

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 783 987**

51 Int. Cl.:

B29C 70/46 (2006.01)

B29C 70/54 (2006.01)

B29D 99/00 (2010.01)

B64C 3/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2017** **E 17198841 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2020** **EP 3315295**

54 Título: **Métodos de formar un rigidizador de pala compuesto y facilitar la aplicación de tratamientos para daños por impacto apenas visibles**

30 Prioridad:

01.11.2016 US 201615340568

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

21.09.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**CARLSON, LISA C;
PHAM, KANNA M;
SWEETIN, JOSEPH L;
HANSON, GARRETT C;
REEVES, JAKE A;
CHAN, CHILIP y
NGUYEN, KIET**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 783 987 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

Métodos de formar un rigidizador de pala compuesto y facilitar la aplicación de tratamientos para daños por impacto apenas visibles

Campo

5 La presente divulgación se refiere de manera general a métodos para conformar una carga compuesta plana para dar un rigidizador de pala compuesto, y, más particularmente, para formar el rigidizador de pala compuesto con una forma neta para permitir la aplicación de tratamientos para daños por impacto apenas visibles antes del curado.

Antecedentes

10 El documento US 4.349.401 describe un método para fabricar elementos alargados o de lámina, especialmente elementos de perfil, de plástico epoxídico reforzado con material textil.

15 Las subestructuras de refuerzo compuestas, tales como rigidizadores de palas, algunas veces denominados largueros de palas, se usan habitualmente en las industrias marinas y de aviación. Estos largueros pueden fabricarse combinando dos o más elementos rigidizantes. Por ejemplo, pueden fabricarse largueros de tipo pala combinando dos elementos que tienen formas en sección transversal de L o C, uno junto a otro. Estos elementos pueden formarse mediante conformación manual por recubrimiento en caliente de múltiples cargas compuestas sobre un mandril u otra herramienta. Tras la conformación, se colocan los elementos unos junto a otros y se curan conjuntamente en un autoclave. Fabricar largueros de palas usando múltiples cargas separadas requiere múltiples herramientas, requiere relativamente mucho trabajo y puede añadir tiempos de flujo de fabricación.

20 Las estructuras formadas a partir de materiales compuestos, tales como rigidizadores de palas, son susceptibles de daño por debajo de la superficie tras un impacto. Aunque una superficie de una estructura compuesta con daño por impacto de baja energía/a baja velocidad puede mostrar pocos o ningún signo visible de daño, tales impactos pueden provocar daño por debajo de la superficie, tal como deslaminación, lo cual puede ser difícil de detectar sin un análisis sofisticado. Para proteger tales estados de daños no visibles, pueden diseñarse estructuras compuestas con tratamientos de testigos de impactos, que pueden reducir la energía de impacto requerida para generar daño por impacto apenas visible (BVID), de tal manera que se producirá una generación correspondiente de BVID debido a un daño por debajo de la superficie significativo. Para permitir la detección de BVID, se aplica un tratamiento que puede incluir fibras de vidrio y un material de matriz a aquellas estructuras compuestas que corren el riesgo de daño por impacto, tales como rigidizadores de palas en un panel de revestimiento de ala de una aeronave. Para aplicar este tratamiento, los rigidizadores de palas generalmente requieren operaciones de recorte tras el curado en una parte superior de un alma y posterior aplicación de tratamiento para BVID que implica preparación de superficie, aplicación de bolsa de vacío y un ciclo de curado adicional. Estas etapas de procedimiento adicionales aumentan el coste de fabricación de este tipo de estructura.

30 Por consiguiente, existe una necesidad de un método para formar una estructura compuesta para permitir un tratamiento para BVID de curado conjunto que va a aplicarse directamente después de formar la estructura compuesta.

Sumario

35 En un ejemplo, se describe un método para conformar una carga compuesta plana para dar un rigidizador de pala compuesto. El método comprende recortar una carga compuesta plana hasta una dimensión de diseño final, cortar la carga compuesta plana a lo largo de una línea de corte para dar un primer fragmento y un segundo fragmento separados por bordes que tienen un ángulo, aplicar una capa de refuerzo sobre el primer fragmento y el segundo fragmento para sujetar el primer fragmento y el segundo fragmento juntos, aplicar una capa de material de contacto a un mandril de conformación, posicionar el primer fragmento y el segundo fragmento de la carga compuesta plana sobre la capa de material de contacto sobre el mandril de conformación alrededor de un pistón de mecanizado de tal manera que el pistón de mecanizado está alineado con la línea de corte, activar el pistón de mecanizado para entrar en contacto con la capa de refuerzo e impulsar el primer fragmento y el segundo fragmento de la carga compuesta plana al interior de una cavidad del mandril de conformación dando como resultado que el primer fragmento y el segundo fragmento se plieguen en la línea de corte, extraer el pistón de mecanizado a partir de la cavidad del mandril de conformación, comprimir el mandril de conformación para aplicar una presión lateral al primer fragmento y al segundo fragmento plegados en el interior de la cavidad, y aplicar una presión vertical a una primera brida y a una segunda brida del primer fragmento y el segundo fragmento, respectivamente, para formar el rigidizador de pala compuesto.

50 Las características, funciones y ventajas que se han comentado pueden lograrse independientemente en diversos ejemplos o pueden combinarse en aún otros ejemplos adicionales, de los que pueden observarse detalles con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Breve descripción de las figuras

Los rasgos novedosos que se cree que son característicos de los ejemplos ilustrativos se exponen en las reivindicaciones adjuntas. Sin embargo, los ejemplos ilustrativos, así como un modo preferido de uso, objetivos adicionales y descripciones

de los mismos, se entenderán mejor mediante referencia a la siguiente descripción detallada de unos ejemplos ilustrativos de la presente divulgación cuando se leen junto con los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 ilustra un ejemplo carga compuesta plana, según un ejemplo.

La figura 2 ilustra la carga compuesta plana recortada hasta una dimensión de diseño final, según un ejemplo.

5 La figura 3 ilustra la carga compuesta plana modificada para conformarse para dar un rigidizador de pala compuesto, según un ejemplo.

La figura 4 ilustra la carga compuesta plana posicionada para su conformación para dar el rigidizador de pala compuesto, según un ejemplo.

10 La figura 5 ilustra la activación del pistón de mecanizado y la conformación de la carga compuesta plana para dar el rigidizador de pala compuesto, según un ejemplo.

La figura 6 ilustra la terminación del movimiento de pistón de mecanizado y la conformación adicional de la carga compuesta plana para dar el rigidizador de pala compuesto, según un ejemplo.

La figura 7 ilustra la retirada del pistón de mecanizado, según un ejemplo.

15 La figura 8 ilustra la conformación aún adicional de la carga compuesta plana para dar el rigidizador de pala compuesto, según un ejemplo.

La figura 9 muestra otra versión del rigidizador de pala compuesto formado, según un ejemplo.

La figura 10 ilustra un ejemplo del rigidizador de pala compuesto, según un ejemplo.

La figura 11 ilustra otra conformación de ejemplo de la carga compuesta plana para dar el rigidizador de pala compuesto, según un ejemplo.

20 La figura 12 muestra un diagrama de flujo de un método de ejemplo para conformar la carga compuesta plana para dar el rigidizador de pala compuesto, según un ejemplo.

La figura 13 muestra un diagrama de flujo de otro método de ejemplo, según un ejemplo.

La figura 14 muestra un diagrama de flujo de otro método de ejemplo para conformar la carga compuesta plana para dar el rigidizador de pala compuesto, según un ejemplo.

25 Descripción detallada

Ahora se describirán más completamente ejemplos dados a conocer a continuación en el presente documento con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran algunos, pero no todos, de los ejemplos dados a conocer. De hecho, pueden describirse varios ejemplos diferentes y no deben interpretarse como limitados a los ejemplos expuestos en el presente documento. En vez de eso, estos ejemplos se describen para que esta divulgación sea exhaustiva y completa y transmita totalmente el alcance de la divulgación a los expertos en la técnica sin alejarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

30 Métodos de ejemplo descritos en el presente documento se refieren a la fabricación de estructuras compuestas, tales como procedimientos para conformar cargas compuestas planas para dar subestructuras de refuerzo incluyendo rigidizadores de tipo pala y rigidizadores que están contorneados y/o tienen un calibre variable. Pueden fabricarse rigidizadores de tipo pala usando una variedad de procedimientos diferentes y requieren generalmente operaciones de recorte tras el curado en una parte superior de un alma y posterior aplicación de tratamiento para daños por impacto apenas visibles (BVID) que implica preparación de superficie, aplicación de bolsa de vacío y un ciclo de curado adicional. Métodos de ejemplo descritos en el presente documento se refieren a conformar una carga compuesta plana para dar una geometría de diseño final de un rigidizador de pala y no requieren procedimientos posteriores tales como operaciones de recorte en verde tras la conformación, operaciones de recorte del alma tras el curado y procedimientos de aplicación de tratamiento para BVID tras el curado.

40 El rigidizador de pala se recorta hasta dimensiones finales y los bordes se recortan con ángulos específicos permitiendo que la geometría tras la conformación se adapte a una geometría de diseño final. Puede usarse una capa de refuerzo para sujetar la carga junta durante la operación de conformación. Puede usarse una capa de material de contacto, tal como capa desprendible de poliéster, para proporcionar tensado de la carga durante la operación de conformación. La estructura de rigidizador de pala formada permite aplicar un tratamiento para BVID antes del curado, directamente después de la conformación, reduciendo o eliminando por tanto múltiples procedimientos y coste relacionado que generalmente se requerirán para este tipo de estructura. Después, puede curarse conjuntamente el rigidizador de pala con el tratamiento para BVID aplicado. Se estima que el tratamiento para BVID de curado conjunto ahorra un gran porcentaje del coste recurrente del BVID tras el curado, y también ahorrará superficie cubierta y costes no recurrentes.

Haciendo ahora referencia a las figuras, las figuras 1-3 ilustran la preparación de una carga 100 compuesta plana para su conformación para dar una geometría de diseño final de un rigidizador de pala compuesto, según ejemplos.

La figura 1 ilustra la carga 100 compuesta plana, según un ejemplo. La carga 100 compuesta plana incluye múltiples capas 102, 104, 106 y 108 de material compuesto que están apiladas unas encima de otras. El material compuesto de ejemplo que puede usarse incluye un material ligero, tal como un material textil o cinta de refuerzo preimpregnada sin curar (es decir, "material preimpregnado"). La cinta o material textil puede incluir una pluralidad de fibras tales como fibras de grafito que están incrustadas dentro de un material de matriz, tal como un polímero, por ejemplo, un material epoxídico o fenólico. La cinta o material textil puede ser unidireccional o estar tejido dependiendo de un grado de refuerzo deseado. Las capas 102, 104, 106 y 108 pueden tener cualquier dimensión adecuada para proporcionar diversos grados de refuerzo, y la carga 100 compuesta plana puede comprender cualquier número de capas de material textil o cinta preimpregnada.

Las capas 102, 104, 106 y 108 se disponen unas encima de otras y se revisten hasta una dimensión predeterminada y/u orientación predeterminada. El número de capas que van a apilarse puede depender de la geometría de diseño final de la carga 100 compuesta plana y, por tanto, la carga 100 compuesta plana puede ensamblarse para tener un grosor deseado en una orientación predeterminada. Después, se recorta la carga 100 compuesta plana hasta una dimensión de diseño final.

La figura 2 ilustra la carga 100 compuesta plana recortada hasta una dimensión de diseño final, según un ejemplo. La carga 100 compuesta plana incluye extremos 110 y 112 recortados, que se recortan con un ángulo para formar un borde inclinado.

A continuación, para permitir conformar la carga 100 compuesta plana para dar un rigidizador de pala compuesto, se realizan modificaciones adicionales en la carga 100 compuesta plana tal como se muestra en la figura 3. La figura 3 ilustra la carga compuesta plana cortada a lo largo de una línea 114 de corte para dar un primer fragmento 116 y un segundo fragmento 118, o para dar dos fragmentos, según un ejemplo. En el ejemplo mostrado en la figura 3, la línea 114 de corte es una línea central aproximada de la carga 100 compuesta plana. En otros ejemplos, la línea 114 de corte está descentrada para otras geometrías de diseño finales del rigidizador de pala compuesto.

La carga 100 compuesta plana se corta mientras está dispuesta plana para conformarse para dar un perfil neto deseado para una geometría de diseño final para reducir costes de procesamiento relacionados con cualquier procesamiento posterior adicional que se requeriría de otro modo.

El primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118 están separados por bordes 120 y 122 que tienen un ángulo. En el ejemplo mostrado en la figura 3, el ángulo es de 45 grados, o puede ser de aproximadamente 45 grados. En otros ejemplos, el ángulo puede ser menor o mayor de 45 grados, tal como en un intervalo de aproximadamente 30 grados a aproximadamente 80 grados. En ejemplos todavía adicionales, el ángulo puede estar en un intervalo que es menor de 90 grados y mayor de 0 grados basándose en una geometría de diseño final del rigidizador de pala compuesto.

Mediante los términos "sustancialmente" o "aproximadamente" usados en el presente documento, quiere decirse que no se necesita alcanzar de manera exacta la característica, parámetro o valor mencionado, sino que pueden producirse desviaciones o variaciones, incluyendo, por ejemplo, tolerancias, error de medición, limitaciones de precisión de medición y otros factores conocidos por el experto en la técnica, en cantidades que no impiden el efecto que se pretende que proporcione la característica.

En la figura 3, los bordes 120 y 122 se muestran como bordes opuestos a 45 grados inclinados hacia fuera desde la línea 114 de corte. Los bordes 120 y 122 pueden considerarse bordes biselados en algunos ejemplos.

Una vez preparada la carga 100 compuesta plana, la carga 100 compuesta plana puede posicionarse sobre un mandril de conformación para su conformación para dar el rigidizador de pala compuesto.

La figura 4 ilustra la carga 100 compuesta plana posicionada para su conformación para dar el rigidizador de pala compuesto, según un ejemplo. Inicialmente, se aplica una capa 124 de refuerzo sobre el primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118 (por ejemplo, los dos fragmentos) para sujetar el primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118 juntos después de cortarse. Por ejemplo, la capa 124 de refuerzo se aplica sobre la carga 100 compuesta plana. En un ejemplo, la capa 124 de refuerzo es una capa de material textil compuesta.

Se usa un mandril de conformación que incluye un primer bloque 126 y un segundo bloque 128, y se aplica una capa de material 130 de contacto al primer bloque 126 y al segundo bloque 128 del mandril de conformación. En un ejemplo, la capa de material 130 de contacto es una capa desprendible de poliéster. En ejemplos adicionales, puede usarse más de una película de capa o más de una capa.

Después, se posiciona la carga 100 compuesta plana, que incluye el primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118, sobre la capa de material 130 de contacto sobre el primer bloque 126 y el segundo bloque 128 del mandril de conformación alrededor de un pistón 132 de mecanizado de tal manera que el pistón 132 de mecanizado está alineado con la línea 114 de corte o centrado con respecto a los bordes inclinados. En un ejemplo, la carga 100 compuesta plana está centrada

alrededor del pistón 132 de mecanizado. En otros ejemplos, la carga 100 compuesta plana está descentrada para otras geometrías de diseño finales del rigidizador de pala compuesto. Entonces, puede activarse el pistón 132 de mecanizado.

5 La figura 5 ilustra la activación del pistón 132 de mecanizado, según un ejemplo. El pistón 132 de mecanizado se activa para entrar en contacto con la capa 124 de refuerzo e impulsar el primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118 de la carga 100 compuesta plana al interior de una cavidad 134 del primer bloque 126 y el segundo bloque 128 del mandril de conformación dando como resultado que el primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118 se plieguen en la línea 114 de corte alrededor del pistón 132 de mecanizado. En un ejemplo, el primer bloque 126 y el segundo bloque 128 del mandril de conformación se separan a medida que el pistón 132 de mecanizado se mueve hacia abajo, tal como se muestra en la figura 5. La capa 124 de refuerzo ayudará a sujetar el primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118
10 juntos durante el empuje hacia abajo del pistón 132 de mecanizado.

Dentro de los ejemplos, la carga 100 compuesta plana se calienta antes de activar el pistón 132 de mecanizado. En un ejemplo, la carga compuesta plana se calienta hasta aproximadamente 54,44°C (130°F). Para impulsar el pistón 132 de mecanizado hacia abajo y provocar que el primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118 de la carga 100 compuesta plana entren en el interior de la cavidad, puede aplicarse una fuerza de menos de 148,82 kg/m (100 lbs por pie), y en algunos ejemplos, la activación del pistón 132 de mecanizado se produce en menos de aproximadamente 5 minutos después de calentarse la carga compuesta plana.

La figura 6 ilustra la terminación del movimiento de pistón de mecanizado y la conformación adicional de la carga 100 compuesta plana para dar el rigidizador de pala compuesto, según un ejemplo.

20 La figura 7 ilustra la retirada del pistón 132 de mecanizado. Después de la activación del pistón 132 de mecanizado, el pistón 132 de mecanizado puede extraerse a partir de la cavidad 134 del mandril de conformación. Para extraer el pistón 132 de mecanizado, se levanta el pistón de mecanizado fuera de la cavidad 134. En algunos ejemplos, se carga una placa 140 sobre una primera brida 136 y una segunda brida 138 del primer fragmento y el segundo fragmento 118, respectivamente, tras la extracción y retirada del pistón 132 de mecanizado a partir de la cavidad 134 del mandril de conformación, y se aplica una presión vertical a la primera brida 136 y a la segunda brida 138 usando la placa 140. La presión vertical puede ser menor de 6,89 KPa (1 psi) en este caso, por ejemplo.

25 La figura 8 ilustra la conformación aún adicional de la carga 100 compuesta plana para dar el rigidizador de pala compuesto a medida que se comprimen el primer bloque 126 y el segundo bloque 128 del mandril de conformación para aplicar una presión lateral a una porción del primer fragmento 116 y a una porción del segundo fragmento 118 plegados en el interior de la cavidad 134. La presión lateral puede aplicarse mediante tubos de aire (no mostrados) que empujan el primer bloque 126 y el segundo bloque 128 uno hacia el otro. Además, tras la aplicación de presión lateral, se aplica una presión vertical mayor a la primera brida 136 y a la segunda brida 138 del primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118, respectivamente, para formar el rigidizador de pala compuesto.

30 La figura 9 ilustra la conformación aún adicional de la carga 100 compuesta plana para dar el rigidizador de pala compuesto, según un ejemplo. Puede aplicarse un relleno 144 entre la primera brida 136 y la segunda brida 138, y pueden apilarse capas 142 adicionales encima de la primera brida 136 y la segunda brida 138. Para ello, se levanta la placa 140 y se añaden los materiales adicionales. Después, entonces puede aplicarse igualmente presión vertical y lateral adicional.

35 La figura 10 ilustra un ejemplo del rigidizador 146 de pala compuesto, según un ejemplo. Al terminarse el movimiento del pistón 132 de mecanizado y el plegado resultante de la carga 100 compuesta plana, los bordes 120 y 122 opuestos a 45 grados forman una superficie 148 plana alineada con, perpendicular a o a lo largo de, la línea 114 de corte y forman un alma 152 y la primera brida 136 y la segunda brida 138 están conectadas a la superficie 148 plana. Por tanto, la superficie 148 plana, la primera brida 136 y la segunda brida 138, y el alma 152 conectada a la superficie 148 plana, forman el rigidizador 146 de pala compuesto. Dentro de un ejemplo, aplicar la presión vertical a la primera brida 136 y a la segunda brida 138 del primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118, respectivamente, para formar el rigidizador 146 de pala compuesto incluye aplicar la presión vertical para formar una estructura en forma de T con una parte superior sustancialmente plana con respecto al alma 152, tal como se muestra en la figura 8. El ángulo de corte de 45 grados
40 inicial permite la formación del rigidizador 146 de pala compuesto en la geometría de diseño final que tiene la superficie 148 plana perpendicular al alma 152.

45 En algunos ejemplos, entonces se aplica un tratamiento 150 para daños por impacto apenas visibles (BVID) al rigidizador 146 de pala compuesto. El tratamiento 150 para BVID se proporciona para permitir que el daño por impacto al rigidizador 146 de pala compuesto sea visible. Por ejemplo, durante la fabricación o en servicio, el impacto al rigidizador 146 de pala compuesto puede provocar daño interno o no visible dado que el daño a materiales compuestos con frecuencia es difícil de visualizar. Sin embargo, el tratamiento 150 para BVID mostrará el daño por encima de un determinado umbral de energía/velocidad (para evitar indicaciones de falsos positivos). En un ejemplo, el tratamiento 150 para BVID puede incluir una envuelta de fibra de vidrio o material de resina transparente, que actúa como tira de testigo, de tal manera que cuando
50 recibe un impacto, la fibra de vidrio se alterará físicamente y puede determinarse visualmente el daño por impacto. Por tanto, la envuelta de fibra de vidrio puede usarse para identificar imperfecciones en el rigidizador 146 de pala compuesto debidas a impactos.

El tratamiento 150 para BVID puede aplicarse a la superficie 148 plana y al alma 152, tal como se muestra en la figura 10. Tras la aplicación del tratamiento 150 para BVID, tanto el rigidizador 146 de pala compuesto como el tratamiento 150 para BVID pueden curarse durante un único procedimiento de curado.

5 La figura 11 ilustra otra conformación de ejemplo de la carga 100 compuesta plana para dar el rigidizador 146 de pala compuesto, según un ejemplo. En la figura 11, se muestra que el tratamiento 150 para BVID se aplica a una superficie inferior del primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118 de la carga 100 compuesta plana antes de la activación del pistón 132 de mecanizado y la formación del rigidizador 146 de pala compuesto. Por tanto, el tratamiento 150 para BVID puede aplicarse antes o después de la formación del rigidizador 146 de pala compuesto. En cualquier ejemplo, tanto el rigidizador 146 de pala compuesto como el tratamiento 150 para BVID pueden curarse durante un único procedimiento de curado para ahorrar tiempo y dinero.

10 La figura 12 muestra un diagrama de flujo de un método 200 de ejemplo para conformar la carga 100 compuesta plana para dar el rigidizador 146 de pala compuesto, según un ejemplo. El método 200 mostrado en la figura 12 presenta un ejemplo de un método que puede usarse durante la formación del rigidizador 146 de pala compuesto tal como se muestra en las figuras 4-11, por ejemplo. Además, pueden usarse o configurarse dispositivos o sistemas para realizar funciones lógicas presentadas en la figura 12. En algunos casos, pueden configurarse componentes de los dispositivos y/o sistemas para realizar las funciones de tal manera que los componentes se configuran y estructuran realmente (con hardware y/o software) para permitir tal funcionamiento. En otros ejemplos, pueden disponerse componentes de los dispositivos y/o sistemas para estar adaptados para, poder o ser adecuados para, realizar las funciones, tal como cuando se hacen funcionar de una manera específica. El método 200 puede incluir una o más operaciones, funciones o acciones tal como se ilustra mediante uno o más de los bloques 202-218. Además, los diversos bloques pueden combinarse para dar menos bloques, dividirse para dar bloques adicionales y/o retirarse basándose en la implementación deseada.

15 Debe entenderse que, para este y otros procedimientos y métodos dados a conocer en el presente documento, los diagramas de flujo muestran la funcionalidad y el funcionamiento de una posible implementación de los presentes ejemplos. Implementaciones alternativas quedan incluidas dentro del alcance de los ejemplos de la presente divulgación en las que pueden llevarse a cabo funciones en un orden distinto del mostrado o comentado, incluyendo de manera sustancialmente simultánea o en orden inverso, dependiendo de la funcionalidad implicada, tal como entenderán los expertos razonables en la técnica sin alejarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

20 En el bloque 202, el método 200 incluye recortar la carga 100 compuesta plana hasta una dimensión de diseño final. La dimensión de diseño final puede incluir un grosor especificado así como longitud especificada de la carga 100 compuesta plana, por ejemplo.

25 En el bloque 204, el método 200 incluye cortar la carga 100 compuesta plana a lo largo de la línea 114 de corte para dar el primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118 separados por los bordes 120 y 122 que tienen un ángulo. En un ejemplo, cortar la carga 100 compuesta plana a lo largo de la línea 114 de corte incluye cortar la carga 100 compuesta plana a lo largo de una línea central. En ejemplos adicionales, el corte da como resultado que los bordes 120 y 122 tengan un ángulo de aproximadamente 45 grados, y los bordes 120 y 122 pueden estar inclinados hacia fuera desde la línea 114 de corte.

30 En el bloque 206, el método 200 incluye aplicar la capa 124 de refuerzo sobre el primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118 para sujetar el primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118 juntos. La capa 124 de refuerzo puede incluir una capa de material textil compuesta.

35 En el bloque 208, el método 200 incluye aplicar la capa de material 130 de contacto a un mandril de conformación. La capa de material 130 de contacto puede incluir una capa desprendible de poliéster.

40 En el bloque 210, el método 200 incluye posicionar el primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118 de la carga 100 compuesta plana sobre la capa de material 130 de contacto sobre el mandril de conformación alrededor del pistón 132 de mecanizado de tal manera que el pistón 132 de mecanizado está alineado con o es perpendicular a la línea 114 de corte. En algunos ejemplos, el primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118 se posicionan para estar centrados con respecto a los bordes que tienen un ángulo.

45 En el bloque 212, el método 200 incluye activar el pistón 132 de mecanizado para entrar en contacto con la capa 124 de refuerzo e impulsar el primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118 de la carga 100 compuesta plana al interior de la cavidad 134 del mandril de conformación dando como resultado que el primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118 se plieguen en la línea 114 de corte. El primer fragmento 116 y el segundo fragmento también pueden plegarse alrededor del pistón 132 de mecanizado. En algunos ejemplos, la carga 100 compuesta plana se calienta antes de activar el pistón 132 de mecanizado.

50 En el bloque 214, el método 200 incluye extraer el pistón 132 de mecanizado a partir de la cavidad 134 del mandril de conformación. En un ejemplo, el pistón 132 de mecanizado también puede retirarse a partir del mandril de conformación.

55 En el bloque 216, el método 200 incluye comprimir el mandril de conformación para aplicar una presión lateral al primer fragmento 116 y al segundo fragmento 118 plegados en el interior de la cavidad 134. La presión lateral conforma el primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118 para dar una sección sustancialmente plana, por ejemplo.

En el bloque 218, el método 200 incluye aplicar una presión vertical a la primera brida 136 y a la segunda brida 138 del primer fragmento 116 y el segundo fragmento 118, respectivamente, para formar el rigidizador 146 de pala compuesto. Aplicar la presión vertical forma una estructura en forma de T con una parte superior sustancialmente plana con respecto al alma 152, por ejemplo.

- 5 Dentro de los ejemplos, el método 200 puede incluir adicionalmente cargar la placa 140 sobre la primera brida 136 y la segunda brida 138 tras la extracción del pistón 132 de mecanizado a partir de la cavidad 134 del mandril de conformación, y aplicar la presión vertical a la primera brida 136 y a la segunda brida 138 usando la placa 140.

10 Dentro de ejemplos adicionales, el método 200 también puede incluir aplicar el tratamiento 150 para BVID al rigidizador 146 de pala compuesto y curar tanto el rigidizador 146 de pala compuesto como el tratamiento 150 para BVID durante un único procedimiento de curado.

15 La figura 13 muestra un diagrama de flujo de un método 220 de ejemplo, según un ejemplo. El método 220 mostrado en la figura 13 presenta un ejemplo de un método que puede usarse durante la formación del rigidizador 146 de pala compuesto tal como se muestra en las figuras 4-11, por ejemplo. Además, pueden usarse o configurarse dispositivos o sistemas para realizar funciones lógicas presentadas en la figura 13. En algunos casos, pueden configurarse componentes de los dispositivos y/o sistemas para realizar las funciones de tal manera que los componentes se configuran y estructuran realmente (con hardware y/o software) para permitir tal funcionamiento. En otros ejemplos, pueden disponerse componentes de los dispositivos y/o sistemas para estar adaptados para, poder o ser adecuados para, realizar las funciones, tal como cuando se hacen funcionar de una manera específica. El método 220 puede incluir una o más operaciones, funciones o acciones tal como se ilustra mediante uno o más de los bloques 222-228. Además, los diversos bloques pueden combinarse para dar menos bloques, dividirse para dar bloques adicionales y/o retirarse basándose en la implementación deseada.

20 En el bloque 222, el método 220 incluye ensamblar la carga 100 compuesta plana hasta un grosor en una orientación predeterminada. En el bloque 224, el método 220 incluye formar la línea 114 de corte en la carga 100 compuesta plana que tiene bordes 120 y 122 biselados opuestos a 45 grados inclinados hacia fuera desde la línea 114 de corte. En el bloque 226, el método 220 incluye posicionar la carga 100 compuesta plana centrada alrededor del pistón 132 de mecanizado de tal manera que el pistón 132 de mecanizado está alineado con la línea 114 de corte.

25 En el bloque 228, el método 220 incluye activar el pistón 132 de mecanizado para moverse hacia abajo y plegar la carga 100 compuesta plana en la línea 114 de corte al interior de la cavidad 134 de un mandril de conformación, y al terminarse el movimiento del pistón 132 de mecanizado y el plegado resultante de la carga 100 compuesta plana, los bordes 120 y 122 biselados opuestos a 45 grados forman la superficie 148 plana alineada con, o perpendicular a, la línea 114 de corte y forman la primera brida 136 y la segunda brida 138 conectadas a la superficie 148 plana. En ejemplos, al terminarse, también se forma el alma 152 conectada a la superficie 148 plana. En algunos ejemplos, la carga 100 compuesta plana se calienta antes de activar el pistón 132 de mecanizado y el mandril de conformación se separa a medida que el pistón 132 de mecanizado se mueve hacia abajo.

30 Dentro de los ejemplos, el método 220 puede incluir adicionalmente aplicar la capa 124 de refuerzo sobre la carga 100 compuesta plana antes de la activación del pistón 132 de mecanizado.

Dentro de otros ejemplos, el método 220 puede incluir adicionalmente cargar la placa 140 sobre la primera brida 136 y la segunda brida 138 tras la extracción del pistón 132 de mecanizado a partir de la cavidad 134 del mandril de conformación y aplicar una presión vertical a la primera brida 136 y a la segunda brida 138 usando la placa 140.

35 Dentro de todavía otros ejemplos, la superficie 148 plana, y la primera brida 136 y la segunda brida 138 y el alma 152 conectadas a la superficie 148 plana, forman el rigidizador 146 de pala compuesto, y el método 220 puede incluir adicionalmente aplicar el tratamiento 150 para BVID al rigidizador 146 de pala compuesto, y curar tanto el rigidizador 146 de pala compuesto como el tratamiento 150 para BVID durante un único procedimiento de curado.

40 La figura 14 muestra un diagrama de flujo de otro método de ejemplo 230 para conformar la carga 100 compuesta plana para dar el rigidizador 146 de pala compuesto, según un ejemplo. El método 230 mostrado en la figura 14 presenta un ejemplo de un método que puede usarse durante la formación del rigidizador 146 de pala compuesto tal como se muestra en las figuras 4-11, por ejemplo. Además, pueden usarse o configurarse dispositivos o sistemas para realizar funciones lógicas presentadas en la figura 14. En algunos casos, pueden configurarse componentes de los dispositivos y/o sistemas para realizar las funciones de tal manera que los componentes se configuran y estructuran realmente (con hardware y/o software) para permitir tal funcionamiento. En otros ejemplos, pueden disponerse componentes de los dispositivos y/o sistemas para estar adaptados para, poder o ser adecuados para, realizar las funciones, tal como cuando se hacen funcionar de una manera específica. El método 230 puede incluir una o más operaciones, funciones o acciones tal como se ilustra mediante uno o más de los bloques 232-246. Además, los diversos bloques pueden combinarse para dar menos bloques, dividirse para dar bloques adicionales y/o retirarse basándose en la implementación deseada.

45 En el bloque 232, el método 230 incluye cortar la carga 100 compuesta plana a lo largo de la línea 114 de corte para dar dos fragmentos 116 y 118 separados por los bordes 120 y 122 que tienen bordes opuestos a 45 grados inclinados hacia fuera desde la línea 114 de corte. En el bloque 234, el método 230 incluye posicionar la carga 100 compuesta plana sobre un mandril de conformación alrededor del pistón 132 de mecanizado de tal manera que el pistón 132 de mecanizado está

- alineado con la línea 114 de corte o centrado con respecto a los bordes a 45 grados. En el bloque 236, el método 230 incluye activar el pistón 132 de mecanizado para impulsar los dos fragmentos 116 y 118 de la carga 100 compuesta plana al interior de la cavidad 134 del mandril de conformación dando como resultado que los bordes 120 y 122 opuestos a 45 grados formen la superficie 148 plana a lo largo de la línea 114 de corte y la primera brida 136 y la segunda brida 138 conectadas a la superficie 148 plana. En el bloque 238, el método 230 incluye extraer el pistón 132 de mecanizado a partir de la cavidad 134 del mandril de conformación. En el bloque 240, el método 230 incluye comprimir el mandril de conformación para aplicar una presión lateral a los dos fragmentos 116 y 118 plegados en el interior de la cavidad 134. En el bloque 242, el método 230 incluye aplicar una presión vertical a la primera brida 136 y a la segunda brida 138 para formar el rigidizador 146 de pala compuesto. En el bloque 244, el método 230 incluye aplicar el tratamiento 150 para BVID al rigidizador 146 de pala compuesto. En el bloque 246, el método 230 incluye curar tanto el rigidizador 146 de pala compuesto como el tratamiento 150 para BVID durante un único procedimiento de curado.
- Dentro de los ejemplos, el método 230 puede incluir adicionalmente aplicar la capa 124 de refuerzo sobre los dos fragmentos 116 y 118 para sujetar los dos fragmentos 116 y 118 juntos.
- Dentro de otros ejemplos, el método 230 puede incluir adicionalmente aplicar la capa de material 130 de contacto al mandril de conformación y posicionar la carga 100 compuesta plana sobre la capa de material 130 de contacto sobre el mandril de conformación.
- Dentro de todavía otros ejemplos, el método 230 puede incluir adicionalmente cargar la placa 140 sobre la primera brida 136 y la segunda brida 138 tras la extracción del pistón 132 de mecanizado a partir de la cavidad 134 del mandril de conformación y aplicar la presión vertical a la primera brida 136 y a la segunda brida 138 usando la placa 140.
- Usando ejemplos descritos en el presente documento, puede reducirse o eliminarse el procesamiento posterior adicional del rigidizador 146 de pala compuesto dado que la carga 100 compuesta plana se prepara para permitir la formación del rigidizador 146 de pala compuesto para dar el perfil neto final sin requerirse ningún recorte adicional. Además, esto permite la aplicación del tratamiento 150 para BVID y el curado del rigidizador 146 de pala compuesto y el tratamiento 150 para BVID al mismo tiempo durante un único procedimiento de curado.
- La descripción de las diferentes disposiciones ventajosas se ha presentado con fines de ilustración y descripción, y no se pretende que sea exhaustiva o se limite a los ejemplos de la manera dada a conocer. Muchas modificaciones y variaciones resultarán evidentes para los expertos habituales en la técnica. Además, diferentes ejemplos ventajosos pueden describir diferentes ventajas en comparación con otros ejemplos ventajosos. El ejemplo o los ejemplos seleccionados se eligen y se describen con el fin de explicar de la mejor manera los principios de los ejemplos, la aplicación práctica y para permitir que otros expertos habituales en la técnica entiendan la divulgación para diversos ejemplos con diversas modificaciones según resulte adecuado para el uso particular contemplado.

REIVINDICACIONES

1. Método para conformar una carga compuesta plana para dar un rigidizador de pala compuesto, que comprende:
recortar una carga (100) compuesta plana hasta una dimensión de diseño final;
- 5 cortar la carga compuesta plana a lo largo de una línea (114) de corte para dar un primer fragmento (116) y un segundo fragmento (118) separados por bordes (120, 122) que tienen un ángulo;
- aplicar una capa (124) de refuerzo sobre el primer fragmento y el segundo fragmento para sujetar el primer fragmento y el segundo fragmento juntos;
- aplicar una capa de material (130) de contacto a un mandril de conformación;
- 10 posicionar el primer fragmento y el segundo fragmento de la carga compuesta plana sobre la capa de material de contacto sobre el mandril de conformación alrededor de un pistón (132) de mecanizado de tal manera que el pistón de mecanizado está alineado con la línea de corte;
- activar el pistón de mecanizado para entrar en contacto con la capa de refuerzo e impulsar el primer fragmento y el segundo fragmento de la carga compuesta plana al interior de una cavidad (134) del mandril de conformación dando como resultado que el primer fragmento y el segundo fragmento se plieguen en la línea de corte;
- 15 extraer el pistón de mecanizado a partir de la cavidad del mandril de conformación;
- comprimir el mandril de conformación para aplicar una presión lateral al primer fragmento y al segundo fragmento plegados en el interior de la cavidad; y
- aplicar una presión vertical a una primera brida (136) y a una segunda brida (138) del primer fragmento y el segundo fragmento, respectivamente, para formar el rigidizador de pala compuesto.
- 20 2. Método según la reivindicación 1, en el que cortar la carga (100) compuesta plana a lo largo de la línea (114) de corte comprende cortar la carga compuesta plana a lo largo de una línea central.
3. Método según la reivindicación 1 o 2, en el que cortar la carga (100) compuesta plana a lo largo de la línea (114) de corte para dar el primer fragmento (116) y el segundo fragmento (118) separados por los bordes (120, 122) que tienen el ángulo comprende cortar los bordes para tener un ángulo de aproximadamente 45 grados.
- 25 4. Método según cualquier reivindicación anterior, en el que cortar la carga (100) compuesta plana a lo largo de la línea (114) de corte para dar el primer fragmento (116) y el segundo fragmento (118) separados por los bordes (120, 122) que tienen el ángulo comprende cortar los bordes para tener bordes opuestos a 45 grados inclinados hacia fuera desde la línea de corte.
- 30 5. Método según cualquier reivindicación anterior, en el que aplicar la capa (124) de refuerzo sobre el primer fragmento (116) y el segundo fragmento (118) para sujetar el primer fragmento y el segundo fragmento juntos comprende aplicar una capa de material textil compuesta.
6. Método según cualquier reivindicación anterior, en el que aplicar la capa de material (130) de contacto al mandril de conformación comprende aplicar una capa desprendible de poliéster.
- 35 7. Método según cualquier reivindicación anterior, en el que aplicar la presión vertical a la primera brida (136) y a la segunda brida (138) del primer fragmento (116) y el segundo fragmento (118), respectivamente, para formar el rigidizador de pala compuesto comprende aplicar la presión vertical para formar una estructura en forma de T con una parte superior sustancialmente plana.
8. Método según cualquier reivindicación anterior, que comprende además:
calentar la carga (100) compuesta plana antes de activar el pistón (132) de mecanizado.
- 40 9. Método según la reivindicación 8, que comprende además:
activar el pistón de mecanizado para entrar en contacto con la capa de refuerzo e impulsar el primer fragmento y el segundo fragmento de la carga compuesta plana calentada al interior de la cavidad del mandril de conformación dando como resultado que el primer fragmento y el segundo fragmento se plieguen en la línea de corte.
10. Método según cualquier reivindicación anterior, que comprende además:
- 45 cargar una placa (140) sobre la primera brida (136) y la segunda brida (138) tras la extracción del pistón de mecanizado a partir de la cavidad (134) del mandril de conformación; y
aplicar la presión vertical a la primera brida y a la segunda brida usando la placa.

11. Método según cualquier reivindicación anterior, que comprende además:

aplicar un tratamiento (150) para daños por impacto apenas visibles, BVID, al rigidizador de pala compuesto; y

curar tanto el rigidizador de pala compuesto como el tratamiento para BVID durante un único procedimiento de curado.

5 12. Método según la reivindicación 11, en el que el tratamiento para BVID comprende o bien (a) fibras de vidrio y un material de matriz o bien (b) una envuelta de fibra de vidrio o material de resina transparente, que actúa como tira de testigo, de tal manera que cuando recibe un impacto, la fibra de vidrio se alterará físicamente y puede determinarse visualmente el daño por impacto.

13. Método según cualquier reivindicación anterior, que comprende además:

separar el mandril de conformación a medida que se activa el pistón de mecanizado.

10

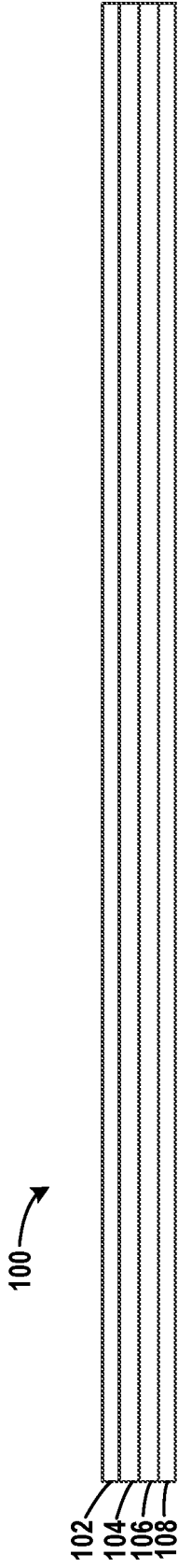


FIG. 1

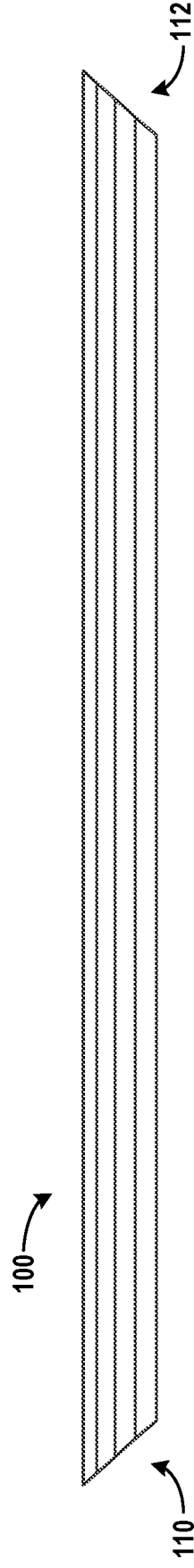


FIG. 2

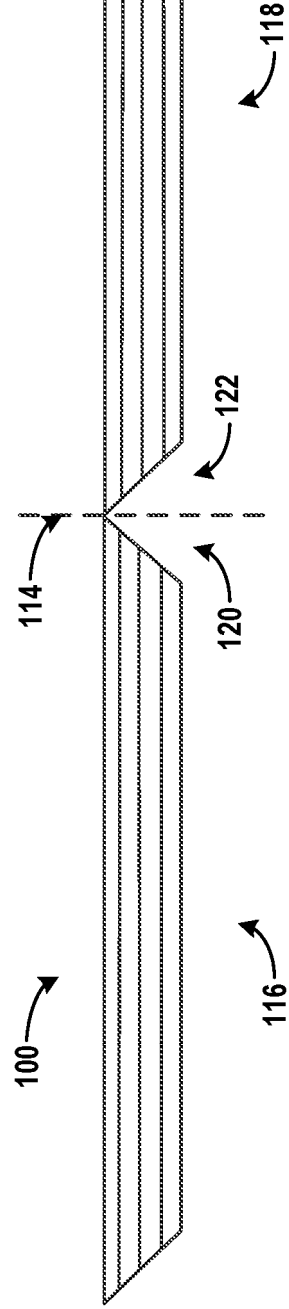


FIG. 3

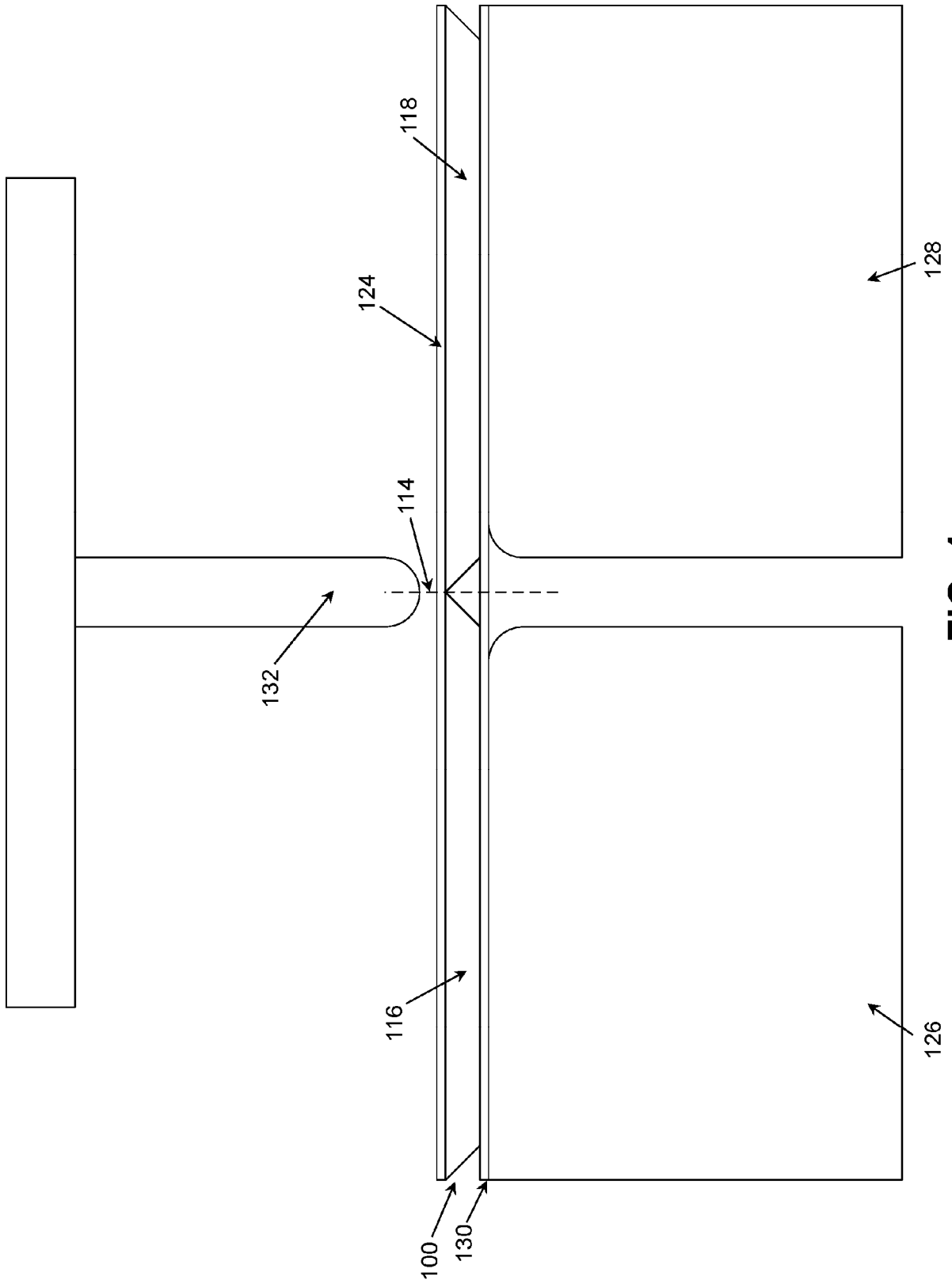


FIG. 4

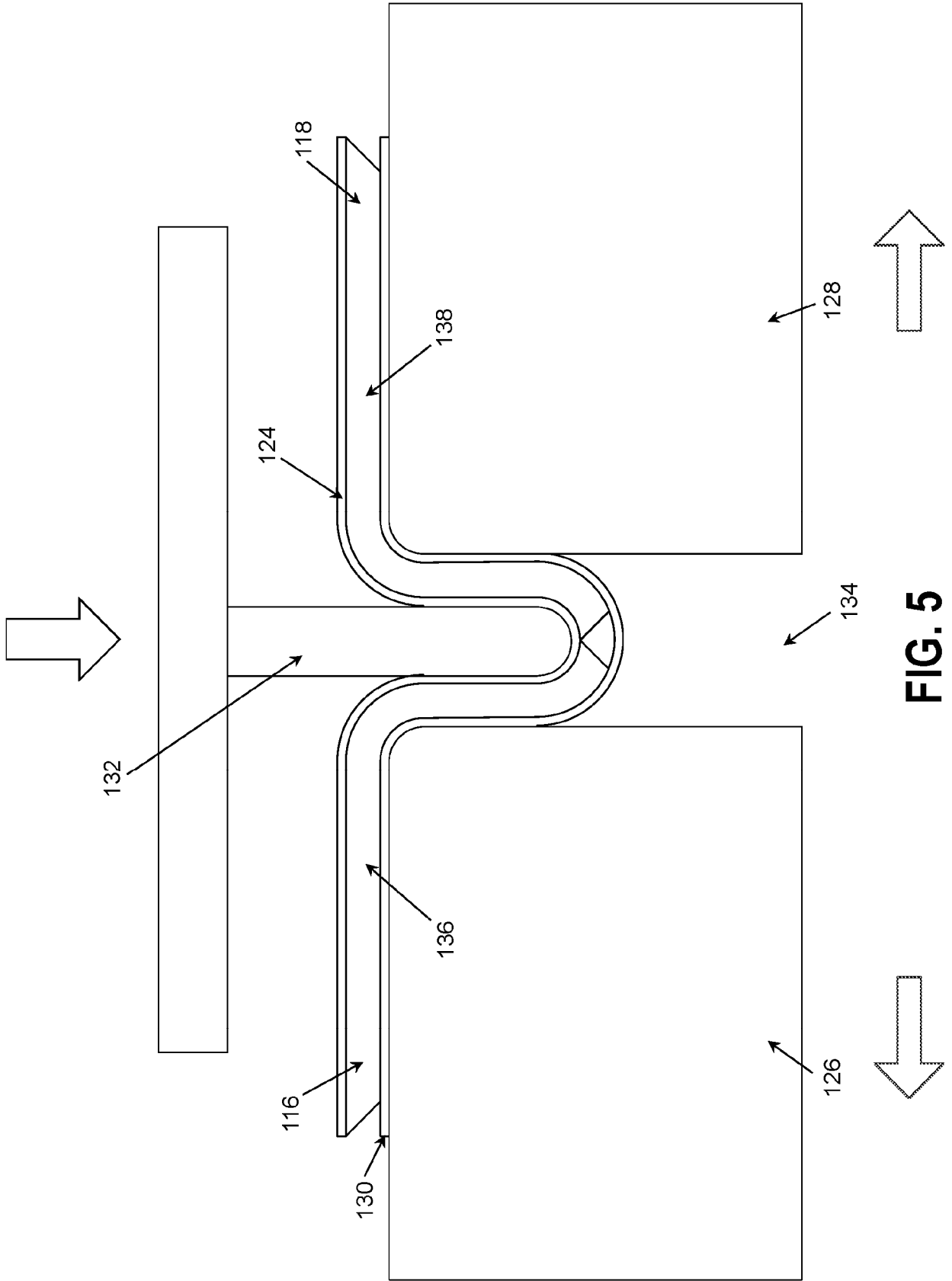


FIG. 5

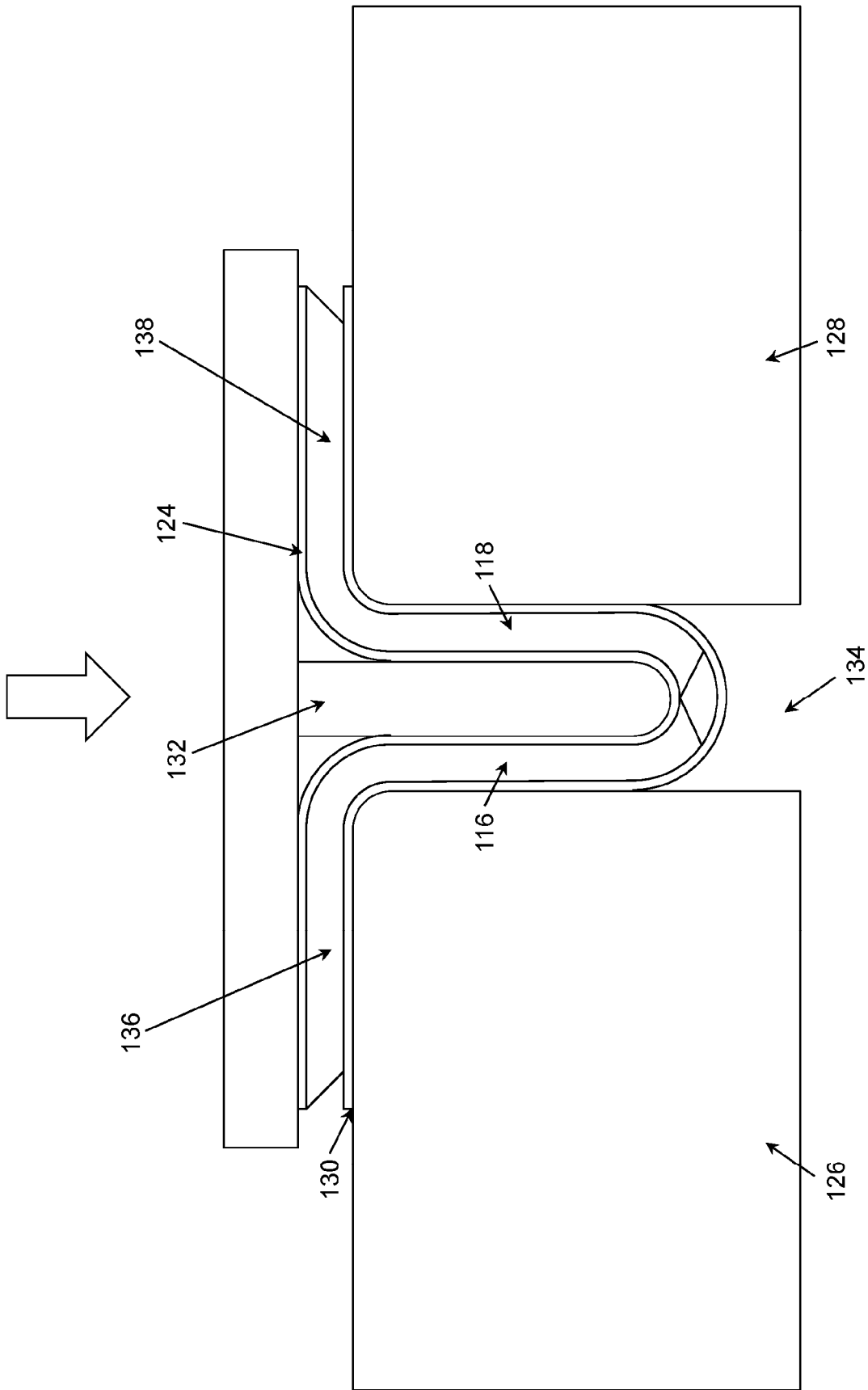


FIG. 6

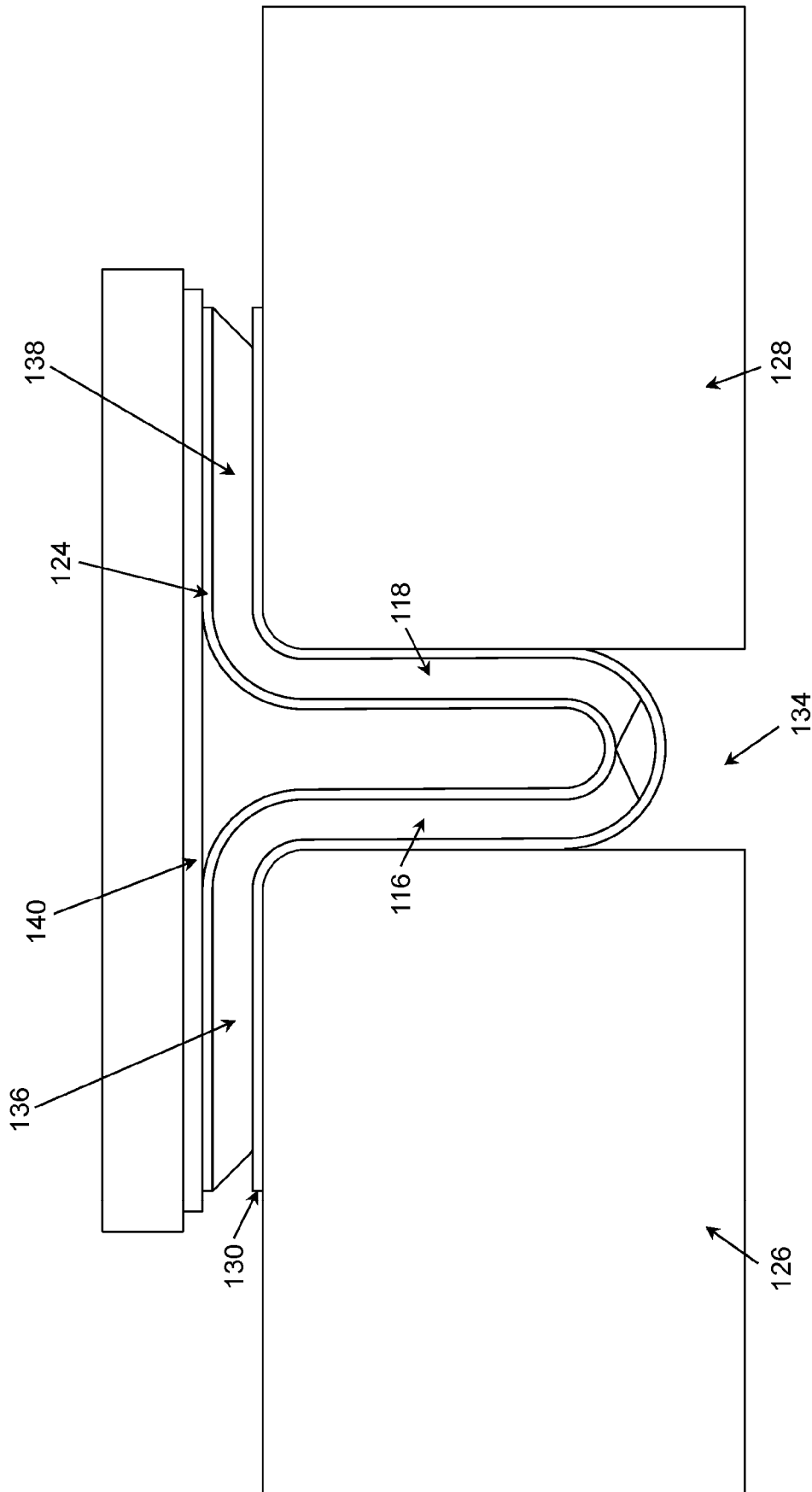


FIG. 7

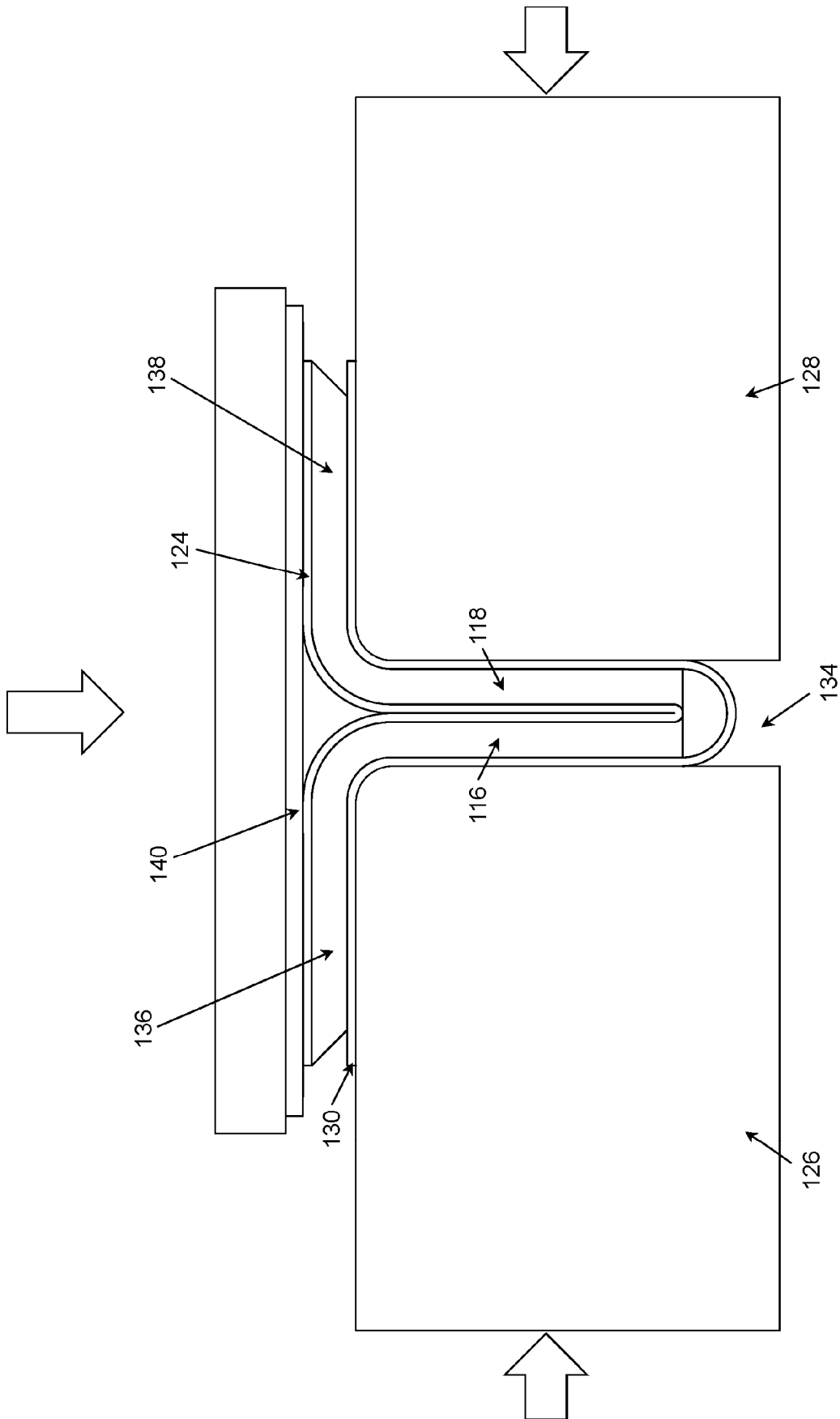


FIG. 8

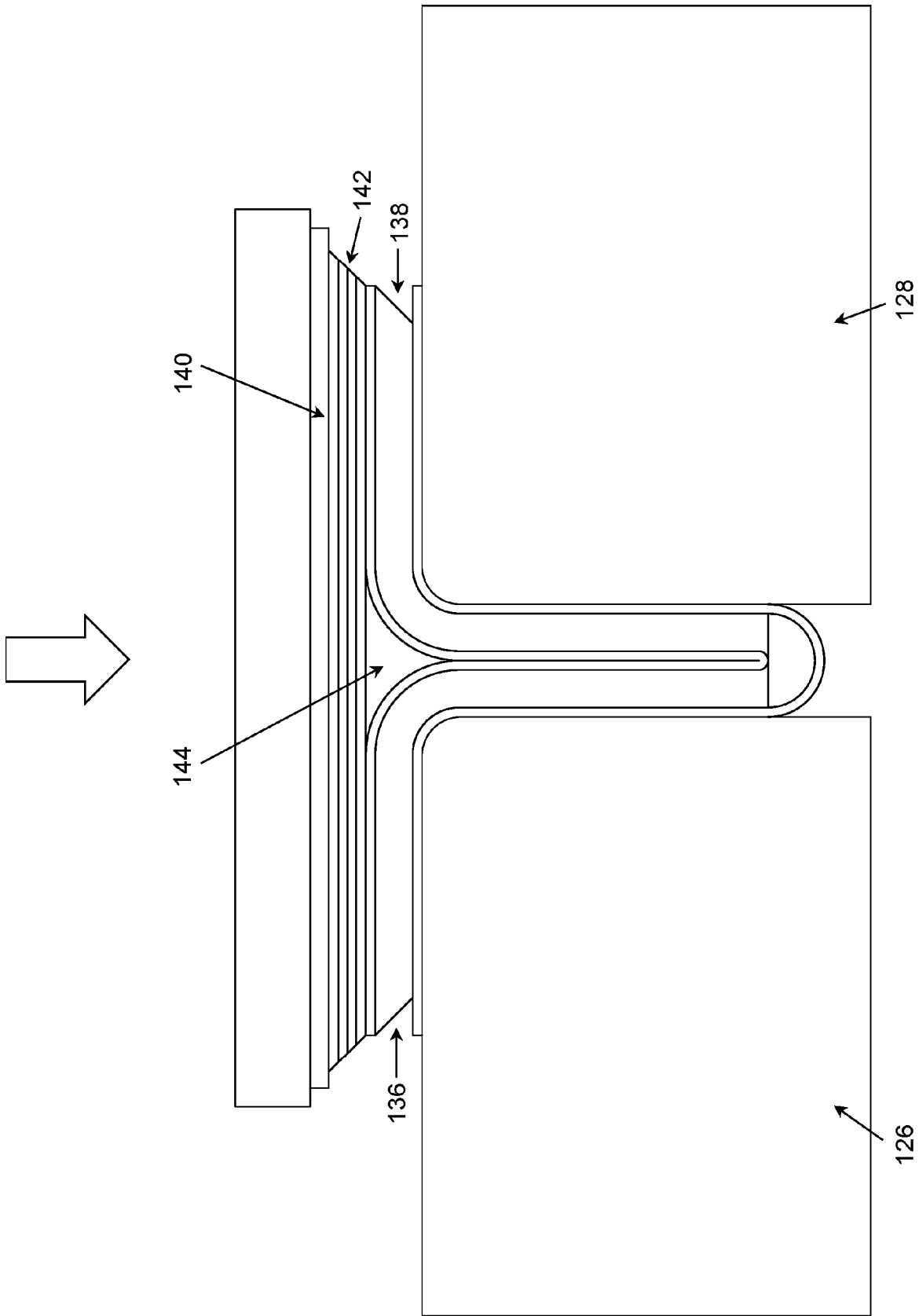


FIG. 9

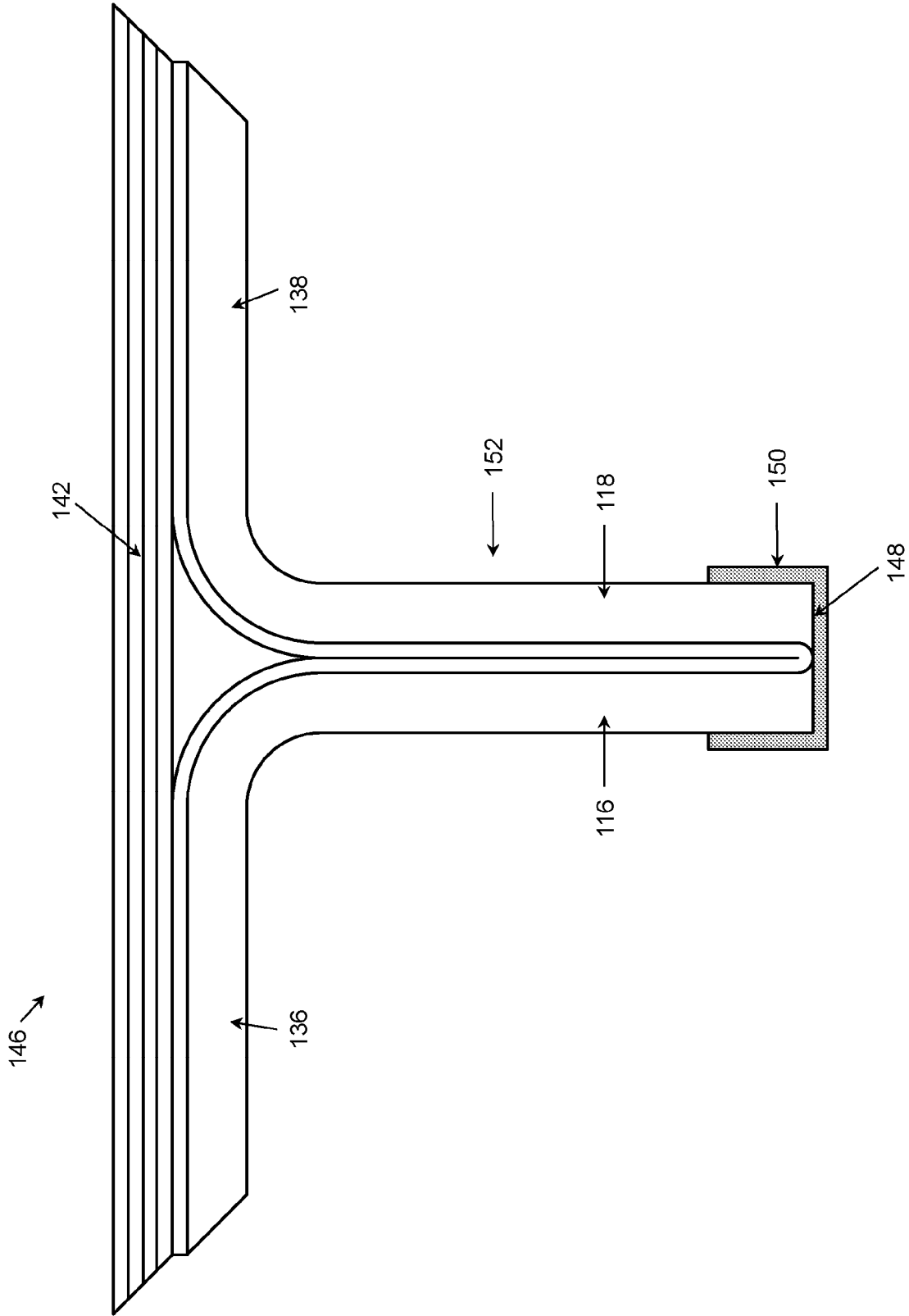


FIG. 10

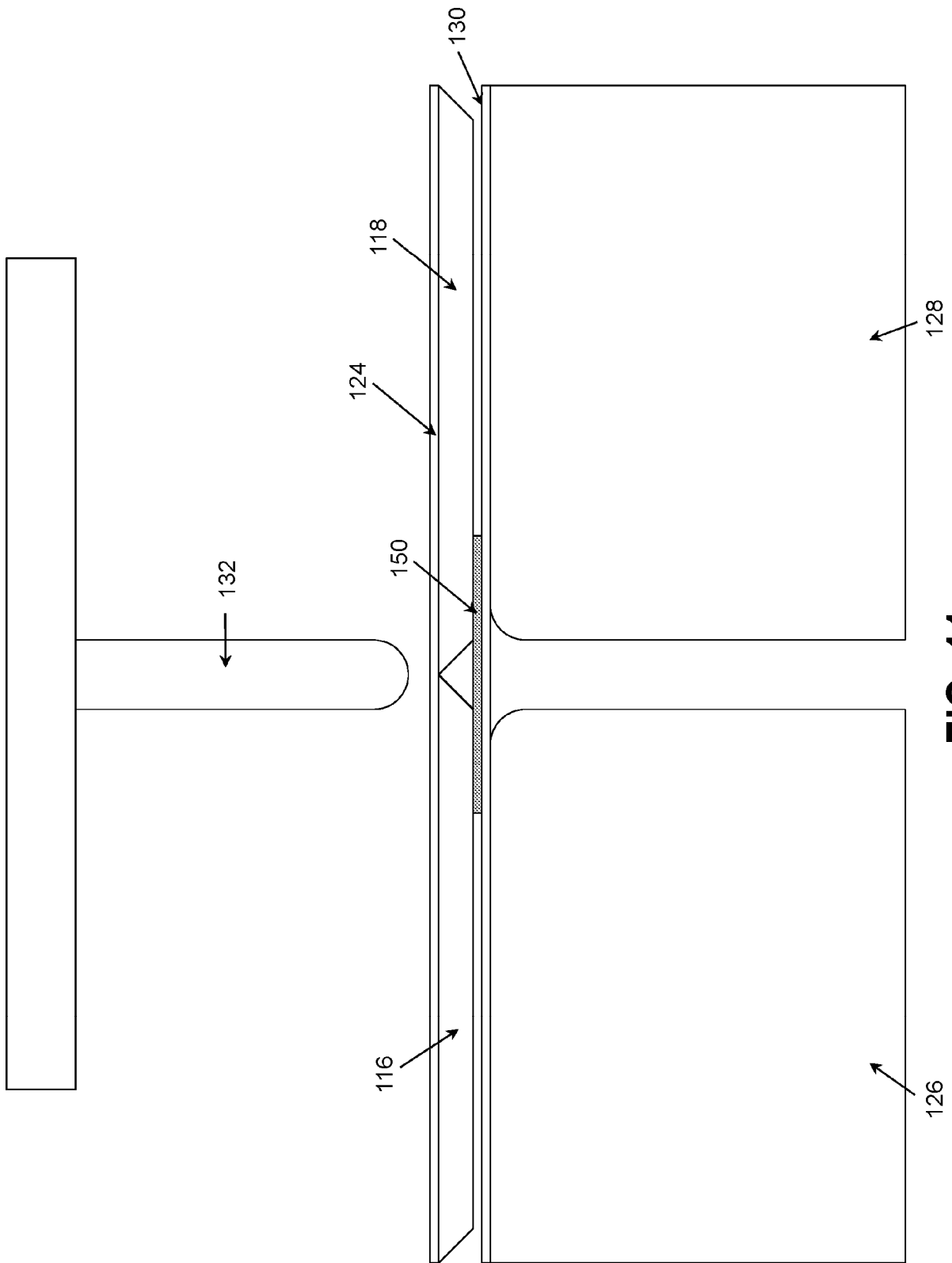


FIG. 11

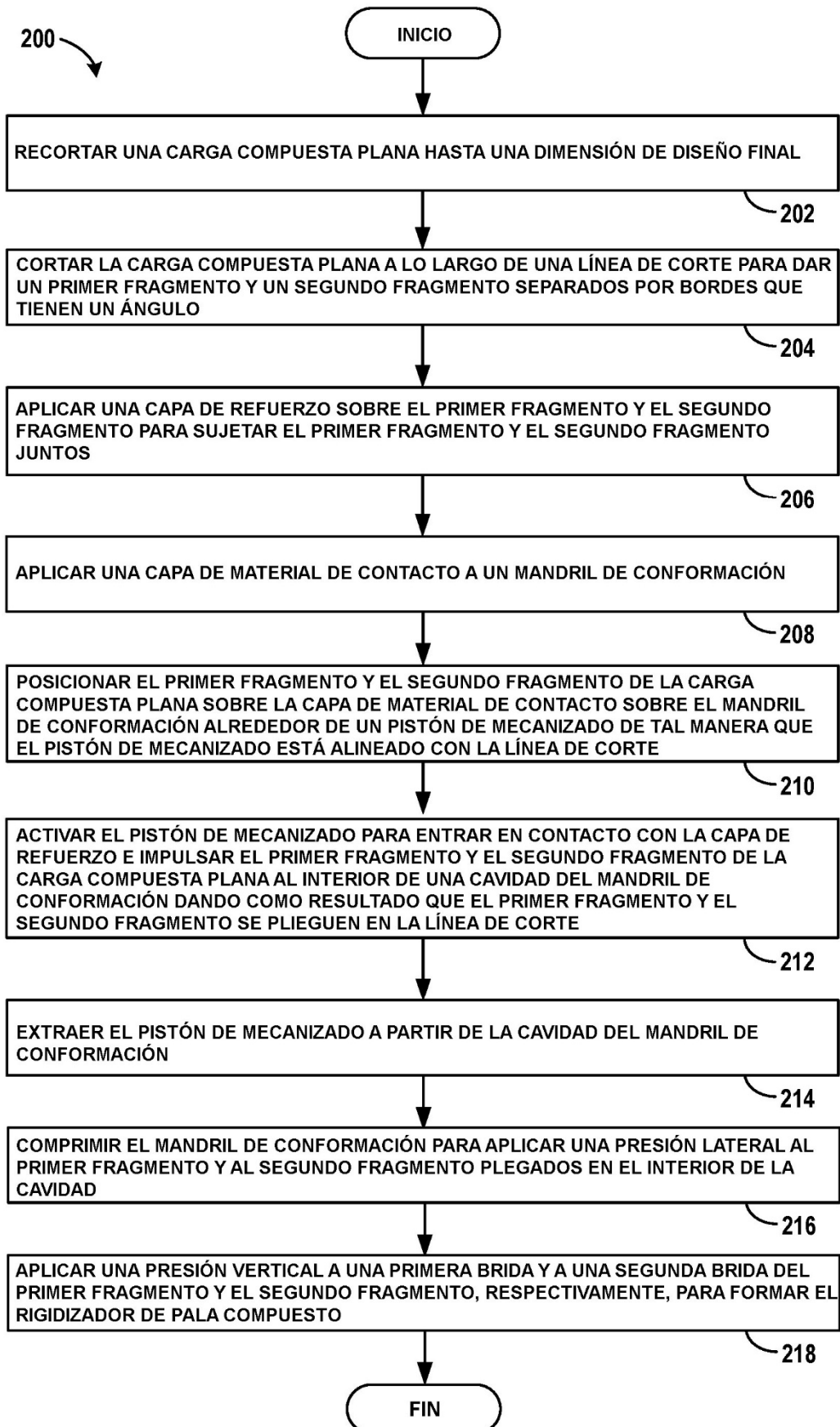


FIG. 12

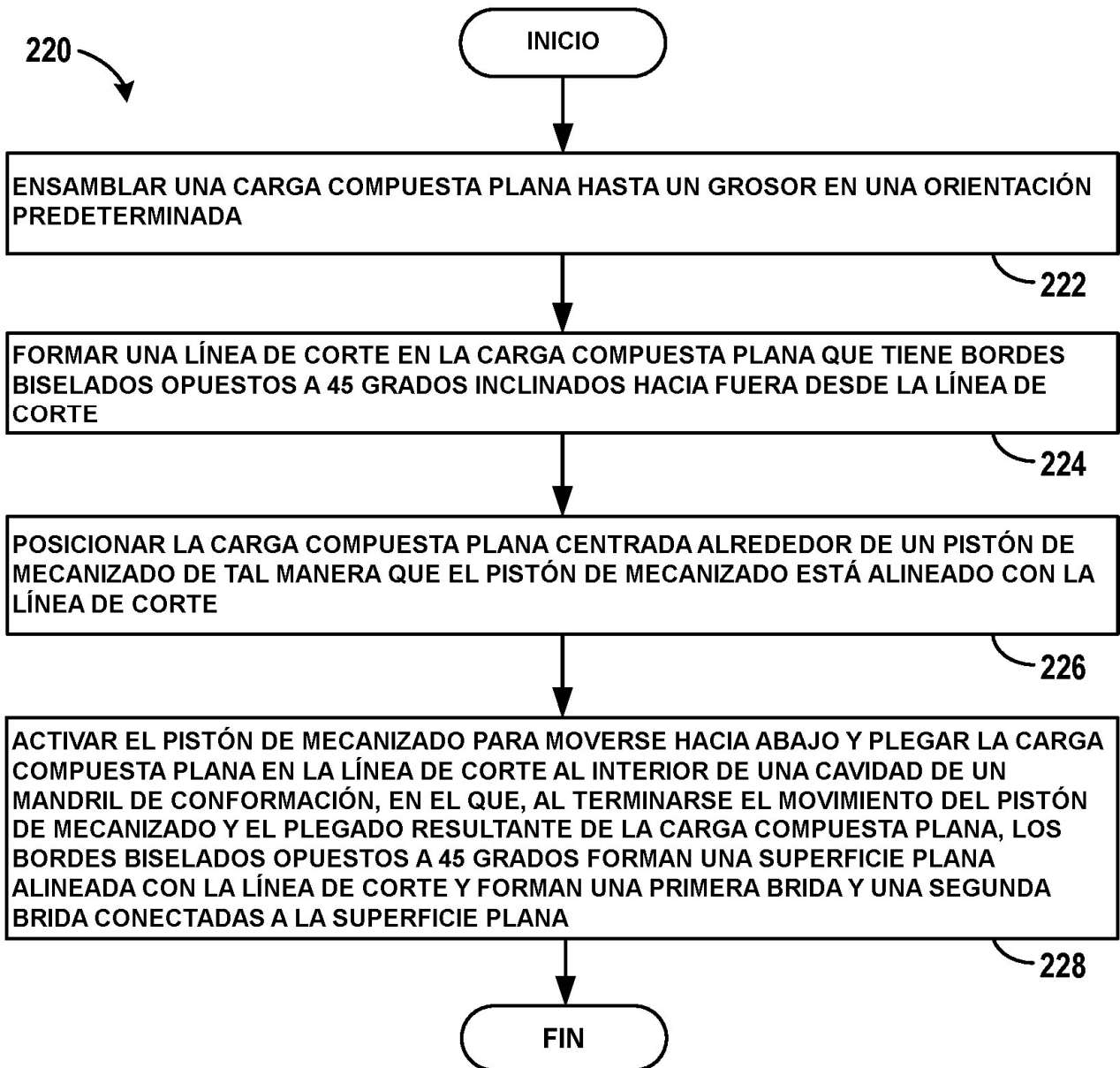


FIG. 13

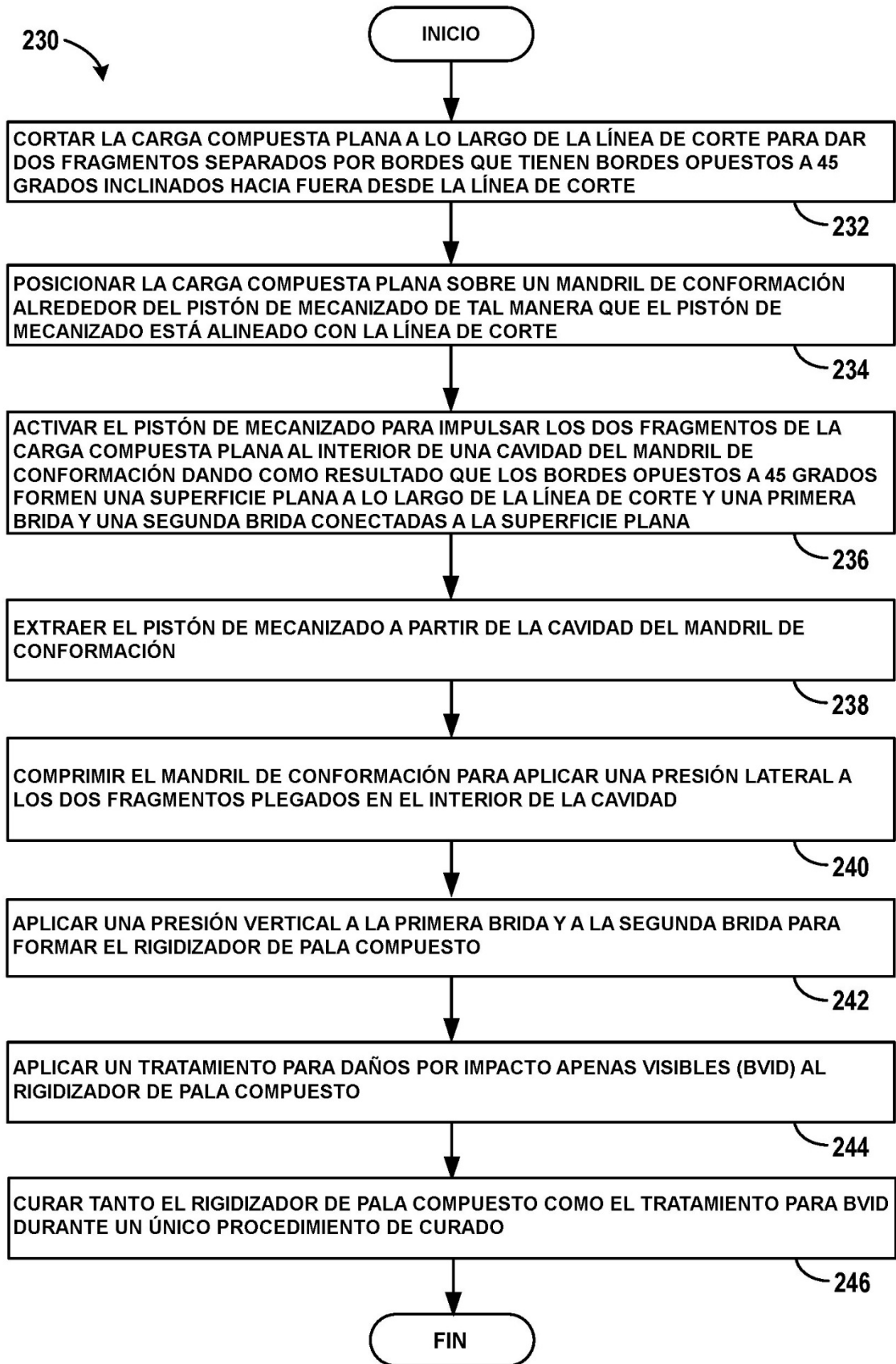


FIG. 14