(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 732 375**

(51) Int. Cl.:

B29C 53/42	(2006.01)	***B29C 65/56***	(2006.01)
B29C 53/84	(2006.01)	***B29C 65/50***	(2006.01)
B29L 23/00	(2006.01)	***B29C 65/00***	(2006.01)
B29K 101/12	(2006.01)	***B29L 31/30***	(2006.01)
B29C 53/82	(2006.01)	***B29C 53/04***	(2006.01)
B29K 79/00	(2006.01)	***B29L 9/00***	(2006.01)
B29C 53/38	(2006.01)		
B29C 65/08	(2006.01)		
B29C 65/36	(2006.01)		
B29C 65/48	(2006.01)		

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.07.2013** **PCT/US2013/050924**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **27.03.2014** **WO14046775**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.07.2013** **E 13744899 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019** **EP 2897780**

(54) Título: **Método de formación de un tubo a partir de una lámina de interposición termoplástica**

(30) Prioridad:

18.09.2012 US 201213621991

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.11.2019

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

BARTEL, AARON W. y
MOSER, JOHN B.

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 732 375 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

Método de formación de un tubo a partir de una lámina de interposición termoplástica

Campo

La presente divulgación se refiere, en general, a tubos estructurales y, más particularmente, a un método para formar un tubo o un conducto a partir de materiales compuestos termoplásticos.

Antecedentes

Aeronaves tales como aerolíneas comerciales incluyen, normalmente, una variedad de conductos para hacer discurrir fluidos tales como aire por la totalidad de la aeronave. Por ejemplo, una aeronave comercial puede incluir múltiples conductos para hacer discurrir aire acondicionado por la totalidad de la cabina de aeronave como parte del sistema de control de entorno de aeronave. Debido a la necesidad de proporcionar el aire acondicionado a una temperatura controlada, los conductos de sistema de control de entorno pueden estar aislados.

Métodos actuales para fabricar conductos para una aeronave incluyen el uso de moldes de fundición. La fibra de vidrio puede estratificarse sobre uno o más moldes de fundición. Tras haber curado la fibra de vidrio, puede unirse espuma de manera independiente a la fibra de vidrio para proporcionar una capacidad aislante al conducto. Desafortunadamente, el procedimiento de fabricación de moldes de fundición requiere una labor intensiva. Además, el uso de moldes de fundición genera grandes cantidades de chatarra y/o desperdicios, lo que aumenta el coste global del conducto.

En otro método, un mandril de yeso puede emplearse para estratificar material compuesto u hojas sobre el mandril de yeso. Tras haber curado las hojas compuestas, el mandril de yeso puede destruirse durante el procedimiento de separación del conducto del mandril lo que da como resultado una gran cantidad de desperdicios. Además, el procedimiento de estratificar hojas compuestas en el mandril de yeso ocupa mucho tiempo y requiere una labor intensiva. Además, para materiales compuestos termoendurecibles, el material termoendurecible debe almacenarse a una temperatura relativamente fría hasta que esté listo para usarse. El coste de almacenar (por ejemplo, refrigerar) los materiales termoendurecibles compuestos se añade al coste del conducto.

Tal como puede observarse, en la técnica existe una necesidad de un método de formación de un conducto tal como para un sistema de control de entorno de una aeronave y en el que el conducto puede producirse sin la generación de grandes cantidades chatarra o desperdicios. Además, en la técnica existe una necesidad de un método de formación de un conducto que requiera una mínima cantidad de labor y que pueda producirse en un periodo de tiempo relativamente corto. Además, en la técnica existe una necesidad de un método de formación relativamente sencillo de un conducto ligero que pueda fabricarse a un coste relativamente bajo.

El documento FR 2952323 expone: “un segmento curvo de pared de múltiples capas de plástico para ensamblar tuberías” .

Sumario

Las necesidades observadas anteriormente asociadas con los métodos de la técnica anterior para formar conductos o tubos estructurales se refieren y se mitigan específicamente mediante la presente divulgación que proporciona un método de formación de un tubo estructural a partir de una lámina de interposición termoplástica sustancialmente plana. El método puede incluir empujar la lámina de interposición termoplástica sustancialmente plana contra un mandril al tiempo que se calienta la lámina de interposición termoplástica hasta una temperatura por debajo de una temperatura de transición vítrea. El método puede incluir además permitir que la lámina de interposición termoplástica se enfríe y retirar el mandril, formando de ese modo una parte de tubo (por ejemplo, una carcasa de tubo tal como una mitad de tubo) de un tubo estructural o conducto.

En una realización adicional, se da a conocer un método de formación de un tubo que puede incluir colocar una lámina de interposición termoplástica sustancialmente plana en un mandril. El método puede incluir montar una lámina de formación sobre la lámina de interposición termoplástica, calentar la lámina de interposición termoplástica, y aplicar una presión de formación a la lámina de interposición termoplástica usando la lámina de formación. El método puede incluir además empujar la lámina de interposición termoplástica contra la superficie de mandril en respuesta a la aplicación de la presión de formación, permitir que la lámina de interposición termoplástica se enfríe a temperatura ambiente, y retirar el mandril, formando de ese modo una parte de tubo.

También se da a conocer un método de formación de un conducto que incluye las etapas de colocar una lámina de interposición termoplástica sustancialmente plana en un mandril, y calentar la lámina de interposición termoplástica. El método puede incluir además empujar la lámina de interposición termoplástica contra el mandril, permitir que la lámina de interposición termoplástica se enfríe, y retirar el mandril, formando de ese modo una parte de tubo. El método puede incluir además formar un orificio en la parte de tubo, y montar una acometida de tubo tubular hueca en la parte de tubo en alineación general con el orificio de manera que la acometida de tubo se extiende hacia fuera desde la parte de tubo.

En resumen, se proporciona un método de formación de un tubo que comprende las etapas de: empujar una lámina de interposición termoplástica sustancialmente plana formada a partir de un material termoplástico contra un mandril; calentar la lámina de interposición termoplástica a una temperatura por debajo de una temperatura de transición vítrea del material termoplástico; permitir que la lámina de interposición termoplástica se enfríe; y retirar el mandril, formando de ese modo una parte de tubo.

Ventajosamente el método incluye además las etapas de: formar la parte de tubo con bordes laterales de tubo; y acoplar los bordes laterales de tubo en conjunto para formar una junta de tubo.

Ventajosamente el método incluye además la etapa de ajustar una separación entre los bordes laterales de tubo antes de acoplar los bordes laterales de tubo en conjunto.

Ventajosamente el método en el que la etapa de acoplar los bordes laterales de tubo en conjunto incluye unir un elemento de empalme a los bordes laterales de tubo.

Ventajosamente el método en el que la etapa de unir el elemento de empalme se realiza usando al menos uno de los siguientes: unión adhesiva; soldadura ultrasónica; soldadura por inducción; y sujeción mecánica.

Ventajosamente el método incluye además las etapas de: formar la parte de tubo con bordes laterales de tubo; formar uno de los bordes laterales de tubo como un borde de labio; formar uno restante de los bordes laterales de tubo como un borde recto; solapar el borde recto con el borde de labio; y acoplar el borde recto con el borde de labio.

Ventajosamente el método incluye además las etapas de formar al menos dos de las partes de tubo; y acoplar un borde recto de una de las partes de tubo con un borde de labio de otra de las partes de tubo.

Ventajosamente el método incluye además las etapas de: formar al menos dos de las partes de tubo; formar una de las partes de tubo con bordes laterales configurados como bordes rectos; formar otra de las partes de tubo con bordes laterales configurados como bordes de labio; y acoplar un borde recto de una de las partes de tubo con un borde de labio de otra de las partes de tubo.

Ventajosamente el método en el que la etapa de empujar la lámina de interposición termoplástica contra el mandril incluye: montar una lámina de formación sobre la lámina de interposición termoplástica; aplicar, usando la lámina de formación, una presión de formación a la lámina de interposición termoplástica; y empujar la lámina de interposición termoplástica contra el mandril en respuesta a la aplicación de la presión de formación.

Ventajosamente el método en el que la etapa de montar una lámina de formación sobre la lámina de interposición termoplástica incluye: instalar una capa de caucho sobre la lámina de interposición termoplástica; sellar la capa de caucho contra el mandril; y aplicar una presión a vacío a una región entre la capa de caucho y el mandril.

Ventajosamente el método incluye además las etapas de: calentar la capa de caucho; y calentar de manera conductora la lámina de interposición termoplástica en respuesta al calentamiento de la capa de caucho.

Ventajosamente el método en el que la etapa de calentar la lámina de interposición termoplástica incluye: calentar el mandril.

Ventajosamente el método incluye además las etapas de: formar un orificio en la parte de tubo; y unir una acometida de tubo tubular hueca a la parte de tubo de manera que la acometida de tubo se extiende hacia fuera desde la parte de tubo, estando la acometida de tubo alineada generalmente con el orificio.

Ventajosamente el método incluye además la etapa de: mantener, usando un dispositivo de alineación, la lámina de interposición termoplástica en alineación longitudinal con el mandril al tiempo que se empuja la lámina de interposición termoplástica contra el mandril.

Según otro aspecto de la presente divulgación se proporciona un método de formación de un tubo, que incluye las etapas de: colocar una lámina de interposición termoplástica sustancialmente plana en un mandril; montar una lámina de formación sobre la lámina de interposición termoplástica; calentar la lámina de interposición termoplástica; aplicar, usando la lámina de formación, una presión de formación a la lámina de interposición termoplástica; empujar la lámina de interposición termoplástica contra el mandril en respuesta a la aplicación de la presión de formación; permitir que la lámina de interposición termoplástica se enfríe a temperatura ambiente; y retirar el mandril, formando de ese modo una parte de tubo.

Ventajosamente el método incluye además la etapa de: proporcionar la lámina de formación como una lámina elástica que puede estirarse.

Ventajosamente el método incluye además la etapa de: sellar la lámina de formación al mandril.

Ventajosamente el método incluye además la etapa de: aplicar una presión a vacío a una región entre la lámina de formación y el mandril.

Ventajosamente el método incluye además las etapas de: formar al menos dos de las partes de tubo; y acoplar las partes de tubo en conjunto para formar un tubo estructural.

Según un aspecto adicional de la presente divulgación se proporciona un método de formación de un conducto, que incluye las etapas de: colocar una lámina de interposición termoplástica sustancialmente plana en un mandril; calentar la lámina de interposición termoplástica; empujar la lámina de interposición termoplástica contra el mandril; permitir que la lámina de interposición termoplástica se enfríe; retirar el mandril, formando de ese modo una parte de tubo; formar un orificio en la parte de tubo; y unir una acometida de tubo tubular hueca a la parte de tubo en alineación general con el orificio de manera que la acometida de tubo se extiende hacia fuera desde la parte de tubo.

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

Breve descripción de los dibujos

Estas y otras características de la presente divulgación resultarán más evidentes tras hacer referencia a los dibujos en los que números similares se refieren a partes similares en la totalidad del documento y en los que:

la figura 1 es una vista en perspectiva de una lámina de interposición termoplástica sustancialmente plana;

la figura 2 es una vista en perspectiva de una parte de la lámina de interposición termoplástica de la figura 1 y que ilustra un par de láminas de contacto consolidadas interconectadas por un núcleo;

la figura 3 es una vista en perspectiva de un sistema de formación en el que una lámina de interposición termoplástica está montada en una superficie de formación y que tiene un mandril montado en la lámina de interposición termoplástica anterior para formar la lámina de interposición termoplástica en forma de mandril;

la figura 4 es una vista de extremo del sistema de formación tomada a lo largo de la línea 4 de la figura 3 y que ilustra una forma en sección transversal redondeada del mandril y la lámina de interposición termoplástica sustancialmente plana;

la figura 5 es una vista de extremo del sistema de formación de la figura 4 y que ilustra una presión de formación aplicada a la lámina de interposición termoplástica para empujar la lámina de interposición termoplástica contra el mandril al tiempo que la lámina de interposición termoplástica se calienta;

la figura 6 es una vista de extremo del sistema de formación de la figura 5 y que ilustra la lámina de interposición termoplástica devanada alrededor del mandril;

la figura 7 es una vista en perspectiva de la lámina de interposición termoplástica formada en una parte de tubo;

la figura 8 es una vista de extremo del tubo estructural tomada a lo largo de la línea 8 de la figura 7 y que ilustra una separación entre un par opuesto de bordes laterales de tubo del tubo estructural;

la figura 9 es una vista en perspectiva de un tubo estructural que tiene un elemento de empalme longitudinal para interconectar los bordes laterales de tubo;

la figura 10 es una vista de extremo del tubo estructural tomada a lo largo de la línea 10 de la figura 9 y que ilustra el elemento de empalme que interconecta los bordes laterales de tubo;

la figura 11 es una vista ampliada del elemento de empalme tomada a lo largo de la línea 11 de la figura 10 y que ilustra el elemento de empalme que interconecta los bordes laterales de tubo;

la figura 12 es una vista de extremo del elemento de empalme tomada a lo largo de la línea 12 de la figura 11;

la figura 13 es una vista en perspectiva de un sistema de formación que ilustra una realización de un mandril que tiene una forma en sección transversal semirredondeada y que ilustra además una lámina de interposición termoplástica sustancialmente plana dispuesta por encima del mandril antes de la colocación de la misma en el mandril usando un par de dispositivos de alineación;

la figura 14 es una vista desde arriba de una parte del sistema de formación tomada a lo largo de la línea 14 de la figura 13 y que ilustra la lámina de interposición termoplástica colocada en el mandril y estando alineada con el mismo por medio de un pasador de mecanizado de mandril enganchado a una perforación en la lámina de interposición termoplástica;

la figura 15 es una vista de extremo del mandril tomada a lo largo de la línea 15 de la figura 14 y que ilustra la lámina de interposición termoplástica colocada en el mandril y que ilustra además una lámina de formación colocada sobre la lámina de interposición termoplástica y un perímetro de la lámina de formación estando sellado a la base de mandril;

la figura 16 es una vista de extremo del sistema de formación y que ilustra una presión a vacío aplicada a la lámina de formación para empujar la lámina de interposición termoplástica contra el mandril;

la figura 17 es una vista en perspectiva de un par de partes de tubo antes de unirse por medio de un par de elementos de empalme;

la figura 18 es una vista de extremo de un tubo estructural que ilustra el par de elementos de empalme que acoplan las partes de tubo en conjunto;

la figura 19 es una vista de extremo de un sistema de formación que incluye un mandril en una realización alternativa que tiene un par de apoyos de mandril formados en los lados de mandril opuestos;

la figura 20 es una vista de extremo del sistema de formación de la figura 20 y que ilustra un par de bordes de labio formados en los bordes laterales de tubo opuestos de la parte de tubo como resultado de empujar la lámina de interposición termoplástica contra los apoyos de mandril;

la figura 21 es una vista de extremo en despiece ordenado de un par de las partes de tubo en la que una de las partes de tubo tiene bordes de labio para acoplarse a los bordes rectos de una de las restante de las partes de tubo;

la figura 22 es una vista de extremo de un tubo estructural formado por el conjunto de las partes de tubo mostrado en la figura 21;

la figura 23 es una vista de extremo de un sistema de formación que incluye un mandril en una realización alternativa que tiene un apoyo de mandril formado en un lado del mandril;

la figura 24 es una vista de extremo del sistema de formación de la figura 23 y que ilustra un único borde de labio formado en uno de los bordes laterales de tubo de la parte de tubo;

la figura 25 es una vista de extremo en despiece ordenado de un par de partes de tubo en la que cada una de las partes de tubo tiene un borde de labio y un borde recto;

la figura 26 es una vista de extremo de un tubo estructural formado mediante el ensamblado de las partes de tubo mostradas en la figura 25;

la figura 27 es una vista de extremo de una realización alternativa de un tubo estructural formado en una configuración circular y que tiene un borde de labio acoplado a un borde recto;

la figura 28 es una vista en perspectiva de un tubo estructural que tiene una acometida de tubo montada en el mismo;

la figura 29 es una vista en sección transversal del tubo estructural tomada a lo largo de la línea 29 de la figura 28 y que ilustra la unión de la acometida de tubo a la parte de tubo;

la figura 30 es un diagrama de flujo que incluye una o más operaciones que pueden incluirse en un método para formar una parte de tubo;

la figura 31 es un diagrama de flujo de un método de producción y servicio de aeronave; y

la figura 32 es un diagrama de bloques de una aeronave.

Descripción detallada

Ahora, haciendo referencia a los dibujos en los que lo que se muestra es con fines de ilustración de diversas realizaciones de la presente divulgación, en la figura 1 se muestra una lámina 106 de interposición termoplástica sustancialmente plana o con forma sustancialmente plana tal como puede formarse en un tubo 102 estructural (figura 10). El tubo 102 estructural puede implementarse en una variedad de aplicaciones que incluyen, pero no se limitan a, implementación como un conducto 180 (figura 28) de un sistema de control de entorno (no mostrado) de una aeronave (no mostrada). El tubo 102 estructural puede formarse devanando la lámina 106 de interposición termoplástica sustancialmente plana alrededor de un mandril 200 (figura 3) al tiempo que se calienta la lámina 106 de interposición termoplástica próxima a una temperatura de transición vítrea de la lámina 106 de interposición termoplástica. Tras devanar la lámina 106 de interposición termoplástica alrededor del mandril 200, la lámina 106 de interposición termoplástica puede enfriarse de manera pasiva y/o activa y el mandril 200 puede retirarse para formar de ese modo una parte 104 de tubo (figura 6). Una o más de las partes 104 de tubo pueden ensamblarse tal como usando uno o más elementos 142 de empalme longitudinales (figura 10) para formar un tubo 102 estructural. Antes del ensamblado, una o más de las partes 104 de tubo pueden cortarse y puede ajustarse una separación 124 (figura 10) entre los bordes 122 laterales (figura 10) de manera que puede lograrse una anchura 138 de tubo final (figura 10) o diámetro de tubo final deseados.

En la figura 1, la lámina 106 de interposición termoplástica sustancialmente plana puede proporcionarse como una lámina disponible comercialmente en un tamaño habitual y que puede recortarse a una forma y tamaño deseados

antes de formar una parte 104 de tubo (figura 6). La lámina 106 de interposición termoplástica puede proporcionarse en una forma ortogonal tal como una forma rectangular con extremos 112 de lámina opuestos y lados 114 de lámina opuestos tal como se ilustra en la figura 1. Sin embargo, la lámina 106 de interposición termoplástica puede proporcionarse en cualquier tamaño, forma, y configuración y no se limita a una forma ortogonal que tiene, generalmente, lados rectos.

En la figura 2, la lámina 106 de interposición termoplástica puede comprender un par de láminas 108 de contacto separadas y un núcleo 110 que interconecta las láminas 108 de contacto. Ambas láminas 108 de contacto y el núcleo 110 se forman a partir de material termoplástico. Las láminas 108 de contacto pueden formarse a partir de material termoplástico preconsolidado que puede incluir, opcionalmente, refuerzo de fibra. Por ejemplo, las láminas 108 de contacto pueden formarse a partir de polieterimida (PEI) que puede reforzarse, opcionalmente, con fibras tales como fibras de vidrio, fibras de carbono, fibras de aramida, u otros tipos de fibras, sin limitación. En una realización, las láminas 108 de contacto termoplásticas pueden reforzarse con material textil estructural tal como material textil de vidrio tejido para mejorar las propiedades mecánicas de las láminas 108 de contacto. Por ejemplo, el material textil de fibra de vidrio tejido puede mejorar las capacidades de resistencia y/o la resistencia frente a impactos de las láminas 108 de contacto. Cada una de las láminas 108 de contacto puede tener un grosor de entre aproximadamente 0,05 – 0,30 cm (0,02 – 0,12 pulgadas). Sin embargo, las láminas 108 de contacto pueden proporcionarse en cualquier grosor, sin limitación.

En la figura 2, el núcleo 110 también puede estar formado a partir de material termoplástico. Por ejemplo, el núcleo 110 puede formarse a partir de polieterimida (PEI), y puede proporcionarse en cualquier tamaño, forma, y configuración, sin limitación. En una realización, el núcleo 110 puede comprender un núcleo de espuma termoplástico. Alternativamente, el núcleo 110 puede comprender un núcleo tubular termoplástico tal como un núcleo de panal de abeja termoplástico en el que las celdas de panal de abeja pueden estar orientadas, generalmente, de manera ortogonal con respecto a un plano de las láminas 108 de contacto. En una realización, la lámina 106 de interposición termoplástica puede comprender un panel de interposición de núcleo rígido de panal de abeja Cetex System3™, disponible comercialmente en TenCate Advanced Composites de Nijverdal, Holanda. En una realización, la PEI puede comprender material termoplástico Última™ que puede estar disponible comercialmente en Saudi Basic Industries Corporation de Riyadh, Arabia Saudí.

Sin embargo, la lámina 106 de interposición termoplástica puede formarse de cualquier tipo de material termoplástico, sin limitación. A este respecto, las láminas 108 de contacto y/o el núcleo 110 de la lámina 106 de interposición termoplástica puede formarse de cualquiera de los siguientes tipos de material termoplástico o cualquier combinación de los mismos: acrílico, nailon, fluorocarburos, poliamidas, polietilenos, poliésteres, polipropilenos, policarbonatos, poliuretanos, polieteretercetona, y polietercetonacetona. En una realización, el núcleo 110 de la lámina 106 de interposición termoplástica puede tener un grosor de entre aproximadamente 0,34 – 2,54 cm (0,12 – 1,0 pulgadas). Sin embargo, el núcleo 110 puede proporcionarse en cualquier grosor, sin limitación.

En la figura 3, se muestra un sistema 100 de formación que comprende una superficie 228 de formación y que tiene una lámina 106 de interposición termoplástica soportada sobre la superficie 228 de formación. Un mandril 200 se coloca en la lámina 106 de interposición termoplástica. El mandril 200 puede representar la forma final del tubo 102 estructural (figura 10). El mandril 200 puede formarse en una forma en sección transversal redondeada de única curva tal como la forma cilíndrica ilustrada en la figura 3. Sin embargo, el mandril 200 puede formarse en formas 208 de mandril diferentes a la forma cilíndrica. Por ejemplo, la forma 208 de mandril puede comprender una forma 212 en sección transversal semirredondeada (figura 13), una forma facetada (no mostrada) que tiene uno o más lados relativamente rectos, o la forma 208 de mandril puede comprender cualquiera de una variedad de otras formas.

Un dispositivo 226 de calentamiento puede incluirse con el sistema 100 de formación para elevar la temperatura de la lámina 106 de interposición termoplástica hasta una temperatura que se aproxima a una temperatura de transición vítrea del material termoplástico. Por ejemplo, el mandril 200 puede incluir un dispositivo 226 de calentamiento (figura 4) para elevar la temperatura de la lámina 106 de interposición termoplástica. El calor del mandril 200 puede transferirse de manera conductora a la lámina 106 de interposición termoplástica para elevar y/o mantener la temperatura de la lámina 106 de interposición termoplástica al tiempo que la lámina 106 de interposición termoplástica se empuja hacia el mandril 200 o se devana alrededor del mandril 200. Opcionalmente, el sistema 100 de formación puede transferirse a un horno (no mostrado) para elevar la temperatura del mandril 200, elevar la temperatura de la lámina 106 de interposición termoplástica, o elevar la temperatura de cualquier otro aparato que pueda estar asociado con el sistema 100 de formación.

La figura 4 es una vista de extremo del sistema 100 de formación de la figura 3. La lámina 106 de interposición termoplástica puede incluir una superficie 118 interior de lámina y una superficie 120 exterior de lámina. La superficie 120 exterior de lámina puede disponerse en contacto de tope con una superficie de soporte tal como la base 202 de mandril de manera que el calor puede transferirse de manera conductora desde la base 202 de mandril hasta la lámina 106 de interposición termoplástica. La superficie 118 interior de lámina puede estar en contacto con la superficie 204 de mandril (figura 13). El mandril 200 puede estar centrado, generalmente, entre los lados 114 de lámina de la lámina 106 de interposición termoplástica.

La figura 5 es una vista de extremo del sistema 100 de formación que ilustra la presión 400 de formación aplicada a la lámina 106 de interposición termoplástica. La presión 400 de formación puede aplicarse mediante cualquiera de una variedad de diferentes medios incluyendo mediante una lámina 406 elástica de formación (figura 15). Cuando la lámina 106 de interposición termoplástica se aproxima a la temperatura de transición vítrea, el material termoplástico de la misma puede reblandecerse para permitir que la lámina 106 de interposición termoplástica conforme lentamente la forma del mandril 200 bajo la presión 400 de formación. A medida que se tira de la lámina 106 de interposición termoplástica hacia el mandril 200, una parte cada vez mayor de la superficie 118 interior de lámina puede entrar en contacto con la superficie 204 de mandril (figura 13). El calor generado por un dispositivo 226 de calentamiento de mandril 200 puede transferirse de manera conductora a la lámina 106 de interposición termoplástica para mantener la temperatura de la misma aproximadamente por debajo de la temperatura de transición vítrea tal como entre -18 y 10º C (0-50 ºF) de la temperatura de transición vítrea.

La figura 6 es una vista de extremo del sistema 100 de formación que ilustra la totalidad sustancial de la lámina 106 de interposición termoplástica devanada alrededor del mandril 200 y o que se conforma a la forma 208 de mandril. A este respecto, la lámina 106 de interposición termoplástica se forma en una parte 104 de tubo que contiene la forma de la superficie 204 de mandril (figura 13). La lámina 106 de interposición termoplástica puede dimensionarse de manera que una anchura a través de los lados 114 de lámina (figura 4) da como resultado la disposición de los bordes 122 laterales de tubo opuestos en proximidad relativamente cercana entre sí. De esta manera, un tubo 102 estructural puede formarse instalando un elemento 142 de empalme longitudinal (figura 10) para conectar los bordes 122 laterales de tubo entre sí.

La figura 7 muestra la parte 104 de tubo con el mandril 200 (figura 6) retirada tras enfriarse la parte 104 de tubo de manera pasiva o activa a una temperatura deseada. El enfriamiento pasivo puede comprender detener la aplicación de calor a la lámina 106 de interposición termoplástica y permitir que la lámina 106 de interposición termoplástica se enfríe a temperatura ambiente al tiempo que la lámina 106 de interposición termoplástica se mantiene en la forma del mandril 200 mostrada en las figuras 4-6. El enfriamiento activo puede incluir el uso de un dispositivo de enfriamiento (no mostrado) tal como un ventilador para soplar aire sobre la lámina 106 de interposición termoplástica. El enfriamiento activo también puede incluir hacer circular fluido de enfriamiento (no mostrado) a través del mandril 200, u otros medios de enfriamiento pasivos o activos.

La figura 8 es una vista ampliada de una sección de la parte 104 de tubo de la figura 7 y que ilustra los bordes 122 laterales de tubo y una separación 124 entre los mismos. Tras formar la parte 104 de tubo, la separación 124 entre los bordes 122 laterales de tubo puede ajustarse con el fin de lograr una dimensión deseada de la parte 104 de tubo. Por ejemplo, la separación 124 entre los bordes 122 laterales de tubo puede ajustarse para lograr una anchura 138 de tubo deseada (figura 18) o un diámetro de tubo deseado de la superficie 134 interior de tubo tal como se describe en mayor detalle a continuación.

La figura 9 es una vista en perspectiva de un tubo 102 estructural que comprende una parte 104 de tubo y un elemento de empalme longitudinal 142 para acoplar los bordes 122 laterales de tubo en conjunto para formar una junta 154 de tubo. La parte 104 de tubo tiene extremos 132 de tubo opuestos. Además, la parte 104 de tubo tiene una superficie 134 interior de tubo y una superficie 136 exterior de tubo. Aunque el elemento 142 de empalme se muestra como una estructura unitaria que se extiende a lo largo de la longitud del tubo 102 estructural, dos o más elementos 142 de empalme individuales pueden disponerse en disposición extremo con extremo a lo largo de una longitud de la parte 104 de tubo para unir los bordes 122 laterales de tubo.

La figura 10 es una vista de extremo del tubo 102 estructural de la figura 9. El elemento 142 de empalme se muestra en una realización que comprende una sección 144 en H que tiene una pestaña 146 interior y una pestaña 148 exterior interconectadas por una parte 150 central. La anchura 138 de tubo (por ejemplo, diámetro de tubo) (figura 18) puede definirse por la superficie 134 interior de tubo y puede ajustarse ajustando la separación 124 entre los bordes 122 laterales de tubo. La separación 124 puede ajustarse moviendo los bordes 122 laterales de tubo más próximos en conjunto o más alejados hasta que se logra una anchura 138 de tubo deseada. Tras formar la parte 104 de tubo, uno o más de los bordes 122 laterales de tubo también pueden cortarse para controlar adicionalmente la separación 124 entre los bordes 122 laterales de tubo.

En la figura 11, la pestaña 146 interior del elemento 142 de empalme puede sujetarse a la superficie 134 interior de tubo en los bordes 122 laterales de tubo tal como mediante unión adhesiva o soldando la pestaña 146 interior a la superficie 134 interior de tubo. Del mismo modo, la pestaña 148 exterior puede unirse de manera adhesiva o soldarse a la superficie 136 exterior de tubo. La parte 150 central también puede unirse a los bordes 122 laterales de tubo tal como mediante unión adhesiva o soldadura. Ejemplos no limitativos de métodos para acoplar los bordes 122 laterales de tubo al elemento 142 de empalme incluyen sujeción mecánica, unión adhesiva usando una capa 152 adhesiva termoplástica, y/o mediante soldadura ultrasónica, soldadura por inducción, o cualquiera de una variedad de otros métodos de unión o combinación de métodos.

En la figura 12, se muestra una realización del elemento 142 de empalme configurado como una sección 144 en H que tiene una pestaña 146 interior y una pestaña 148 exterior unidas mediante una parte 150 central. Sin embargo, el elemento 142 de empalme puede proporcionarse en cualquier configuración de sección transversal para acoplar los bordes 122 laterales de tubo (figura 11) en conjunto para formar una junta 154 de tubo (figura 11) y no se limita a la

sección 144 en H ilustrada en las figuras. Por ejemplo, el elemento 142 de empalme puede estar configurado como una única pestaña 148 exterior sin una parte 150 central o una pestaña 146 interior. Alternativamente, el elemento 142 de empalme puede estar configurado como una parte 150 central sin una pestaña 148 exterior o una pestaña 146 interior.

En una realización, el elemento 142 de empalme puede formarse de material polimérico tal como polieterimida (PEI). Sin embargo, el elemento 142 de empalme puede formarse, opcionalmente, a partir de material metálico, o cualquier otro material o combinación de materiales. El material de elemento 142 de empalme es compatible, preferiblemente, con la lámina 106 de interposición termoplástica (figura 11). A este respecto, el elemento 142 de empalme se forma, preferiblemente, a partir de un material que tiene un coeficiente de expansión térmica que es compatible con el coeficiente de expansión térmica de la lámina 106 de interposición termoplástica con el fin de minimizar tensiones residuales que pueden producirse de otro modo durante las fluctuaciones de temperatura cuando el tubo 102 estructural (figura 11) se pone en servicio. Además, el elemento 142 de empalme se forma, preferiblemente, a partir de material que minimiza la aparición de corrosión galvánica entre el elemento 142 de empalme y las láminas 108 de contacto (figura 3) de la lámina 106 de interposición termoplástica.

La figura 13 es una vista en perspectiva de una realización de un sistema 100 de formación (figura 3) para formar la lámina 106 de interposición termoplástica para dar una parte 104 de tubo y que ilustra una lámina 106 de interposición termoplástica sustancialmente plana dispuesta por encima del mandril 200 antes de la colocación de la lámina 106 de interposición termoplástica en el mandril 200 para formación . El mandril 200 se muestra que tiene una forma 212 en sección transversal semirredondeada y una base 202 de mandril generalmente plana. El mandril 200 y la base 202 de mandril pueden comprender parte de una mesa de formación (no mostrada) para formar la lámina 106 de interposición termoplástica. El mandril 200 puede proporcionarse en una configuración hueca o en una configuración maciza y puede formarse por cualquier material que sea compatible con la temperatura a la que se calienta la lámina 106 de interposición termoplástica para permitir la formación por fluencia. Por ejemplo, el mandril 200 puede formarse a partir de madera, material metálico (por ejemplo, aluminio, hierro tal como acero, invar), material compuesto, material de cerámica, o cualquier otro material o combinación de materiales. Ventajosamente, dado que la lámina 106 de interposición termoplástica se mantiene a una temperatura que se encuentra, preferiblemente, por debajo de la temperatura de transición vítrea, puede no requerirse una liberación de molde (no mostrada). Sin embargo, para determinadas aplicaciones o combinaciones de material, puede aplicarse una liberación de molde al mandril 200 antes de montar la lámina 106 de interposición termoplástica en el mandril 200.

En la figura 13, la lámina 106 de interposición termoplástica puede incluir un conjunto de líneas 140 de corte netas que indican ubicaciones en donde la parte 104 de tubo (figura 17) puede cortarse según la formación de la parte 104 de tubo. El mandril 200 puede incluir uno o más dispositivos 220 de alineación para mantener la alineación longitudinal de la lámina 106 de interposición termoplástica con respecto al mandril 200 al tiempo que se empuja la lámina 106 de interposición termoplástica contra el mandril 200. Los dispositivos 220 de alineación pueden estar configurados de manera que la lámina 106 de interposición termoplástica puede acoplarse de manera extraíble al mandril 200. Por ejemplo, los dispositivos 220 de alineación pueden comprender un par de pasadores 222 de mecanización que pueden extenderse hacia arriba o hacia fuera desde la superficie 204 de mandril. Los pasadores 222 de mecanización pueden colocarse a lo largo de una línea 224 tangente definida como una línea a lo largo de la que la lámina 106 de interposición termoplástica sustancialmente plana entra en contacto inicialmente con el mandril 200. Los pasadores 222 de mecanización pueden dimensionarse y configurarse para recibirse dentro de un par de perforaciones 116 correspondientes que pueden formarse al menos parcialmente a través de la lámina 106 de interposición termoplástica. En la realización mostrada, las perforaciones 116 pueden colocarse, ventajosamente, fuera de las líneas 140 de corte netas en extremos 112 de lámina opuestos de la lámina 106 de interposición termoplástica.

La figura 14 es una vista desde arriba de la lámina 106 de interposición termoplástica colocada en el mandril 200. La superficie 118 interior de lámina (figura 15) puede estar en contacto con la superficie 204 de mandril (figura 15) a lo largo de la línea 224 tangente. La alineación de la lámina 106 de interposición termoplástica con el mandril 200 puede mantenerse mediante el enganche de los pasadores 222 de mecanización dentro de las perforaciones 116 de la lámina 106 de interposición termoplástica. Aunque los dispositivos 220 de alineación se ilustran como pasadores 222 de mecanización en las figuras, los dispositivos 220 de alineación pueden proporcionarse en cualquiera de una variedad de configuraciones diferentes y no se limitan a pasadores 222 de mecanización. Además, los dispositivos 220 de alineación pueden ubicarse en cualquier posición a lo largo de la lámina 106 de interposición termoplástica y no se limitan a ubicaciones fuera de las líneas 140 de corte netas. Además, aunque se muestran un par de los dispositivos 220 de alineación en las figuras, puede proporcionarse cualquier número de dispositivos 220 de alineación.

La figura 15 es una vista de extremo del sistema 100 de formación que muestra la lámina 106 de interposición termoplástica montada en el mandril 200 y en contacto con el mandril 200 en la línea 140 de corte neta (figura 14). El mandril 200 se muestra como que tiene una superficie 204 de mandril con una forma generalmente redondeada. Sin embargo, la superficie 204 de mandril puede proporcionarse en cualquier forma en sección transversal simplemente curva o solamente curva que incluye, pero no se limita a, una forma 210 en sección transversal redondeada (la forma en sección transversal cilíndrica de la figura 3) (figura 6), una forma 212 en sección transversal semirredondeada (figura 13), una forma en sección trasversal facetada (no mostrada), u otras formas tales como una forma elíptica (no mostrada), una forma cuadrada redondeada (no mostrada), una forma rectangular redondeada (no mostrado), o cualquier otra forma en sección transversal, sin limitación.

La figura 15 ilustra un dispositivo 404 de presurización configurado como una lámina 406 de formación para empujar la lámina 106 de interposición termoplástica en la forma del mandril 200. La lámina 406 de formación puede estar colocada sobre la lámina 106 de interposición termoplástica para ayudar a aplicar presión 400 de formación (figura 16) para empujar la lámina 106 de interposición termoplástica contra la superficie 204 de mandril. La presión 400 de formación también puede incluir fuerza 402 gravitacional que puede actuar sobre la lámina 106 de interposición termoplástica una vez que la lámina 106 de interposición termoplástica se calienta hasta una temperatura que se aproxima a la temperatura de transición vítrea. La presión 400 de formación puede provocar que la lámina 106 de interposición termoplástica se conforme gradualmente a la forma 208 de mandril.

En una realización, la lámina 406 de formación puede estar comprendida por material elástico que puede estirarse tal como una capa 410 de caucho tal como caucho de silicona. La lámina 406 elástica de formación puede estirarse previamente. Un perímetro de la lámina de formación puede estar montado en un armazón 408 relativamente rígido que puede disponerse contra o sellarse a la base 202 de mandril. A este respecto, la lámina 406 elástica de formación (por ejemplo, la capa 410 de caucho) puede sellarse a la base 202 de mandril. El estirado previo de la lámina 406 de formación puede dar como resultado una fuerza elastomérica (no mostrada) que puede ayudar a empujar la lámina 106 de interposición termoplástica contra la superficie 204 de mandril. Una o más aberturas 414 de vacío pueden acoplarse en comunicación de fluido a la lámina 406 de formación y/o a la base 202 de mandril para extraer un vacío en la región entre la lámina 406 de formación y el mandril 200. Un indicador 416 de vacío puede incluirse para monitorizar la presión 412 a vacío.

La figura 16 ilustra la aplicación de presión 412 a vacío a la región entre la lámina 406 de formación (por ejemplo, la capa 410 de caucho) y el mandril 200. La presión 412 a vacío puede empujar la lámina 106 de interposición termoplástica hacia el mandril 200 durante la formación por fluencia para provocar que la lámina 106 de interposición termoplástica se devane alrededor del mandril 200. La formación puede verse ayudada por la fuerza 402 gravitacional (figura 15). La formación de la lámina 106 de interposición termoplástica contra el mandril 200 puede producirse cuando la lámina 106 de interposición termoplástica se aproxima a la temperatura de transición vítrea de la misma. Para una lámina 106 de interposición termoplástica comprendida por PEI, la temperatura de transición vítrea puede ser de aproximadamente 213º C (415 ºF) de manera que la lámina 106 de interposición termoplástica pude calentarse hasta aproximadamente 149-177º C (300-350 ºF).

La lámina 106 de interposición termoplástica puede calentarse mediante cualquiera de una variedad de medios. Por ejemplo, la lámina 106 de interposición termoplástica puede colocarse en un horno como componente independiente, o la lámina 106 de interposición termoplástica puede estar montada en el mandril 200 y el mandril 200 y la lámina 106 de interposición termoplástica pueden colocarse en el interior de un horno. Alternativa o adicionalmente, la lámina 106 de interposición termoplástica puede calentarse con un dispositivo 226 de calentamiento (figura 23) tal como una placa de calentamiento que puede aplicarse a la lámina 106 de interposición termoplástica o a la lámina 406 de formación. Por ejemplo, la placa de calentamiento puede comprender un elemento de calentamiento de resistencia que puede colocarse en la parte superior de la lámina 406 de formación. El calor procedente del dispositivo 226 de calentamiento puede calentar de manera conductora la lámina 406 de formación que, a su vez, puede calentar de manera conductora la lámina 106 de interposición termoplástica. El mandril 200 puede calentarse, opcionalmente, con el fin de ayudar a mantener la lámina 106 de interposición termoplástica a la temperatura deseada durante el procedimiento de formación. Sin embargo, la lámina 106 de interposición termoplástica puede calentarse mediante cualquiera de una variedad de medios que incluyen, pero no se limitan a, calentamiento por inducción, calentamiento por radiación, u otros métodos de calentamiento.

La figura 17 ilustra un par de partes 104 de tubo que pueden formarse usando el mandril 200 ilustrado en las figuras 13-16. Las partes 104 de tubo pueden ensamblarse para formar un tubo 102 estructural (figura 11). Cada una de las partes 104 de tubo se muestra como que tiene bordes 122 laterales de tubo. Cada uno de los bordes 122 laterales de tubo se muestra que tiene una configuración de borde 126 recto (figura 18). Tal como se indicó anteriormente, los bordes 122 laterales de tubo pueden cortarse antes de ensamblar las partes 104 de tubo.

La figura 18 es una vista de extremo del tubo 102 estructural que puede formarse ensamblando el par de partes 104 de tubo ilustrado en la figura 17. La posición relativa de las partes 104 de tubo puede ajustarse con el fin de lograr una separación 124 deseada entre los bordes 122 laterales de tubo en cada lado del tubo 102 estructural. El ajuste de separación 124 también puede facilitarse cortando los bordes 122 laterales de tubo tal como se indicó anteriormente. Ajustando la separación 124 entre los bordes 122 laterales de tubo, puede lograrse una anchura predeterminada de tubo 138 (figura 18). Por ejemplo, para el tubo 102 estructural con forma cilíndrica ilustrado en la figura 18, la separación 124 puede ajustarse para lograr un diámetro 138 interior de tubo deseado del tubo 102 estructural. Los bordes 122 laterales de tubo pueden acoplarse en conjunto usando un par de elementos 142 de empalme para formar una junta 154 de tubo en cada lado del tubo 102 estructural. Tal como se indicó anteriormente, los elementos 142 de empalme pueden unirse a los bordes 122 laterales de tubo mediante cualquier medio de sujeción adecuado tal como aplicando una capa 152 adhesiva entre los elementos 142 de empalme y las partes 104 de tubo.

La figura 19 es una vista de extremo del mandril 200 en una realización que tiene un par de apoyos 206 de mandril colocados en cada lado del mandril 200. La lámina 406 de formación de la figura 15-16 se omite de la figura 19 por motivos de claridad. Los apoyos 206 de mandril pueden comprender tiras independientes (no mostradas) que pueden unirse de manera independiente (por ejemplo, mediante sujeción mecánica) al mandril 200 de manera que los apoyos

206 de mandril pueden extraerse. Alternativamente, los apoyos 206 de mandril pueden formarse de manera solidaria con el mandril 200 de manera que el mandril 200 comprende una estructura unitaria.

La figura 20 ilustra la lámina 106 de interposición termoplástica formada sobre el mandril 200 en una parte 104 de tubo. La parte 104 de tubo incluye un par de bordes 128 de labio formados en los bordes 122 laterales de tubo opuestos. Los bordes 128 de labio pueden formarse en la parte 104 de tubo como resultado de empujar los bordes 122 laterales de tubo contra los apoyos 206 de mandril bajo la aplicación de presión 400 de formación (figura 16). Tal como se indicó anteriormente, tal presión 400 de formación puede aplicarse mediante una lámina 406 de formación (figura 15).

La figura 21 es una vista de extremo en despiece ordenado de un par de partes 104 de tubo. La superior de las partes 104 de tubo tiene bordes 128 de labio que se extienden a lo largo de los bordes 122 laterales de tubo tal como puede formarse usando el mandril 200 de la figura 20. La inferior de las partes 104 de tubo tiene bordes 126 rectos que se extienden a lo largo de los bordes 122 laterales de tubo tal como puede formarse usando el mandril 200 de la figura 15. Los bordes 128 de labio pueden facilitar el acoplamiento de las partes 104 de tubo en conjunto sin el uso de elementos 142 de empalme (figura 18).

La figura 22 muestra un tubo 102 estructural formado ensamblando las partes 104 de tubo de la figura 21. En cada lado del tubo 102 estructural, el borde 128 de labio puede disponerse en relación 130 de solapado con el borde 126 recto. Los bordes 126 rectos de la parte 104 de tubo pueden cortarse de manera que puede lograrse una anchura 138 de tubo deseada (por ejemplo, diámetro interior de tubo) en el tubo 102 estructural. Una capa 152 adhesiva puede instalarse entre el borde 128 de labio y el borde 126 recto para facilitar la unión adhesiva entre los mismos. De esta manera, el tubo 102 estructural puede ensamblarse sin elementos 142 de empalme (figura 18) lo que podría simplificar el procedimiento de ensamblado y reducir la cantidad de partes.

La figura 23 es una vista de extremo de un mandril 200 en una realización que tiene un único apoyo 206 de mandril en un lado del mandril 200. Tal como se indicó anteriormente, el apoyo 206 de mandril puede comprender una tira independiente (no mostrada) que puede unirse de manera independiente al mandril 200, o el apoyo 206 de mandril puede formarse de manera solidaria con el mandril 200. La lámina 406 de formación (figura 15-16) se omite de la figura 23 por motivos de claridad.

La figura 24 muestra la lámina 106 de interposición termoplástica formada sobre el mandril 200. La parte 104 de tubo incluye un único borde 128 de labio formado en uno de los bordes 122 laterales de tubo opuestos de la parte 104 de tubo. El borde 128 de labio puede formarse en el borde 122 lateral de tubo en respuesta a la presión 400 de formación que empuja el borde 122 lateral de tubo contra el apoyo 206 de mandril.

La figura 25 es una vista de extremo en despiece ordenado de un par de partes 104 de tubo. Cada una de las partes 104 de tubo tiene un borde 128 de labio y un borde 126 recto. La parte 104 de tubo superior está orientada con respecto a la parte 104 de tubo inferior de manera que los bordes 128 de labio se disponen opuestos a los bordes 126 rectos.

La figura 26 ilustra un tubo 102 estructural formado ensamblando las partes 104 de tubo mostradas en la figura 25. Cada uno de los bordes 128 de labio se dispone en relación 130 de solapado a un borde 126 recto y pueden unirse en conjunto usando una capa 152 adhesiva. Tal como se indicó anteriormente, uno o más de los bordes 126 rectos pueden cortarse para lograr una anchura 138 de tubo deseada en el tubo 102 estructural. Aunque el tubo 102 estructural se ensambla con dos (2) de las partes 104 de tubo, el tubo 102 estructural puede ensamblarse usando tres (3) o más partes 104 de tubo para formar un tubo 102 estructural cerrado. Las partes 104 de tubo pueden formarse de manera similar o las partes 104 de tubo pueden tener formas diferentes.

La figura 27 muestra un tubo 102 estructural formado a partir de una única parte 104 de tubo. La parte 104 de tubo puede tener una forma en sección transversal generalmente circular y puede incluir un borde 128 de labio acoplado en relación de solapado a un borde 126 recto. El borde 128 de labio puede acoplarse al borde 126 recto por medio de una capa 152 adhesiva que puede instalarse entre los mismos. Ventajosamente, la configuración de tubo 102 estructural mostrada en la figura 27 simplifica significativamente el procedimiento de ensamblado debido a la mínima cantidad de partes.

La figura 28 muestra un tubo 102 estructural configurado como un conducto 180 tal como puede usarse en un sistema de control de entorno de una aeronave. El conducto 180 incluye una parte 104 de tubo que tiene bordes 122 laterales de tubo que se unen mediante un elemento 142 de empalme. El conducto 180 puede incluir una acometida 184 de tubo que puede sujetarse a la parte 104 de tubo y puede sobresalir hacia fuera desde el conducto 180. El conducto 180 puede facilitar el enrutado del aire acondicionado desde el conducto principal del tubo 102 estructural hasta una salida (no mostrada) tal como pudiendo ubicarse por encima de un asiento de pasajero (no mostrado) de una aeronave de pasajeros (no mostrada). Aunque la figura 20 ilustra una única acometida 184 de tubo que se extiende hacia fuera desde el tubo 102 estructural, el conducto 180 puede incluir cualquier número de acometidas 184 de tubo que se extienden hacia fuera desde el tubo 102 estructural a cualquier orientación angular y en cualquier ubicación a lo largo de la longitud del tubo 102 estructural.

La figura 29 muestra una sección transversal del tubo 102 estructural en la unión de la acometida 184 de tubo al tubo 102 estructural. En una realización, la acometida 184 de tubo puede incluir una pestaña 186 de acometida de tubo para facilitar la unión de este acometida 184 de tubo al tubo 102 estructural. Por ejemplo, la acometida 184 de tubo puede estar formada por cualquier material adecuado que sea compatible con el material del tubo 102 estructural. Además, la pestaña 186 de acometida de tubo puede estar conformada de manera complementaria con la superficie 136 exterior de tubo. La pestaña 186 de acometida de tubo puede unirse al tubo 102 estructural mediante cualquier medio adecuado incluyendo mediante unión adhesiva, mediante soldadura, o mediante otros medios adecuados.

En la figura 30, se muestra un diagrama de flujo de un método 500 para formar un tubo 102 estructural (figura 10) a partir de una lámina 106 de interposición termoplástica (figura 10). Ventajosamente, el tubo 102 estructural tal como se forma mediante el método dado a conocer puede implementarse para usarse en una variedad de aplicaciones. Por ejemplo, el tubo 102 estructural puede implementarse para usarse como un conducto 180 de un sistema de control de entorno de una aeronave. Ventajosamente el método dado a conocer en el presente documento proporciona medios para formar tubos 102 estructurales a un coste significativamente reducido con respecto a los costes asociados con métodos de fabricación convencionales. Por ejemplo, el método proporciona medios para fabricar tubos 102 estructurales con costes de materias primas reducidos, costes de procesamiento reducidos, y costes de trabajo reducidos.

Además, el método dado a conocer en el presente documento proporciona un procedimiento simplificado para fabricar tubos 102 estructurales (figura 10) con capacidad de aislamiento térmico en una cantidad de tiempo reducida con respecto a métodos convencionales. Por ejemplo, el método dado a conocer en el presente documento evita la necesidad de unir de manera independiente aislamiento de espuma sobre un conjunto de conducto formado de manera independiente tal como se requiere por métodos de fabricación convencionales. Además, los tubos 102 estructurales fabricados usando los métodos dados a conocer en el presente documento pueden dar como resultado una cantidad reducida de desperdicios y chatarra. Además, los métodos dados a conocer en el presente documento pueden comprender un procedimiento que respeta el medio ambiente debido a la capacidad para reciclar y reformar material termoplástico no usado de la lámina 106 de interposición termoplástica (figura 10). Incluso, además, el método dado a conocer en el presente documento proporciona la capacidad para formar tubos 102 estructurales usando materiales termoplásticos que tienen características de rendimiento favorables con respecto a incendios, humo, y emisión de gas tóxico (FST) con respecto a materiales usados en procedimientos de formación de tubos convencionales.

La etapa 502 del método 500 (figura 30) puede incluir colocar una lámina 106 de interposición termoplástica sustancialmente plana en o contra un mandril 200 tal como se muestra en la figura 15. El mandril 200 puede proporcionarse en una forma en sección transversal simplemente curva o solamente curva. Sin embargo, se contempla que el mandril 200 también puede incluir una curvatura compuesta leve en la que la lámina termoplástica sustancialmente plana puede conformarse generalmente a la forma 208 de mandril sin que se produzcan arrugas o material en exceso.

La etapa 504 del método 500 (figura 30) puede incluir mantener la lámina 106 de interposición termoplástica en alineación longitudinal con el mandril 200. La alineación longitudinal puede mantenerse entre la lámina 106 de interposición termoplástica y el mandril 200 mediante uno de dispositivos 220 de alineación. Por ejemplo, la figura 13 ilustra uno o más pasadores 222 de mecanización que pueden extenderse hacia arriba desde el mandril 200 a lo largo de la línea 224 tangente en donde la lámina 106 de interposición termoplástica sustancialmente plana entra en contacto inicialmente con la superficie 204 de mandril. Los pasadores 222 de mecanización pueden recibirse dentro de un par de perforaciones 116 correspondientes que pueden formarse en la lámina 106 de interposición termoplástica. Los pasadores 222 de mecanización pueden estar configurados para permitir la retirada de la lámina 106 de interposición termoplástica del mandril 200 tras formar la lámina 106 de interposición termoplástica en forma del mandril 200.

La etapa 506 del método 500 (figura 30) puede incluir calentar la lámina 106 de interposición termoplástica (figura 14) a una temperatura por debajo de la temperatura de transición vítrea del material termoplástico a partir del que está comprendida la lámina 106 de interposición termoplástica. Tal como se indicó anteriormente, la lámina 106 de interposición termoplástica puede calentarse antes de empujar la lámina 106 de interposición termoplástica contra el mandril 200. Por ejemplo, la lámina 106 de interposición termoplástica puede calentarse colocando la lámina 106 de interposición termoplástica en un horno, y colocando la lámina 106 de interposición termoplástica en el mandril 200 tras calentar la lámina 106 de interposición termoplástica. La lámina 106 de interposición termoplástica también puede calentarse colocando la lámina 106 de interposición termoplástica sobre una superficie 228 de formación (figura 14) para transferir calor de manera conductora a la lámina 106 de interposición termoplástica antes de devanar la lámina 106 de interposición termoplástica alrededor del mandril 200 (figura 14).

Opcionalmente, el mandril 200 también puede calentarse para ayudar a mantener la temperatura de la lámina 106 de interposición termoplástica (figura 15) justo por debajo de la temperatura de transición vítrea o aproximándose a la temperatura de transición vítrea. La lámina 406 de formación (por ejemplo, capa 410 de caucho, figura 15) también puede calentarse para ayudar a calentar la lámina 106 de interposición termoplástica. Si la temperatura de transición vítrea de la lámina 106 de interposición termoplástica es de aproximadamente 149º C (300 ºF), la lámina 106 de interposición termoplástica puede calentarse a una temperatura que se encuentra en el intervalo entre aproximadamente -18 y 10º C (0 - 50 ºF) por debajo de la temperatura de transición vítrea.

La etapa 508 del método 500 (figura 30) puede incluir empujar la lámina 106 de interposición termoplástica sustancialmente plana contra la superficie 204 de mandril tal como se muestra en la figura 16. Por ejemplo, la lámina 106 de interposición termoplástica puede devanarse sustancialmente alrededor del mandril 200 para provocar que la lámina 106 de interposición termoplástica asuma generalmente la forma 208 de mandril. La presión 400 de formación (figura 16) puede aplicarse a la lámina 106 de interposición termoplástica mediante un dispositivo 404 de presurización. Por ejemplo, una lámina 406 de formación comprendida por material elástico que puede estirarse tal como una capa 410 de caucho de silicona que puede extenderse sobre la lámina 106 de interposición termoplástica. La presión 400 de formación puede generarse al menos parcialmente como resultado de una fuerza elastomérica que actúa sobre la lámina 106 de interposición termoplástica debido a un estiramiento previo opcional de la lámina 406 elástica de formación. Opcionalmente, la lámina 406 de formación puede estar montada en un armazón 408 generalmente rígido (figura 16) que puede sellarse al mandril 200 y/o a la base 202 de mandril tal como se muestra en la figura 16, para realizar el sellado de la lámina 400 elástica de formación (por ejemplo, capa 410 de caucho) al mandril 200 y/o base 202 de mandril. La presión 412 a vacío puede aplicarse a una región entre la lámina 406 de formación y el mandril 200 para empujar la lámina 106 de interposición termoplástica contra la superficie 204 de mandril.

La etapa 510 del método 500 (figura 30) puede incluir permitir que la lámina 106 de interposición termoplástica (figura 16) se enfríe. El enfriamiento de la lámina 106 de interposición termoplástica puede facilitarse mediante enfriamiento activo tal como con un dispositivo de enfriamiento (no mostrado). Por ejemplo, puede dirigirse un ventilador hacia el mandril 200 (figura 16) y/o parte 104 de tubo (figura 16) para soplar aire de enfriamiento sobre el mandril 200 y/o lámina 106 de interposición termoplástica para extraer el calor. Opcionalmente, el mandril 200 puede incluir provisiones para hacer circular fluido a través del mandril 200 para ayudar a extraer calor fuera del mandril 200 y la parte 104 de tubo. La lámina 106 de interposición termoplástica puede enfriarse de manera pasiva y/o activa tal como a temperatura ambiente.

La etapa 512 del método 500 (figura 30) puede incluir separar la parte 104 de tubo del mandril 200. La parte 104 de tubo (figura 18) puede mantener ventajosamente la forma 208 de mandril (figura 18) del mandril 200 con una recuperación elástica mínima o despreciable como resultado de la formación por fluencia de la lámina 106 de interposición termoplástica (figura 18) mediante el calentamiento de la lámina 106 de interposición termoplástica a una temperatura que se aproxima a la temperatura de transición vítrea. La parte 104 de tubo puede formarse con una configuración deseada de los bordes 122 laterales de tubo (figura 18). Por ejemplo, la figura 18 ilustra un tubo 102 estructural formado ensamblando un par de partes 104 de tubo teniendo cada una bordes 122 laterales de tubo formados en una configuración de borde 126 recto para facilitar el acoplamiento de los bordes 122 laterales de tubo usando elementos 142 de empalme.

En una realización adicional, la figura 22 ilustra un tubo 102 estructural que incluye una parte 104 de tubo que tiene bordes 128 de labio y una parte 104 de tubo coincidente que tiene bordes 126 rectos. Los bordes 128 de labio pueden hacerse coincidir con los bordes 126 rectos usando una capa 152 adhesiva para unirse entre los mismos. La figura 26 ilustra una realización adicional de un tubo 102 estructural que comprende un par de partes 104 de tubo configuradas de manera sustancialmente similar en las que cada parte 104 de tubo tiene un borde 128 de labio y un borde 126 recto para la unión adhesiva con una parte 104 de tubo coincidente. Tal como puede apreciarse, las partes 104 de tubo pueden formarse en una amplia variedad de configuraciones y no se limitan a las realizaciones ilustradas en las figuras.

La etapa 514 del método 500 (figura 30) puede incluir formar uno o más orificios 182 en una parte 104 de tubo tal como se muestra en la figura 28. El orificio 182 puede formarse en la parte 104 de tubo como parte del procedimiento de fabricar un conducto 180 tal como para un sistema de control de entorno de una aeronave u otro vehículo. Sin embargo, el orificio 182 puede generarse para cualquiera de una variedad de fines y no se limita a la fabricación de un conducto 180 para un sistema de control de entorno.

La etapa 516 del método 500 (figura 30) puede incluir unir una acometida 184 de tubo tubular hueca a la parte 104 de tubo. Por ejemplo, la figura 29 ilustra una acometida 184 de tubo montada en la parte 104 de tubo. El acometida 184 de tubo puede incluir una pestaña 186 de acometida de tubo que puede unirse de manera adhesiva o de otro modo unirse a la superficie 134 interior de tubo o la superficie 136 exterior de tubo de la parte 104 de tubo. El acometida 184 de tubo puede extenderse a través del orificio 182 en la parte 104 de tubo de manera que la acometida 184 de tubo sobresale hacia fuera desde la parte 104 de tubo y está alineado generalmente con el orificio 182.

En las figuras 31-32, pueden describirse las realizaciones de la divulgación en el contexto de un método 600 de servicio y fabricación de aeronave tal como se muestra en la figura 31 y una aeronave 602 tal como se muestra en la figura 32. Durante la producción previa, el método 600 a modo de ejemplo puede incluir especificación y diseño 604 de la aeronave 602 y obtención 606 de material. Durante la producción, tiene lugar la fabricación 608 de subconjuntos y componentes y la integración 610 de sistema de la aeronave 602. A continuación, la aeronave 602 puede someterse a certificación y entrega 612 con el fin de ponerse en servicio 614. Al tiempo que se encuentra en servicio por un usuario, la aeronave 602 se programa para servicios 616 y mantenimiento rutinarios (lo que también puede incluir modificación, reconfiguración, restauración, y así sucesivamente).

Cada uno de los procedimientos del método 600 puede realizarse o llevarse a cabo por un integrador de sistema, un tercero, y/o un operario (por ejemplo, un usuario). Con los fines de esta descripción, un integrador de sistema puede incluir sin limitación cualquier número de fabricantes de aeronave y subcontratistas del sistema principal; un tercero

puede incluir sin limitación cualquier número de comerciantes, subcontratistas, y proveedores; y un operario puede ser una aerolínea, sociedad de arrendamiento, entidad militar, organización de servicios, y así sucesivamente.

Tal como se muestra en la figura 32, la aeronave 602 producida por el método 600 a modo de ejemplo puede incluir un fuselaje 618 con una pluralidad de sistemas 620 y un interior 622. Ejemplos de sistemas 620 de alto nivel incluyen uno o más de un sistema 624 de propulsión, un sistema 626 eléctrico, un sistema 628 hidráulico, y un sistema 630 ambiental. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención pueden aplicarse a otros sectores, tales como el sector de la automoción.

El aparato y los métodos realizados en el presente documento pueden emplearse durante cualquiera o más de las etapas del método 600 de servicio y producción. Por ejemplo, componentes o subconjuntos correspondientes al proceso 608 de producción pueden fabricarse o realizarse de manera similar a componentes o subconjuntos producidos al tiempo que la aeronave 602 está en servicio. También, una o más realizaciones del aparato, realizaciones de método, o una combinación de las mismas puede utilizarse durante las etapas 608 y 610 de producción, por ejemplo, sustancialmente acelerando el ensamblaje de o reduciendo el coste de una aeronave 602. De manera similar, puede utilizarse una o más de realizaciones del aparato, realizaciones del método, o una combinación de las mismas al tiempo que la aeronave 602 se encuentra en servicio, por ejemplo y sin limitación, en servicios 616 y mantenimiento.

Modificaciones y mejoras adicionales de la presente divulgación pueden resultar evidentes para los expertos habituales en la técnica. Por tanto, la combinación particular de partes descritas e ilustradas en el presente documento está destinada a representar solo determinadas realizaciones de la presente divulgación y no está destinada a servir como limitación de realizaciones alternativas o dispositivos dentro del alcance de la divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Método de formación de un tubo (102), que comprende las etapas de:

empujar una lámina (106) de interposición termoplástica sustancialmente plana formada a partir de un material termoplástico contra un mandril (200);

calentar la lámina (106) de interposición termoplástica a una temperatura por debajo de una temperatura de transición vítrea del material termoplástico;

permitir que la lámina (106) de interposición termoplástica se enfríe; y

retirar el mandril (200), formando de ese modo una parte (104) de tubo.

2. Método según la reivindicación 1 que comprende además las etapas de:

formar la parte (104) de tubo con bordes (122) laterales de tubo; y

acoplar los bordes (122) laterales de tubo en conjunto para formar una junta (154) de tubo.

3. Método según la reivindicación 2 que comprende además la etapa de:

ajustar una separación (124) entre los bordes (122) laterales de tubo antes de acoplar los bordes (122) laterales de tubo en conjunto.

4. Método según la reivindicación 2 en el que la etapa de acoplar los bordes (122) laterales de tubo en conjunto comprende:

unir un elemento (142) de empalme a los bordes (122) laterales de tubo.

5. Método según la reivindicación 4 en el que la etapa de unir el elemento (142) de empalme se realiza usando al menos uno de los siguientes:

unión adhesiva;

soldadura ultrasónica;

soldadura por inducción; y

sujeción mecánica.

6. Método según la reivindicación 1 que comprende además las etapas de:

formar la parte (104) de tubo con bordes (122) laterales de tubo;

formar uno de los bordes (122) laterales de tubo como un borde (128) de labio;

formar uno restante de los bordes (122) laterales de tubo como un borde (126) recto;

solapar el borde (126) recto con el borde (128) de labio; y

acoplar el borde (128) recto al borde (128) de labio.

7. Método según la reivindicación 1 que comprende además las etapas de:

formar al menos dos de las partes (104) de tubo; y

acoplar un borde (126) recto de una de las partes (104) de tubo con un borde (128) de labio de otra de las partes (104) de tubo.

8. Método según la reivindicación 1 que comprende además las etapas de:

formar al menos dos de las partes (104) de tubo;

formar una de las partes (104) de tubo con bordes (122) laterales configurados como bordes (126) rectos;

formar otra de las partes (104) de tubo con bordes (122) laterales configurados como bordes (128) de labio; y

acoplar un borde (126) recto de una de las partes (104) de tubo con un borde (128) de labio de otra de las partes (104) de tubo.

9. Método según la reivindicación 1 en el que la etapa de empujar la lámina (106) de interposición termoplástica contra el mandril (200) comprende:

montar una lámina (406) de formación sobre la lámina (106) de interposición termoplástica;

aplicar, usando la lámina (406) de formación, una presión de formación a la lámina (106) de interposición termoplástica; y

empujar la lámina (106) de interposición termoplástica contra el mandril (200) en respuesta a la aplicación de la presión de formación.

10. Método según la reivindicación 9 en el que la etapa de montar una lámina (406) de formación sobre la lámina (106) de interposición termoplástica comprende:

instalar una capa (410) de caucho sobre la lámina (106) de interposición termoplástica;

sellar la capa (410) de caucho contra el mandril (200); y

aplicar una presión a vacío a una región entre la capa (410) de caucho y el mandril (200).

11. Método según la reivindicación 9 que comprende además las etapas de:

calentar la capa (410) de caucho; y

calentar de manera conductora la lámina (106) de interposición termoplástica en respuesta al calentamiento de la capa (410) de caucho.

12. Método según la reivindicación 1 en el que la etapa de calentar la lámina (106) de interposición termoplástica comprende:

calentar el mandril (200).

13. Método según la reivindicación 1 que comprende además las etapas de:

formar un orificio (182) en la parte (104) de tubo; y

unir una acometida (184) de tubo tubular hueca a la parte (104) de tubo de manera que la acometida (184) de tubo se extiende hacia fuera desde la parte (104) de tubo, estando la acometida (184) de tubo alineada generalmente con el orificio (182).

14. Método según la reivindicación 1 que comprende además la etapa de:

mantener, usando un dispositivo (220) de alineación, la lámina de interposición termoplástica en alineación longitudinal con el mandril (200) al tiempo que se empuja la lámina (106) de interposición termoplástica contra el mandril (200).

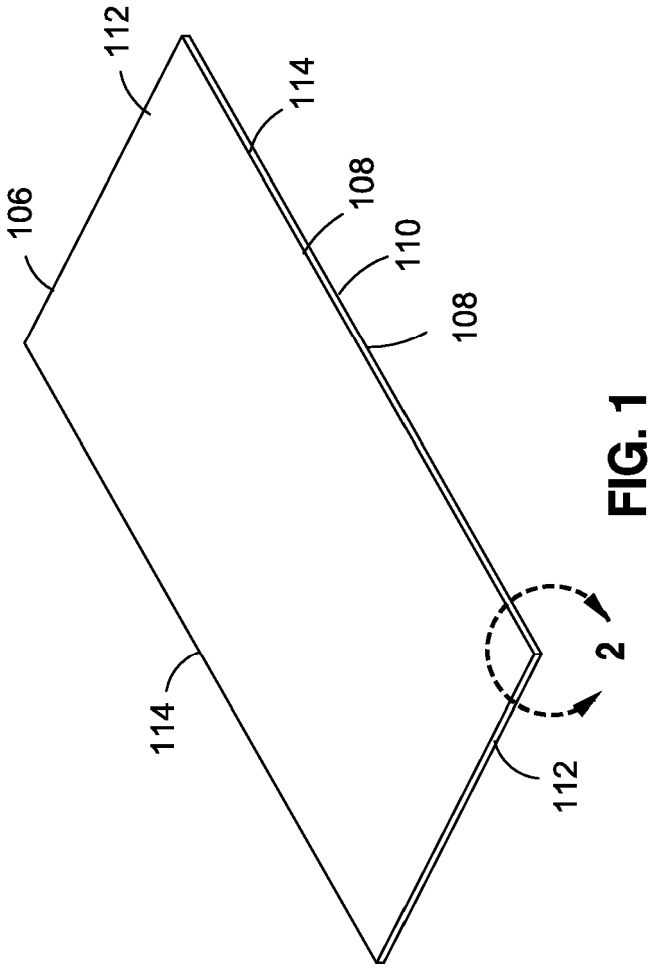

FIG. 1

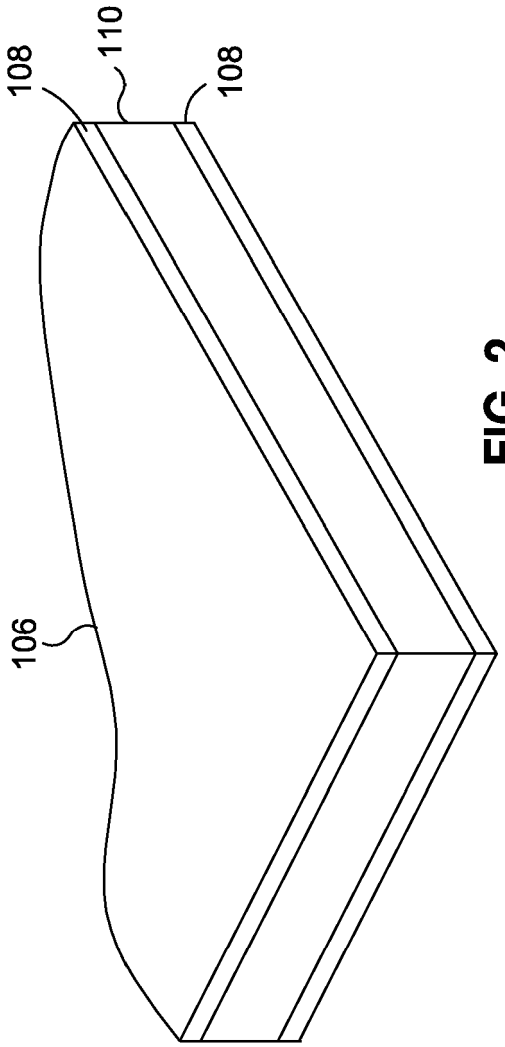

FIG. 2

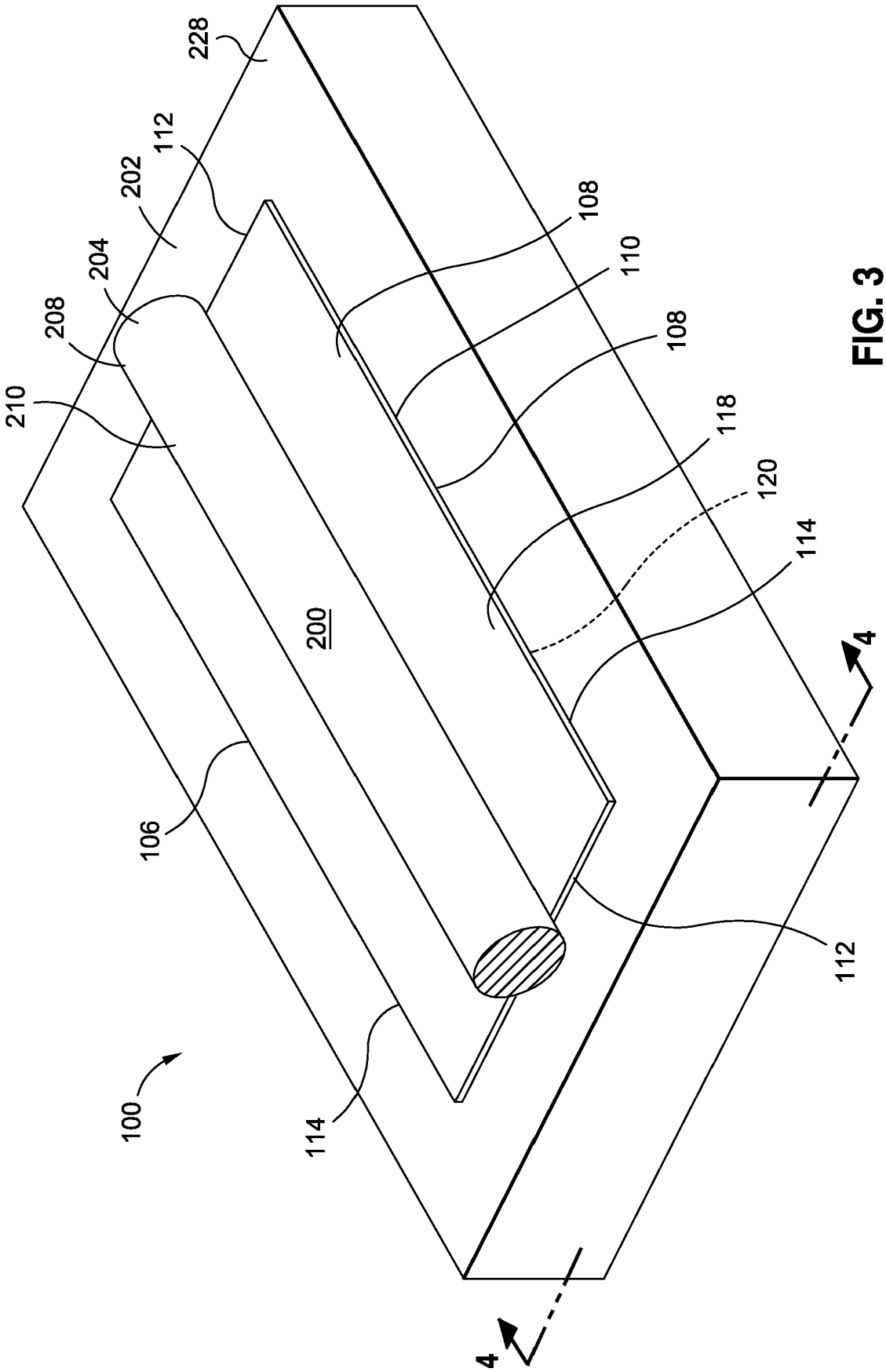
228
112
202
204
208
210
108
110
108
118
120
114
200
106
112
100
114
4
4

FIG. 3

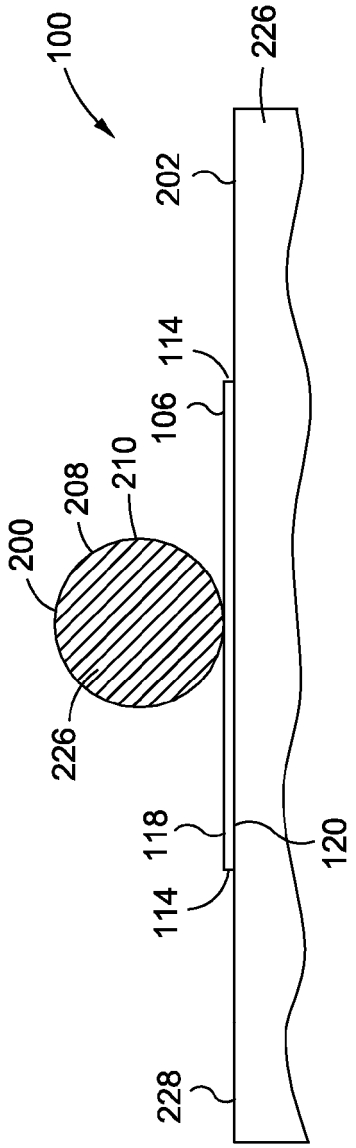

FIG. 4

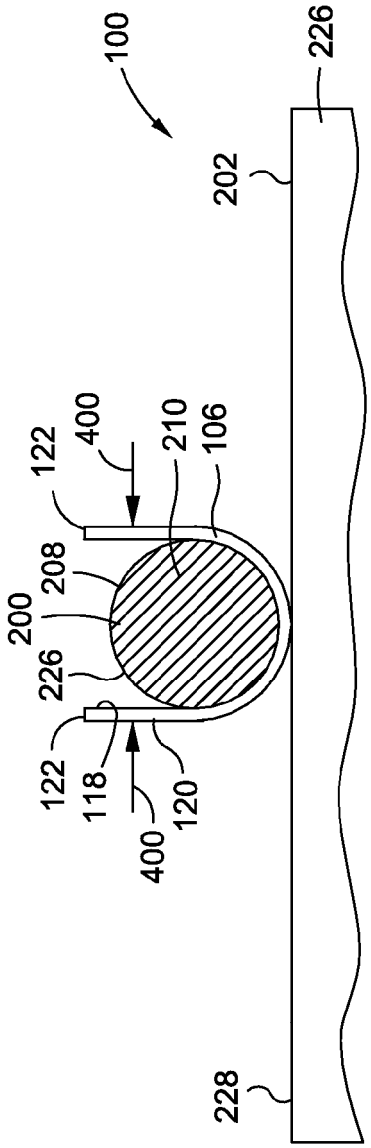

FIG. 5

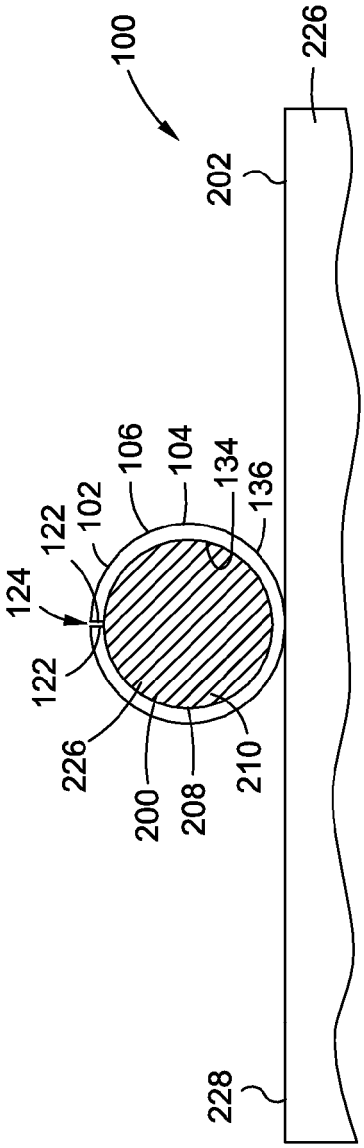

FIG. 6

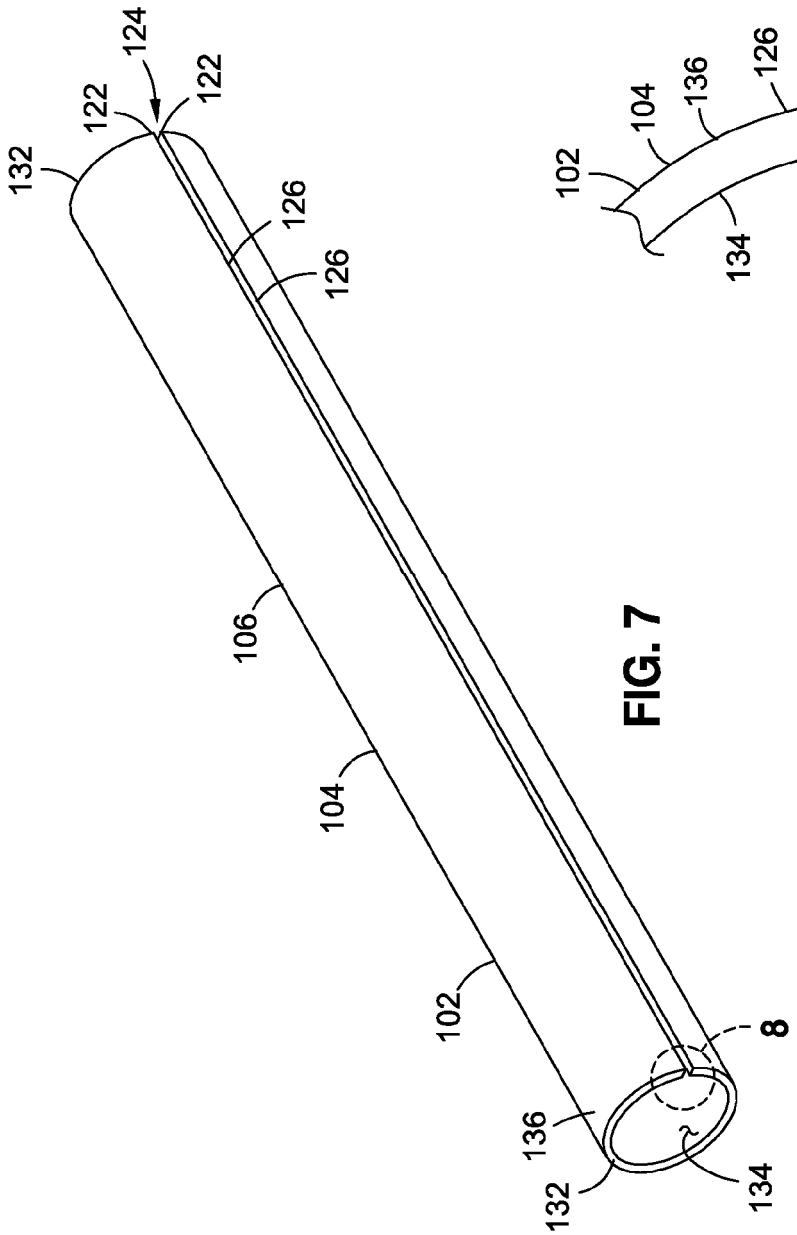
132
122
124
122
126
126
106
104
102
136
132
134
8

FIG. 7

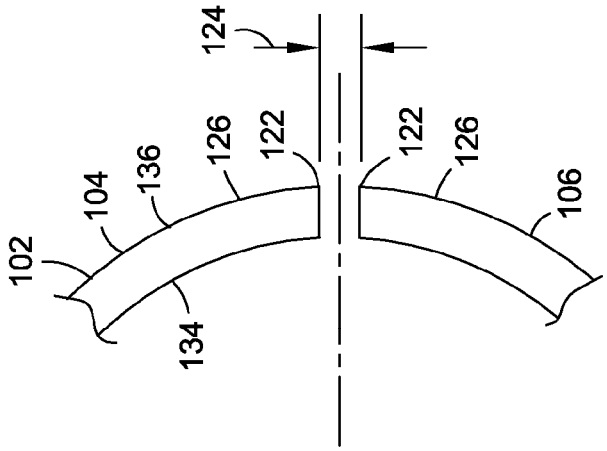
124
102
104
136
126
122
134
122
126
106

FIG. 8

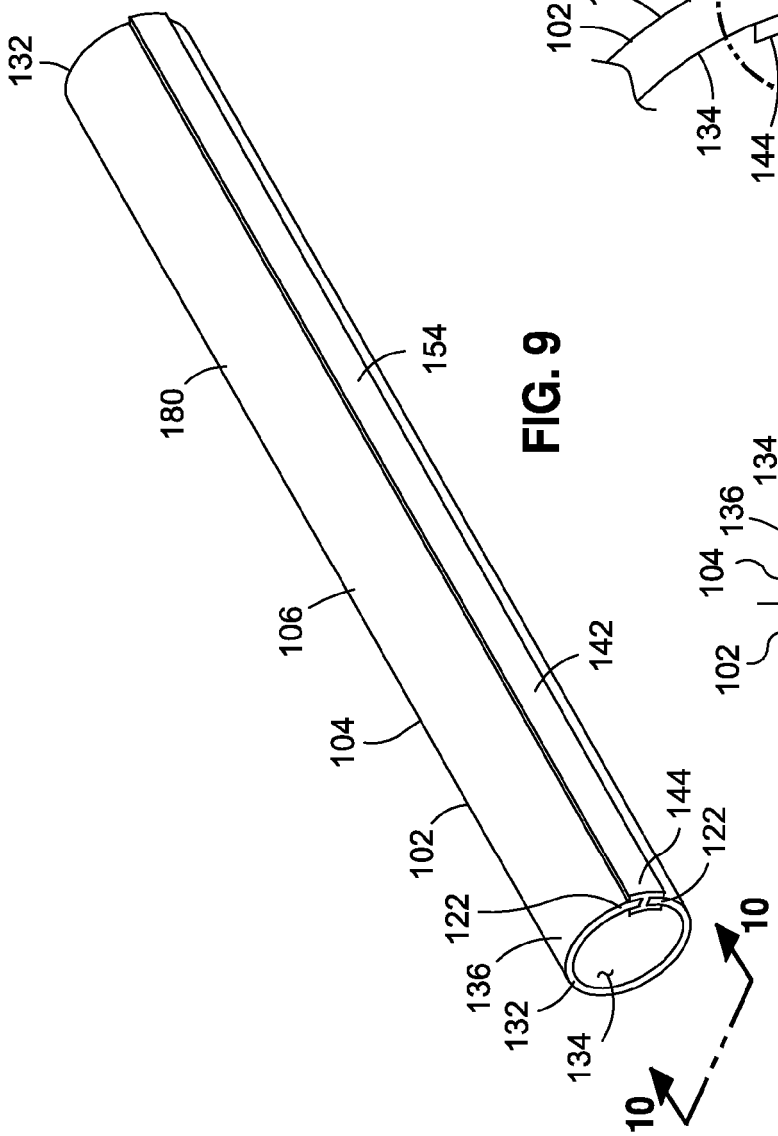

FIG. 9

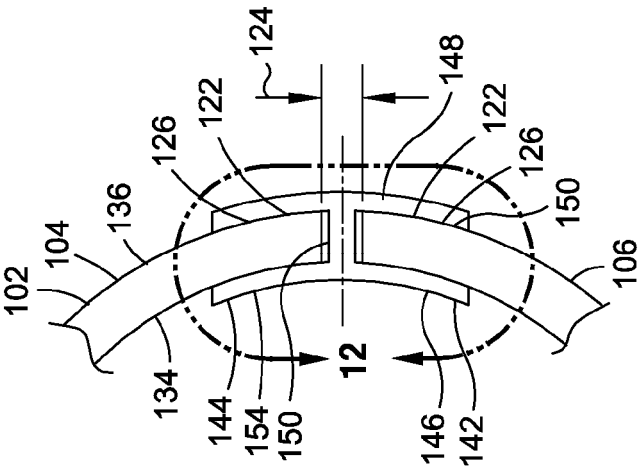

FIG. 11

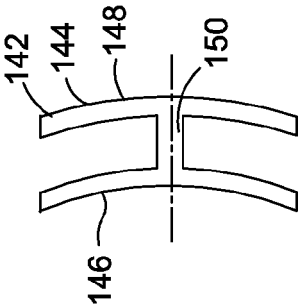

FIG. 12

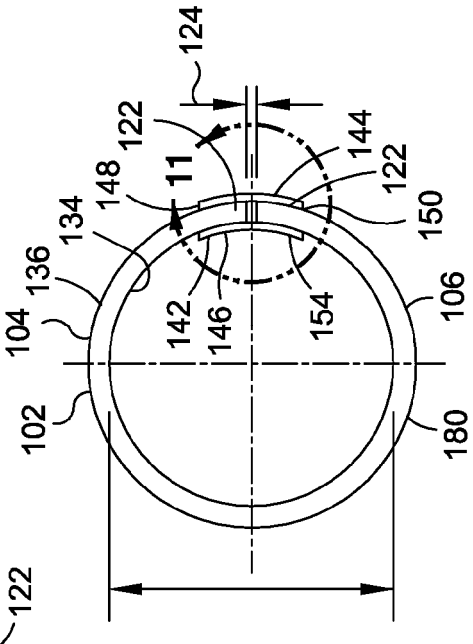

FIG. 10

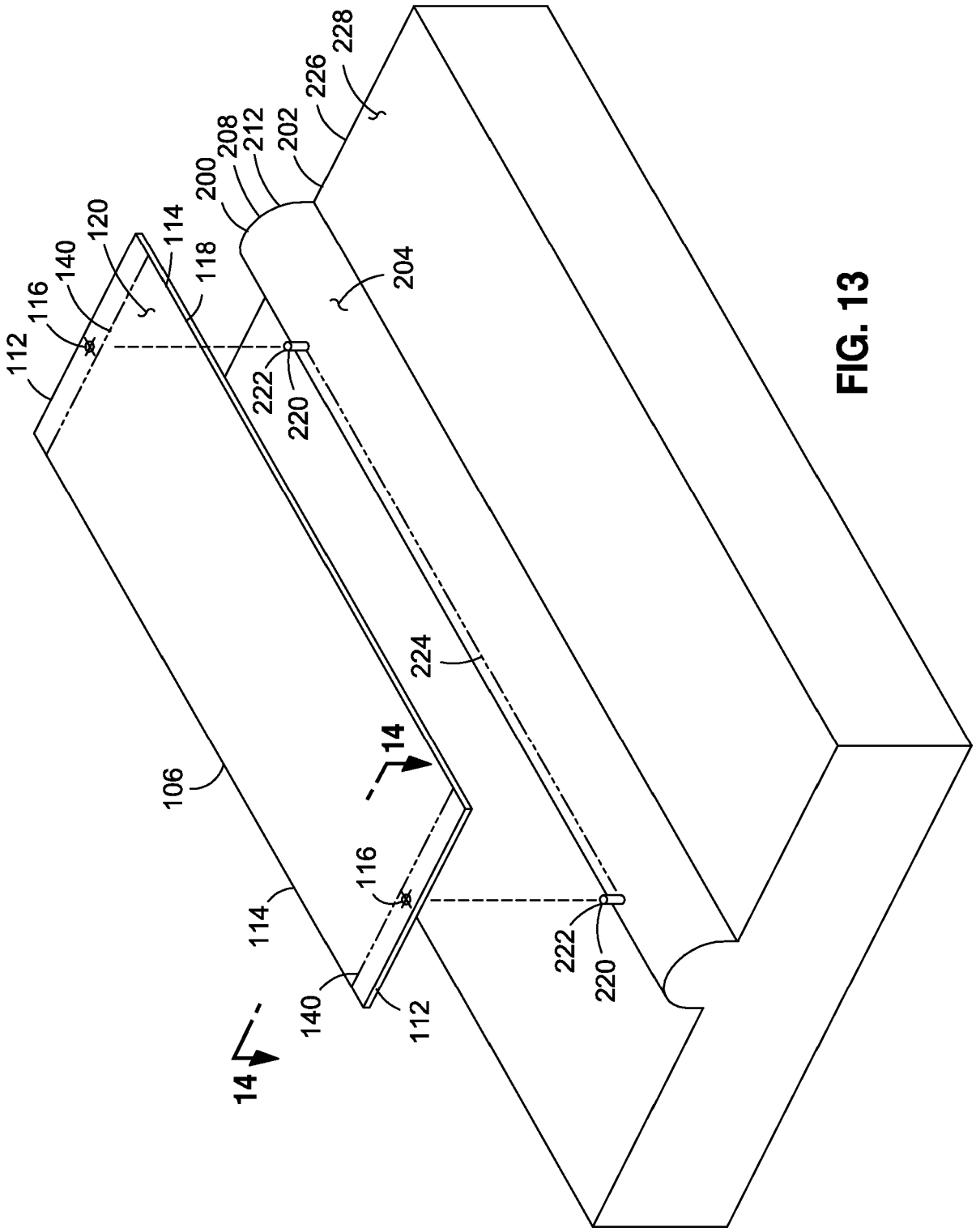
228
226
202
212
208
200
204
120
114
118
140
116
112
222
220
224
14
106
116
114
140
112
222
220
14

FIG. 13

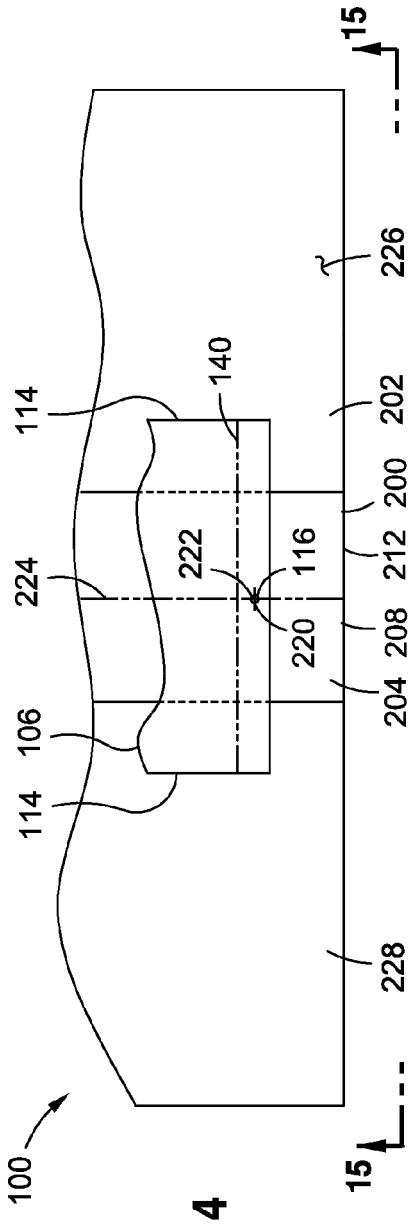

FIG. 14

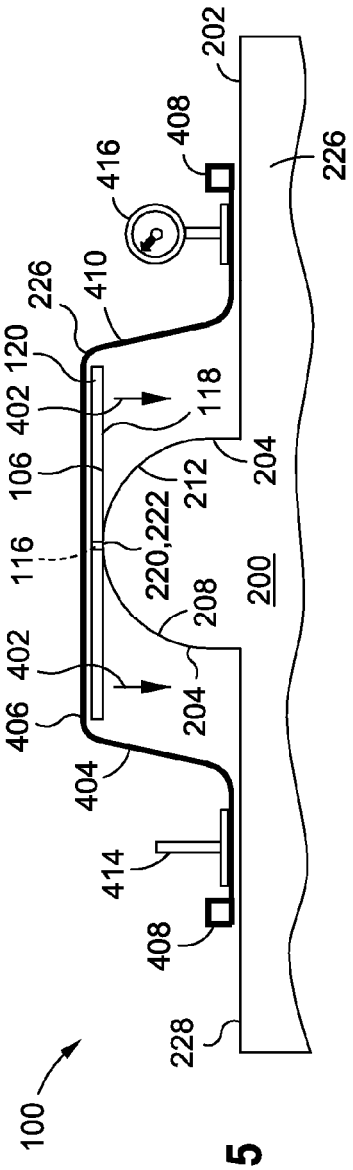

FIG. 15

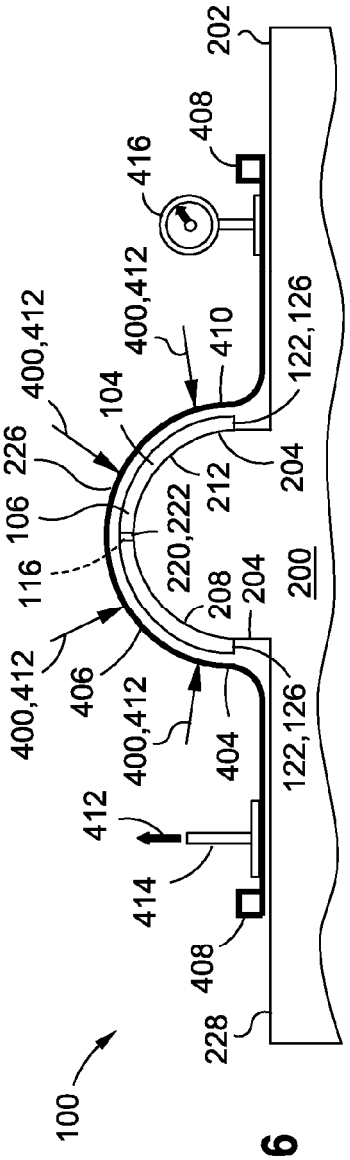

FIG. 16

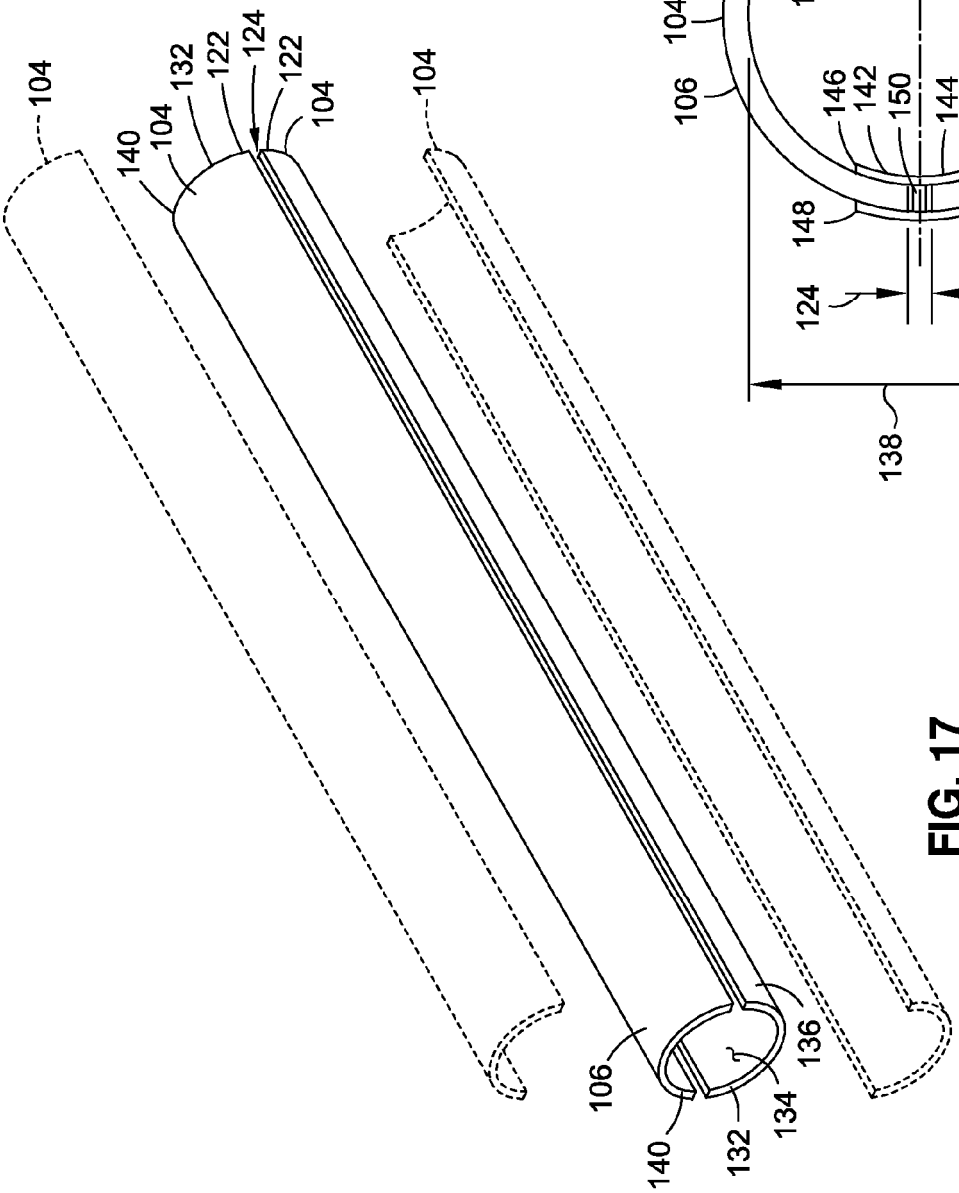
104
140
104
132
122
124
122
104
104
106
140
132
134
136

FIG. 17

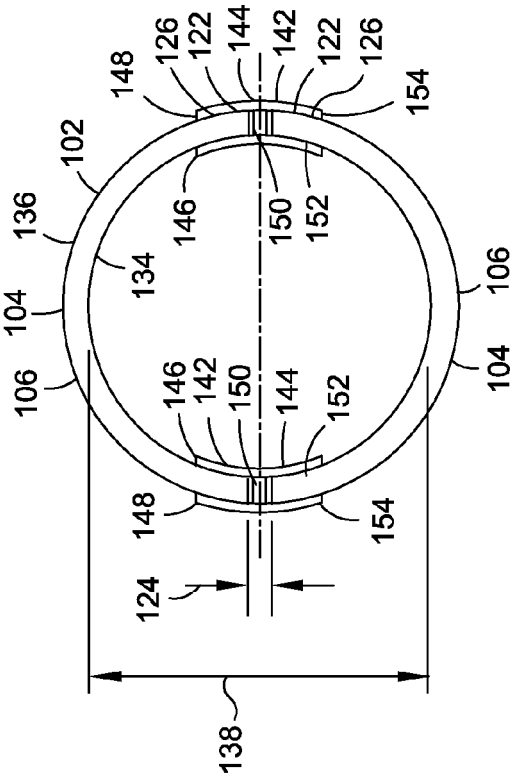
148
126
122
144
142
122
126
154
102
136
134
104
106
146
150
152
106
104
146
142
150
144
152
148
154
124
138

FIG. 18

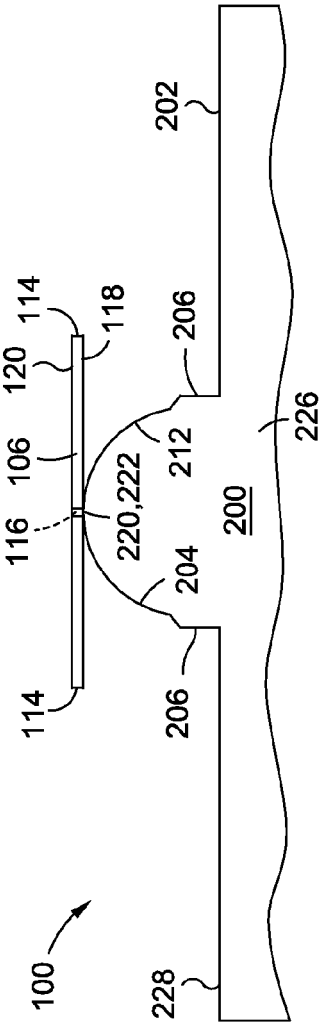

FIG. 19

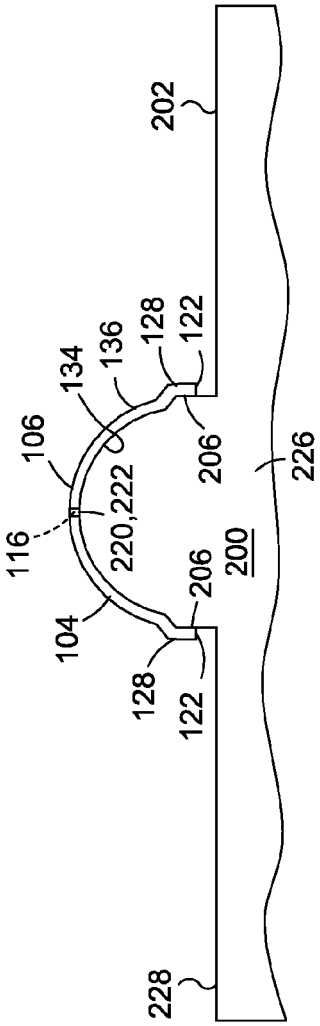

FIG. 20

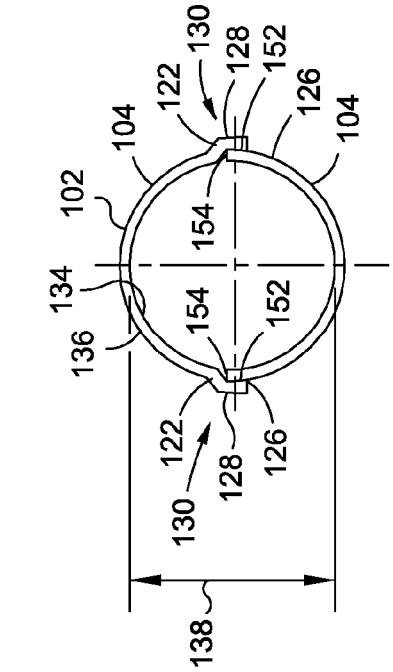

FIG. 22

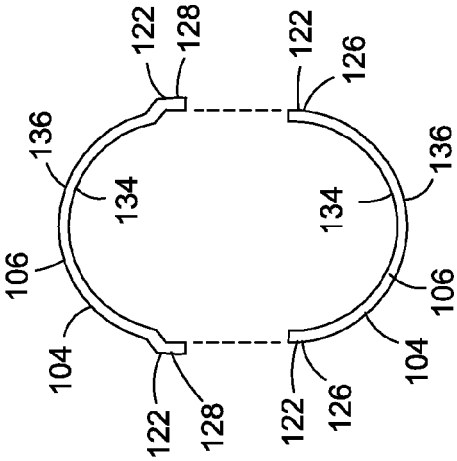

FIG. 21

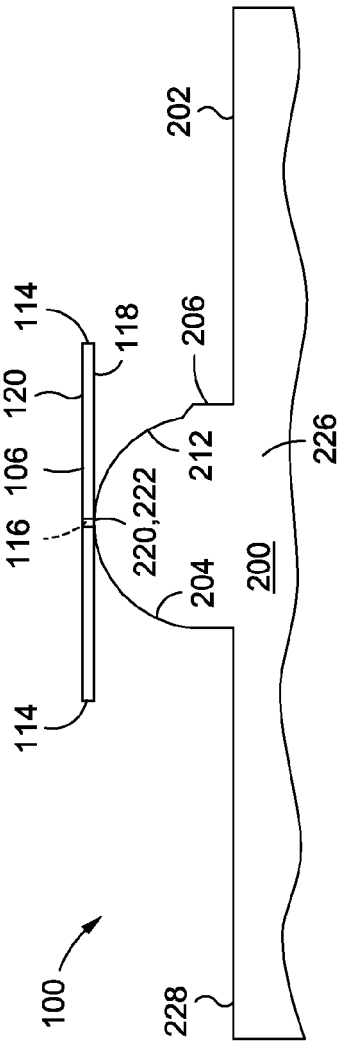

FIG. 23

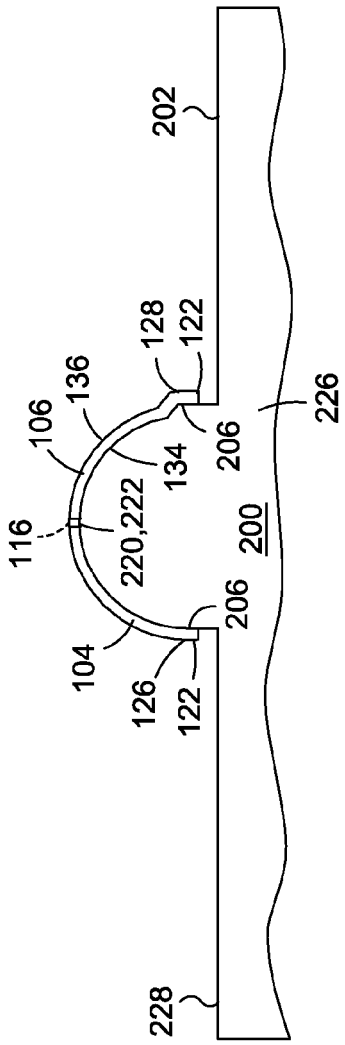

FIG. 24

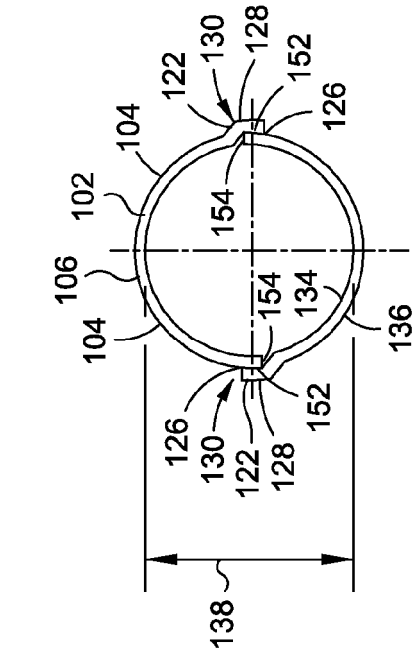

FIG. 26

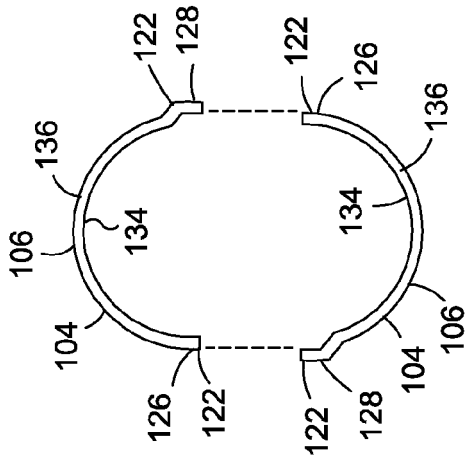

FIG. 25

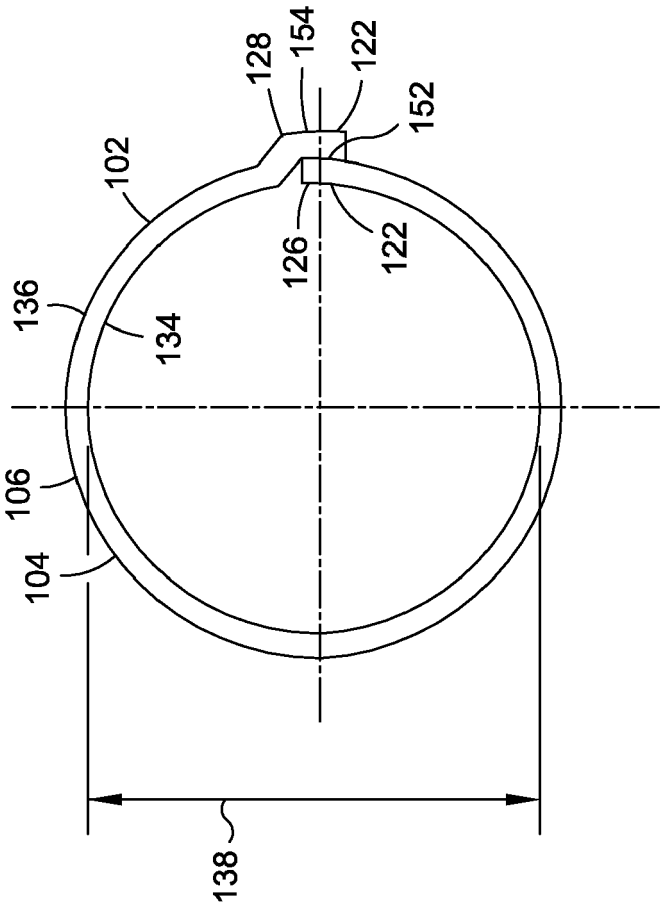

FIG. 27

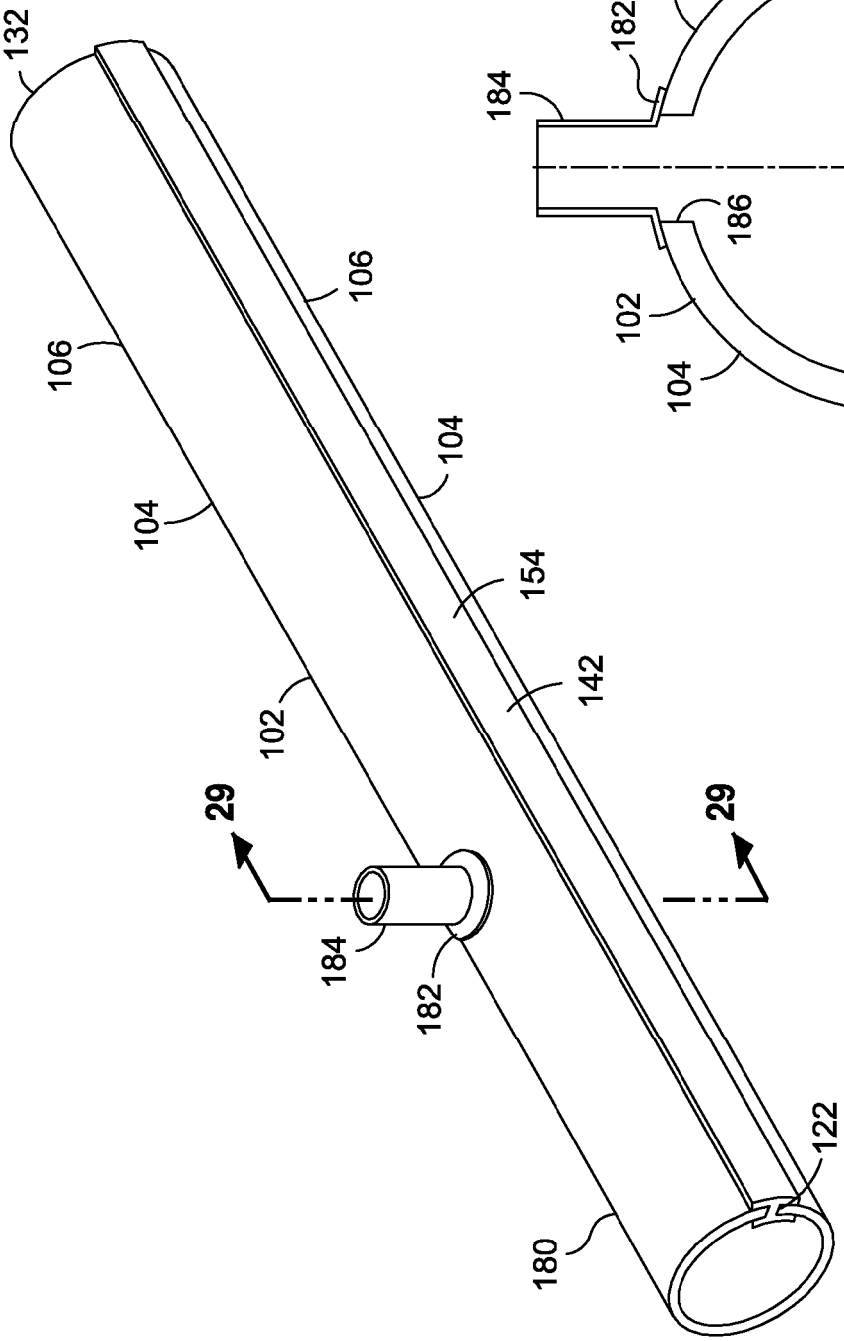
132
106
104
102
106
104
154
142
29
29
184
182
180
122

FIG. 28

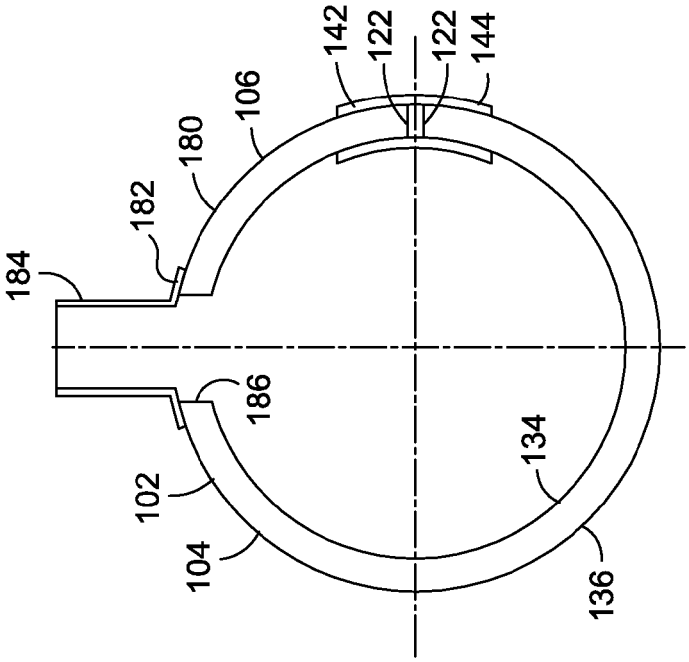
142
122
122
144
106
180
182
184
186
102
104
134
136

FIG. 29

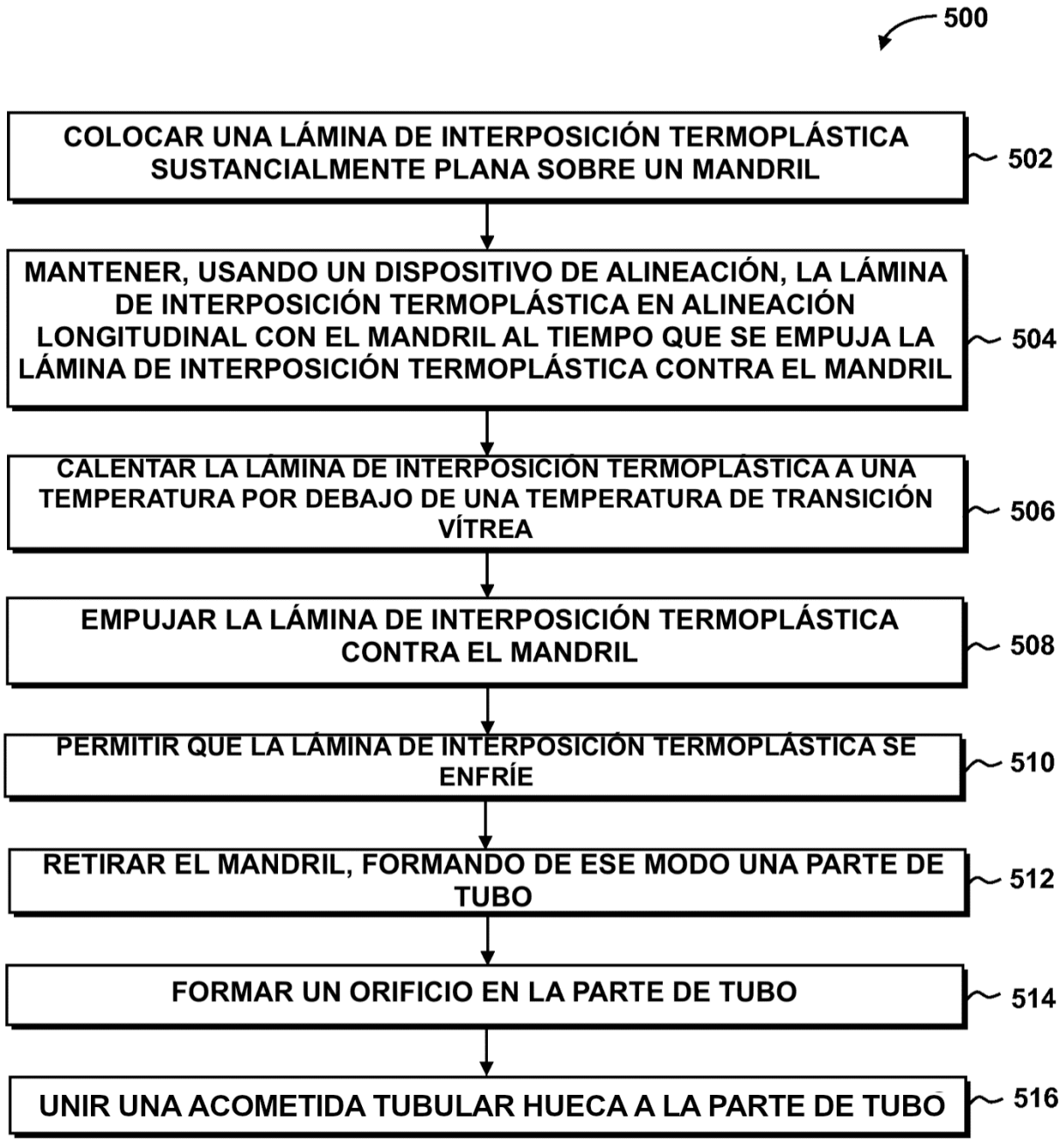
500
COLOCAR UNA LÁMINA DE INTERPOSICIÓN TERMOPLÁSTICA SUSTANCIALMENTE PLANA SOBRE UN MANDRIL
502
MANTENER, USANDO UN DISPOSITIVO DE ALINEACIÓN, LA LÁMINA DE INTERPOSICIÓN TERMOPLÁSTICA EN ALINEACIÓN LONGITUDINAL CON EL MANDRIL AL TIEMPO QUE SE EMPUJA LA LÁMINA DE INTERPOSICIÓN TERMOPLÁSTICA CONTRA EL MANDRIL
504
CALENTAR LA LÁMINA DE INTERPOSICIÓN TERMOPLÁSTICA A UNA TEMPERATURA POR DEBAJO DE UNA TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VÍTREA
506
EMPUJAR LA LÁMINA DE INTERPOSICIÓN TERMOPLÁSTICA CONTRA EL MANDRIL
508
PERMITIR QUE LA LÁMINA DE INTERPOSICIÓN TERMOPLÁSTICA SE ENFRÍE
510
RETIRAR EL MANDRIL, FORMANDO DE ESE MODO UNA PARTE DE TUBO
512
FORMAR UN ORIFICIO EN LA PARTE DE TUBO
514
UNIR UNA ACOMETIDA TUBULAR HUECA A LA PARTE DE TUBO
516

FIG. 30

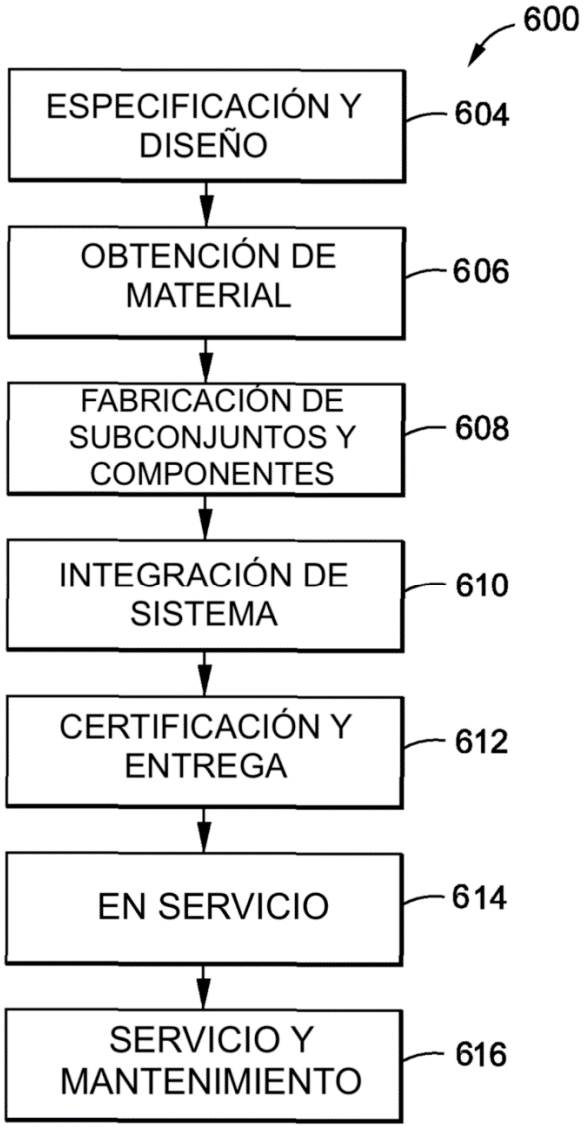
600
ESPECIFICACIÓN Y DISEÑO
604
OBTENCIÓN DE MATERIAL
606
FABRICACIÓN DE SUBCONJUNTOS Y COMPONENTES
608
INTEGRACIÓN DE SISTEMA
610
CERTIFICACIÓN Y ENTREGA
612
EN SERVICIO
614
SERVICIO Y MANTENIMIENTO
616

FIG. 31

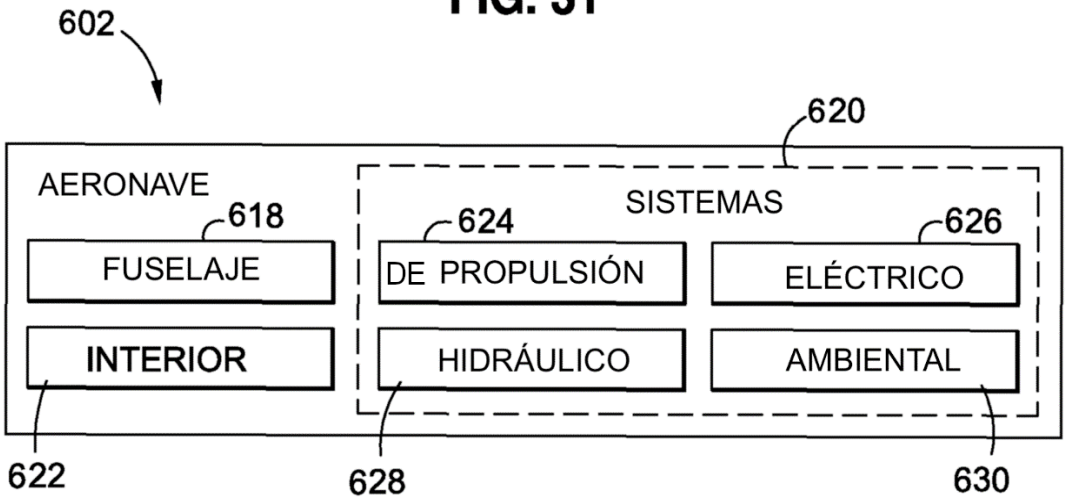
602
620
AERONAVE
618
FUSELAJE
INTERIOR
SISTEMAS
624
DE PROPULSIÓN
626
ELÉCTRICO
HIDRÁULICO
AMBIENTAL
622
628
630

FIG. 32