente para tener al menos un lado alineado adyacente a los otros para formar un relleno de radio compuesto que tiene una forma sustancialmente correspondiente a una región de relleno de radio de la estructura compuesta.

Un conjunto compuesto de aeronave puede comprender una estructura compuesta que tiene una región de relleno de radio. El conjunto compuesto de aeronave comprende además un relleno de radio compuesto que rellena la región de relleno de radio. El relleno de radio compuesto comprende dos o más laminados de radio. Cada laminado de radio comprende un laminado de capas compuestas apiladas formadas en un radio deseado con una orientación radial deseada de las capas compuestas apiladas que coinciden sustancialmente con una orientación radial de capas compuestas apiladas adyacentes de la estructura compuesta que rodea los laminados de dos o más radios. Cada laminado de radio se recorta preferiblemente para tener al menos un lado alineado adyacente a los otros para formar el relleno de radio compuesto que tiene una forma sustancialmente correspondiente a la región de relleno de radio de la estructura compuesta. En otra realización de la divulgación, se proporciona un método para formar un relleno de radio compuesto. El método comprende la etapa de enrollar un laminado de capas compuestas apiladas una o más veces alrededor de una herramienta de formación que tiene un radio deseado para formar una estructura laminada de material compuesto de un espesor deseado. El método comprende además la etapa de reducir la estructura laminada de material compuesto para eliminar vacíos. El método comprende además la etapa de alinear todos los empalmes de la estructura laminada de material compuesto en una o más porciones deseadas para eliminarlos de la estructura laminada de material compuesto. El método comprende además la etapa de eliminar una o más porciones deseadas de la estructura laminada de material compuesto en uno o más cortes tangentes a una o más superficies de la herramienta de formación. El método comprende además la etapa de retirar de la herramienta de formación dos o más laminados de radio de la estructura laminada de material compuesto. El método comprende además la etapa de alinear los dos o más laminados de radio juntos para formar un relleno de radio compuesto que tiene una forma sustancialmente correspondiente a una región de relleno de radio de una estructura compuesta. Cada laminado de radio se forma en un radio deseado con una orientación radial deseada de capas compuestas apiladas que coinciden sustancialmente con una orientación radial de capas compuestas apiladas adyacentes de la estructura compuesta que rodea el relleno de radio compuesto.

Las características, funciones y ventajas que se han discutido se pueden lograr de forma independiente en diversas realizaciones de la divulgación o se pueden combinar en aún otras realizaciones, cuyos detalles se pueden véase con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Breve descripción de los dibujos

La divulgación se puede entender mejor con referencia a la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos adjuntos los cuales ilustran realizaciones preferidas y de ejemplo, pero que no están necesariamente dibujados a escala, en donde:

la Figura 1 es una ilustración de una vista en perspectiva de una aeronave que puede incorporar uno o más conjuntos compuestos que tienen una o más estructuras compuestas con una realización de un relleno de radio compuesto de la divulgación;

la Figura 2 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método de producción y servicio de una aeronave;

la Figura 3 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave;

la Figura 4A es una ilustración de una vista en perspectiva de un conjunto de cuaderna monolítica y uniones de corte conocidas para un ala de aeronave;

la Figura 4B es una ilustración de una vista en perspectiva de un conjunto conocido de unión de corte y de carga de aire para un ala de aeronave;

la Figura 5A es una ilustración de una vista en perspectiva de una estructura compuesta en forma de un refuerzo en T que tiene una región de relleno de radio rellena con una realización de un relleno de radio compuesto de la divulgación;

la Figura 5B es una ilustración de una vista en sección frontal ampliada y fragmentaria de un conjunto compuesto que incorpora el refuerzo en T de la Figura 5A que tiene el relleno de radio compuesto;

la Figura 6A es una ilustración de una representación esquemática de una vista frontal en sección de realizaciones de ejemplo de una herramienta de formación y un laminado que se puede usar en una de las realizaciones de un método para formar una realización de un relleno de radio compuesto de la divulgación;

la Figura 6B es una ilustración de una vista en sección frontal ampliada de una realización de ejemplo de una estructura laminada de material compuesto que se puede usar en una de las realizaciones de un método para formar una realización de un relleno de radio compuesto de la divulgación;

la Figura 7A es una ilustración de una representación esquemática de una vista frontal en sección de realizaciones de ejemplo de una herramienta de formación y un laminado que se puede usar en otra de las realizaciones de un método para formar una realización de un relleno de radio compuesto de la divulgación;

la Figura 7B es una ilustración de una vista en sección frontal ampliada de otra realización de ejemplo de una estructura laminada de material compuesto que se puede usar en una de las realizaciones de un método para formar una realización de un relleno de radio compuesto de la divulgación;

la Figura 8A es una ilustración de una vista en sección frontal ampliada de una realización de ejemplo de una estructura laminada de material compuesto con cortes tangentes a las superficies de la herramienta de formación que se puede usar en una de las realizaciones de un método para formar una realización de un relleno de radio compuesto de la divulgación;

la Figura 8B es una ilustración de una vista en sección frontal ampliada de la estructura laminada de material compuesto de la Figura 8A con porciones eliminadas dejando laminados de radio para formar rellenos de radio compuestos de la divulgación;

la Figura 8C es una ilustración de una vista en sección frontal ampliada de una de las realizaciones de un relleno de radio compuesto de la divulgación;

la Figura 8D es una ilustración de una vista en sección frontal ampliada de otra de las realizaciones de un relleno de radio compuesto de la divulgación;

la Figura 9 es una ilustración de una vista en sección en despiece, frontal y ampliada de otra de las realizaciones de un relleno de radio compuesto de la divulgación; y,

la Figura 10 es una ilustración de un diagrama de flujo de una realización de ejemplo de un método de la divulgación.

Descripción detallada

Las realizaciones divulgadas se describirán ahora más completamente en lo sucesivo con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales se muestran algunas, pero no todas, las realizaciones divulgadas. De hecho, pueden proporcionarse diversas realizaciones diferentes y no deben considerarse limitadas a las realizaciones expuestas en el presente documento. Más bien, estas realizaciones se proporcionan para que esta divulgación sea exhaustiva y completa y transmita completamente el alcance de la divulgación a los expertos en la técnica.

Con referencia ahora a las figuras, la Figura 1 es una ilustración de una vista en perspectiva de una aeronave 10 que puede incorporar uno o más conjuntos 26 compuestos con una o más estructuras 28 compuestas que tienen una realización de un relleno 100 de radio compuesto (véase la Figura 5B), tal como, por ejemplo, un relleno 100a de radio compuesto (véase la Figura 8C), un relleno 100b de radio compuesto (véase la Figura 8D) o un relleno 100c de radio

compuesto (véase la Figura 9), formados por una o más realizaciones de un método 200 (véase la Figura 10) de la divulgación. Como se muestra en la Figura 1, la aeronave 10 comprende un fuselaje 12, una nariz 14, una cabina 16 de mando, alas 18, una o más unidades 20 de propulsión, una parte 22 de cola vertical y partes 24 de cola horizontales. Aunque la aeronave 10 que se muestra en la Figura 1 es en general representativa de una aeronave comercial de pasajeros que tiene uno o más conjuntos 26 compuestos con una o más estructuras 28 compuestas, las enseñanzas de las realizaciones descritas se pueden aplicar a otras aeronaves de pasajeros, aeronaves de carga, aeronaves militares, aeronaves de rotor y otros tipos de vehículos aéreos o aeronaves, así como vehículos aeroespaciales, satélites, vehículos de lanzamiento espacial, cohetes y otros vehículos aeroespaciales, así como barcos y otras embarcaciones, trenes, automóviles, camiones, autobuses u otras estructuras adecuadas que tengan uno o más conjuntos 26 compuestos con una o más estructuras 28 compuestas hechas con una o más realizaciones del método 200 (véase la Figura 10) de la divulgación.

La Figura 2 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método 30 de producción y servicio de aeronaves. La Figura 3 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave 50. Con referencia a las Figuras 2 a 3, las realizaciones de la divulgación se pueden describir en el contexto de la fabricación de la aeronave y el método 30 de servicio como se muestra en la Figura 2 y la aeronave 50 como se muestra en la Figura 3. Durante la preproducción, el método 30 de ejemplo puede incluir la especificación y el diseño 32 de la aeronave 50 y la adquisición 34 del material. Durante la producción, se lleva a cabo la fabricación 36 de componentes y subconjuntos y la integración 38 de sistemas de la aeronave 50. Después de eso, la aeronave 50 puede pasar por la certificación y la entrega 40 con el fin de ser puesta en servicio 42. A la vez que está en servicio 42 por un cliente, la aeronave 50 puede ser programada para mantenimiento de rutina y servicio 44 (el cual también puede incluir modificación, reconfiguración, remodelación, y otros servicios adecuados).

Cada uno de los procesos del método 30 puede realizarse o llevarse a cabo por un integrador de sistemas, un tercero y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los propósitos de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de proveedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una compañía de arrendamiento, una entidad militar, una organización de servicio y otros operadores adecuados.

Como se muestra en la Figura 3, la aeronave 50 producida por el método 30 de ejemplo puede incluir una estructura 52 con una pluralidad de sistemas 54 y un interior 56. Ejemplos de sistemas 54 de alto nivel pueden incluir uno o más de un sistema 58 de propulsión, un sistema 60 eléctrico, un sistema 62 hidráulico, y un sistema 64 ambiental. Se puede incluir cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención pueden aplicarse a otras industrias, tales como la industria automotriz.

Los métodos y sistemas incorporados en el presente documento pueden emplearse durante una o más de las etapas del método 30 de producción y servicio. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes a la fabricación 36 de componentes y subconjuntos pueden fabricarse o manufacturarse de una manera similar a los componentes o subconjuntos producidos a la vez que la aeronave 50 está en servicio. Además, una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos, o una combinación de los mismos, pueden utilizarse durante la fabricación 36 de componentes y subconjuntos y la integración 38 del sistema, por ejemplo, acelerando sustancialmente el ensamblaje o reduciendo el coste de la aeronave 50. De manera similar, una o más de las realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos, o una combinación de las mismas, pueden utilizarse a la vez que la aeronave 50 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para mantenimiento y servicio 44.

En una realización de la divulgación, se proporciona un relleno 100 de radio compuesto (véase las Figuras 5A a 5B), es decir, “fideo”, para rellenar una región 116 de relleno de radio (véase las Figuras 5A a 5B), es decir, “región de fideo”, en una estructura 28 compuesta (véase la Figura 5A). La Figura 5A es una ilustración de una vista en perspectiva de una estructura 28 compuesta en forma de un refuerzo 90 en T que tiene una región 116 de relleno de radio rellena con una realización de un relleno 100 de radio compuesto de la divulgación. La Figura 5B es una ilustración de una vista en sección frontal ampliada y fragmentaria de un conjunto 26 compuesto que incorpora el refuerzo 90 en T de la Figura 5A que tiene el relleno 100 de radio compuesto.

Como se muestra en la Figura 5A, la estructura 28 compuesta en forma de refuerzo 90 en T comprende bandas 92 verticales, pestañas 96 horizontales y transiciones 97 de la banda de la pestaña que rodean radialmente el relleno 100 de radio compuesto. Como se muestra además en la Figura 5A, las pestañas 96 del refuerzo 90 en T pueden unirse a uno o más laminados 110 de base y/o paneles 114 de revestimiento en una interfaz 102, por ejemplo, una interfaz de refuerzo del revestimiento. El uno o más laminados 110 de base y/o paneles 114 de revestimiento son preferiblemente adyacentes y rodean la base del relleno 100 de radio compuesto.

Como se muestra en la Figura 5B, en una realización, un conjunto 26 compuesto comprende el refuerzo 90 en T con las bandas 92 verticales, las pestañas 96 horizontales, y la región 116 de relleno de radio rellena con el relleno 100 de radio compuesto. Como se muestra además en la Figura 5B, las pestañas 96 del refuerzo 90 en T pueden unirse a uno o más laminados 110 de base y/o paneles 114 de revestimiento. El conjunto 26 compuesto comprende además largueros 94 adyacentes al refuerzo 90 en T.

Como se muestra adicionalmente en la Figura 5B, el relleno 100 de radio compuesto comprende dos o más laminados 142 de radio. Cada laminado 142 de radio comprende un laminado 126 (véase la Figura 6A) de capas 134 compuestas apiladas (véase las Figuras 5B, 6A). Preferiblemente, el laminado 126 de capas 134 compuestas apiladas se ha reducido para comprimir o consolidar las capas 134 compuestas apiladas con el fin de eliminar vacíos, tales como aire u otros gases, que pueden quedar atrapados entre las capas de las capas 134 compuestas apiladas. Además como se muestra en la Figura 5B, cada laminado 142 de radio se forma preferiblemente en un radio 98 deseado con una orientación 99 radial deseada de las capas 134 compuestas apiladas. La orientación 99 radial deseada de las capas 134 compuestas apiladas preferiblemente coincide sustancialmente con una orientación 117 radial (véase la Figura 5B) de capas 118 compuestas apiladas adyacentes (véase la Figura 5B) de la estructura 28 compuesta (véase la Figura 5A), tal como el refuerzo 90 en T, que rodea los dos o más laminados 142 de radio. Además, la orientación 99 radial deseada de las capas 134 compuestas apiladas preferiblemente también coincide sustancialmente con una orientación 112 radial (véase la Figura 5A) de la estructura 28 compuesta, tal como laminados 110 de base adyacentes y/o paneles 114 de revestimiento que rodean la base de los laminados 142 de dos o más radios. La forma que las capas 134 de material compuesto apiladas se curvan alrededor del radio 98 deseado de cada laminado 142 de radio sigue la misma orientación 117 radial (véase la Figura 5B) de las capas 118 de material compuesto apiladas (véase la Figura 5B) en la estructura 28 compuesta circundante, tal como el refuerzo 90 en T (véase la Figura 5B), de modo que las capas 134 compuestas apiladas son como una continuación de las capas 118 apiladas compuestas.

Las capas 134 compuestas apiladas pueden formarse preferiblemente a partir de un material de refuerzo rodeado y soportado dentro de un material de matriz, tal como, por ejemplo, un material preimpregnado. El material de refuerzo puede comprender fibras de alta resistencia, tales como fibras de vidrio o carbono, grafito, fibra de poliamida aromática, fibra de vidrio u otro material de refuerzo adecuado. El material de matriz puede comprender diversos materiales de polímeros o resinas, tales como epoxi, poliéster, resinas de éster de vinilo, polímero de polieteretercetona (PEEK), polímero de polietercetonacetona (PEKK), bismaleimida u otro material de matriz adecuado. Como se usa en este documento, “preimpregnado” significa un tejido o tela trenzada o material de cinta similar a una tela, por ejemplo, fibra de vidrio o fibras de carbono, que se han impregnado con una resina sin curar o parcialmente curada, la cual es lo suficientemente flexible como para tener la forma deseada, luego “curada”, por ejemplo, mediante la aplicación de calor en un horno o un autoclave, para endurecer la resina en una estructura fuerte, rígida y reforzada con fibra. Las capas 134 compuestas apiladas pueden tener la forma de una cinta unidireccional preimpregnada, una cinta de fibra unidireccional, una cinta de plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP) u otra cinta adecuada; una tela de plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP), una tela preimpregnada, una tela tejida que incluye una tela de fibra de carbono tejida u otra tela adecuada; una combinación de una cinta o un tejido de la misma; u otro material compuesto adecuado. El relleno 100 de radio compuesto está hecho preferiblemente de la misma resina y material de fibra utilizado para formar componentes en el conjunto 26 compuesto (véase la Figura 5B), tal como la estructura 28 compuesta (véase la Figura 5A), los largueros 94 (véase la Figura 5B), los laminados 110 de base (véase la Figura 5B) y los paneles 114 de revestimiento (véase la Figura 5B).

Cada uno de los dos o más laminados 142 de radio (véase la Figura 5B) se obtiene preferiblemente retirándolos de una estructura 130 laminada de material compuesto (véase la Figura 8A) a través de los cortes 140 (véase la Figura 8A) hechos tangentes a una o más superficies 141 (véase la Figura 8A) de una herramienta 120 de formación (véase la Figura 8A) enrollada con la estructura 130 laminada de material compuesto (véase la Figura 8A). Cada laminado 142 de radio puede tener preferiblemente una sección transversal en general triangular. Cada laminado 142 de radio se recorta preferiblemente para tener al menos un lado 144 (véase la Figura 8B) alineado adyacente a los otros para formar un relleno 100 de radio compuesto (véase la Figura 5B) que tiene una forma sustancialmente correspondiente a la región de relleno de radio de la estructura 28 compuesta (véase la Figura 5A). En particular, cada laminado 142 de radio se recorta preferiblemente para tener al menos un lado 144 (véase la Figura 8B) alineado adyacente a al menos un lado 144 (véase la Figura 8B) de otro laminado 142 de radio para formar una junta 104 vertical (véase la Figura 5B), y a su vez, para formar un relleno 100 de radio compuesto (véase la Figura 5B). El relleno 100 de radio compuesto tiene preferiblemente una forma 101 (véase la Figura 5B) o una geometría que corresponde sustancialmente a la forma o geometría de la región 116 de relleno de radio (véase Figuras 5A a 5B) de la estructura 28 compuesta (véase la Figura 5A). El relleno 100 de radio compuesto se forma con el fin de llenar el volumen y asumir la forma y la geometría de la región 116 de relleno de radio a rellenar. La forma 101 (véase las Figuras 5B, 8C, 8D) del relleno 100 de radio compuesto (véase la Figura 5B) puede comprender preferiblemente una configuración 103 con forma sustancialmente piramidal (véase las Figuras 5B, 8C, 8D). El relleno 100 de radio compuesto puede tener preferiblemente una sección transversal en general triangular.

Como se muestra en la Figura 5B, las capas 134 compuestas individuales apiladas del relleno 100 de radio compuesto forman preferiblemente puntos de esquina en tres puntos 106a, 106b, 106c de concentración de esfuerzo del relleno 100 de radio compuesto. Preferiblemente, la orientación 99 radial deseada (véase la Figura 5B) de las capas 134 compuestas apiladas se seleccionan para coincidir sustancialmente con el coeficiente de expansión térmica (CTE) del relleno 100 de radio compuesto (véase la Figura 5B), y en particular, se seleccionan para coincidir sustancialmente con el CTE en cada uno de los tres puntos 106a, 106b, 106c de concentración de tensión (véase la Figura 5B) del relleno 100 de radio compuesto al CTE o CTEs de las capas 118 compuestas apiladas adyacentes respectivas (véase la Figura 5B) de la estructura 28 compuesta (véase la Figura 5A), tal como el refuerzo 90 en T, que rodea el relleno 100 de radio compuesto, para minimizar o reducir el agrietamiento del relleno 100 de radio compuesto de las tensiones térmicas residuales, especialmente que puede ocurrir durante el curado térmico del relleno 100 de radio compuesto y

la estructura 28 compuesta. Preferiblemente, el relleno 100 de radio compuesto minimiza los esfuerzos térmicos residuales en los tres puntos 106a, 106b, 106c de concentración de esfuerzo (véase las Figuras 5B) del relleno 100 de radio compuesto durante el curado por calor del relleno 100 de radio compuesto y la estructura 28 compuesta. El emparejamiento de CTE minimiza o reduce preferiblemente la posibilidad de que el relleno 100 de radio compuesto se agriete a partir de esfuerzos térmicos residuales. Las realizaciones del relleno 100 de radio compuesto alejan preferiblemente los altos esfuerzos térmicos residuales de los tres puntos 106a, 106b, 106c de concentración de esfuerzo del relleno 100 de radio compuesto, minimizando así las grietas y la formación de grietas. Además, las realizaciones del relleno 100 de radio compuesto preferiblemente aumentan la carga de extracción y aumentan la resistencia de extracción. Como se usa en este documento, “carga de extracción” significa una carga cortante y/o fuerza de momento aplicada a una estructura compuesta, tal como un refuerzo de refuerzo, en lugares donde la estructura compuesta está adjunta o unida a otra estructura compuesta, tal como un panel de revestimiento o banda compuestos, de manera que la carga de corte y/o la fuerza del momento pueden causar la delaminación o separación del refuerzo de refuerzo de la estructura compuesta adjunta.

En otra realización de la divulgación, se proporciona un método 200 para formar un relleno 100 de radio compuesto (véase la Figura 5B). Preferiblemente, el relleno 100 de radio compuesto se usa para rellenar una región 116 de relleno de radio (véase la Figura 5B) en una estructura 28 compuesta (véase Figuras 1, 5A). La Figura 10 es una ilustración de un diagrama de flujo de una realización de ejemplo del método 200 de la divulgación. Como se muestra en la Figura 10, el método 200 comprende la etapa 202 de enrollar o colocar un laminado 126 (véase la Figura 6A) de capas 134 compuestas apiladas (véase la Figura 6A) una o más veces alrededor de una herramienta 120 de formación (véase la Figura 6A) que tiene un radio 121 (r_1) deseado (véase la Figura 6A) con el fin de formar una estructura 130 laminada de material compuesto (véase la Figura 6B) de un espesor (t_1) deseado (véase la Figura 6B). Una realización de ejemplo de la etapa 202 de enrollado se muestra en las Figuras 6A a 6B. Otra realización de ejemplo de la etapa de enrollado se muestra en las Figuras 7A a 7B. Sin embargo, dichas realizaciones de ejemplo no pretenden limitarse a las realizaciones expuestas en el presente documento, y también pueden usarse otros procesos de enrollado o colocación adecuados en el método 200.

La Figura 6A es una ilustración de una representación esquemática de una vista frontal en sección de realizaciones de ejemplo de una herramienta 120 de formación y un laminado 126, tal como en la forma del laminado 126a, que puede usarse en una de las realizaciones del método 200 de formación de una realización de un relleno 100 de radio compuesto de la divulgación. Como se muestra en la Figura 6A, la herramienta 120 de formación puede estar en la forma de un mandril 122 cilíndrico que puede ser alargado. Sin embargo, también se pueden usar herramientas 120 de formación de otras formas y configuraciones adecuadas. La herramienta 120 de formación (véase la Figura 6A) puede tener un radio 121 (r_1) deseado (véase la Figura 6A). Preferiblemente, la longitud del radio 121 (r_1) deseado puede estar en un intervalo de aproximadamente 0.25 pulgadas a aproximadamente 1.0 pulgadas. Sin embargo, también se pueden usar otras longitudes adecuadas del radio 121 (r_1) deseado.

Como se muestra en la Figura 6A, una superficie 124 exterior de la herramienta 120 de formación puede posicionarse sobre un primer extremo 125 del laminado 126, tal como en forma de laminado 126a, que tiene capas 134 compuestas apiladas. El laminado 126 puede posicionarse sobre una plataforma 128 de formación (véase la Figura 6A) u otra superficie adecuada para la etapa 202 de enrollado. En la realización que se muestra en las Figuras 6A a 6B, la herramienta 120 de formación se enrolla preferiblemente en la dirección indicada por la flecha (d) de dirección (véase la Figura 6A), y la etapa 202 de enrollado puede comprender enrollar continuamente el laminado 126 de capas 134 compuestas apiladas diversas veces alrededor de la herramienta 120 de formación para formar la estructura 130 laminada de material compuesto (véase la Figura 6B) del espesor (t_1) deseado (véase la Figura 6B). La etapa 202 de enrollado o la colocación de la estructura 130 laminada de material compuesto, tal como en la forma de la estructura 130a laminada de material compuesto (véase la Figura 6B), en la herramienta 120 de formación se puede realizar mediante un proceso manual o mediante un proceso automatizado con un aparato o máquina de laminado conocido.

La Figura 6B es una ilustración de una vista en sección frontal ampliada de una realización de ejemplo de la estructura 130 laminada de material compuesto, tal como en la forma de la estructura 130a laminada de material compuesto, que se puede usar en una de las realizaciones del método 200 para formar una realización del relleno 100 de radio compuesto de la divulgación. Como se muestra en la Figura 6B, el laminado 126 de capas 134 compuestas apiladas puede enrollarse continuamente diversas veces alrededor de la herramienta 120 de formación comenzando en el primer extremo 125 y terminando en un segundo extremo 127. Como se muestra en la Figura 6B, se puede formar un empalme 131 de solapa entre el primer extremo 125 y el segundo extremo 127 para unir o asegurar el segundo extremo 127 al primer extremo 125 o para unir o asegurar el segundo extremo 127 a la estructura 130 laminada de material compuesto. Alternativamente, se puede usar otro tipo de medio de empalme, junta, unión o fijación para unir o asegurar el segundo extremo 127 a la estructura 130 laminada de material compuesto. Como se muestra adicionalmente en la Figura 6B, la estructura 130 laminada de material compuesto que se forma tiene preferiblemente un espesor (t_1) deseado que puede medirse a una distancia entre la superficie 124 exterior de la herramienta 120 de formación y una superficie 132 exterior de la estructura 130 laminada de material compuesto.

La Figura 7A es una ilustración de una representación esquemática de una vista frontal en sección de realizaciones de ejemplo de la herramienta 120 de formación y el laminado 126, tal como en la forma del laminado 126b, que puede usarse en una de las realizaciones del método 200 de formación de una realización del relleno 100 de radio compuesto de la divulgación. Como se muestra en la Figura 7A, la herramienta 120 de formación tiene la forma de un mandril 122

cilíndrico que puede ser alargado. Sin embargo, también se pueden usar herramientas 120 de formación de otras formas y configuraciones adecuadas. La herramienta 120 de formación (véase la Figura 7A) puede tener un radio 121 (r_1) deseado (véase la Figura 7A). Preferiblemente, la longitud del radio 121 (r_1) deseado puede estar en un intervalo de aproximadamente 0.25 pulgadas a aproximadamente 1.0 pulgadas. Sin embargo, también se pueden usar otras longitudes adecuadas del radio 121 (r_1) deseado.

Como se muestra en la Figura 7A, una superficie 124 exterior de la herramienta 120 de formación puede posicionarse sobre un primer extremo 133 del laminado 126, tal como en la forma del laminado 126b, que tiene capas 134 compuestas apiladas. El laminado 126 puede colocarse sobre una plataforma 128 de formación (véase la Figura 7A) u otra superficie adecuada para la etapa 202 de enrollado. En la realización que se muestra en las Figuras 7A a 7B, la herramienta 120 de formación se enrolla preferiblemente en la dirección indicada por la flecha (d) de dirección (véase la Figura 7A), y la etapa 202 de enrollado puede comprender enrollar el laminado 126 de capas 134 compuestas apiladas una vez alrededor de la herramienta 120 de formación y ya sea empalme a tope, empalme por solapa, o de lo contrario empalmar, juntar o unir el laminado 126 de capas 134 compuestas apiladas entre sí para formar la estructura 130 laminada de material compuesto (véase la Figura 7B), tal como en la forma de estructura 130b laminada de material compuesto (véase Figura 7B), de un espesor (t_2) deseado (véase la Figura 7B). La etapa 202 de enrollado o la colocación de la estructura 130 laminada de material compuesto, tal como en la forma de la estructura 130b laminada de material compuesto, en la herramienta 120 de formación se puede realizar a través de un proceso manual o a través de un proceso automatizado con un aparato o máquina de laminado conocido.

La Figura 7B es una ilustración de una vista en sección frontal ampliada de otra realización de ejemplo de la estructura 130 laminada de material compuesto, tal como en la forma de la estructura 130b laminada de material compuesto, que puede usarse en una de las realizaciones del método 200 para formar una realización del relleno 100 de radio compuesto de la divulgación. Como se muestra en la Figura 7B, el laminado 126 de capas 134 compuestas apiladas se enrolla preferiblemente una vez alrededor de la herramienta 120 de formación comenzando en el primer extremo 133 y terminando en un segundo extremo 135. Como se muestra en la Figura 7B, se puede formar un empalme 138 a tope entre el primer extremo 133 y el segundo extremo 135 para unir o asegurar el primer extremo 133 al segundo extremo 135 de la estructura 130 laminada de material compuesto. Alternativamente, un empalme 131 de solapa (véase la Figura 6B) u otro tipo de empalme, junta, unión o medios de seguridad se pueden usar para unir o asegurar el primer extremo 133 al segundo extremo 135. Como se muestra adicionalmente en la Figura 7B, la estructura 130 laminada de material compuesto que se forma tiene preferiblemente un espesor (t_2) deseado que puede medirse a una distancia entre la superficie 124 exterior de la herramienta 120 de formación y una superficie 136 exterior de la estructura 130 laminada de material compuesto.

Como se muestra en la Figura 10, el método 200 comprende además la etapa 204 de reducir la estructura 130 laminada de material compuesto para eliminar vacíos. La etapa 204 de reducción comprende comprimir o consolidar la estructura 130 laminada de material compuesto para eliminar vacíos, tales como los formados por el aire u otros gases que pueden quedar atrapados entre las capas de las capas 134 compuestas apiladas. La reducción de volumen aumenta preferiblemente la densidad de la estructura 130 laminada de material compuesto. La etapa 204 de reducción puede llevarse a cabo mediante procesos conocidos tales como el envasado al vacío de la estructura 130 laminada de material compuesto en la herramienta 120 de formación con suficiente calor y/o presión, y/o exponer la estructura 130 laminada de material compuesto con suficiente calor y/o presión en un autoclave u otro recipiente de calentamiento y/o recipiente de presión adecuado durante un período de tiempo suficiente para reducir eficazmente la estructura 130 laminada de material compuesto.

El método 200 puede comprender además, después de la etapa 204 de reducción, repetir cada una de la etapa 202 de enrollado y la etapa 204 de reducción una o más veces adicionales de acuerdo como sea necesario para obtener la estructura 130 laminada de material compuesto del espesor deseado.

Como se muestra en la Figura 10, el método 200 comprende además la etapa 206 de alinear todos los empalmes o juntas o uniones, por ejemplo, el empalme 131 de solapa (véase la Figura 6B) y/o el empalme a 138 tope (véase la Figura 7B), u otro empalme adecuado, junta, o enlace, de la estructura 130 laminada de material compuesto en una o más porciones 139 deseadas (véase la Figura 8A) que se eliminará de la estructura 130 laminada de material compuesto (véase la Figura 8A). La etapa 206 de alineación puede comprender alinear los empalmes, por ejemplo, el empalme 131 de solapa (véase la Figura 6B) y/o el empalme 138 a tope (véase las Figuras 7B, 8A), de la estructura 130 laminada de material compuesto (véase la Figura 8A) en la una o más porciones 139 deseadas (véase la Figura 8A) que se eliminarán, tal como en una o más de la posición 141b de las 12 en punto (véase la Figura 8A), una posición 141d de las 3 en punto (véase la Figura 8A), una posición 141a de las 6 en punto (véase la Figura 8A), y/o una posición 141c de las 9 en punto (véase la Figura 8A) en la estructura 130 laminada de material compuesto en la interfaz entre la herramienta 120 de formación y la estructura 130 laminada de material compuesto.

Como se muestra en la Figura 10, el método 200 comprende además la etapa 208 de eliminar la una o más porciones 139 deseadas (véase la Figura 8A) de la estructura 130 laminada de material compuesto (véase la Figura 8A) en uno o más cortes 140 (véase la Figura 8A) tangentes a una o más superficies 141 (véase la Figura 8A) de la herramienta 120 de formación (véase la Figura 8A). La etapa 208 de eliminación puede comprender preferiblemente realizar cortes 140, tales como cuatro cortes ortogonales, por ejemplo, a partir de la esquina 143a (véase la Figura 8A) hasta la esquina 143d (véase la Figura 8A), a partir de la esquina 143d hasta la esquina 143b (véase la Figura 8A), a partir de

la esquina 143b a la esquina 143c (véase la Figura 8A), y a partir de la esquina 143c a la esquina 143a, para formar una configuración 151 sustancialmente cuadrada (véase la Figura 8A) sobre la herramienta 120 de formación (véase la Figura 8A). La Figura 8A es una ilustración de una vista en sección frontal ampliada de una realización de ejemplo de la estructura 130 laminada de material compuesto con cortes 140 tangentes a las superficies 141 de la herramienta 120 de formación que se puede usar en una de las realizaciones del método 200 para formar una realización del relleno 100 de radio compuesto de la divulgación.

La una o más porciones 139 deseadas (véase la Figura 8A) de la estructura 130 laminada de material compuesto (véase la Figura 8A) pueden eliminarse en uno o más cortes 140 (véase la Figura 8A) tangentes a una o más superficies 141 (véase la Figura 8A) de la herramienta 120 de formación cortando la estructura 130 laminada de material compuesto con un dispositivo de corte conocido usando un proceso de corte conocido, como un dispositivo de corte ultrasónico y un proceso de corte ultrasónico, un dispositivo de corte de tela y un proceso de corte de tela, un dispositivo de corte por láser y proceso de corte por láser, u otro dispositivo de corte y proceso de corte adecuados.

Como se muestra en la Figura 10, el método 200 comprende además la etapa 210 de retirar de la herramienta 120 de formación dos o más laminados 142 de radio (véase la Figura 8B) de la estructura 130 laminada de material compuesto (véase la Figura 8B). La Figura 8B es una ilustración de una vista en sección frontal ampliada de la estructura 130 laminada de material compuesto de la Figura 8A con las porciones 139 (véase la Figura 8A) eliminadas, dejando laminados 142 de radio, tal como en la forma de un primer par de laminados 142 de radio que comprenden un primer laminado 142a de radio y un segundo laminado 142b de radio, y como en la forma de un segundo par de laminados 142 de radio que comprenden un primer laminado 142c de radio y un segundo laminado 142d de radio, para usar en la formación de rellenos 100 de radio compuesto de la divulgación. Como se muestra en la Figura 8B, los laminados 142 de radio tienen cada uno una sección transversal en general triangular.

Un primer relleno 100 de radio compuesto (véase la Figura 8C) puede formarse a partir del primer par de laminados 142 de radio, tal como el primer laminado 142a de radio (véase las Figuras 8B, 8C) y el segundo laminado 142b de radio (véase las Figuras 8B, 8C). El círculo 149a (véase la Figura 8B) muestra la parte del primer laminado 142a de radio que puede retirarse de la herramienta 120 de formación a través de un corte 150a tangencial (véase la Figura 8B). El círculo 149b (véase la Figura 8B) muestra la parte del segundo laminado 142b de radio que se puede retirar de la herramienta 120 de formación a través de un corte 150b tangencial (véase la Figura 8B). Un segundo relleno 100 de radio compuesto similar al relleno 100 de radio compuesto que se muestra en la Figura 8C puede formarse a partir del segundo conjunto de laminados 142 de radio, tal como el primer laminado 142c de radio (véase la Figura 8B) y el segundo laminado 142d de radio (véase la Figura 8B). La primera porción del laminado 142c de radio (véase la Figura 8B) puede retirarse de la herramienta 120 de formación a través de un corte 150c tangencial (véase la Figura 8B), y la segunda porción de laminado 142d de radio (véase la Figura 8B) puede retirarse de la herramienta 120 de formación a través de un corte 150d tangencial (véase la Figura 8B). Los laminados 142 de radio, tales como el primer laminado 142a de radio, el segundo laminado 142b de radio, el primer laminado 142c de radio y el segundo laminado 142d de radio se pueden eliminar con los cortes 150a, 150b, 150c, 150d tangenciales, respectivamente, cortando los laminados 142 de radio lejos de la herramienta 120 de formación con un dispositivo de corte conocido y un proceso de corte conocido, tal como un dispositivo de corte ultrasónico y un proceso de corte ultrasónico, un dispositivo de corte de tela y un proceso de corte de tela, un dispositivo de corte por láser y un proceso de corte por láser, u otro dispositivo de corte y proceso de corte adecuados.

Como se muestra en las Figuras 8A a 8B, el primer laminado 142a de radio comprende un primer lado 144a, un segundo lado 146a ortogonal al primer lado 144a, un tercer lado 148a radial adyacente a la herramienta 120 de formación, y capas 134 compuestas apiladas que comprenden capas 147a compuestas apiladas orientadas radialmente (véase la Figura 8B). Como se muestra en las Figuras 8A a 8B, el segundo laminado 142b de radio comprende un primer lado 144b, un segundo lado 146b ortogonal al primer lado 144b, un tercer lado 148b radial adyacente a la herramienta 120 de formación, y capas 134 compuestas apiladas que comprenden capas 147b compuestas apiladas orientadas radialmente (véase la Figura 8B). Como se muestra en la Figura 8A, el primer laminado 142c de radio comprende un primer lado 144c, un segundo lado 146c ortogonal al primer lado 144c, un tercer lado 148c radial adyacente a la herramienta 120 de formación, y capas 134 compuestas apiladas que comprenden capas 147c compuestas apiladas orientadas radialmente (véase la Figura 8B). Como se muestra en la Figura 8A, el segundo laminado 142d de radio comprende un primer lado 144d, un segundo lado 146d ortogonal al primer lado 144d, un tercer lado 148d radial adyacente a la herramienta 120 de formación, y capas 134 compuestas apiladas que comprenden capas 147d compuestas apiladas orientadas radialmente (véase la Figura 8B).

Como se muestra en la Figura 10, el método 200 comprende además la etapa 212 de alinear los dos o más laminados 142 juntos para formar un relleno 100 de radio compuesto que tiene una forma sustancialmente correspondiente a una región 116 de relleno de radio (véase la Figura 5A) de una estructura 28 compuesta (véase la Figura 5A). Como se muestra en la Figura 5B, cada laminado 142 de radio se forma preferiblemente en un radio 98 deseado con una orientación 99 radial deseada de capas 134 compuestas apiladas que coinciden sustancialmente con una orientación 117 radial de capas 118 compuestas apiladas adyacentes de la estructura 28 compuesta que rodea el relleno 100 de radio compuesto. En una realización, la etapa 212 de alineación puede comprender alinear un primer laminado 142a de radio (véase la Figura 8C) con un segundo laminado 142b de radio (véase la Figura 8C) para formar el relleno 100 de radio compuesto (véase la Figura 8C), tal como en la forma del relleno 100a de radio compuesto, que tiene una forma 101 (véase la Figura 8C) que comprende una configuración 103 con forma sustancialmente piramidal (véase la

Figura 8C). En otra realización, la etapa 212 de alineación puede comprender alinear un primer laminado 142a de radio (véase la Figura 8D), un segundo laminado 142b de radio (véase la Figura 8D) y un tercer laminado de radio 152 (véase la Figura 8D) para formar el relleno 100 de radio compuesto (véase la Figura 8D), tal como en forma de relleno 100b de radio compuesto, que tiene una forma 101 (véase la Figura 8D) que comprende una configuración 103 con forma sustancialmente piramidal (véase la Figura 8D). Como se muestra en la Figura 8D, el tercer laminado 152 de radio se coloca preferiblemente en una parte 166 entre el primer laminado 142a de radio y el segundo laminado 142b de radio.

La Figura 8C es una ilustración de una vista en sección frontal ampliada de una de las realizaciones del relleno 100 de radio compuesto, tal como en la forma de relleno 100a de radio compuesto, de la divulgación. En esta realización del relleno 100 de radio compuesto, como se muestra en la Figura 8C, los dos o más laminados 142 de radio pueden comprender el primer laminado 142a de radio alineado adyacente al segundo laminado 142b de radio para formar una junta 104 vertical, y a su vez, para formar el relleno 100 de radio compuesto. El relleno 100 de radio compuesto tiene preferiblemente una forma 101 (véase la Figura 8C) que corresponde sustancialmente a una región 116 de relleno de radio (véase la Figura 5A) de una estructura 28 compuesta (véase la Figura 5A). La forma 101 puede comprender preferiblemente una configuración 103 sustancialmente en forma de pirámide (véase la Figura 8C). El relleno 100 de radio compuesto, tal como en forma de relleno 100a de radio compuesto, puede tener preferiblemente una sección transversal en general triangular.

Como se muestra en la Figura 8C, el primer lado 144a del primer laminado 142a de radio puede alinearse con el primer lado 144b del segundo laminado 142b de radio para formar la junta 104 vertical. El segundo lado 146a del primer laminado 142a de radio y el segundo lado 146b del segundo laminado 142b de radio puede alinearse en una línea sustancialmente recta para formar la base del relleno 100 de radio compuesto. El tercer lado 148a radial del primer laminado 142a de radio está posicionado preferiblemente hacia afuera y es preferiblemente adyacente a y corresponde a la estructura 28 compuesta circundante (véase la Figura 5A), tal como el refuerzo 90 en T (véase la Figura 5B). El tercer lado 148b radial del segundo laminado 142b de radio también se coloca preferiblemente hacia afuera y también es preferiblemente adyacente y corresponde a la estructura 28 compuesta que la rodea (véase la Figura 5A), tal como el refuerzo 90 en T (véase la Figura 5B). Como se muestra en la Figura 8C, el tercer lado 148a radial está posicionado preferiblemente opuesto al tercer lado 148b radial.

Similar al primer laminado 142a de radio y al segundo laminado 142b de radio que se pueden combinar para formar un relleno 100 de radio compuesto, tal como en la forma de relleno 100a de radio compuesto, el primer laminado 142c de radio (véase la Figura 8B) y el segundo laminado 142d de radio (véase la Figura 8B) también se puede combinar para formar un relleno 100 de radio compuesto, tal como en la forma de relleno 100a de radio compuesto. El primer laminado 142c de radio (véase la Figura 8B) y el segundo laminado 142d de radio (véase la Figura 8B) pueden alinearse adyacentes entre sí de una manera y configuración similares al primer laminado 142a de radio y al segundo laminado 142b de radio en la Figura 8C para formar otro relleno 100 de radio compuesto.

La Figura 8D es una ilustración de una vista en sección frontal ampliada de otra de las realizaciones del relleno 100 de radio compuesto, tal como en la forma del relleno 100b de radio compuesto, de la divulgación. En esta realización, como se muestra en la Figura 8D, un relleno de radio compuesto de tres laminados comprende tres laminados 142 de radio. Como se muestra en la Figura 8D, los tres laminados 142 de radio pueden comprender un primer laminado 142a de radio, un segundo laminado 142b de radio (o, alternativamente, un primer laminado 142c de radio (véase la Figura 8B) y un segundo laminado 142d de radio (véase la Figura 8B)), y un tercer laminado 152 de radio (véase la Figura 8D). Como se muestra en la Figura 8D, el tercer laminado 152 de radio comprende un primer lado 154, un segundo lado 156 y una base 158. El tercer laminado 152 de radio es preferiblemente de una forma y tamaño suficientes para poder ajustarse entre y adyacente al primer laminado 142a de radio y al segundo laminado 142b de radio, respectivamente (o alternativamente, para ajustarse entre y adyacente al primer laminado 142c de radio (véase la Figura 8B) y al segundo laminado 142d de radio (véase la Figura 8B), respectivamente). Como se muestra en la Figura 8D, el tercer laminado 152 de radio puede estar en forma de una configuración 105 con forma sustancialmente piramidal. El tercer laminado 152 de radio comprende además unas capas 134 compuestas apiladas que tienen una orientación 159 radial deseada que coincide sustancialmente con una orientación radial de los laminados 110 de base adyacentes (véase la Figura 5A), paneles 114 de revestimiento (véase la Figura 5A), o una banda 108 compuesta (véase la Figura 9).

Como se muestra en la Figura 8D, el primer laminado 142a de radio, el segundo laminado 142b de radio y el tercer laminado 152 de radio están todos alineados adyacentes entre sí para formar un relleno 100 de radio compuesto, tal como en la forma del relleno 100b de radio compuesto. Como se muestra en la Figura 8D, el primer laminado 142a de radio se puede alinear sustancialmente adyacente al segundo laminado 142b de radio para formar una junta 104c vertical. Como se muestra adicionalmente en la Figura 8D, una porción 160a del primer laminado 142a de radio también puede alinearse adyacente al primer lado 154 del tercer laminado 152 de radio para formar una junta 104a. Como se muestra adicionalmente en la Figura 8D, una porción 160b del segundo laminado 142b de radio puede alinearse adyacente al segundo lado 156 del tercer laminado 152 de radio para formar una junta 104b. Como se muestra adicionalmente en la Figura 8D, el tercer laminado 152 de radio puede colocarse preferiblemente en un área 166 (véase la Figura 8D) entre el primer laminado 142a de radio y el segundo laminado 142b de radio, respectivamente (o alternativamente, entre el primer laminado 142c de radio (véase la Figura 8B) y el segundo laminado 142d de radio (véase la Figura 8B), respectivamente). La junta 104a y la junta 104b pueden unirse a la junta 104c vertical en el área

166. El relleno 100 de radio compuesto tiene preferiblemente una forma 101 (véase la Figura 8D) que corresponde sustancialmente a una región 116 de relleno de radio (véase la Figura 5B) de la estructura 28 compuesta (véase la Figura 5A). La forma 101 puede comprender preferiblemente una configuración 103 sustancialmente en forma de pirámide (véase la Figura 8D). El relleno 100 de radio compuesto, tal como en forma de relleno 100b de radio compuesto, puede tener preferiblemente una sección transversal en general triangular.

Como se muestra en la Figura 10, el método 200 puede comprender además la etapa 214 opcional de aplicar una o más capas 170 adhesivas (véase la Figura 9) a los dos o más laminados 142 de radio (véase la Figura 9) antes de curar el relleno 100 de radio compuesto en con el fin de facilitar la transferencia de carga dentro y fuera de cada laminado 142 de radio después del curado del relleno 100 de radio compuesto. La Figura 9 es una ilustración de una vista en sección frontal, despiezada y ampliada de otra de las realizaciones de un relleno 100 de radio compuesto, tal como en la forma de relleno 100c de radio compuesto, de la divulgación que tiene una o más capas 170 adhesivas aplicadas al relleno 100 de radio compuesto, tal como en forma de relleno 100c de radio compuesto, para aumentar la unión o adherencia del relleno 100 de radio compuesto a una estructura 28 compuesta (véase la Figura 9) y/o una banda 108 compuesta (véase la Figura 9).

La una o más capas 170 adhesivas pueden aplicarse preferiblemente antes de que el relleno 100 de radio compuesto y la estructura 28 compuesta se curen. La una o más capas 170 adhesivas pueden comprender resina adicional, adhesivos epoxi, adhesivos de poliuretano, adhesivos acrílicos endurecidos, adhesivos térmicos tales como adhesivos de poliamida (nylon), ionómeros o similares, u otro material adhesivo adecuado.

Además, las capas 170 adhesivas se pueden aplicar a los dos o más laminados 142 de radio antes del curado de las realizaciones de relleno 100a de radio compuesto (véase la Figura 8C) y de relleno 100b de radio compuesto (véase la Figura 8D), de acuerdo como sea necesario. Para el relleno 100a de radio compuesto (véase la Figura 8C) y el relleno 100b de radio compuesto (véase la Figura 8D), preferiblemente, una o más capas 170 adhesivas pueden aplicarse al primer lado 144a (véase figuras 8C a 8D) del primer laminado 142a de radio (véase las Figuras 8C a 8D) y al segundo lado 144b (véase las Figuras 8C a 8D) del segundo laminado 142b de radio (véase las Figuras 8C-8D) para facilitar la transferencia de carga dentro y fuera de cada laminado 142 de radio, tal como el primer laminado 142a de radio y el segundo laminado 142b de radio, después del curado.

Como se muestra en la Figura 9, la una o más capas 170 adhesivas pueden aplicarse al tercer lado 148a radial del primer laminado 142a de radio, el tercer lado 148b radial del segundo laminado 142b de radio, a la parte inferior de la base 158 de un tercer laminado 162 de radio y hasta la parte superior del tercer laminado 162 de radio. Además, se pueden aplicar una o más capas 170 adhesivas (no se muestran) entre el primer laminado 142a de radio y el segundo laminado 142b de radio, de acuerdo como sea necesario, para facilitar la transferencia de carga dentro y fuera de cada laminado de radio después del curado.

La Figura 9 muestra otra realización de un relleno de radio compuesto de tres laminados que comprende tres laminados 142 de radio. Como se muestra en la Figura 9, los tres laminados 142 de radio pueden comprender un primer laminado 142a de radio, un segundo laminado 142b de radio (o alternativamente, un primer laminado 142c de radio (véase la Figura 8B) y un segundo laminado 142d de radio (véase la Figura 8B)), y un tercer laminado 162 de radio (véase la Figura 9). Como se muestra en la Figura 9, el tercer laminado 162 de radio comprende una base 158 y capas 134 compuestas apiladas que tienen una orientación 159 radial deseada que preferiblemente coincide sustancialmente con una orientación 111 radial (véase la Figura 9) de capas 109 apiladas compuestas (véase la Figura 9) de una banda 108 compuesta (véase la Figura 9). El tercer laminado 162 de radio es preferiblemente de una forma y tamaño suficientes para poder ajustarse entre y adyacente al primer laminado 142a de radio y al segundo laminado 142b de radio, respectivamente (o alternativamente, para ajustarse adyacente entre el primer laminado 142c de radio (véase la Figura 8B) y el segundo laminado 142d de radio (véase la Figura 8B), respectivamente). Como se muestra en la Figura 9, el tercer laminado 162 de radio puede posicionarse en el centro entre el primer laminado 142a de radio y el segundo laminado 142b de radio, respectivamente, y a lo largo de un eje 164 vertical central que va entre el primer laminado 142a de radio, el segundo laminado 142b de radio, y el tercer laminado 162 de radio. El relleno 100 de radio compuesto, tal como en la forma del relleno 100c de radio compuesto, tiene preferiblemente una forma 101 (véase la Figura 9) que corresponde sustancialmente a una región 116 de relleno de radio (véase la Figura 5B) de la estructura 28 compuesta (véase la Figura 9). La forma 101 puede comprender preferiblemente una configuración 103 sustancialmente en forma de pirámide (véase la Figura 9). El relleno 100 de radio compuesto, tal como en forma de relleno 100c de radio compuesto, puede tener preferiblemente una sección transversal en general triangular.

Como se muestra en la Figura 9, el primer laminado 142a de radio, el segundo laminado 142b de radio y el tercer laminado 162 de radio están todos alineados adyacentes entre sí para formar un relleno 100 de radio compuesto, tal como en la forma del relleno 100c de radio compuesto. Como se muestra en la Figura 9, el primer laminado 142a de radio puede estar alineado sustancialmente adyacente al segundo laminado 142b de radio. Como se muestra adicionalmente en la Figura 9, el tercer lado 148a radial del primer laminado 142a de radio está posicionado preferiblemente hacia afuera y es preferiblemente adyacente y corresponde a la estructura 28 compuesta circundante. Preferiblemente, las capas 134 compuestas apiladas, tal como en la forma de capas 147a compuestas apiladas orientadas radialmente, del primer laminado 142a de radio coinciden sustancialmente con una orientación 117 radial (véase la Figura 5B) de capas 118 compuestas apiladas adyacentes (véase la Figura 9) de la banda 92 vertical de la estructura 28 compuesta (véase la Figura 9A) adyacente al primer 142a laminado de radio.

El tercer lado 148b radial del segundo laminado 142b de radio también está colocado preferiblemente hacia fuera y también es preferiblemente adyacente y corresponde a la estructura 28 compuesta circundante. Como se muestra en la Figura 9, el tercer lado 148a radial está posicionado preferiblemente opuesto al tercer lado 148b radial. Preferiblemente, las capas 134 compuestas apiladas, tales como en forma de capas 147b compuestas apiladas orientadas radialmente, del segundo laminado 142b de radio coinciden sustancialmente con una orientación 117 radial (véase la Figura 5B) de capas 118 compuestas apiladas adyacentes (véase la Figura 9) de la banda 92 vertical de la estructura 28 compuesta (véase la Figura 9A) adyacente al segundo laminado 142b de radio.

Después de que el relleno 100 de radio compuesto no curado se forma mediante el método 200 descrito en este documento, el relleno 100 de radio compuesto no curado se puede curar antes de la instalación en la región 116 de relleno de radio (véase la Figura 5A) de la estructura 28 compuesta. Alternativamente, el relleno 100 de radio compuesto no curado puede instalarse en la región 116 de relleno de radio (véase la Figura 5A) de la estructura 28 compuesta (véase la Figura 5A) y/o el conjunto 26 compuesto (véase la Figura 5B) y curarse junto con la estructura 28 compuesta y/o el conjunto 26 compuesto. El curado puede comprender un proceso de curado conocido tal como un proceso de curado en autoclave, un proceso de curado con bolsa al vacío, una combinación de autoclave y un proceso de curado con bolsa al vacío, u otro proceso de curado adecuado. El curado puede tener lugar a una temperatura y presión elevadas de acuerdo como lo requieran las especificaciones del material para curar de manera efectiva el relleno 100 de radio compuesto y la estructura 28 compuesta y/o el conjunto 26 compuesto. Durante el curado, el material compuesto del relleno 100 de radio compuesto se endurece, y si se instala en la región 116 de relleno de radio durante el curado, mantiene la forma de la región 116 de relleno de radio dentro de la estructura 28 compuesta y/o el conjunto 26 compuesto.

Después de curar el relleno 100 de radio compuesto, si el relleno 100 de radio compuesto se ha curado antes de la instalación en la región 116 de relleno de radio (véase la Figura 5A) de la estructura 28 compuesta y/o el conjunto 26 compuesto, el relleno 100 de radio compuesto curado se puede unir o co-unir dentro de la región 116 de relleno de radio de una estructura 28 compuesta curada o no curada y/o el conjunto 26 compuesto mediante unión adhesiva, co-curado, unión secundaria u otro proceso conocido de unión o co-unión. El proceso de unión puede tener lugar a una temperatura y presión elevadas de acuerdo como se requiera de acuerdo con las especificaciones del material para unir o co-unir de manera efectiva el relleno 100 de radio compuesto curado dentro de la región 116 de relleno de radio de una estructura 28 compuesta curada o no curada y/o el conjunto 26 compuesto.

Las realizaciones del método 200 descrito en este documento forman un relleno 100 de radio compuesto (véase la Figura 5A) que minimiza los esfuerzos térmicos residuales en tres puntos 106a, 106b, 106c de concentración de esfuerzo (véase la Figura 5A) del relleno 100 de radio compuesto durante curado por calor del relleno 100 de radio compuesto. Además, las realizaciones del método 200 descrito en este documento forman un relleno 100 de radio compuesto (véase la Figura 5A) que mejora la resistencia de extracción, y las capas 134 compuestas apiladas (véase la Figura 5A) del relleno 100 de radio compuesto que redistribuye una carga de extracción de manera más uniforme a partir de una banda 92 vertical (véase la Figura 5A) a una pestaña 96 horizontal (véase la Figura 5A) que los rellenos o fideos de radio compuesto conocidos.

En otra realización de la divulgación, se proporciona un conjunto 26 compuesto de aeronave 10 (véase las Figuras 1, 5B). El conjunto 26 compuesto de la aeronave 10 comprende una estructura 28 compuesta (véase las Figuras 1, 5A) que tiene una región 116 de relleno de radio (véase la Figura 5B). La estructura 28 compuesta puede comprender un refuerzo 90 en T (véase las Figuras 5A-5B). El refuerzo 90 en T puede comprender una transición 97 de pestaña a banda (véase la Figura 5A) en un larguero 94 (véase la Figura 5B) o una cuaderna (véase la Figura 4B), o una interfaz 102 (véase la Figura 5A), tal como una interfaz revestimiento-refuerzo. El conjunto 26 compuesto de la aeronave 10 comprende además un relleno 100 de radio compuesto (véase la Figura 5B) que llena la región 116 de relleno de radio. El relleno 100 de radio compuesto comprende preferiblemente dos o más laminados 142 de radio (véase la Figura 5B). Cada laminado 142 de radio comprende un laminado 126 (véase la Figura 6A) de capas 134 compuestas apiladas (véase la Figura 5B) formada en un radio 98 deseado (véase la Figura 5B) con una orientación 99 radial deseada (véase la Figura 5B) de las capas 134 compuestas apiladas que coinciden sustancialmente con una orientación 117 radial (véase la Figura 5B) de capas 118 compuestas apiladas adyacentes (véase la Figura 5B) de la estructura 28 compuesta (véase la Figura 5A), tal como el refuerzo 90 en T (véase la Figura 5B), que rodea los dos o más laminados 142 de radio del relleno 100 de radio compuesto. Cada laminado 142 de radio se recorta preferiblemente para tener al menos un lado 144 (véase la Figura 8B) alineado adyacente a los otros para formar el relleno 100 de radio compuesto que tiene una forma 101 (véase la Figura 5B) que corresponde sustancialmente a la región 116 de relleno de radio (véase la Figura 5B) de la estructura 28 compuesta (véase la Figura 5A).

En una realización, como se muestra en la Figura 8C, los dos o más laminados 142 de radio comprenden un primer laminado 142a de radio alineado adyacente a un segundo laminado 142b de radio para formar el relleno 100 de radio compuesto, tal como en la forma de relleno 100a de radio compuesto, que tiene una forma 101 que comprende preferiblemente una configuración 103 en forma de pirámide y que tiene una sección transversal en general triangular. En otra realización, como se muestra en la Figura 8D, los dos o más laminados 142 de radio comprenden un primer laminado 142a de radio, un segundo laminado 142b de radio y un tercer laminado 152 de radio todos alineados adyacentes entre sí para formar el relleno 100 de radio compuesto, tal como en la forma de relleno 100b de radio compuesto, que tiene una forma 101 que comprende preferiblemente una configuración 103 con forma sustancialmente piramidal y que tiene una sección transversal en general triangular. El tercer laminado 152 de radio

se coloca preferiblemente en una porción 166 entre el primer laminado 142a de radio y el segundo laminado 142b de radio.

Como apreciarán los expertos en la técnica, la incorporación del novedoso relleno 100 de radio compuesto formado por realizaciones del método 200 divulgado en estructuras 28 compuestas (véase la Figura 5A), por ejemplo, una estructura de ala 18 de aeronave (véase la Figura 1), da lugar a una serie de beneficios sustanciales. Las realizaciones divulgadas del relleno 100 de radio compuesto (véase la Figura 5A), 100a (véase la Figura 8C), 100b (véase la Figura 8D) y 100c (véase la Figura 9) y el método 200 (véase la Figura 10) proporcionan que coincida con la secuencia o la capa de apilamiento de la orientación radial de las capas 134 compuestas apiladas de los laminados 142 de radio a la orientación 117 radial (véase la Figura 5B) de las capas 118 compuestas apiladas (véase la Figura 5B) de la estructura 28 compuesta circundante (véase la Figura 5A), y a su vez, coinciden estrechamente con las propiedades mecánicas, tales como el rendimiento y la rigidez, del relleno 100 de radio compuesto con las propiedades mecánicas, tales como el rendimiento y la rigidez, de la estructura 28 compuesta circundante. Orientando radialmente las capas 134 compuestas apiladas de los laminados 142 de radio, pueden minimizarse las tensiones residuales térmicas en tres puntos 106a, 106b y 106c de concentración de tensión (véase la Figura 5B) del relleno 100 de radio compuesto. Los esfuerzos térmicos residuales que pueden crearse durante el proceso de curado térmico pueden minimizarse preferiblemente con los rellenos 100 de radio compuesto divulgados en este documento debido a la naturaleza ortotrópica de las capas 134 compuestas individuales apiladas y debido a las ubicaciones de mayor esfuerzo térmico en los tres puntos o picos del relleno 100 de radio compuesto que se aleja de los tres puntos o picos y se desplaza hacia el centro del relleno 100 de radio compuesto. Los rellenos 100 de radio compuesto divulgados aquí tienen preferiblemente una expansión térmica de alto grosor en la dirección z común al pico superior o punto 106c de concentración de tensión (véase la Figura 5A) de los rellenos de radio compuesto, así como expansión térmica de alto espesor en la dirección común a los picos inferiores o puntos 106a, 106b de concentración de tensión (véase la Figura 5A).

Además, las realizaciones divulgadas del relleno 100 de radio compuesto (véase la Figura 5A), 100a (véase la Figura 8C), 100b (véase la Figura 8D) y 100c (véase la Figura 9) y el método 200 (véase La Figura 10) proporcionan rellenos 100 de radio compuesto que minimizan el agrietamiento por tensión o fatiga de los rellenos 100 de radio compuesto que pueden ocurrir a bajas temperaturas, tales como menos de -65 (menos sesenta y cinco) grados Fahrenheit y también permiten que se formen regiones 116 de relleno de radio más grandes (véase la Figura 5A). Además, se divulgan realizaciones del relleno 100 de radio compuesto (véase la Figura 5A), 100a (véase la Figura 8C), 100b (véase la Figura 8D) y 100c (véase la Figura 9) y método 200 (véase la Figura 10) que proporcionan rellenos 100 de radio compuesto que mejoren la resistencia de extracción y redistribuyan la carga de extracción de manera más uniforme a partir de las bandas 92 verticales (véase la Figura 5A) a las pestañas 96 horizontales (véase la Figura 5A) de la estructura 28 compuesta, y esto, más un tamaño de defecto aceptable reducido en una intersección de cuadernas y largueros puede proporcionar una mayor capacidad de extracción. Esto puede eliminar preferiblemente el requisito de uniones 72 de corte (véase la Figura 4A) en las cuadernas 70 monolíticas (véase la Figura 4A) en todos los lugares excepto en donde se transfieren cargas elevadas fuera del plano al ala 18 de aeronave (véase la Figura 1), por ejemplo, pistas de alerones o ubicaciones de fijación del puntal del motor.

Además, se divulgan realizaciones del relleno 100 de radio compuesto (véase la Figura 5A), 100a (véase la Figura 8C), 100b (véase la Figura 8D) y 100c (véase la Figura 9) y método 200 (véase la Figura 10) que proporcionan el corte de las partes no curadas de la estructura 130 laminada de material compuesto (véase la Figura 8B) tangente a la herramienta 120 de formación o al mandril 122 en cuatro cortes ortogonales. Esto deja cuatro laminados 142 de radio con forma sustancialmente piramidal que tienen una sección transversal en general triangular que puede alinearse en pares adyacentes entre sí para formar un relleno 100 de radio compuesto de la misma forma y geometría que el vacío o volumen de la región 116 de relleno de radio en la estructura 28 compuesta, tal como un refuerzo 90 en T (véase la Figura 5A) o un larguero 74 (véase la Figura 4A). El relleno 100 de radio compuesto único o “fideo” se forma enrollando el laminado 126 de capas 134 compuestas apiladas una o más veces sobre una herramienta 120 de formación como un mandril 122 (véase la Figura 6A) y luego cortando las porciones en exceso de la estructura 130 laminada de material compuesto (véase la Figura 8A) lejos de la herramienta 120 de formación hasta que queden cuatro laminados 142 de radio alrededor de la herramienta 120 de formación. Los cuatro laminados 142 de radio se pueden retirar y combinar en pares para formar dos (2) rellenos 100 de radio compuesto de un relleno 100a de radio compuesto bi-laminado (véase la Figura 8C) o un relleno 100b de radio compuesto tri-laminado (véase la Figura 8D) u otro relleno de radio compuesto adecuado. Las realizaciones divulgadas del relleno 100 de radio compuesto (véase la Figura 5A), 100a (véase la Figura 8C), 100b (véase la Figura 8D) y 100c (véase la Figura 9) y el método 200 (véase la Figura 10) pueden proporcionar rellenos 100 de radio compuesto que tengan propiedades estructurales incrementadas para soportar esfuerzos y cargas de extracción aún mayores que los que se pueden lograr con los rellenos y fideos de radio compuesto conocidos y puede permitir la fabricación de alas de mayor rendimiento y otras estructuras de material compuesto.

Diversas modificaciones y otras realizaciones de la divulgación le vendrán a la mente a un experto en la técnica a la cual pertenece esta divulgación que tiene el beneficio de las enseñanzas presentadas en las descripciones anteriores y los dibujos asociados. Las realizaciones descritas en este documento pretenden ser ilustrativas y no pretenden ser limitativas o exhaustivas. Aunque los términos específicos se emplean aquí, se usan solo en un sentido genérico y descriptivo y no con fines limitativos. De acuerdo aún con un aspecto adicional de la presente divulgación, se proporciona un conjunto compuesto de aeronave que comprende: una estructura compuesta que tiene una región de

relleno de radio; un relleno de radio compuesto que rellena la región de relleno de radio. El relleno de radio compuesto comprende: dos o más laminados de radio, comprendiendo cada laminado un laminado de capas compuestas apiladas formadas en un radio deseado con una orientación radial deseada de las capas compuestas apiladas que coincida sustancialmente con una orientación radial de capas compuestas apiladas adyacentes de la estructura compuesta que rodea los dos o más laminados de radio, y cada laminado de radio recortado para tener al menos un lado alineado adyacente a los otros para formar el relleno de radio compuesto que tiene una forma sustancialmente correspondiente a la región de relleno de radio de la estructura compuesta.

De acuerdo con esto, los dos o más laminados de radio comprenden un primer laminado de radio alineado adyacente a un segundo laminado de radio para formar el relleno de radio compuesto que tiene una configuración sustancialmente en forma de pirámide.

De acuerdo con esto, los dos o más laminados de radio comprenden un primer laminado de radio, un segundo laminado de radio y un tercer laminado de radio todos alineados adyacentes entre sí para formar el relleno de radio compuesto que tiene una configuración sustancialmente en forma de pirámide, el tercer laminado de radio posicionado en una porción entre el primer laminado de radio y el segundo laminado de radio.

De acuerdo aún con un aspecto adicional de la presente divulgación, existe un método para formar un relleno de radio compuesto que comprende las etapas de: enrollar un laminado de capas compuestas apiladas una o más veces alrededor de una herramienta de formación que tiene un radio deseado para formar una estructura laminada de material compuesto de un espesor deseado; reducir el laminado compuesto para eliminar los vacíos; alinear todos los empalmes de la estructura laminada de material compuesto en una o más porciones deseadas para eliminarlos de la estructura laminada de material compuesto; eliminar una o más partes deseadas de la estructura laminada de material compuesto en uno o más cortes tangentes a una o más superficies de la herramienta de formación; retirar de la herramienta de formación dos o más laminados de radio de la estructura laminada de material compuesto; y, alinear los dos o más laminados de radio juntos para formar un relleno de radio compuesto que tiene una forma que corresponde sustancialmente a una región de relleno de radio de una estructura compuesta, cada laminado de radio formado en un radio deseado con una orientación radial deseada de capas compuestas apiladas que coinciden sustancialmente una orientación radial de capas compuestas apiladas adyacentes de la estructura compuesta que rodea el relleno de radio compuesto.

De acuerdo con esto, la etapa de alineación de los dos o más laminados de radio comprende alinear un primer laminado de radio con un segundo laminado de radio adyacentes entre sí para formar el relleno de radio compuesto que tiene una configuración sustancialmente en forma de pirámide.

REIVINDICACIONES

1. Un relleno (100) de radio compuesto para rellenar una región (116) de relleno de radio en una estructura (28) compuesta que comprende:

dos o más laminados (142) de radio, cada laminado de radio que comprende un laminado (126) de capas (134) compuestas apiladas, las capas de material compuesto apiladas de dicho laminado (126) formadas para curvarse alrededor de un radio (98) deseado con una orientación (99) radial deseada de las capas compuestas apiladas configuradas para coincidir sustancialmente con una orientación (117) radial de capas (118) compuestas apiladas adyacentes de la estructura (28) compuesta que rodea los dos o más laminados (142) de radio, y cada laminado (142) de radio recortado para tener al menos un lado (144) alineado adyacente a los otros para formar una junta vertical y, a su vez, para formar un relleno (100) de radio compuesto que tiene una forma (101) configurada para corresponder sustancialmente a la región (116) de relleno de radio de la estructura compuesta.

2. El relleno de radio compuesto de la reivindicación 1, en donde los dos o más laminados (142) de radio comprenden un primer laminado de radio alineado adyacente a un segundo laminado de radio para formar el relleno (100) de radio compuesto que tiene una configuración (103) sustancialmente en forma de pirámide.

3. El relleno de radio compuesto de la reivindicación 1, en donde los dos o más laminados de radio comprenden un primer laminado (142a) de radio, un segundo laminado (142b) de radio y un tercer laminado (152) de radio todos alineados adyacentes entre sí para formar el relleno de radio compuesto que tiene una configuración sustancialmente en forma de pirámide, el tercer laminado (152) de radio colocado en una porción entre el primer laminado (142a) de radio y el segundo laminado (142b) de radio.

4. El relleno de radio compuesto de la reivindicación 1, en donde la orientación radial deseada de las capas compuestas apiladas de cada laminado de radio se selecciona para que coincida sustancialmente con el coeficiente de expansión térmica en tres puntos (106a-c) de concentración de tensión del relleno (100) de radio compuesto al de las capas (118) compuestas apiladas adyacentes de la estructura compuesta que rodea el relleno de radio compuesto para minimizar el agrietamiento del relleno de radio compuesto a partir de esfuerzos térmicos residuales.

5. Una aeronave (10) que incorpora uno o más conjuntos (26) compuestos con una o más estructuras (28) compuestas que tienen un relleno (100) de radio compuesto de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.

6. Un método (200) para formar un relleno (100) de radio compuesto que comprende las etapas de:

enrollar (202) un laminado de capas compuestas apiladas una o más veces alrededor de una herramienta (120) de formación que tiene un radio deseado para formar una estructura (130) laminada de material compuesto de un espesor deseado;

reducir (204) la estructura (130) laminada de material compuesto para eliminar vacíos;

alinear (206) todos los empalmes de la estructura laminada de material compuesto en una o más porciones deseadas para eliminarlos de la estructura laminada de material compuesto;

eliminar (208) la una o más porciones (139) deseadas de la estructura (130) laminada de material compuesto en uno o más cortes (140) tangentes a una o más superficies (141) de la herramienta (120) de formación;

retirar (210) de la herramienta (120) de formación dos o más laminados (142) de radio de la estructura (130) laminada de material compuesto; y,

alinear (212) los dos o más laminados (142) de radio juntos para formar un relleno (100) de radio compuesto que tiene una forma sustancialmente correspondiente a una región (116) de relleno de radio de una estructura (28) compuesta, cada laminado de radio formado en un radio deseado con una orientación radial deseada de capas compuestas apiladas que coincidan sustancialmente con una orientación radial de capas compuestas apiladas adyacentes de la estructura compuesta que rodea el relleno de radio compuesto.

7. El método de la reivindicación 6, que comprende además aplicar una o más capas (170) adhesivas a los dos o más laminados (142) de radio antes del curado del relleno de radio compuesto para facilitar la transferencia de carga dentro y fuera de cada laminado de radio después del curado del relleno de radio compuesto.

8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 6 y 7, en donde la etapa (202) de enrollado comprende enrollar continuamente el laminado de capas compuestas apiladas diversas veces alrededor de la herramienta de formación para formar la estructura laminada de material compuesto del espesor deseado.

9. El método de la reivindicación 6 o 7, en donde la etapa (202) de enrollado comprende enrollar el laminado de capas compuestas apiladas una vez alrededor de la herramienta de formación y empalmar a tope o empalmar con solapa la lámina de capas compuestas apiladas para formar la estructura laminada de material compuesto del espesor deseado.

10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, que comprende además después de la etapa (204) de reducción, repetir cada una de la etapa (202) de enrollado y la etapa (204) de reducción una o más veces adicionales para obtener la estructura laminada de material compuesto del espesor deseado.

11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, en donde la etapa (206) de alineación de todos los empalmes comprende alinear los empalmes la estructura laminada de material compuesto en una o más de una posición de las 12 en punto, una posición de las 3 en punto, una posición de las 6 en punto, y una posición de las 9 en punto en la estructura laminada de material compuesto.

12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 11, en donde la eliminación de la etapa (208) de una o más porciones deseadas comprende realizar cuatro cortes ortogonales para formar una configuración sustancialmente cuadrada alrededor de la herramienta de formación.

13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 12, en donde la etapa (212) de alineación de los dos o más laminados de radio comprende alinear un primer laminado (142a) de radio, un segundo laminado (142b) de radio y un tercer laminado (152) de radio adyacentes entre sí para formar el relleno de radio compuesto que tiene una configuración sustancialmente en forma de pirámide, el tercer laminado (152) de radio colocado en una parte entre el primer laminado (142a) de radio y el segundo laminado (142b) de radio.

14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 13, en donde la etapa de alineación de dos o más laminados de radio comprende formar el relleno de radio compuesto para minimizar los esfuerzos térmicos residuales en tres puntos (106a-c) de concentración de tensión del relleno de radio compuesto durante el curado por calor del relleno de radio compuesto.

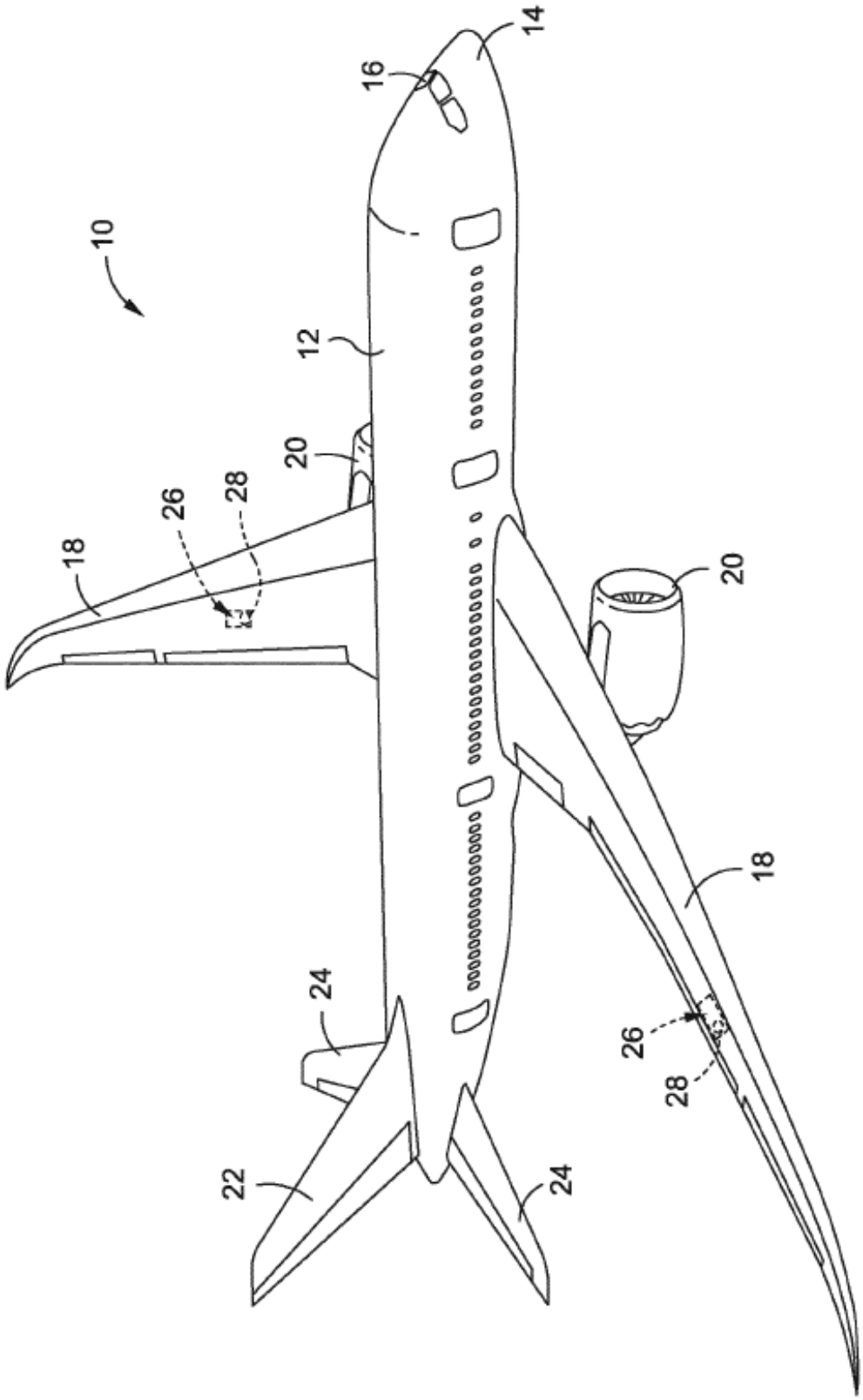

FIG. 1

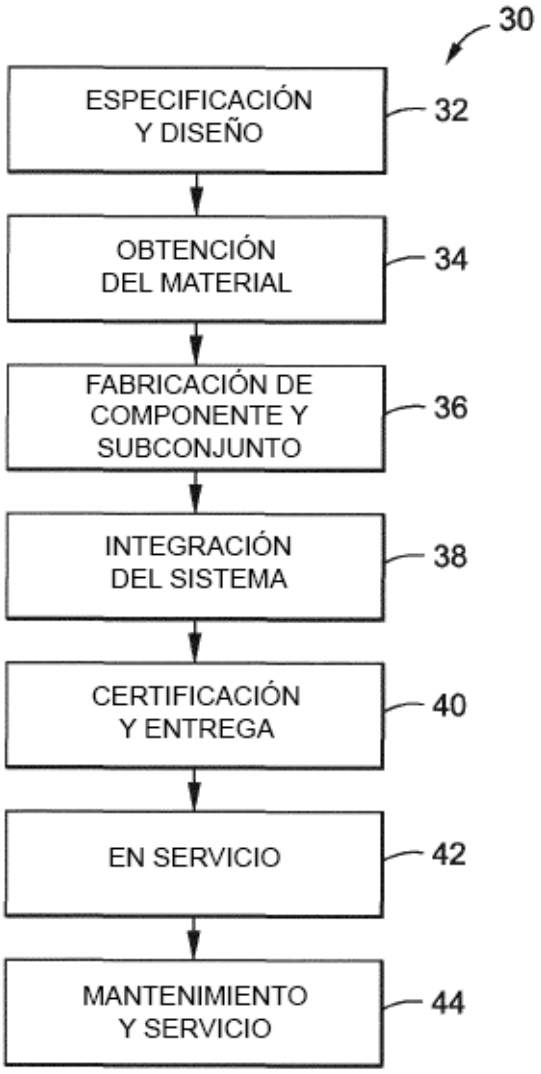
30
ESPECIFICACIÓN Y DISEÑO
32
OBTENCIÓN DEL MATERIAL
34
FABRICACIÓN DE COMPONENTE Y SUBCONJUNTO
36
INTEGRACIÓN DEL SISTEMA
38
CERTIFICACIÓN Y ENTREGA
40
EN SERVICIO
42
MANTENIMIENTO Y SERVICIO
44

FIG. 2

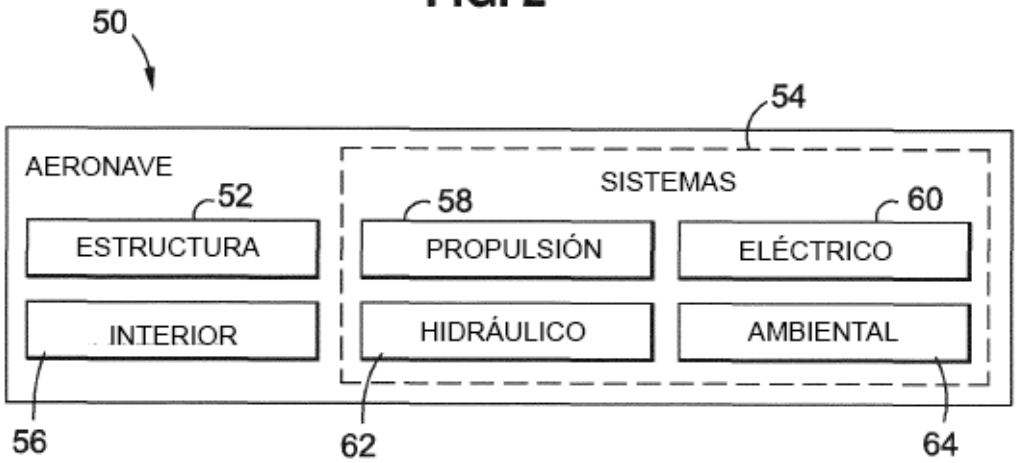
50
54
AERONAVE
52
ESTRUCTURA
INTERIOR
SISTEMAS
58
PROPULSIÓN
HIDRÁULICO
60
ELÉCTRICO
AMBIENTAL
56
62
64

FIG. 3

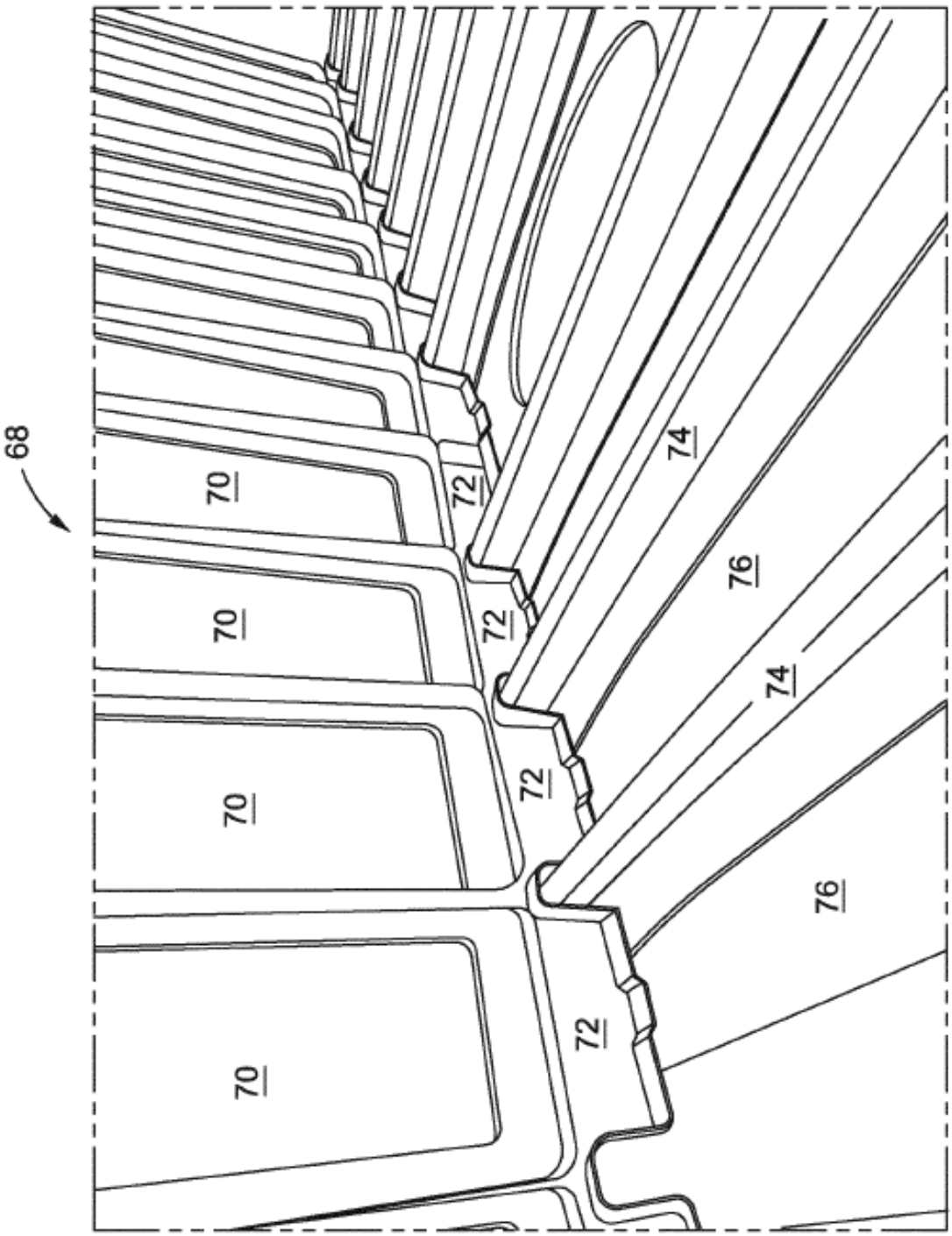

FIG. 4A
(TÉCNICA ANTERIOR)

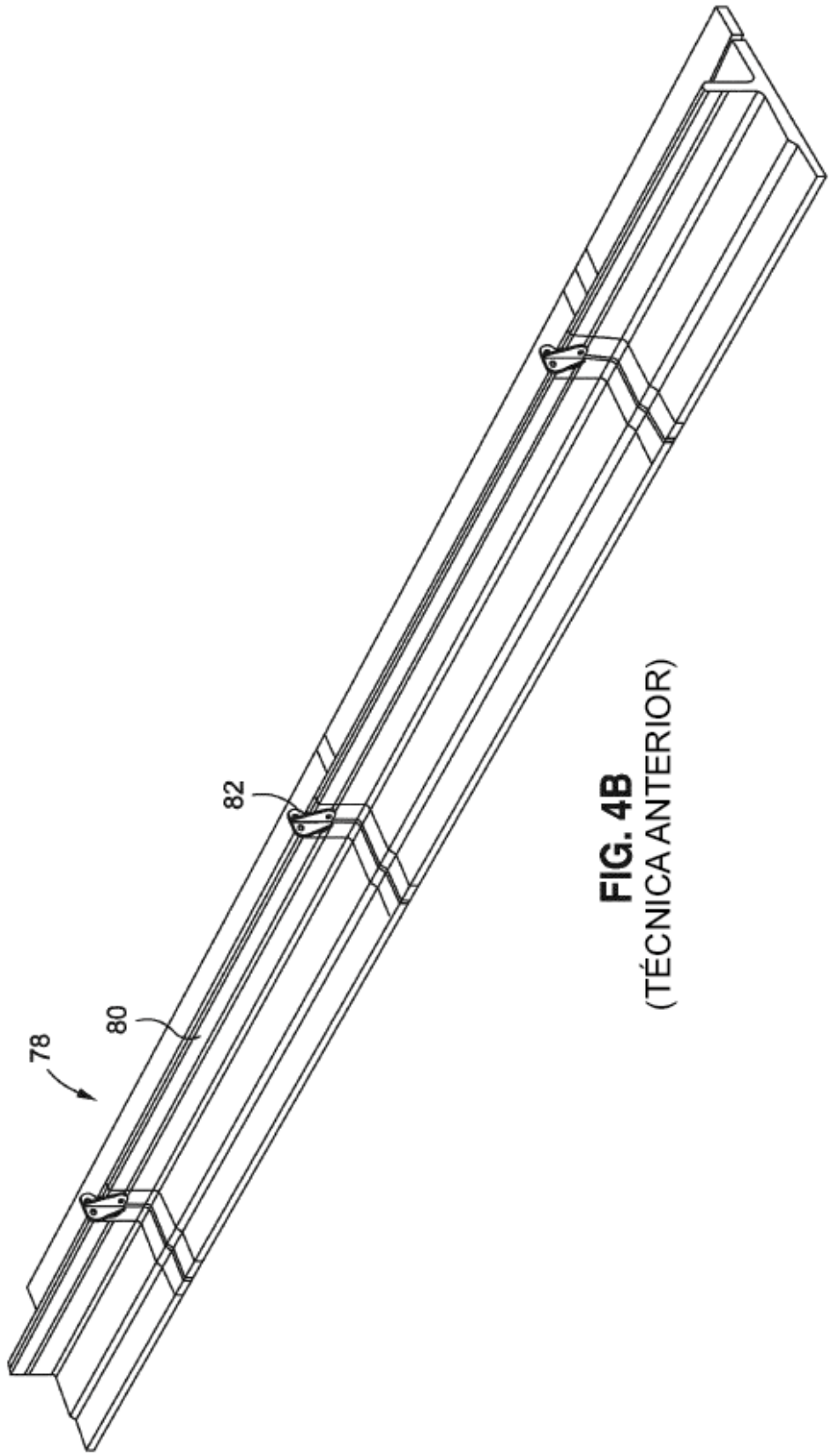

FIG. 4B
(TÉCNICA ANTERIOR)

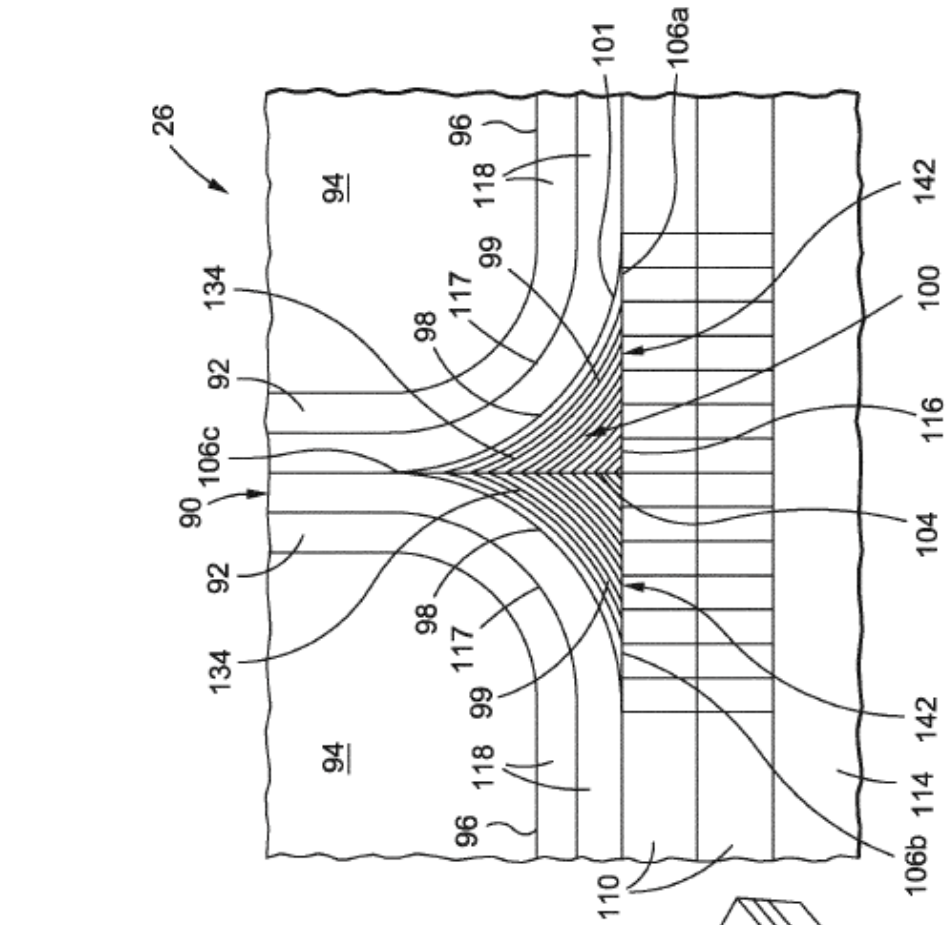
26
94
94
96
118
101
106a
134
99
117
98
92
106c
90
92
134
98
117
99
118
96
142
100
116
104
142
114
106b
110

FIG. 5B

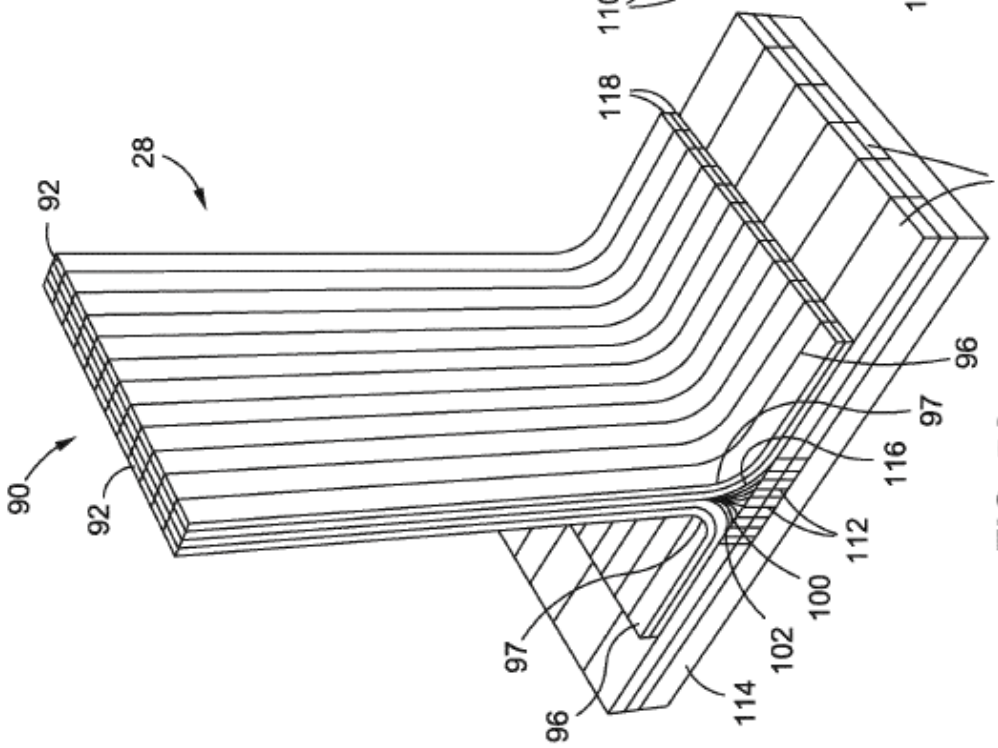
28
92
90
92
118
110
96
97
116
112
100
102
114
97
96

FIG. 5A

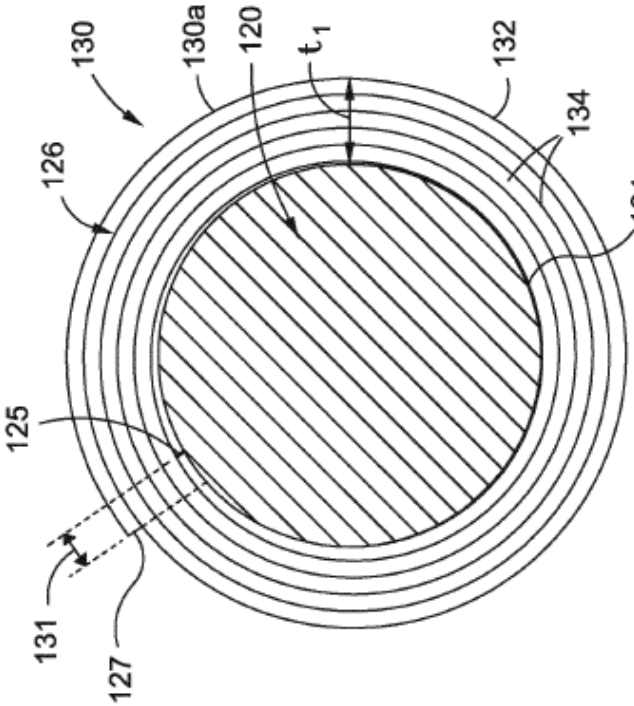
130
130a
120
t_1
132
134
126
124
125
131
127

FIG. 6B

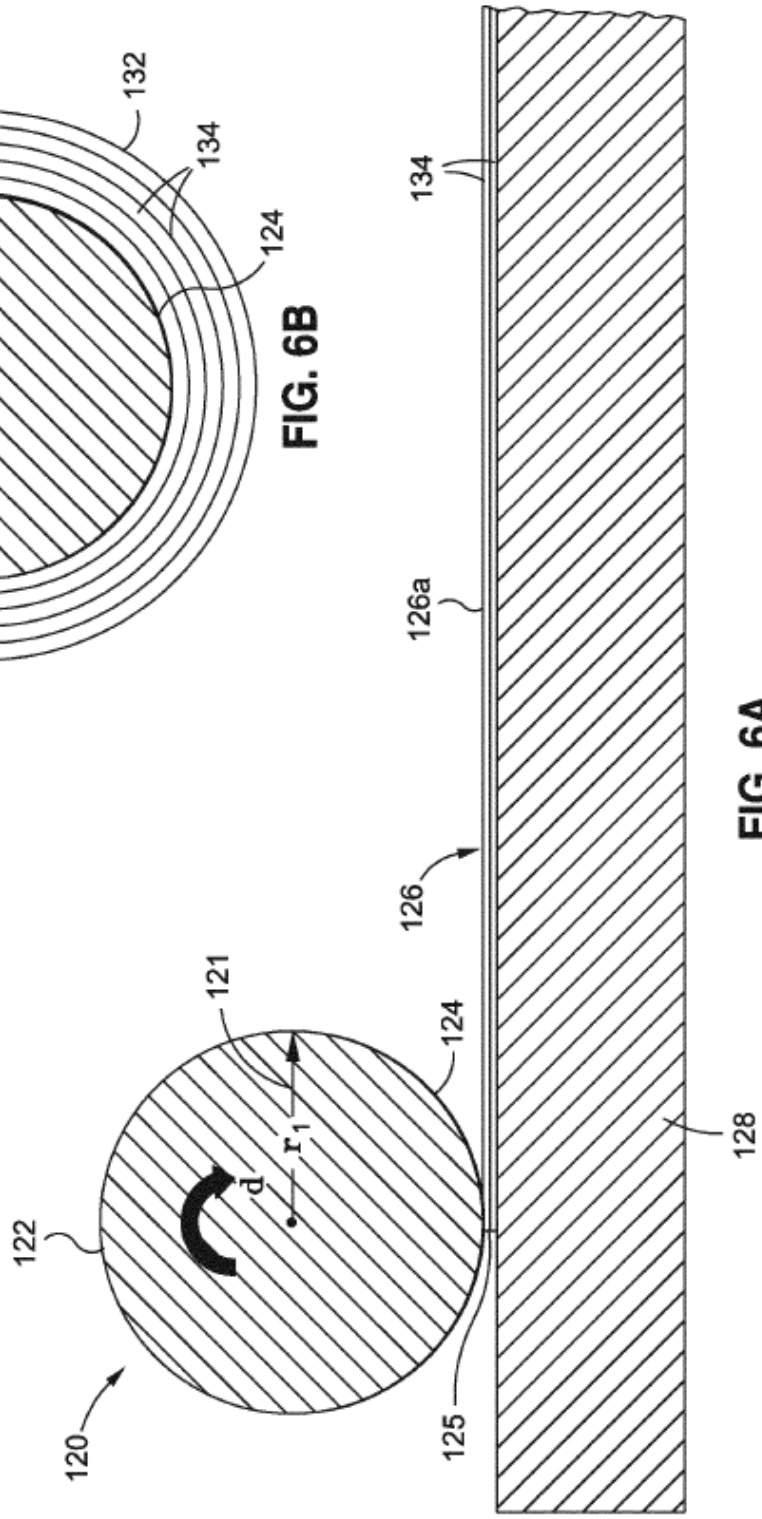
134
126a
126
121
124
r_1
d
122
120
125
128

FIG. 6A

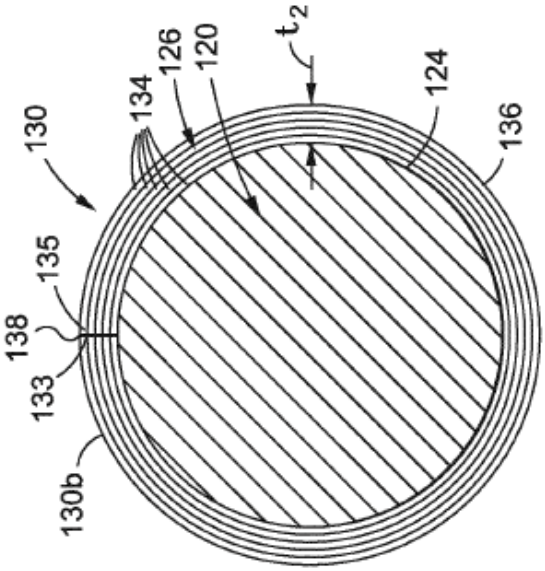
130
134
126
120
t_2
124
136
135
138
133
130b

FIG. 7B

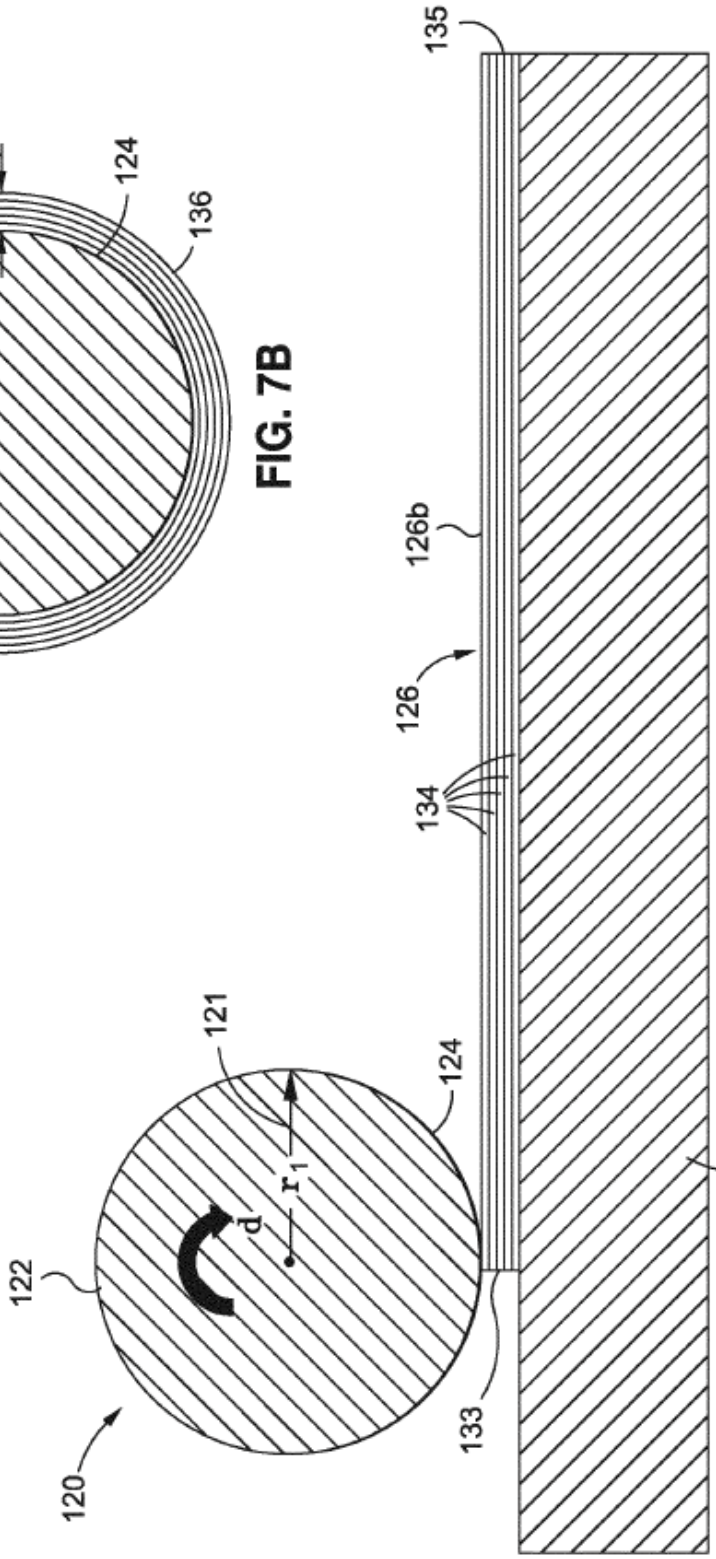
135
126b
126
134
121
124
r_1
d
122
120
133
128

FIG. 7A

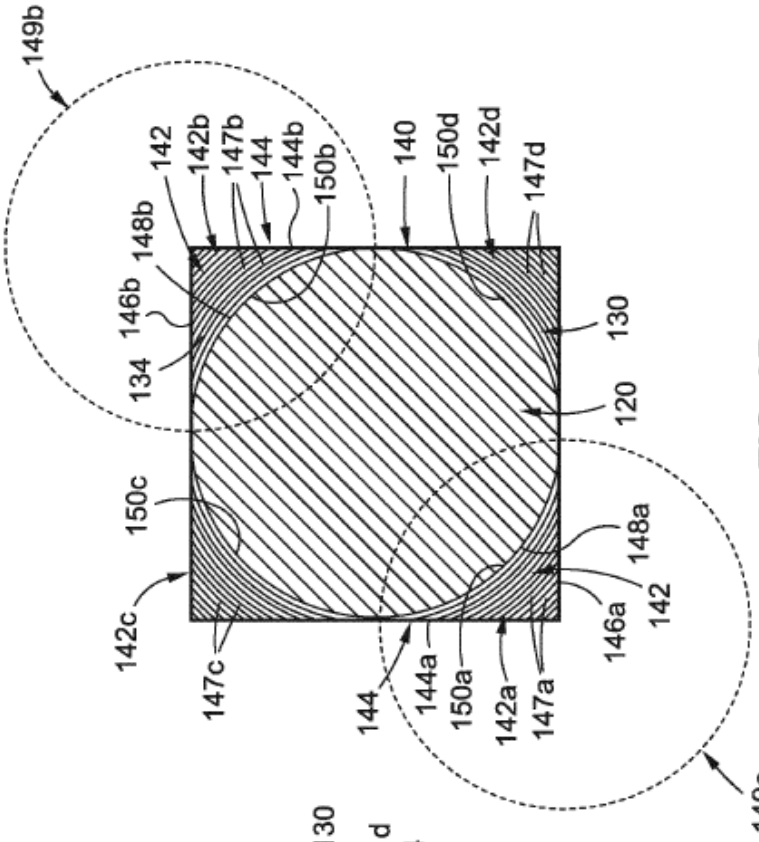
149b
142
142b
147b
144
144b
150b
140
150d
142d
147d
148b
146b
134
130
120
150c
148a
142c
146a
142
147c
144
144a
150a
142a
147a
149a

FIG. 8B

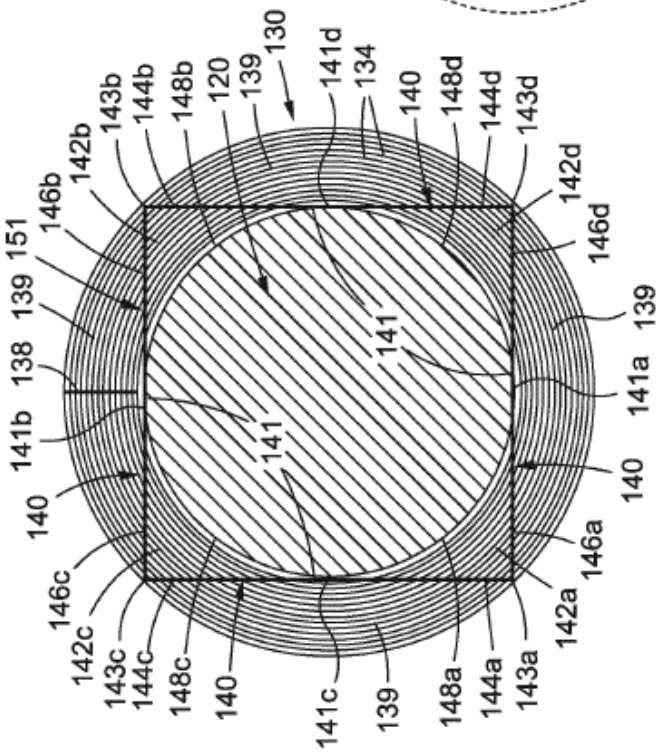
130
141d
134
143b
144b
148b
120
139
140
148d
144d
143d
142b
142d
146b
146d
151
139
141
139
138
141a
141b
141
140
140
146c
146a
142c
142a
143c
144c
148c
140
141c
139
148a
144a
143a

FIG. 8A

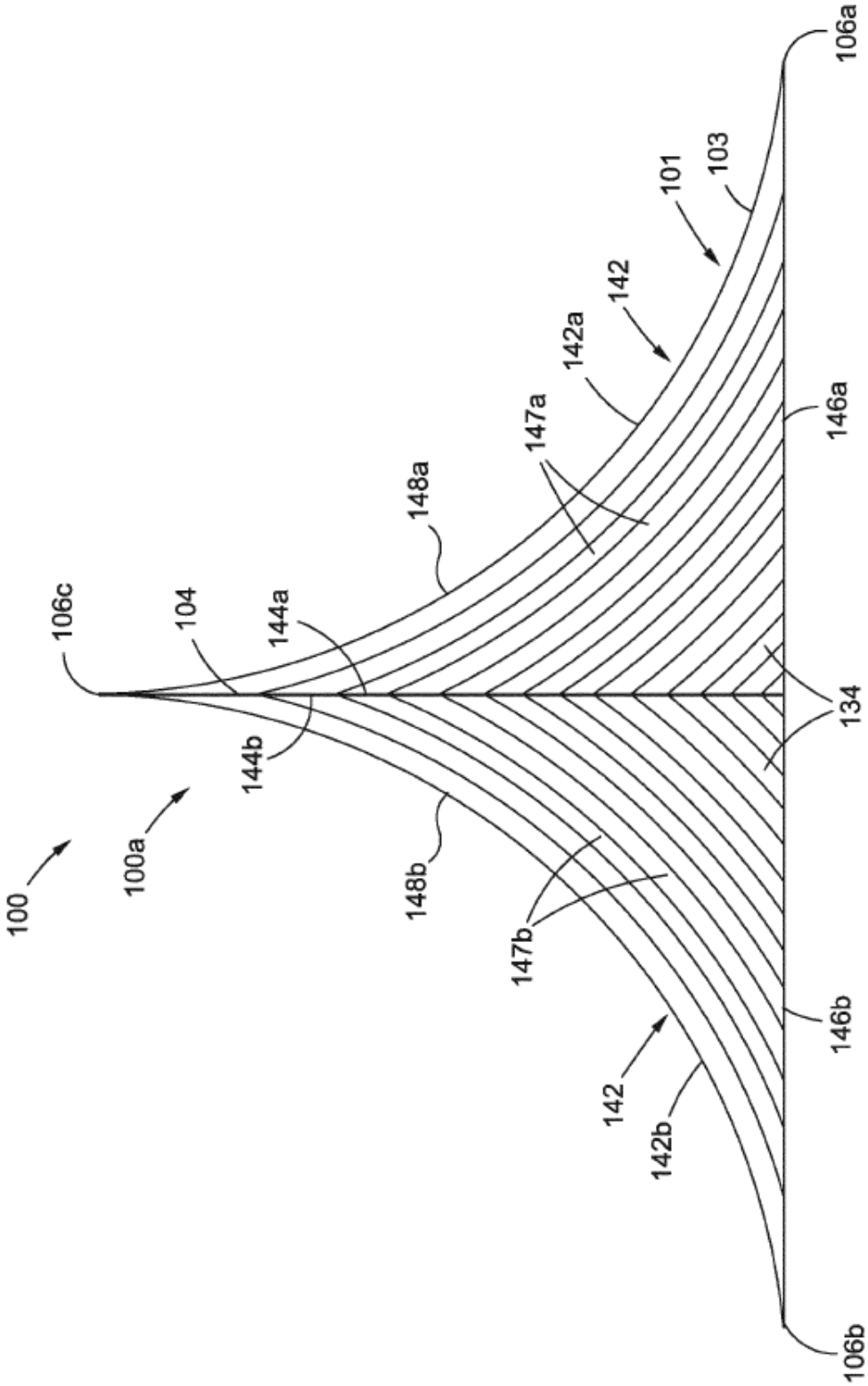
100
100a
106c
104
144a
144b
148a
148b
147a
147b
142
142a
142b
101
103
106a
106b
146a
146b
134

FIG. 8C

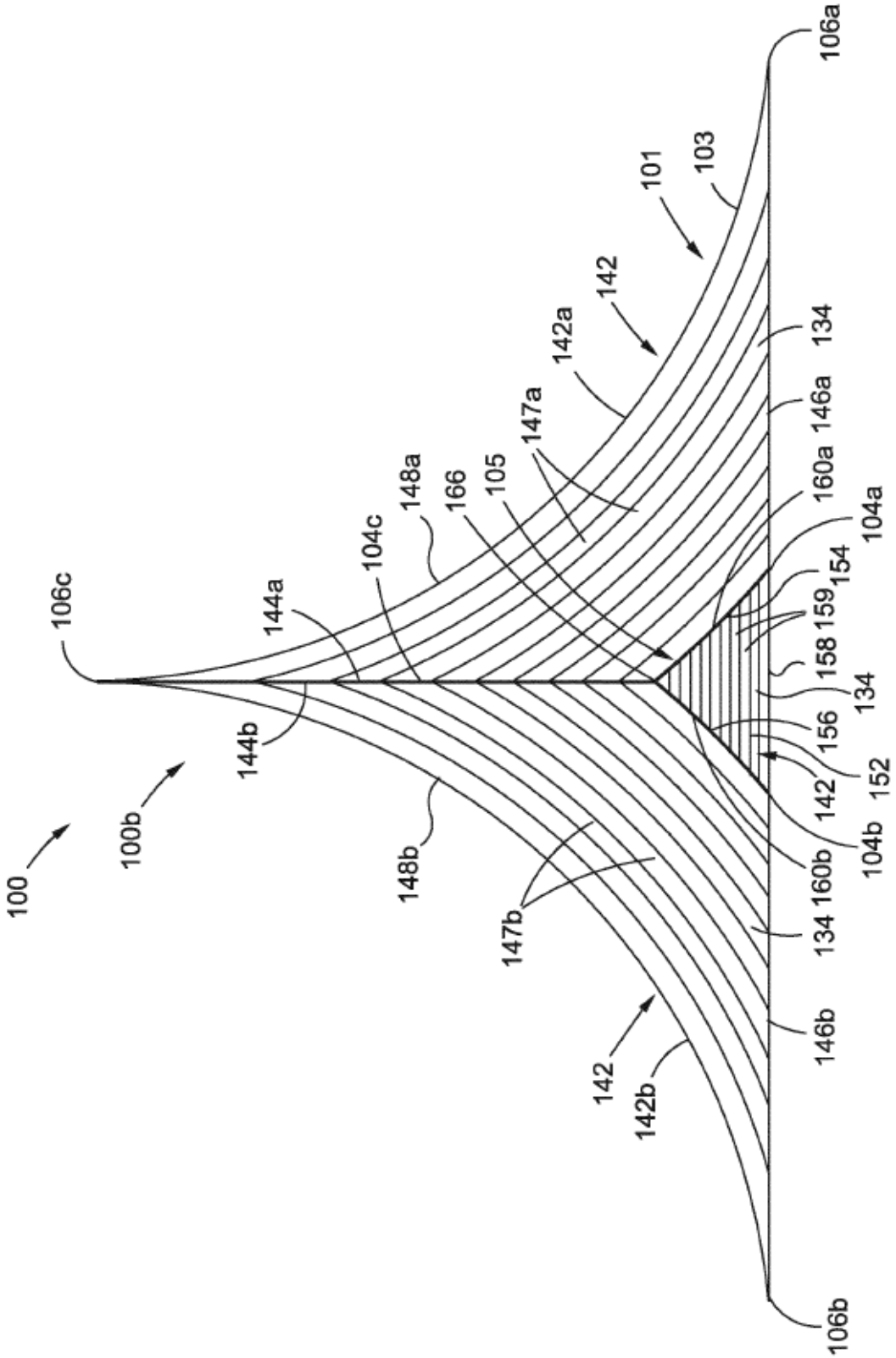
100
100b
106c
144b
144a
104c
148a
166
105
147a
142a
142
101
103
106a
134
146a
160a
104a
154
159
158
134
156
152
142
104b
160b
134
146b
106b
142b
142
147b
148b

FIG. 8D

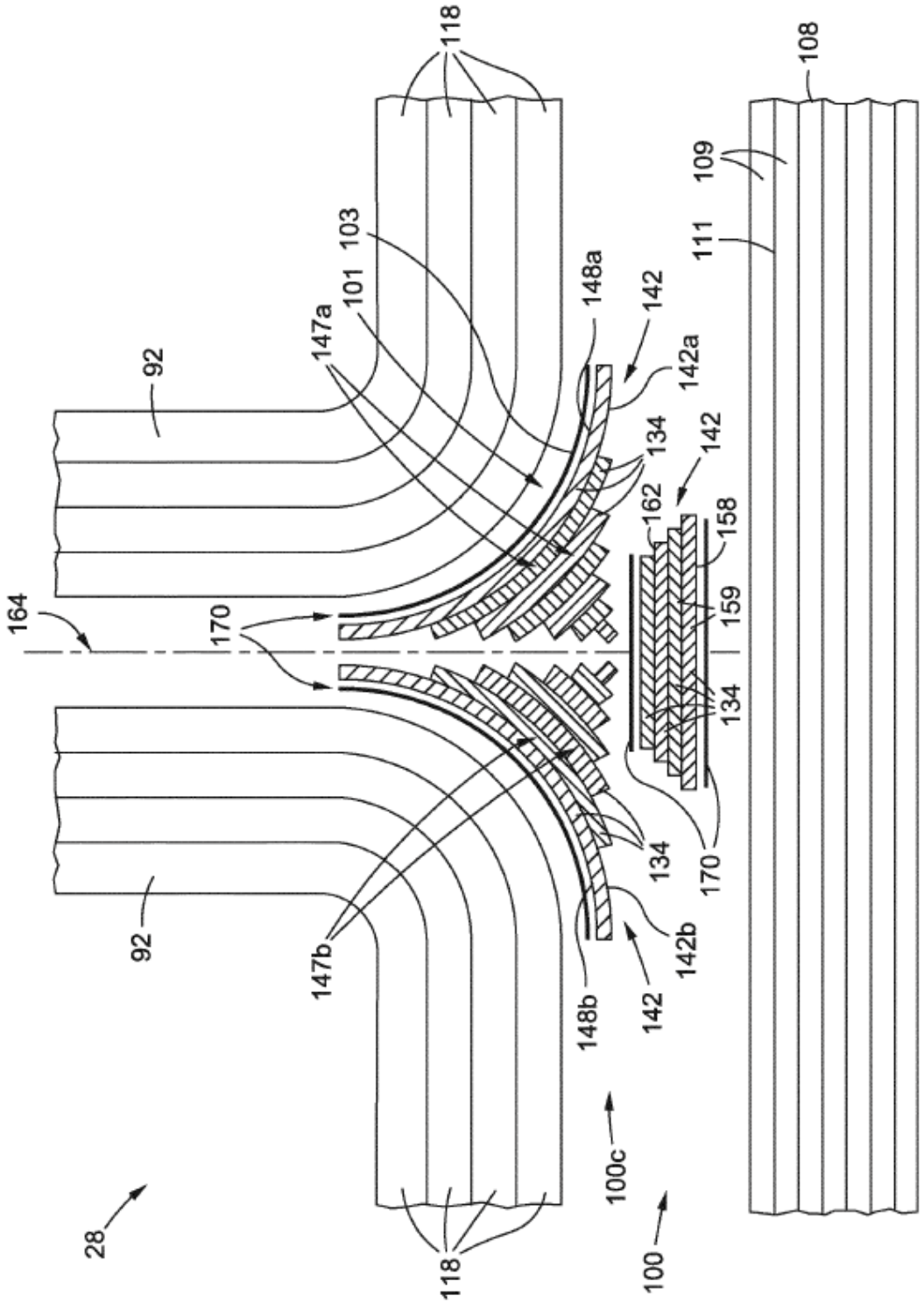
118
108
109
111
103
101
147a
148a
142
142a
92
134
142
162
158
164
170
159
134
170
134
92
147b
142b
148b
142
100c
28
118
100

FIG. 9

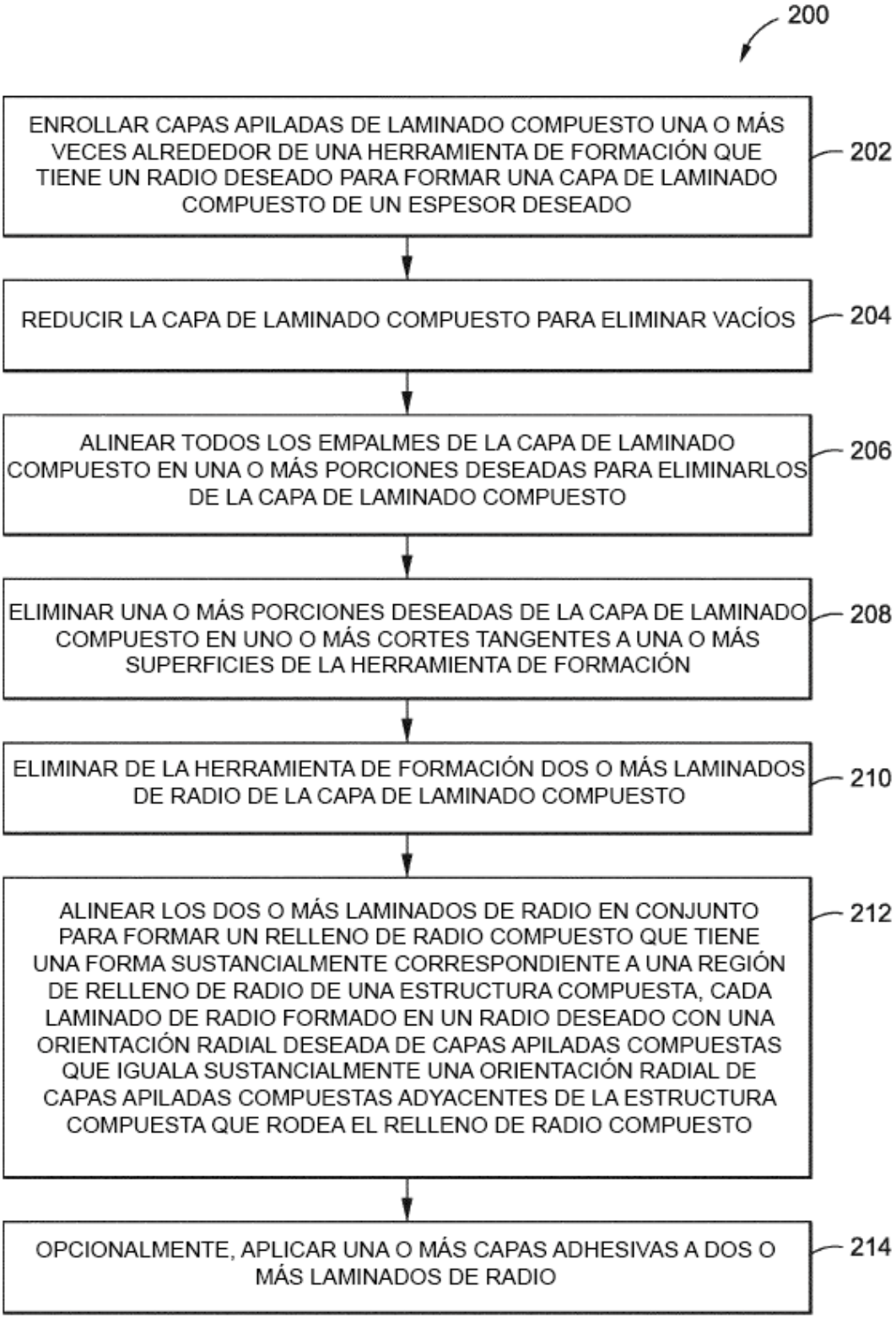
200
ENROLLAR CAPAS APILADAS DE LAMINADO COMPUESTO UNA O MÁS VECES ALREDEDOR DE UNA HERRAMIENTA DE FORMACIÓN QUE TIENE UN RADIO DESEADO PARA FORMAR UNA CAPA DE LAMINADO COMPUESTO DE UN ESPESOR DESEADO
202
REDUCIR LA CAPA DE LAMINADO COMPUESTO PARA ELIMINAR VACÍOS
204
ALINEAR TODOS LOS EMPALMES DE LA CAPA DE LAMINADO COMPUESTO EN UNA O MÁS PORCIONES DESEADAS PARA ELIMINARLOS DE LA CAPA DE LAMINADO COMPUESTO
206
ELIMINAR UNA O MÁS PORCIONES DESEADAS DE LA CAPA DE LAMINADO COMPUESTO EN UNO O MÁS CORTES TANGENTES A UNA O MÁS SUPERFICIES DE LA HERRAMIENTA DE FORMACIÓN
208
ELIMINAR DE LA HERRAMIENTA DE FORMACIÓN DOS O MÁS LAMINADOS DE RADIO DE LA CAPA DE LAMINADO COMPUESTO
210
ALINEAR LOS DOS O MÁS LAMINADOS DE RADIO EN CONJUNTO PARA FORMAR UN RELLENO DE RADIO COMPUESTO QUE TIENE UNA FORMA SUSTANCIALMENTE CORRESPONDIENTE A UNA REGIÓN DE RELLENO DE RADIO DE UNA ESTRUCTURA COMPUESTA, CADA LAMINADO DE RADIO FORMADO EN UN RADIO DESEADO CON UNA ORIENTACIÓN RADIAL DESEADA DE CAPAS APILADAS COMPUESTAS QUE IGUALA SUSTANCIALMENTE UNA ORIENTACIÓN RADIAL DE CAPAS APILADAS COMPUESTAS ADYACENTES DE LA ESTRUCTURA COMPUESTA QUE RODEA EL RELLENO DE RADIO COMPUESTO
212
OPCIONALMENTE, APLICAR UNA O MÁS CAPAS ADHESIVAS A DOS O MÁS LAMINADOS DE RADIO
214

FIG. 10