

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 809 464**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/46** (2006.01)

**B29C 70/56** (2006.01)

**B29D 99/00** (2010.01)

**B29L 31/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2016 E 16164314 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2020 EP 3115185**

54 Título: **Reducción de arrugamiento de refuerzos contorneados de sombrero formados a partir de una única carga compuesta**

30 Prioridad:

**09.07.2015 US 201514795354**

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

**04.03.2021**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**CHAPMAN, MICHAEL ROBERT y  
DAVIS, GORDON DALE**

74 Agente/Representante:

**CONTRERAS PÉREZ, Yahel**

ES 2 809 464 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

Reducción de arrugamiento de refuerzos contorneados de sombrero formados a partir de una única carga compuesta

5

**1. Campo:**

La presente descripción se refiere, en general, a la fabricación de refuerzos compuestos, y trata más particularmente de un procedimiento y aparato para reducir el arrugamiento de refuerzos contorneados de tipo sombrero formados a partir de una única carga compuesta.

10

**2. Antecedentes:**

Los refuerzos compuestos tales como largueros y tirantes se utilizan en una amplia gama de aplicaciones aeroespaciales, marinas y de otro tipo. En algunos casos, deben moldearse unos refuerzos a lo largo de su longitud para ajustarse a la geometría de una estructura, tal como el ala de un avión o el revestimiento de un fuselaje.

15

Una técnica para fabricar refuerzos compuestos contorneados consiste en la formación por punzonado de una carga de laminado compuesto en un refuerzo recto, y moldear el refuerzo recto colocando un elemento de sujeción por vacío contorneado en el interior del refuerzo. Al elemento de sujeción por vacío se le aplica vacío y el refuerzo se transfiere después a una herramienta de curado hembra que tiene un contorno de refuerzo deseado. Este enfoque requiere mucha mano de obra e incrementa los costes de las herramientas.

20

Más recientemente, se ha propuesto fabricar refuerzos compuestos moldeados, tales como largueros, utilizando formación por punzonado en la cual se perfora una carga de laminado compuesto plano en un troquel para obtener la forma en sección transversal deseada. Tanto el punzón como el troquel están articulados a lo largo de sus longitudes, lo que permite doblarse. Una vez que se ha formado la carga con el punzón con la forma en sección transversal deseada, se hace que el punzón y el troquel se doblen, formando así el refuerzo con el contorno deseado. Sin embargo, si el refuerzo compuesto es altamente contorneado de dan problemas. A medida que la carga formada se dobla en el contorno deseado, partes de la carga, tales como las almas en un refuerzo de sombrero, se ponen a compresión, lo que da como resultado un arrugamiento no deseado de algunas de las capas de la carga. Para eliminar el arrugamiento se requiere un reproceso manual de los refuerzos, lo que aumenta los costes de mano de obra y reduce la tasa de producción.

25

30

Por consiguiente, existe la necesidad de un procedimiento y un aparato que permitan una formación por punzonado de refuerzos compuestos altamente contorneados, tales como tirantes de sombrero, que reduzca o elimine sustancialmente el arrugamiento de las capas provocado por la compresión del material a medida que el refuerzo se forma en el contorno deseado.

35

De acuerdo con US 5 200 133 A, se preparan unos productos conformados moldeando materiales compuestos a base de una tela que consiste en por lo menos dos capas unidireccionales superpuestas de fibras continuas unidas con hilo, estando orientadas las fibras continuas en diferentes direcciones entre sí. La tela compuesta es estampada en un troquel por medio de un cabezal mientras se aplica al mismo tiempo una tensión controlada a la tela a medida que se obliga a la tela a desplazarse hacia el hueco del troquel por medio de un cabezal. La tensión monitorizada se modula interponiendo unas etapas de relajación que tienen un valor ligeramente mayor que cero. La tela, mientras se mantiene bajo tensión controlada, es impregnada con una cantidad de resina o aglutinante que se requiere para la formación de la pieza terminada. El tejido de resina entre el troquel y el cabezal se comprime para desgasificar la resina, mientras que, al mismo tiempo, se determina la posición relativa del cabezal y el troquel para detener el movimiento del cabezal en el troquel hasta que se obtiene el grosor deseado de la pieza moldeada a formar. La resina se polimeriza después calentando el aparato de moldeo a una temperatura suficiente para polimerizar la resina.

40

45

50

De acuerdo con US 2014/203477 A1, en un procedimiento y aparato de mecanizado para formar una carga compuesta en un larguero que tiene una sección transversal en forma de I, se dispone una carga compuesta sustancialmente plana en un conjunto de troquel y se presiona para formar una cavidad del conjunto de troquel para formar un sombrero de larguero. Una base de larguero se forma por estampado de la carga compuesta contra el conjunto de troquel. El conjunto de troquel se utiliza para comprimir el sombrero de larguero en un alma de larguero que tiene un bulbo en un extremo. Se forma una tapa de larguero por estampado del bulbo en el interior de una cavidad del conjunto de troquel.

55

60

De acuerdo con US 5 882 462 A, un procedimiento para realizar una preforma reforzada con fibra corrugada para un canal corrugado implica una aplicación secuencial de capas de fibra a una herramienta de conformación, cada una de las capas formadas individualmente en los contornos de la herramienta de conformación, utilizando herramientas

de corrugado, medios de restricción utilizados para mantener las láminas en conformidad con la herramienta. Después, las capas se someten a compactación y se calientan para estabilizar las capas de fibra en su estado conformado, con capas adicionales aplicadas sobre las mismas utilizando las mismas etapas de aplicación, formación, restricción, y estabilización para producir una preforma de fibra compactada gruesa que evita el arrugamiento de las fibras en el radio entre el alma y las partes laterales del canal corrugado.

De acuerdo con US 8 465 613 B2, un aparato de mecanizado para formar una carga compuesta en un larguero de pala compuesto contorneado incluye un punzón alargado y un troquel alargado flexible a lo largo de sus longitudes. La carga es estampada utilizando el punzón para accionar la carga hacia el troquel. El punzón y el troquel están montados entre un par de placas flexibles. Una prensa acoplada a las placas contornea la carga doblando las placas en un contorno deseado.

De acuerdo con US 4 946 526 A, un proceso para producir estructuras de paneles de plástico laminado reforzado por compresión termoplástica emplea unos mandriles de moldeo internos que se fragilizan significativamente durante o después de la etapa de compresión. Pueden producirse unos paneles de sombrero rígidos formados a partir de dos láminas de resina termoplástica utilizando unos mandriles alargados formados por material cerámico en partículas adheridos entre sí por un aglutinante tal como un silicato de metal alcalino. Los mandriles están dispuestos entre una lámina de revestimiento y unas láminas de refuerzo de sombrero con las láminas respectivas dispuestas entre las planchas de una prensa hidráulica u otro mecanismo de moldeo por compresión adecuado. Pueden formarse unas estructuras laminadas en sándwich empleando láminas de resina termoplástica libres con un primer conjunto de mandriles de partículas cerámicas interpuestos entre un par de láminas adyacentes y un segundo conjunto de dichos mandriles interpuestos entre el otro par de láminas adyacentes.

## DESCRIPCIÓN

Las realizaciones descritas presentan un procedimiento y un aparato para fabricar refuerzos laminados compuestos altamente contorneados, sustancialmente libres de arrugamiento. Los refuerzos están formados por punzonado a partir de una sola carga compuesta y después contorneados a lo largo de sus longitudes. Se presiona una parte del refuerzo conformado y, por lo tanto, se comprime, a medida que se contornea la carga compuesta conformada. La compresión de una parte de la carga hace que el resto del refuerzo se ponga a tensión, lo que evita que las capas del refuerzo se arruguen a medida que el refuerzo se contornea. En una variante del procedimiento, el refuerzo puede ser contorneado secuencialmente a lo largo de su longitud, comenzando en el vértice del contorno previsto, para reducir o eliminar un posible acoplamiento de las capas durante el contorneado.

De acuerdo con una realización descrita, se presenta un procedimiento para formar un refuerzo compuesto en forma de sombrero contorneado que tiene una tapa, un par de salientes y un par de almas que conectan la tapa con los salientes, tal como se define en la reivindicación 1 adjunta.

El procedimiento también puede incluir formar un contorno en el refuerzo recto formando primero una parte del contorno en una sección intermedia del refuerzo recto y después formando las otras secciones del contorno. La operación de formación puede realizarse de manera secuencial en la cual se realiza primero el contorneado del refuerzo en el vértice del contorno, seguido del contorneado del resto del refuerzo.

De acuerdo con otra realización descrita, se dispone un aparato para formar un refuerzo de sombrero contorneado a lo largo de su longitud, en el que el refuerzo de sombrero incluye un par de almas que conectan una tapa con un par de salientes, tal como se define en la reivindicación 9 adjunta.

Las características, funciones y ventajas pueden lograrse de manera independiente en diversas realizaciones de la presente descripción o pueden combinarse en todavía otras realizaciones en las que pueden apreciarse más detalles con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

En las reivindicaciones adjuntas se exponen aspectos que se creen novedosos característicos de las realizaciones ilustrativas. Sin embargo, las realizaciones ilustrativas, así como un modo de uso preferido, objetivos adicionales y ventajas de las mismas, se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ilustrativa de la presente descripción al leerse junto con los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 es una ilustración de una vista en perspectiva de un refuerzo de sombrero compuesto que tiene un contorno cóncavo.

La figura 2 es una ilustración similar a la figura 1 pero que muestra un extremo de un refuerzo de sombrero compuesto que tiene un contorno convexo.

La figura 3 es una ilustración de una vista en sección transversal del aparato para formación por punzonado del refuerzo de sombrero compuesto contorneado mostrado en la figura 1, que ilustra la configuración del troquel en preparación para realizar una operación de formación por punzonado.

La figura 4 es una ilustración de una vista en sección transversal según la línea 4-4 de la figura 3.

5 La figura 5 es una ilustración similar a la figura 3, pero muestra el punzón que tiene formada parcialmente la carga en el troquel.

La figura 6 es una ilustración de la zona designada como "figura 6" en la figura 5.

La figura 7 es una ilustración similar a la figura 5, pero muestra que el refuerzo de sombrero que se ha formado completamente en la forma de la sección transversal deseada.

10 La figura 8 es una ilustración similar a la figura 7, pero muestra una placa de presión que comprime la tapa contra el punzón para desplazar el eje neutro del refuerzo conformado y, por lo tanto, disponer a tracción las almas y salientes.

La figura 9 es una ilustración de una vista lateral de un dispositivo de formación de contorno utilizado para contornear el refuerzo de sombrero formado por punzonado, sólo mostrado uno de los cilindros de la placa de presión para mayor claridad.

15 La figura 9A es una ilustración del área designada como "figura 9A" en la figura 9.

La figura 10 es una ilustración de una vista lateral del troquel segmentado antes de que comience una operación de formación de contorno.

20 La figura 11 es una ilustración similar a la figura 10, pero muestra el contorno inicial de una sección intermedia del troquel segmentado en el vértice del contorno.

La figura 12 es una ilustración similar a la figura 8, pero muestra una realización alternativa del aparato para reducir arrugamiento de capas durante la formación del refuerzo compuesto de sombrero de forma convexa que se muestra en la figura 2.

25 La figura 13 es una ilustración de un diagrama de flujo de un procedimiento para formar un refuerzo compuesto en forma de sombrero contorneado a lo largo de su longitud.

La figura 14 es una ilustración de un diagrama de flujo de otro procedimiento para formar un refuerzo compuesto en forma de sombrero contorneado a lo largo de su longitud.

La figura 15 es una ilustración de un diagrama de flujo de producción de aviones y metodología de servicio.

30 La figura 16 es una ilustración de un diagrama de bloques de un avión.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA

Haciendo referencia primero a la figura 1, las realizaciones descritas que se explican a continuación pueden emplearse para fabricar un refuerzo laminado compuesto contorneado tal como un refuerzo de sombrero 20 que tiene una sección transversal en forma de sombrero y un eje longitudinal curvado 32. El refuerzo de sombrero 20 incluye una sección de sombrero 28 que comprende un par de almas 22 que conectan una tapa 24 con un par de salientes 26. La tapa 24 está conectada con las almas 22 a lo largo de las esquinas de radio 31, mientras que los salientes 26 están conectadas con las almas 22 a lo largo de las esquinas de radio 33. El refuerzo de sombrero 20 está contorneado 30 en el plano YZ en toda su longitud. En este ejemplo, el refuerzo 20 tiene un contorno cóncavo 30, en el que la tapa 24 se encuentra situada en el radio interior del refuerzo 20. En otros ejemplos, el refuerzo de sombrero 20 puede estar contorneado en una o más ubicaciones en cualquier lugar a lo largo de su longitud. Por ejemplo, el refuerzo de sombrero 20 puede estar contorneado sólo en una sección intermedia, o sólo contorneado en sus extremos exteriores.

45 Tal como se describirá más adelante con más detalle, el refuerzo de sombrero 20 puede formarse a partir de una única carga de material compuesto laminado de capas reforzadas con fibra, tal como plástico reforzado con fibra de carbono, per sin limitarse a ello. La figura 2 ilustra una forma alternativa de un refuerzo de sombrero 20a el cual puede producirse de acuerdo con las realizaciones descritas, que presenta un contorno 30a en el que los salientes 26 están en el radio interior del contorno 30a. Los refuerzos de sombrero 20, 20a descritos anteriormente son meramente ilustrativos de una amplia gama de refuerzos laminados compuestos contorneados que pueden fabricarse utilizando el procedimiento y el aparato descritos.

Se hace referencia ahora a las figuras 3 y 4 que ilustran un aparato para fabricar refuerzos laminados compuestos, tales como los refuerzos laminados compuestos contorneados 20, 20a mostrados respectivamente en las figuras 1 y 2. El aparato comprende, en general, un punzón 42 unido a una placa flexible superior 44, y un troquel 36 montado en una placa flexible inferior 40. Las placas 40, 44 son obligadas a empujar, juntas, al punzón 42 hacia el troquel 36, por medio de una máquina tal como una prensa (no mostrada) en la que las placas 40, 44 quedan interpuestas entre dos planchas de prensa 70 descritas posteriormente (figura 9). Tal como mejor se aprecia en la figura 4, tanto el troquel 36 como el punzón 42 están segmentados a lo largo de sus respectivas longitudes. Los segmentos del troquel 36 y el punzón 42 están conectados entre sí mediante unos acoplamientos 60, permitiendo que el troquel 36 y el punzón 42 flexionen y se doblen cada uno a lo largo de sus longitudes. El troquel 36 comprende un par de elementos de troquel separados 38 que definen una cavidad de troquel 46 entre los mismos en cuyo interior pueden formarse las almas 22 y la tapa 24 de los refuerzos 20, 20a en una operación de formación por punzonado que se

describe a continuación. Cada uno de los elementos de troquel 38 incluye un borde de radio exterior 38a para formar las esquinas de radio 33 del refuerzo 20, 20a, y el punzón 42 incluye unos bordes de radio exterior 42a para formar las esquinas de radio 31 del refuerzo 20, 20a.

5 Unas vejigas inflables, que pueden comprender mangueras inflables 48, quedan capturadas entre los elementos de troquel 38 y unos elementos angulares exteriores 50 que están sujetos a la placa inferior 40. La presurización de las mangueras 48 hace que se aplique una presión lateral a los elementos de troquel 38, lo cual empuja los elementos 38 para moverlos uno hacia el otro. Una placa de presión flexible sustancialmente plana 54 queda unida al extremo superior de los émbolos 58 de una pluralidad de cilindros de placa de presión neumáticos o hidráulicos 56, o  
10 aplicadores de fuerza motorizados similares. Los cilindros 56 están distribuidos a lo largo de la longitud del aparato, tal como mejor se aprecia en la figura 4 para aplicar una presión sustancialmente uniforme a la placa de presión 54 a lo largo de su longitud. Los émbolos 58 se extienden a través de la placa inferior 40 hacia la cavidad del troquel 46. La placa de presión 54 se extiende sustancialmente paralela a la parte inferior del punzón 42 y es desplazable verticalmente en el interior de la cavidad del troquel 46 por los cilindros 56.

15 La figura 3 muestra la configuración del aparato en preparación para una operación de formación en la que la forma en sección transversal del refuerzo 20 se obtiene por punzonado. Sobre el troquel 36 se coloca una carga compuesta sustancialmente plana 34, que se superpone a las superficies superiores 38b de los elementos de troquel 38. Las partes intermedias de la carga compuesta 34 van soportadas sobre la placa de presión 54 que se  
20 desplaza hacia arriba a una posición donde queda sustancialmente paralela con las superficies superiores 38b de los elementos de troquel 38. Sobre la carga compuesta 34 puede colocarse un manto calefactor 52 para calentar la carga compuesta 34 a su temperatura de conformación antes del comienzo de una operación de formación. Pueden utilizarse otras formas de dispositivos de calentamiento, tales como lámparas infrarrojas o sopladores de gas caliente (ambos no mostrados) en lugar del manto de calentamiento 52 para calentar la carga compuesta a su  
25 temperatura de conformación. Después de calentar la carga compuesta 34 hasta su temperatura de conformación, el manto calefactor 52 se retira, y se inicia una operación de formación por punzonado.

Las figuras 5 y 6 muestran el punzón 42 parcialmente desplazado hacia abajo para comenzar a accionar y formar la carga compuesta 34 hacia la cavidad del troquel 46. La fuerza hacia abajo aplicada por el punzón 42 supera la  
30 fuerza hacia arriba aplicada por la placa de presión 54 permitiendo que la carga compuesta 34 se forme entre el punzón 42 y los elementos de troquel 38. El desplazamiento hacia abajo del punzón 42 aplica fuerzas laterales sobre los elementos de troquel 38 que supera las fuerzas de empuje aplicadas por las mangueras 48, haciendo que los elementos de troquel 38 se alejen uno del otro. Tal como mejor se aprecia en la figura 6, el punzón 42 retira la carga compuesta 34 entre los bordes de radio 38a, 42a de los elementos de troquel 38 y el punzón 42  
35 respectivamente. A medida que el punzón 42 desciende hacia la cavidad del troquel 46, la placa superior 44 comprime los bordes exteriores de la carga compuesta 34 contra las superficies superiores 38b de los elementos de troquel 38, formando así los salientes 26. La figura 7 muestra el punzón 42 que ha descendido completamente hacia la cavidad del troquel 46 para completar la formación de la forma en sección transversal del refuerzo 20.

40 Haciendo referencia ahora a la figura 8, habiéndose obtenido la forma en sección transversal del refuerzo recto 20, los cilindros 56 aplican una fuerza a la placa de presión 54, haciendo que la placa de presión 54 aplique una presión a la tapa 24, apretando así la tapa 24 entre la placa de presión 54 y el punzón 42. La compresión 43 de la tapa 24 por la placa de presión 84 desplaza 62 el eje neutro 64 del refuerzo 20, 20a desde la posición mostrada en 64a a la posición mostrada en 64b. El eje neutro 64 es la posición en la sección transversal del refuerzo 20, 20a en la que la  
45 carga compuesta 34 no se encuentra ni a tracción ni a compresión. Por lo tanto, el desplazamiento del eje neutro 64 hacia la tapa 24 hace que las almas 22 y los salientes 26 se dispongan a tracción 45. Tal como se describirá a continuación con más detalle, el tensionado de las almas 22 y los salientes 26 de esta manera durante la subsiguiente operación de formación de contorno reduce o elimina el arrugamiento de la capa en la carga formada 34.

50 Las figuras 9 y 9A ilustran un dispositivo 65 que puede comprender, sin limitación, una prensa 65 o dispositivo similar para formar un contorno en el refuerzo recto 20 que se ha formado por punzonado a la forma en sección transversal deseada, tal como se ha descrito anteriormente en relación con las figuras 3 -8. En este ejemplo, el refuerzo 20 se forma con un contorno cóncavo 30 en el plano YZ (figura 1). La prensa 65 también puede emplearse  
55 para formar un refuerzo 20a con un contorno convexo 30a. El troquel 36, que se encuentra intercalado entre la placa inferior y superior 40, 44 (no se muestra el punzón 42) de la prensa 65, queda situado entre dos conjuntos opuestos de aplicadores de fuerza, tal como cilindros neumáticos 68 o elementos motores montados en planchas 70 de la prensa 65 o plataformas similares que están adaptadas para moverse 74 acercándose y alejándose entre sí.

60 Los cilindros neumáticos 68, o generadores de fuerza similares, se disponen en pares opuestos y tienen unos émbolos desplazables 83 que están conectados a la placa superior e inferior 40, 44. Los cilindros de la placa de presión 56 están distribuidos a lo largo del troquel 36 tal como se ha descrito anteriormente en relación con la figura 4, aunque sólo se muestra uno en las figuras 9 y 9A para mayor claridad de la ilustración. Los cilindros de la placa

de presión 56 están montados en dos estructuras de soporte 76 que pueden ser flexibles o segmentadas, y están unidas respectivamente a las placas flexibles superiores 40, 44. Tal como se ha mencionado anteriormente, los émbolos 58 (figura 9A) se extienden a través de las placas 40, 44 hacia la cavidad del troquel 46 (figura 8) y están conectados respectivamente a las placas de presión 54.

5 En una realización, la longitud de los émbolos 83 se ajusta para que coincida con el contorno deseado que se va a formar, y las planchas 70 se mueven una hacia la otra para aplicar la fuerza necesaria para doblar el troquel 36 y el punzón 42, y así el refuerzo compuesto 20, hasta el contorno deseado. En otras realizaciones, las planchas 70 pueden ajustarse inicialmente a una separación deseada, y pueden emplearse los cilindros neumáticos 68 para aplicar la fuerza necesaria para doblar el troquel 36 y el punzón 42 al contorno deseado. A medida que el troquel 36 se dobla hacia el contorno deseado en el plano XY, la tapa 24 permanece comprimida por las placas de presión 54 para mantener a tracción las almas 22 y los salientes 26, evitando así el arrugamiento de las capas que puede producirse por las fuerzas de flexión que se aplican a las almas 22 y a los salientes 26. Después de la operación de contorneado, el refuerzo 20 se deja enfriar a una temperatura por debajo de la temperatura de conformación, preferiblemente a temperatura ambiente, mientras permanece presionado entre el punzón contorneado 42 y el troquel 36. Al enfriarse el refuerzo 20 mientras permanece en el punzón contorneado 42 y el troquel 35, la forma deseada del refuerzo 20 se mantiene y no se distorsiona debido al deslizamiento del material causado por la resina que, de otro modo, permanecería ligeramente blanda.

20 Dependiendo del grado de contorno deseado, las capas sin curar del refuerzo laminado compuesto 20 pueden estar sometidas a un acoplamiento no deseado durante el proceso de contorneado. Para reducir o eliminar posibles acoplamientos, el proceso de contorneado puede llevarse a cabo de modo secuencial, de manera que se contorneen primero las secciones del refuerzo 20 que tienen más probabilidades de torcerse, antes de contornearse otras secciones. Por ejemplo, haciendo referencia ahora a las figuras 10 y 11, el refuerzo 20 tiene un punto medio 85 correspondiente a un vértice del contorno final 30 (figura 1) del refuerzo 20. El punto medio o vértice 85 se encuentra dentro de una sección intermedia 75 del refuerzo recto 20. Las secciones restantes 77, 79 están situadas en lados opuestos de la sección intermedia 75. Haciendo referencia en particular a la figura 11, de acuerdo con el procedimiento descrito, el potencial acoplamiento de capas se reduce o se elimina al contornear inicialmente sólo la sección intermedia 75 que contiene el ápice 84 del contorno de refuerzo final 30. Después, al haberse contorneado la sección intermedia 75, las secciones externas restantes 77, 79 pueden contornearse utilizando la primera que se muestra en la figura 9. En algunas realizaciones, después de contornear la sección intermedia 75, las secciones externas 77, 79 del refuerzo 20 restantes pueden ser contorneadas secuencialmente de manera similar a la descrita inmediatamente antes.

35 A partir de la descripción anterior en relación con las figuras 3-11, puede apreciarse que el arrugamiento de la capa durante el contorneado de un refuerzo laminado compuesto recto 20 puede reducirse o eliminarse disponiendo a tracción esas partes del refuerzo 20 sujetas a arrugamiento, lo cual se obtiene disponiendo otra parte del refuerzo 20 a compresión. En el caso del refuerzo de forma cóncava 20 que se muestra en la figura 1, la tapa 24 se comprime para mantener a tracción las almas 22 y los salientes 26 durante el proceso de contorneado. Puede emplearse un procedimiento similar para evitar el arrugamiento de las capas al contornear un refuerzo recto en la forma convexa que se muestra en la figura 2. Por ejemplo, haciendo referencia ahora a la figura 12, se emplea una disposición de troquel 36 y punzón 42 similar a la descrita anteriormente para formar una carga compuesta laminada sustancialmente plana 34 en un refuerzo de sombrero recto que posteriormente se contornea en el refuerzo de forma convexa 20a que se muestra en la figura 2. Un par de placas de presión 54 empotradas en el fondo de las placas superiores 44 están conectadas a los émbolos 58 de una serie de cilindros neumáticos 56 distribuidos a lo largo de la placa 44. Después de conformar la carga compuesta 34 con una forma en sección transversal deseada, las placas de presión 54 comprimen los salientes 26. La compresión de los salientes 26, a su vez, pone las almas 22 y la tapa 24 a tracción. Manteniendo las almas 22 y la tapa 24 a tracción, el refuerzo recto 20a puede contornearse en una forma convexa deseada utilizando el formador de contorno mostrado en la figura 9.

50 La figura 13 ilustra de manera general etapas de un procedimiento para formar un refuerzo compuesto con forma de sombrero contorneado 20. Comenzando en 78, se coloca una carga compuesta laminada plana 34 sobre el troquel 36, y en 81, la carga 34 se calienta a por lo menos su temperatura de conformación. En 80, se forma un refuerzo rígido 20 que presenta una sección en forma de sombrero utilizando un punzón 42 para accionar la carga 34 hacia una cavidad 46 del troquel 36. En 80, una parte de la carga compuesta 34 se dispone a tracción comprimiendo otra parte de la carga 34, tal como los salientes 26 o la tapa. En 84, se forma un contorno en la carga compuesta 34 mientras que la parte de la carga compuesta 34 se mantiene a tracción durante todo el proceso de contorneado. En 85, el refuerzo contorneado 20 queda sujeto en el troquel contorneado 36 y el punzón 42 hasta que el refuerzo 20 se enfría a una temperatura por debajo de la temperatura de conformación, y preferiblemente a temperatura ambiente para evitar la deformación de la forma del refuerzo cuando se retira del punzón 42 y el troquel 36.

Se hace referencia ahora a la figura 14, que ilustra de manera general las etapas generales de un procedimiento alternativo para formar el refuerzo compuesto con forma de sombrero contorneado 20. Comenzando en 86, se

coloca una carga compuesta plana 34 en el troquel 36, y en 87, la carga 36 se calienta a por lo menos a su temperatura de conformación utilizando un manto calefactor 52 u otros dispositivos de calentamiento adecuados. En 88, la carga compuesta 34 se forma por punzonado entre el troquel 36 y el punzón 42 en un refuerzo sustancialmente recto 20 que tiene una sección transversal en forma de sombrero. En 90, se forma un contorno en el refuerzo recto 20 formando primero una parte del contorno en una sección intermedia del refuerzo, y después formando otras partes del contorno en lados opuestos de la sección intermedia. En 91, después del contorneado, la carga 34 se mantiene en el troquel contorneado 36 y el punzón 42 hasta que el refuerzo se enfría por debajo de su temperatura de conformación, y preferiblemente a temperatura ambiente para evitar la posible deformación de la forma del refuerzo cuando se retira del punzón 42 y el troquel 36.

Las realizaciones de la descripción pueden encontrar uso en una variedad de aplicaciones potenciales, particularmente en la industria del transporte, incluyendo, por ejemplo, aplicaciones aeroespaciales, marinas, automovilísticas y otras aplicaciones en las que pueden utilizarse refuerzos laminados compuestos alargados contorneados, tales como largueros y tirantes. Por lo tanto, haciendo referencia ahora a las figuras 15 y 16, las realizaciones de la descripción pueden utilizarse en el contexto de un procedimiento de fabricación y servicio de aviones 92 tal como se muestra en la figura 15 y un avión 94 tal como se muestra en la figura 16. Las aplicaciones de aviones de las realizaciones descritas pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, tirantes contorneados, largueros y elementos estructurales similares. Durante la producción previa, el procedimiento de ejemplo 92 puede incluir la especificación y el diseño 96 del avión 94 y la adquisición de material 98. Durante la producción, tiene lugar la fabricación de componentes y subconjuntos 100, y la integración de sistemas 102 del avión 94. A partir de entonces, el avión 94 puede pasar por certificación y entrega 104 para la puesta en servicio 106. Mientras está en servicio por un cliente, el avión 94 está programado para un mantenimiento de rutina y servicio 108, que también puede incluir modificación, reconfiguración, restauración, etcétera.

Cada uno de los procesos del procedimiento 92 puede realizarse o llevarse a cabo por un integrador de sistemas, un tercero, y/o un operario (por ejemplo, un cliente). A fines de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aviones y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de distribuidores, subcontratistas y proveedores; y un operario puede ser una compañía aérea, una empresa de arrendamiento, una entidad militar, una organización de servicios, etcétera.

Tal como se muestra en la figura 16, el avión 94 producido mediante el procedimiento de ejemplo 92 puede incluir un fuselaje 110 con una pluralidad de sistemas 112 y un interior 114. Ejemplos de sistemas de alto nivel 112 incluyen uno o más de un sistema de propulsión 116, un sistema eléctrico 118, un sistema hidráulico 120, y un sistema ambiental 122. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la descripción pueden aplicarse a otras industrias, tales como las industrias marítima y automovilística.

Los sistemas y procedimientos que se han explicado aquí pueden emplearse durante cualquiera o más de las etapas del procedimiento de producción y servicio 92. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al proceso de producción 100 pueden fabricarse o manufacturarse de manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras el avión 94 está en servicio. Además, pueden utilizarse una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de procedimientos, o una combinación de las mismas durante las etapas de producción 100 y 102, por ejemplo, agilizando sustancialmente el ensamblaje o reduciendo el coste de un avión 94. De manera similar, puede utilizarse una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de procedimientos o una combinación de las mismas mientras el avión 94 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para mantenimiento y servicio 108.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para formar un refuerzo compuesto con forma de sombrero contorneado (20), presentando el refuerzo compuesto una tapa (24), un par de salientes (26) y un par de almas (22) que conectan la tapa (24) con los salientes (26), que comprende:
- 10 colocar una carga compuesta generalmente plana (34) en un troquel (36) que tiene una cavidad de troquel (46) en la que puede formarse la tapa (24) y las almas (22), estando soportada la carga (34) en una placa de presión (54) acoplada a un generador de fuerza (56) para aplicar una presión a la placa de presión (54);  
 10 accionar la carga (34) hacia la cavidad del troquel (46) con un punzón (42) para formar la tapa (24), las almas (22) y los salientes (26) del refuerzo compuesto en forma de sombrero a contornear;  
 15 disponer a tracción una parte del refuerzo compuesto en forma de sombrero (45) comprimiendo la tapa (24) entre la placa de presión (54) y el punzón (42), o comprimiendo el par de salientes (26) utilizando un par de placas de presión (54) para forzar los salientes (26) contra el troquel (36); y  
 15 formar un contorno (30) a lo largo de un eje longitudinal curvado (32) en el refuerzo compuesto en forma de sombrero mientras la parte del refuerzo compuesto en forma de sombrero se mantiene a tracción (45), para formar el refuerzo compuesto con forma de sombrero (20).
- 20 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que disponer a tracción una parte del refuerzo compuesto en forma de sombrero se realiza comprimiendo (43) la tapa (24).
- 25 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por el hecho de que formar un contorno (30) en el refuerzo compuesto en forma de sombrero incluye doblar el refuerzo compuesto en forma de sombrero en una forma cóncava (30) que tiene un radio interior definido por la tapa (24).
- 30 4. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 2 o 3, caracterizado por el hecho de que la compresión (43) de la tapa se realiza forzando el refuerzo compuesto en forma de sombrero contra un extremo del punzón (42).
- 35 5. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que disponer a tracción una parte del refuerzo compuesto en forma de sombrero (45) se realiza comprimiendo los salientes (26).
- 40 6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por el hecho de que formar un contorno (30) en el refuerzo compuesto en forma de sombrero incluye doblar el refuerzo compuesto en forma de sombrero en una forma cóncava (30a) que tiene un radio interior definido por los salientes (26), en el que los salientes (26) están comprimidos por dicho par de placas de presión (54) acopladas a unos generadores de fuerza (56).
- 45 7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado por el hecho de que los salientes (26) son comprimidos por dicho par de placas de presión (54), cada una de las cuales comprime uno de los salientes (26) contra uno de un primer elemento de troquel y un segundo elemento de troquel (38) que están separados para definir entre los mismos la cavidad del troquel (46).
- 50 8. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que formar un contorno (30) en el refuerzo compuesto en forma de sombrero incluye:
- 55 inicialmente formar una primera parte del contorno (30) en una sección intermedia (75) del refuerzo compuesto en forma de sombrero; y  
 50 formar otras partes del contorno en el resto de secciones (77, 79) del refuerzo compuesto en forma de sombrero después de que la primera parte del contorno se haya formado en la sección intermedia (75).
- 60 9. Aparato para formar un refuerzo compuesto en forma de sombrero (20) contorneado (30) a lo largo de su longitud, en el que el refuerzo en forma de sombrero (20) incluye un par de almas (22) que conectan una tapa (24) con un par de salientes (26), que comprende:
- 55 un troquel (36) adaptado para tener una carga compuesta (34) colocada sobre el mismo, incluyendo el troquel (36) un primer y segundo elemento de troquel separados (38) que definen una cavidad de troquel (46) entre los mismos,  
 60 una placa de presión (54) que está acoplada a un generador de fuerza (56) para aplicar una presión a la placa de presión (54) y que está adaptada para soportar la carga (34);  
 un punzón (42) adaptado para ser accionado hacia la cavidad del troquel (46) para formar una parte del refuerzo compuesto en forma de sombrero para contornearse en la tapa (24) y las almas (22);  
 un conformador (65) para formar un contorno (30) a lo largo de un eje longitudinal curvado (32) en el refuerzo en forma de sombrero (20) después de que se haya formado el refuerzo compuesto en forma de sombrero (20); y

5 un dispositivo (54, 56, 58) para reducir el arrugamiento de las almas (22) a medida que el conformador (65) dobla el contorno (30) en el refuerzo compuesto en forma de sombrero (20), incluyendo el dispositivo (54, 56, 58) por lo menos una placa de presión (54) adaptada para comprimir (43) la tapa (24) entre la placa de presión (54) y el punzón (42), o para comprimir el par de salientes (26) utilizando un par de placas de presión (54) para forzar los salientes (26) contra el troquel (36).

10. Aparato de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado por el hecho de que:

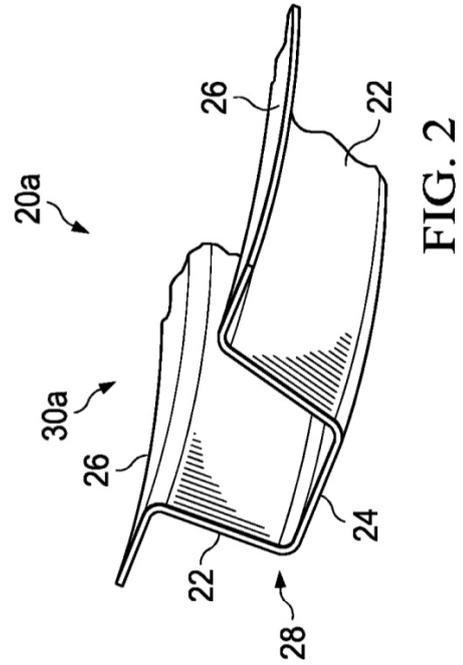
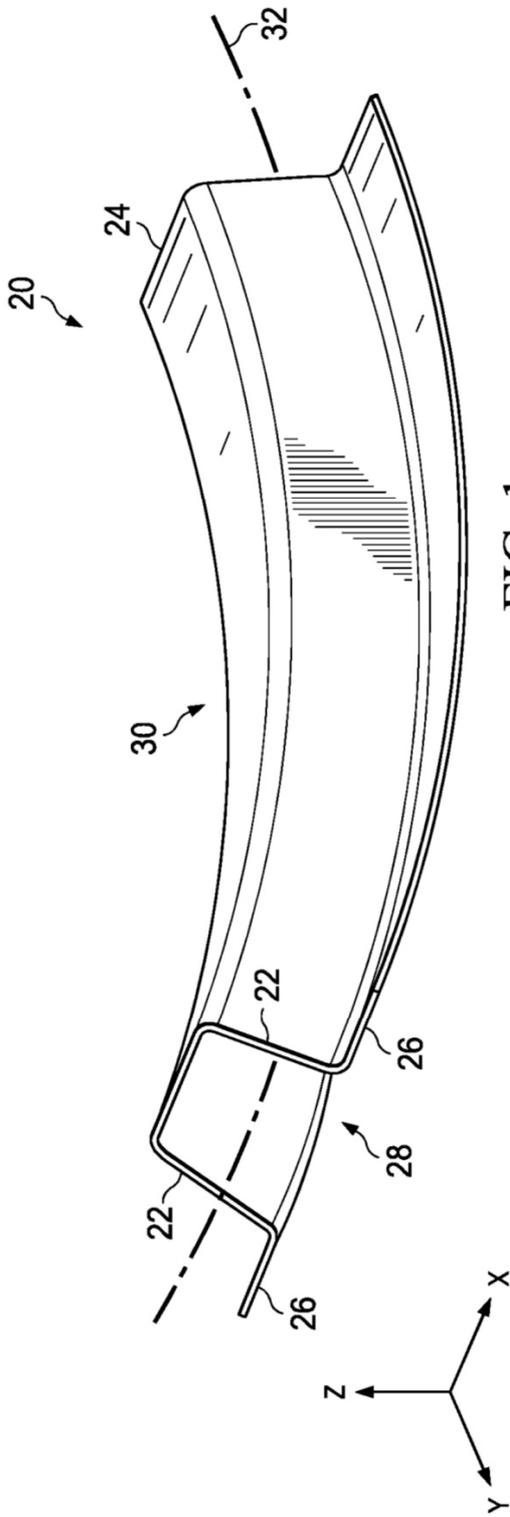
10 la parte del refuerzo compuesto en forma de sombrero que se comprime es la tapa (24); y el dispositivo (54, 56, 58) para reducir arrugamiento incluye dicha placa de presión (54) dispuesta para comprimir (43) la tapa (24) contra el punzón (42), y dicho generador de fuerza (56) acoplado a la placa de presión (54) para aplicar una fuerza a la placa de presión (54).

11. Aparato de acuerdo con de la reivindicación 9 o 10, caracterizado por el hecho de que:

15 la parte de la carga compuesta (20) que se comprime son los salientes (26); y el dispositivo (54, 56, 58) para reducir arrugamiento incluye dicho par de placas de presión (54) dispuestas cada una para comprimir uno de los salientes (26) contra uno de los elementos de troquel (38), y un generador de fuerza (56) acoplado a cada uno de dichos pares de placas de presión (54) para aplicar una fuerza a la placa de presión (54).

20 12. Aparato de acuerdo con la reivindicación 9, 10 u 11, caracterizado por el hecho de que el conformador (65) incluye una pluralidad de aplicadores de fuerza (68) distribuidos a lo largo de la carga compuesta (20) y operables secuencialmente para aplicar una fuerza que dobla secuencialmente el refuerzo rígido con forma de sombrero.

25



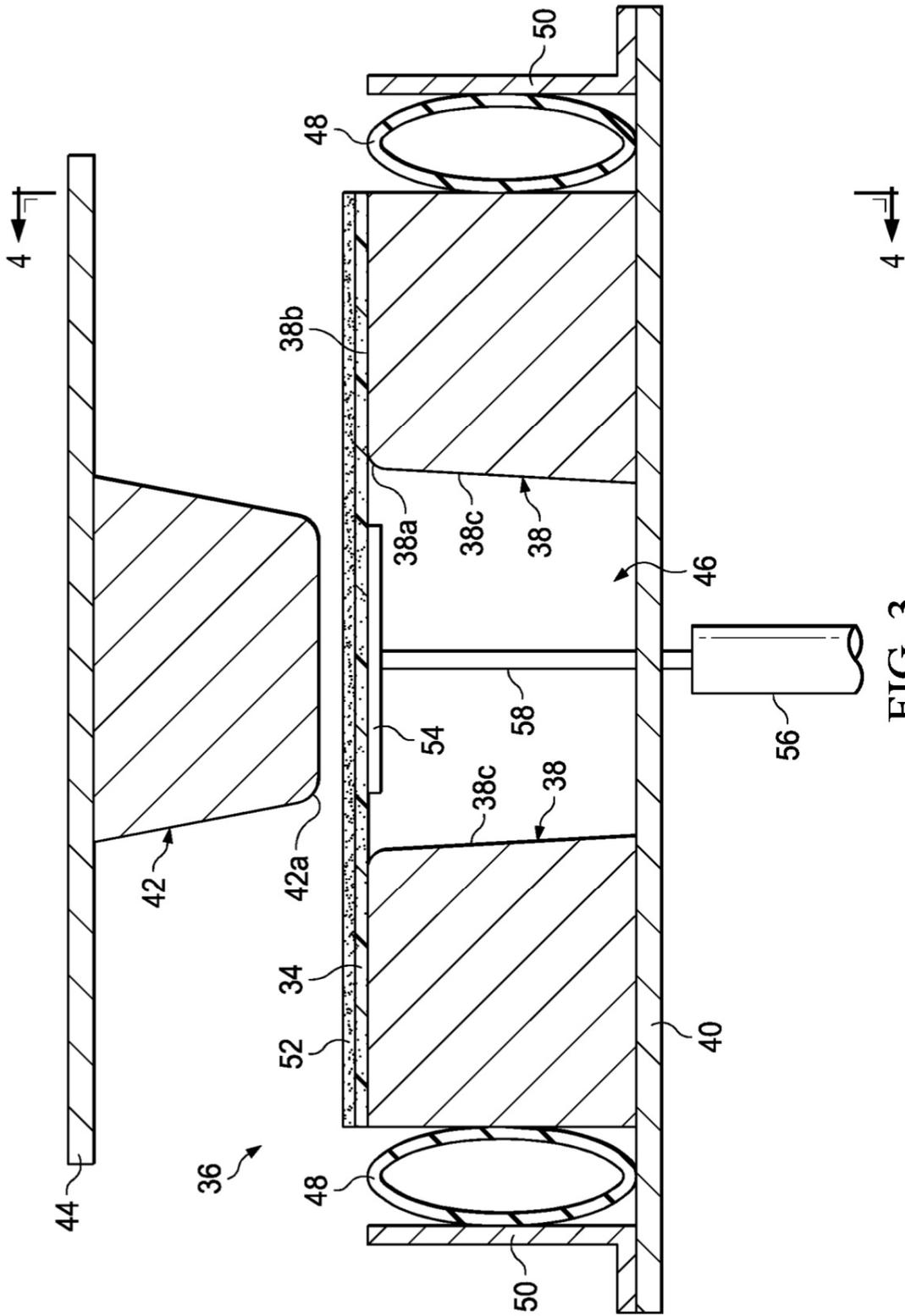


FIG. 3

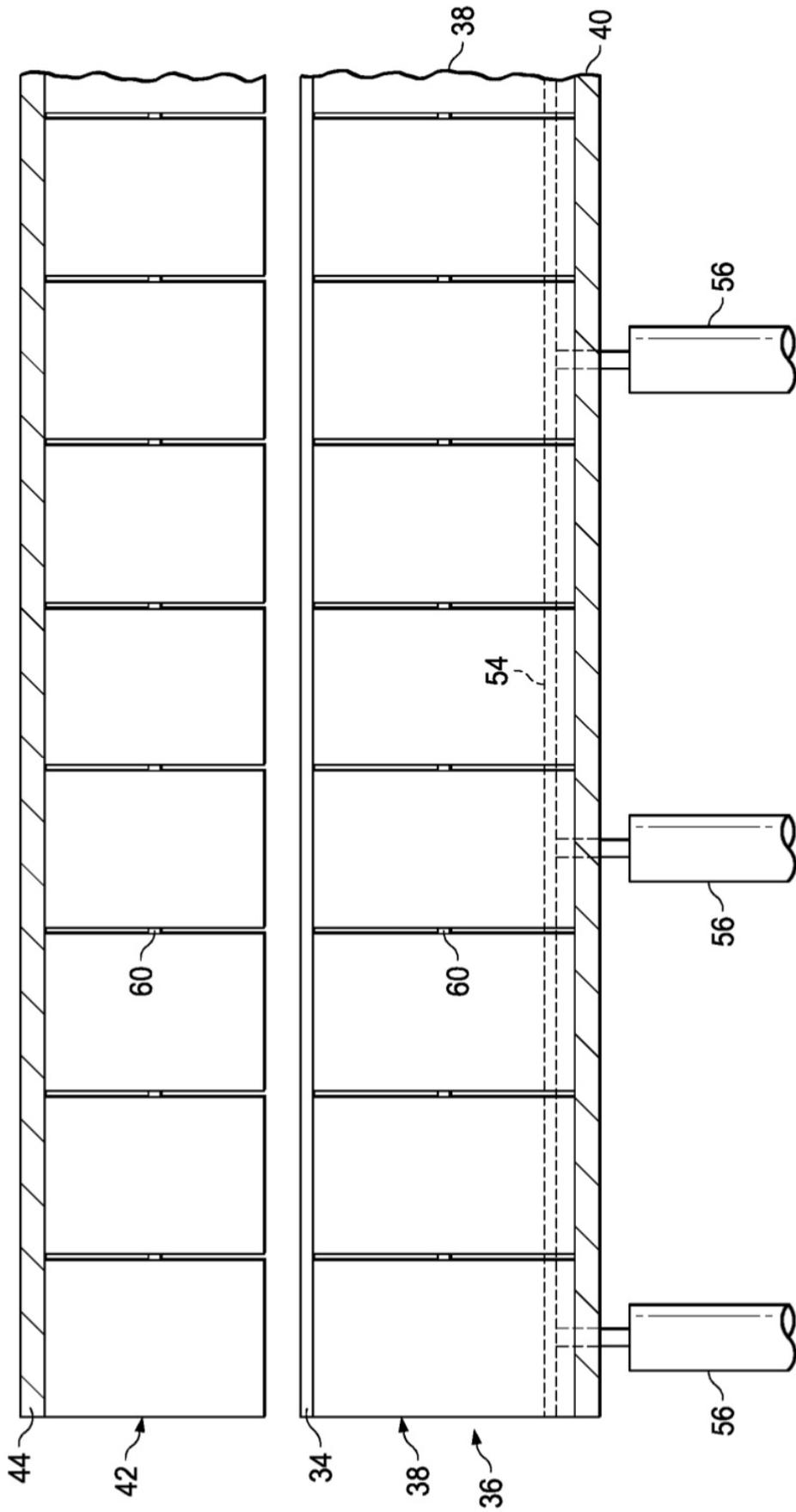


FIG. 4

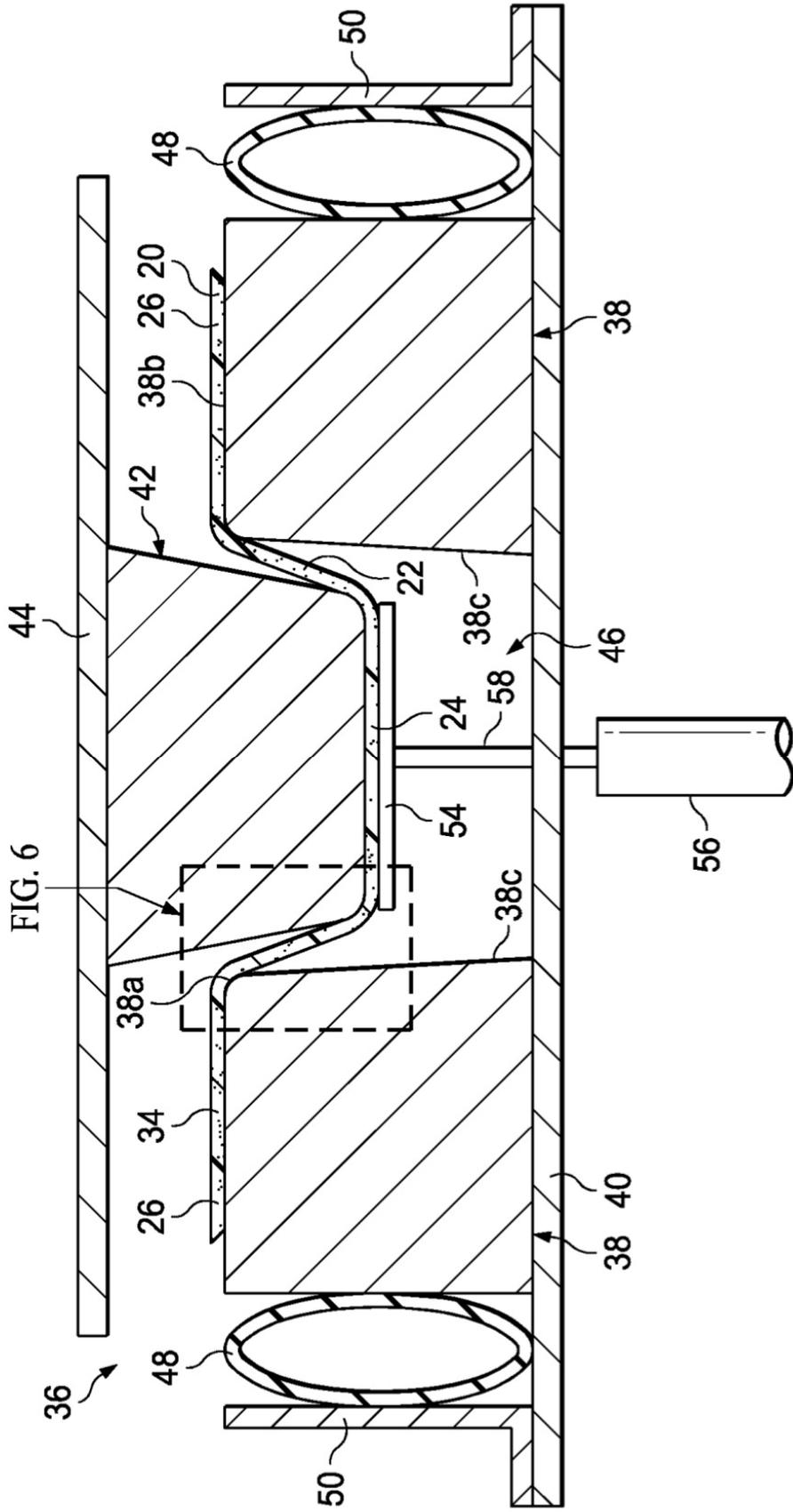


FIG. 5

FIG. 6

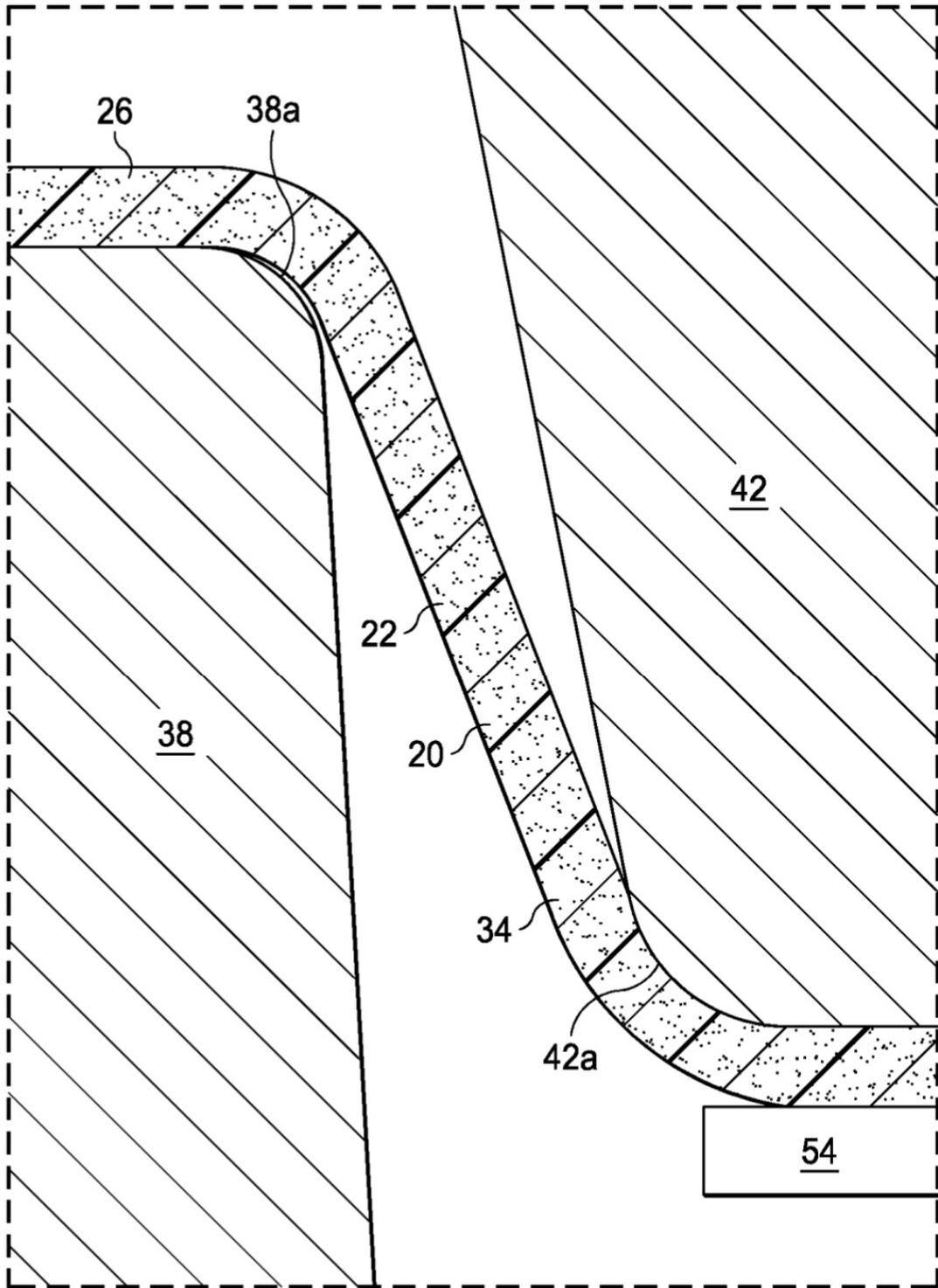


FIG. 6



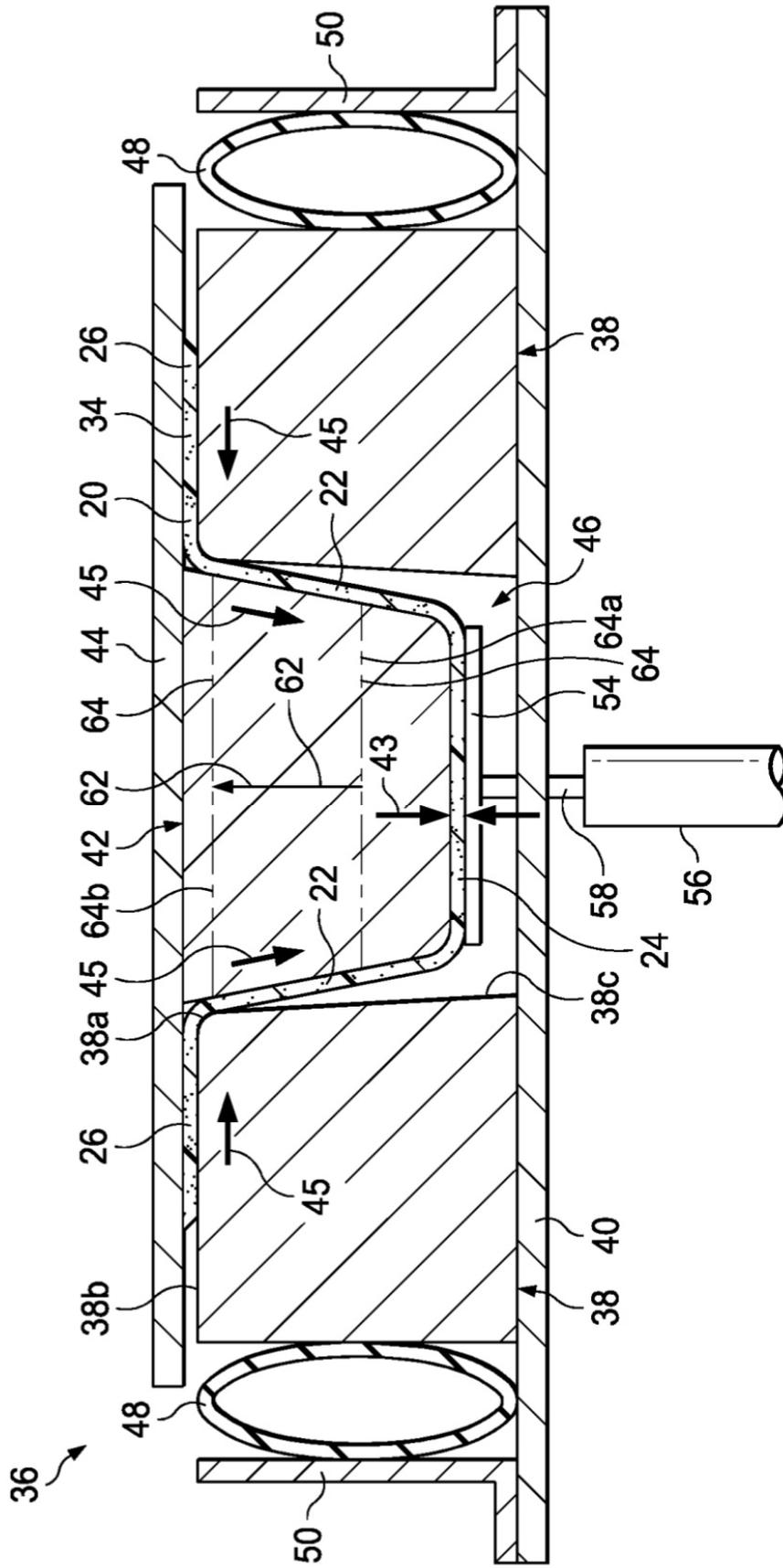


FIG. 8



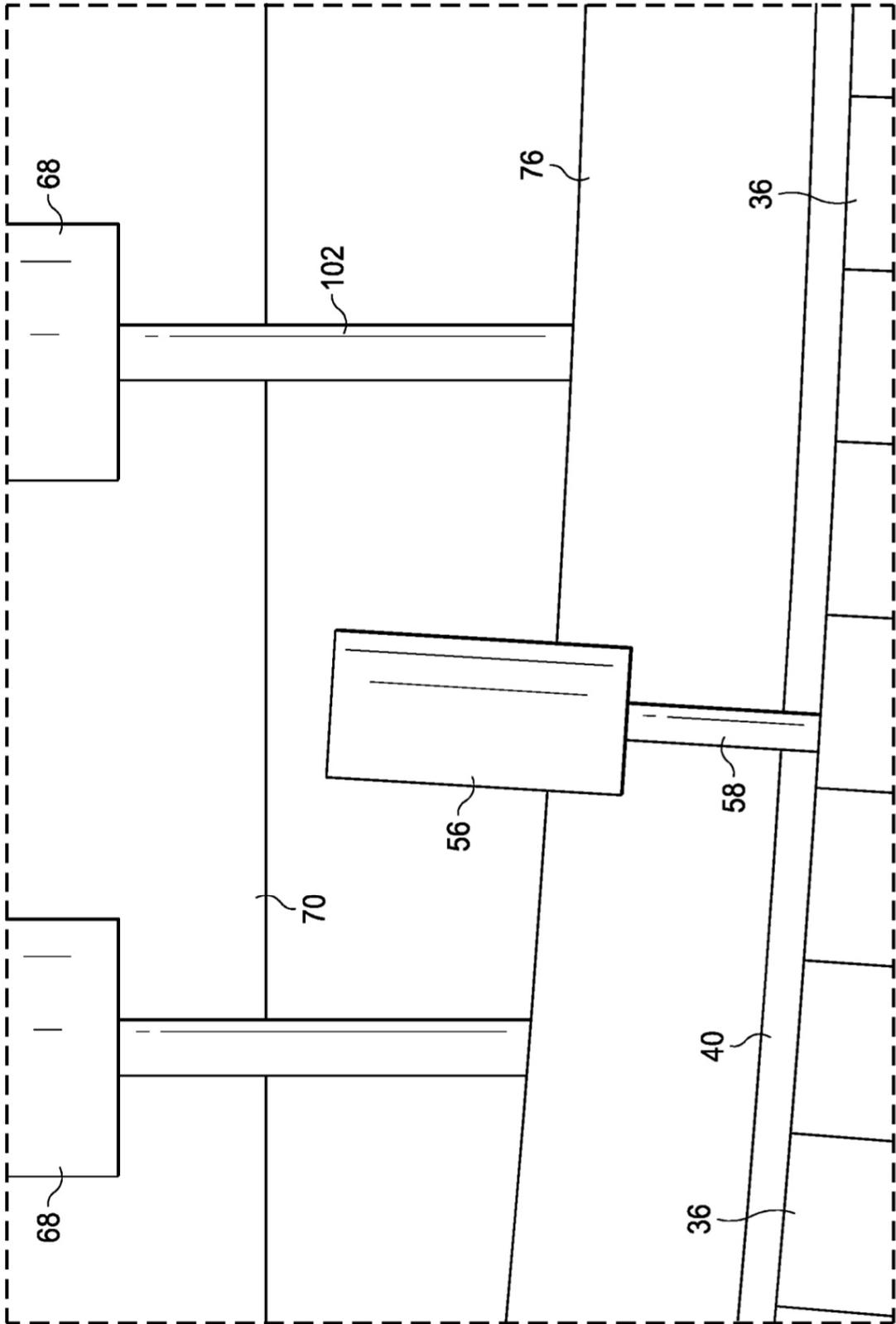


FIG. 9A

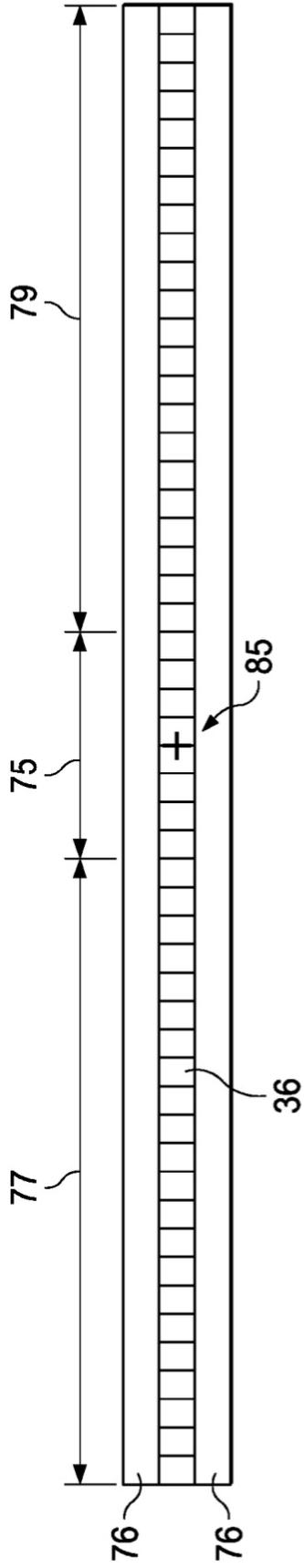


FIG. 10

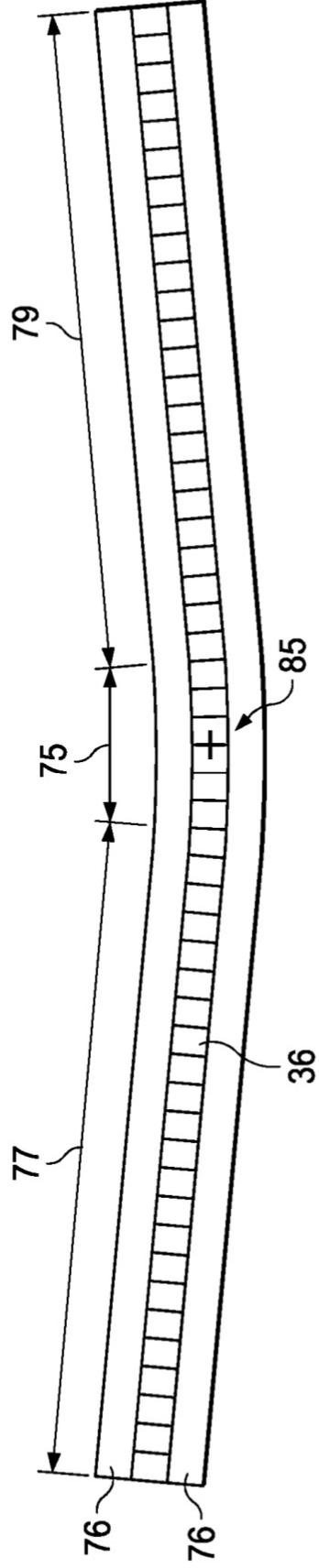


FIG. 11

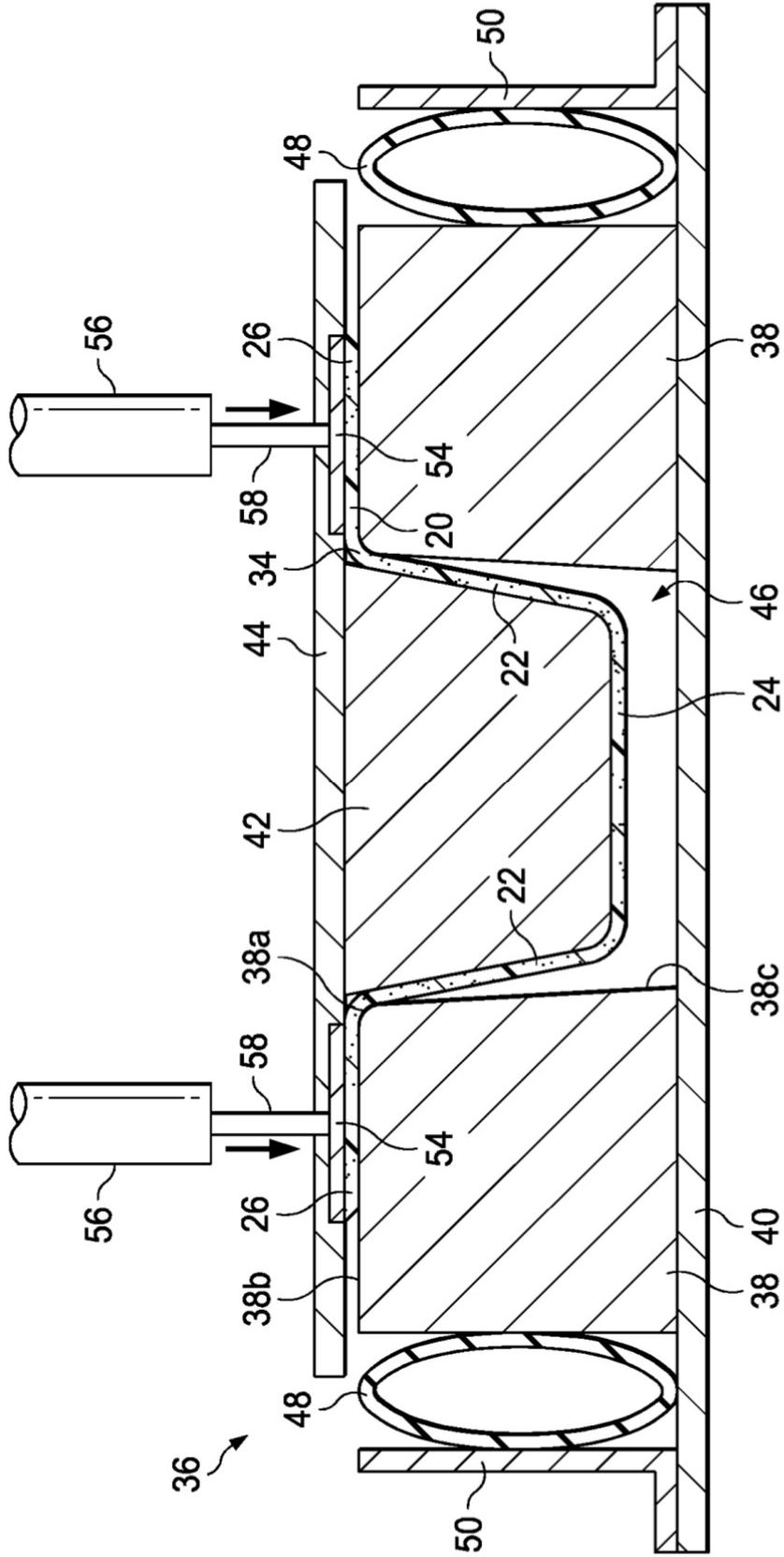


FIG. 12

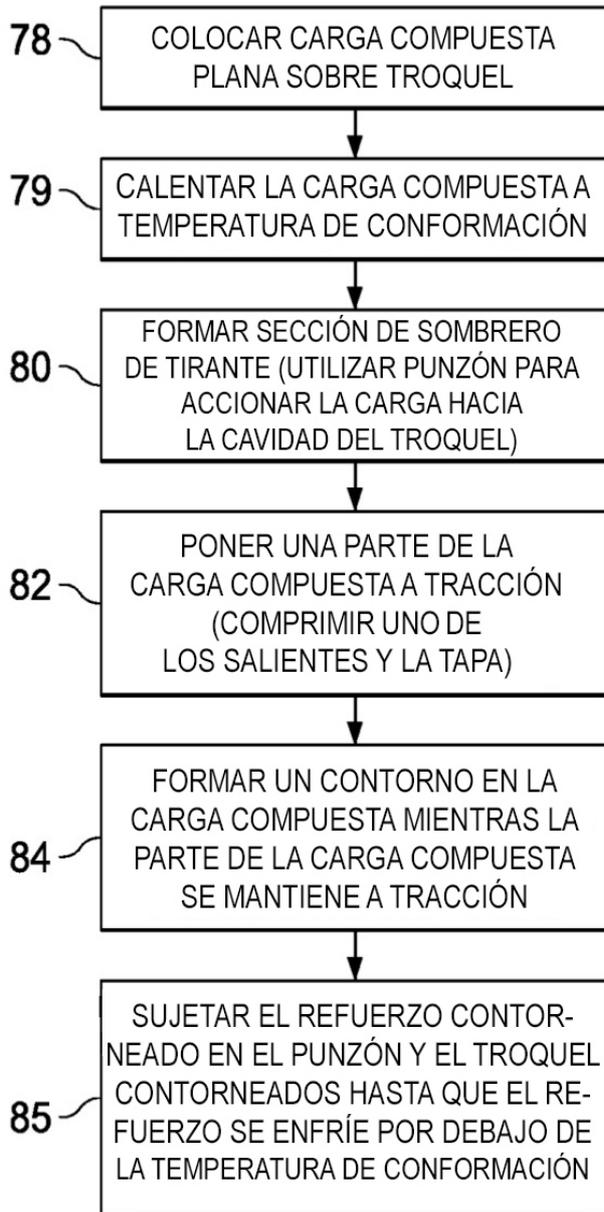


FIG. 13

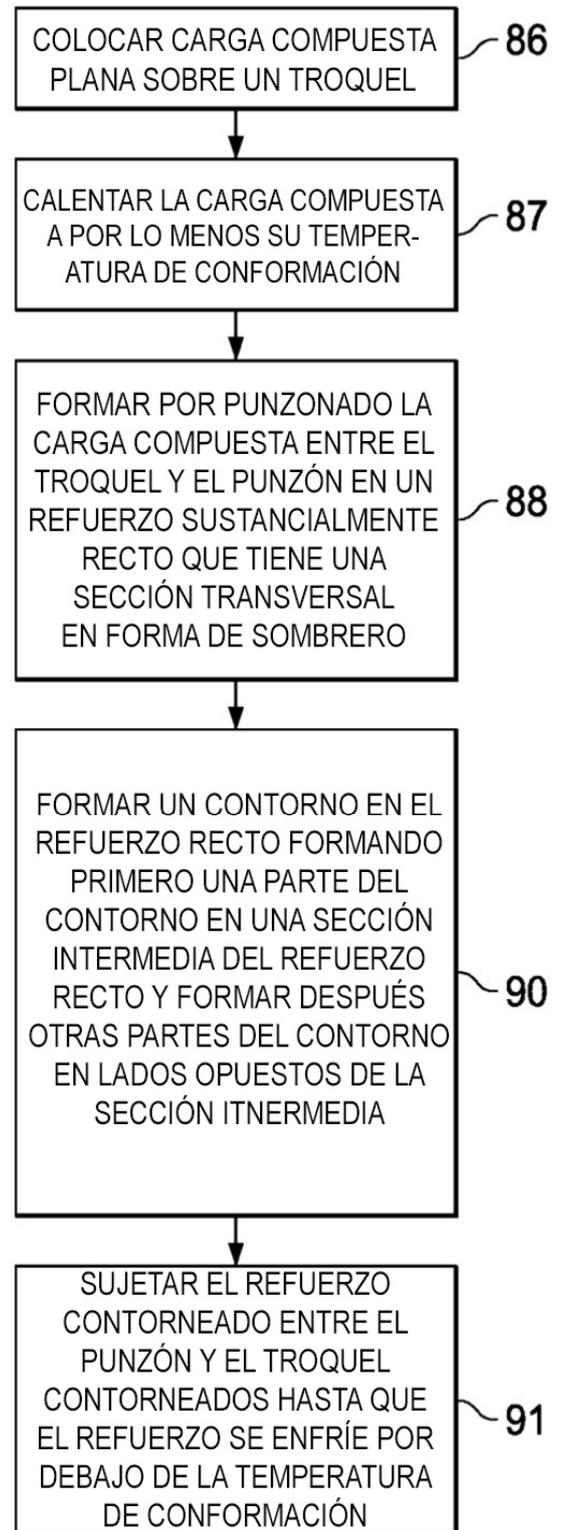


FIG. 14

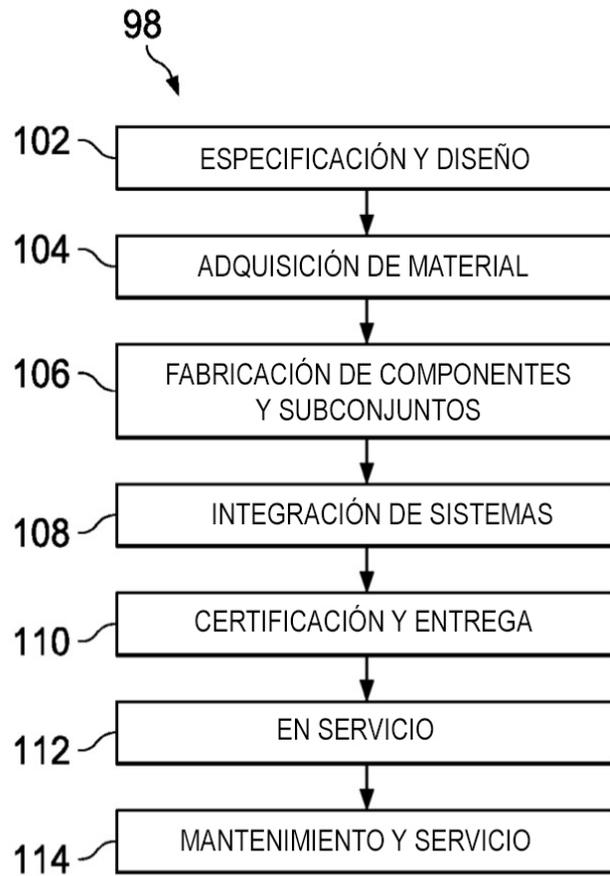


FIG. 15

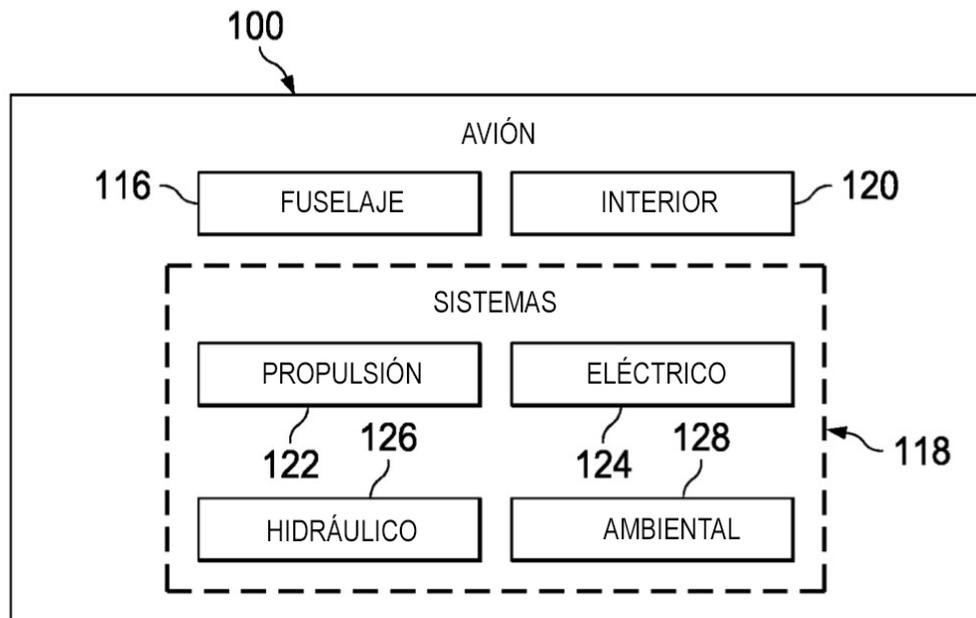


FIG. 16

