

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 757 568**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/34** (2006.01)

**B29C 70/54** (2006.01)

**B32B 5/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2008 E 08156854 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2019 EP 1995046**

54 Título: **Método de fabricación de una estructura de material compuesto reforzada con fibra que tiene una superficie escalonada y una estructura obtenida de este modo**

30 Prioridad:

**25.05.2007 US 753849**

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

**29.04.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MODIN, ANDREW E.;  
WOODS, JACK A. y  
HAWKINS, ROBERT D.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 757 568 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 fabricación de una estructura de material compuesto reforzada con fibra que tiene una superficie escalonada y una estructura obtenida de este modo.

Campo técnico

5 Esta divulgación generalmente se relaciona con procesos para fabricar estructuras de material compuesto de resina de fibra, y trata más particularmente con un método para formar laminados reforzados con fibra que tienen superficies escalonadas, especialmente aquellas con curvatura.

Antecedentes

10 Las estructuras de resina sintética reforzada con fibra, tales como los laminados reforzados con fibra de carbono, se pueden formar colocando múltiples capas de cinta o tela sobre una herramienta, y luego compactando la disposición usando cualquiera de varias técnicas conocidas. En el caso de la cinta, las fibras son unidireccionales, mientras que las telas típicamente incluyen dos conjuntos de fibras que pueden ser tejidas o tricotadas, que se extienden en ángulos preseleccionados con respecto a una dirección de referencia.

15 La secuencia y la orientación de las capas pueden determinar, al menos en parte, las propiedades mecánicas de la estructura final, que incluyen rigidez y endurecimiento. Estas propiedades mecánicas también pueden verse afectadas por las herramientas utilizadas para producir características estructurales, tal como superficies escalonadas y/o curvas. Cuando las fibras de refuerzo poseen un módulo relativamente alto y, por lo tanto, son relativamente rígidas, las fibras pueden no ajustarse a las características de la herramienta, tal como las superficies escalonadas. Como resultado, algunas de las fibras pueden hacer puente sobre ciertas características de las herramientas, lo que da como resultado  
20 capas en el área de formación de puentes que pueden estar poco compactadas, reduciendo así el rendimiento del laminado terminado.

25 El documento US 2007/0029038 en su resumen define la fabricación de un artículo de material compuesto, un dispositivo coloca una capa de material compuesto en una forma curva a aproximadamente 0 grados con respecto a un eje longitudinal de la forma. La forma incluye una superficie de red y una superficie de tapa. El dispositivo incluye un rodillo de compactación de banda y un conjunto de guías. El rodillo de compactación de la banda compacta un material compuesto sobre la superficie de la red y genera una capa de red. El conjunto de rodillos guía empuja contra la superficie de la tapa. El rodillo de compactación es dirigido a lo largo de la forma por los rodillos guía.

30 El documento DE 10 2004 025378 en su resumen define: el marco (1) incluye al menos una brida (2) exterior unida al borde de apertura de la ventana del fuselaje de la aeronave, y al menos una brida (3) interior y una brida (4) vertical que soportan una pieza de ventana, por ejemplo panel de vidrio. El marco está hecho de resina reforzada con haces de fibra dispuestos unidireccionalmente. También se incluye una reivindicación independiente para un método de fabricación de marco de ventana.

35 El documento JP S60 224530 en su resumen define: PROPÓSITO: Prevenir el crecimiento de una parte rica en resina en la esquina de una moldura y mejorar su resistencia cortando filamento continuo en forma de zigzag y mejorando la flexibilidad de la fibra de refuerzo a un molde. CONSTITUCIÓN: La lámina 12 de resina de material compuesto que consiste en filamento 2 continuo mezclado con resina 11 de curado por calor pasa a través de un mecanismo 14 de corte de prensa con cortadores 13 múltiples dispuestos en forma de zigzag, y el filamento 2 continuo se corta en forma 15 de zigzag. Si se forma la resina en una moldura con una esquina 20, 21 presionando con calor la fuerza superior y la fuerza 19, 19 inferior, la fibra 18 de refuerzo se flexiona fácilmente a lo largo de una curva. Además, la distribución  
40 de fibra por los lados de los lazos no se produce durante la sujeción del molde debido a la ranura 15, y no crece una parte rica en resina en las esquinas 20, 21. Por lo tanto, se mejora la resistencia de las esquinas 20, 21.

Por consiguiente, existe la necesidad de un método para fabricar estructuras reforzadas con fibra que tengan superficies escalonadas o irregulares que resuelva los problemas discutidos anteriormente. Las realizaciones ilustradas de la divulgación están destinadas a proporcionar esta solución.

45 Resumen

50 En un aspecto, se proporciona un método para fabricar una estructura de material compuesto reforzado con fibra que tiene una superficie curvada escalonada, que comprende los pasos de: (A) colocar una pluralidad de capas (38) de material reforzado con fibra en un patrón de roseta de eje fijo sobre una herramienta (54) que tiene una superficie curva de herramienta escalonada; (B) formar una abertura en cada una de las capas en el área de la superficie escalonada; y (C) consolidar las capas; en el que el paso (B) incluye formar una ranura (42) en cada una de las capas que comienza en un borde de la superficie (54b, 54c) curvada de la herramienta escalonada.

55 Las realizaciones ilustradas de la divulgación proporcionan un método para fabricar estructuras de material compuesto reforzadas con fibra usando una secuencia de disposición de capas en la que las capas sucesivas se rotan o indexan alrededor de un eje central para formar una roseta fija. Mediante el uso de orientaciones de capas adicionales además del diseño cuasiisotrópico comúnmente utilizado de 0, 90, +/- 45 ángulos, y formando ranuras en las capas en lugares

donde puede producirse una formación de puentes de fibra sobre las herramientas de disposición, la estructura fabricada puede ser más homogénea, y exhiben propiedades mejoradas fuera del eje.

5 De acuerdo con una realización, se proporciona un método para fabricar una estructura de material compuesto reforzada con fibra que tiene una superficie escalonada. El método comprende los pasos de: colocar una pluralidad de capas de material reforzado con fibra en un patrón de roseta de eje fijo sobre una herramienta que tiene una superficie de herramienta escalonada; formar una ranura en cada una de las capas en las áreas de la superficie escalonada donde se producirá el puente; y, consolidar las capas. Las ranuras se forman en una dirección generalmente perpendicular a la dirección de las fibras de formación de puentes. Durante la disposición, las capas se rotan sucesivamente o se indexan angularmente de modo que al menos algunas de las capas pueden tener orientaciones de fibra distintas de 0, +45, -45 y 90 grados.

10 De acuerdo con una realización adicional, se proporciona un método para fabricar una estructura reforzada con fibras rígidas y que tiene una característica escalonada. El método comprende los pasos de: proporcionar una pluralidad de capas de material reforzado con fibras rígidas; disponer al menos ciertas capas sobre una herramienta de modo que al menos ciertas fibras hagan puente sobre la característica escalonada; cortar ciertas fibras en el área de la característica escalonada; y, compactar las capas. Las fibras se disponen orientando las capas una respecto de la otra de manera que las aberturas estén separadas entre sí.

15 De acuerdo con aún otra realización, se proporciona un método para fabricar un marco de ventana para una aeronave, en el que el marco de ventana incluye una palanca curva que rodea una abertura de ventana central. El método comprende los pasos de: proporcionar una herramienta que tiene superficies curvas de herramientas escalonadas para formar la palanca en el marco; proporcionar una pluralidad de capas de material reforzado con fibras rígidas, cada una de las cuales tiene un eje de orientación; colocar las capas sobre la herramienta de manera que los ejes de la orientación de la fibra para las capas irradian sustancialmente desde un punto fijo; formar una ranura en las áreas de cada una de las capas donde las fibras en las capas cruzan la palanca curva; y consolidar las capas.

20 De acuerdo con otra realización más, un método para fabricar una estructura de material compuesto reforzada con fibras rígidas y que tiene una característica escalonada curva comprende los pasos de: (A) proporcionar una pluralidad de capas de material de refuerzo; (B) disponer al menos ciertas capas sobre una herramienta de manera que al menos ciertas de las fibras hagan puente sobre la característica escalonada; (C) cortar ciertas fibras en el área de la característica escalonada; y (D) compactar las capas. El paso (C) del método puede incluir formar al menos una ranura en la capa. El paso (B) del método puede incluir orientar las capas una respecto de la otra alrededor de un eje fijo a medida que las capas se organizan sobre la herramienta. Las capas pueden estar orientadas de manera que la dirección de la fibra en al menos ciertas capas esté dispuesta en ángulos distintos de 0, +45, -45 y 90 grados.

25 El paso (B) del método puede incluir orientar las capas entre sí alrededor de un eje fijo de modo que las aberturas estén separadas angularmente una respecto de la otra alrededor del eje fijo. De acuerdo con otra realización, se proporciona una estructura de material compuesto fabricada por el método. De acuerdo con otra realización adicional, se proporciona un marco de ventana para una aeronave fabricada por el método.

30 De acuerdo con otra realización, se proporciona un método para fabricar un marco de ventana para una aeronave, en el que el marco incluye una palanca curvada que rodea una abertura de ventana central, que comprende los pasos de: (A) proporcionar una herramienta que tiene superficies de herramienta escalonada curvada para formar la palanca curvada en el marco; (B) proporcionar una pluralidad de capas de material compuesto reforzado con fibras, cada una de las cuales tiene un eje de orientación; (C) colocar las capas sobre la herramienta de tal manera que los ejes de orientación de la fibra para las capas irradian sustancialmente desde un punto fijo; (D) formar una ranura en áreas de cada una de las capas donde las fibras en las capas cruzan la palanca curvada ; y (E) consolidar las capas.

35 El paso (D) del método puede incluir formar la ranura en una dirección generalmente perpendicular a la dirección de las fibras que cruzan la palanca curvada. El paso (C) del método puede incluir orientar las capas una con respecto a la otra sobre el punto fijo a medida que las capas se están colocando. El paso (C) del método puede incluir orientar al menos ciertas capas de manera que las orientaciones de las fibras en las capas de ranura estén dispuestas en ángulos distintos de 0, +45, -45 y 90 grados.

40 El método en el que el paso (C) incluye orientar las capas una con respecto a la otra de manera que las ranuras estén separadas angularmente entre sí.

45 Otras características, beneficios y ventajas de las realizaciones divulgadas serán evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones, cuando se ve de acuerdo con los dibujos adjuntos y las reivindicaciones adjuntas.

#### Breve descripción de las ilustraciones

La Figura 1 es una ilustración en alzado de un marco de ventana de material compuesto para aeronaves fabricado por un método de acuerdo con una realización de la divulgación.

55 La Figura 2 es una ilustración fragmentaria en corte transversal de una porción del marco de la ventana de la Figura 1 montada en un fuselaje de aeronave y que sostiene un conjunto de panel de ventana.

La Figura 3 es una ilustración en sección tomada a lo largo de la línea 3-3 en la Figura 1.

La Figura 4 es una ilustración similar a la Figura 3, pero muestra una sola capa de resina reforzada con fibra sobre la herramienta en preparación para la compactación.

5 La Figura 5 es una ilustración en planta de una porción del marco de ventana, que muestra la orientación de una ranura formada en fibras de formación de puentes de la capa mostrada en la Figura 4.

La Figura 5A es una ilustración en planta del área de puente para una sola fibra que forma parte de la porción del marco que se muestra en la Figura 5.

La Figura 6 es una vista en sección tomada a lo largo de la línea 6-6 en la Figura 5.

10 La Figura 7 ilustra el marco de ventana de la Figura 1 en alzado que muestra una capa típica que tiene una orientación de fibra de 0, +90 grados, y que indica las áreas de posible formación de puentes de fibra.

La Figura 8 es una ilustración similar a la Figura 7, pero muestra una capa con fibras de +45, -45 grados y las áreas correspondientes de posible formación de puentes de fibra.

La Figura 9 es una ilustración similar a la Figura 7, pero muestra áreas de posible formación de puentes de fibra donde las fibras están orientadas a +22.5 grados y -67.5 grados, respectivamente.

15 La Figura 10 es una ilustración similar a la Figura 7, pero muestra áreas de posible formación de puentes de fibra donde las fibras están orientadas a +67.5 grados y -22.5 grados, respectivamente.

Las Figuras 11-13 ilustran el escalonamiento de las ubicaciones de ranuras para varias orientaciones de capas.

La Figura 14 ilustra las ubicaciones de las ranuras para orientaciones de capas de 0, +/- 22.5, +/- 45, +/- 67.5 y 90 grados.

20 La Figura 15 ilustra un patrón de disposición de capas que forma una roseta de eje fijo.

La Figura 16 es una ilustración en sección de una caja de vacío que muestra una disposición y herramientas de preimpregnado antes de la consolidación de la disposición.

La Figura 17 es una ilustración similar a la Figura 14, pero muestra que las herramientas se han activado para consolidar la disposición.

25 La Figura 18 es un diagrama de flujo que ilustra los pasos de un método para fabricar estructuras reforzadas con fibra que tienen superficies escalonadas.

La Figura 19 es un diagrama de flujo del método de producción y servicio de aeronaves.

La Figura 20 es un diagrama de bloques de una aeronave.

#### Descripción detallada

30 Con referencia primero a las Figuras 1-3, una estructura compuesta en forma de un marco 20 de ventana incluye las bridas 26, 28 interna y externa, respectivamente, que rodean una abertura 30 de ventana central. El marco 20 de ventana, que puede instalarse en el fuselaje de una aeronave, por ejemplo, generalmente tiene forma ovalada e incluye lados 29 rectos o casi rectos conectados por secciones 31 de esquina curvadas.

35 Como se muestra en la Figura 2, la brida 28 exterior puede superponerse al lado interno de una piel 21 de fuselaje formada sobre un marco de aeronave (no mostrado). Las bridas 26, 28 interna y externa pueden estar unidas por una sección 33 transversal en forma de S que forma una palanca 32 que se extiende alrededor de todo el marco 20. Un clip 23 mecánico sostiene un par de paneles 25, 27 de ventanas respectivamente, en la brida 26 interna del marco 20 de ventana, dentro de la abertura 30. Se puede usar un sello 37 para sellar el panel 27 de ventana en la brida 26 interna.

40 Como se ve mejor en la Figura 3, la palanca 32 forma un escalón o separación entre las bridas 26, 28 igual a una distancia "D". Como se discutirá más adelante con más detalle, el marco 20 de ventana está formado por capas 38 laminadas de una resina sintética reforzada con fibra, tal como epoxi reforzado con fibra de carbono. Cada una de las capas puede incluir fibras 34a, 34b (Figura 4) que se extienden a lo ancho del marco 20 y, por lo tanto, toman la forma de la sección 33 curvada en forma de S que crea la palanca 32. Por lo tanto, las fibras 34a, 34b de refuerzo deben compactarse en una curva que se ajuste a la sección 33 en forma de S. Además, algunas de las fibras 34a, 34b también deben compactarse para formar las secciones 31 curvas (Figura 1). Como resultado, algunas de las fibras 34a, 34b se forman en una curva compuesta formada por la combinación de la palanca 32 y las secciones 31 curvas.

Con referencia ahora también a las Figuras 4-6 y 15, se usa una herramienta 54 de compactación para moldear el marco 20 de material compuesto. La herramienta 54 tiene esencialmente la misma forma de sección transversal que

el marco 20, que incluye una palanca 54a para moldear la palanca 32 en el marco 20. Se colocan múltiples capas 38 completas y/o parciales de material de resina reforzada con fibra, que puede ser una cinta o tela, sobre la herramienta 54. Con fines ilustrativos, solo se muestra una sola capa 38 de tela en las Figuras. 4, 5 y 6. Las capas 38 pueden comprender material preimpregnado o seco que luego se infunde con la resina.

5 La Figura 15 ilustra una acumulación parcial de capas de múltiples capas 38a-38d que tienen orientaciones de fibra que irradian sustancialmente desde un punto fijo o eje 45 central. A medida que las capas 38 se colocan sucesivamente sobre la herramienta 54, cada una de las capas 38 indexa una cantidad preseleccionada sobre un eje 45 central fijo para que la disposición completa forme un patrón que puede denominarse una "roseta" fija. En la realización ilustrada en la Figura 15, una de las capas 38d tiene una orientación 43 de fibra de +22,5 grados con respecto a un eje 41 de  
10 referencia de 0 grados.

Durante el proceso de disposición, cada capa 38 se coloca normalmente en el área 54b de superficie de herramienta más pequeña y la palanca 54a en forma de S, y luego se forma sobre el área 54c de superficie de herramienta más grande. Dependiendo de la orientación de las capas 38, algunas de las fibras 34a de refuerzo pueden extenderse hacia adentro con sus extremos libres en voladizo sobre la palanca 54a antes de la compactación, mientras que otras  
15 fibras 34b pueden hacer puente sobre la palanca 54a, soportadas en cada una de sus extremos por el área 54c de superficie de herramienta.

Las fibras 34a, 34b de refuerzo pueden tener un módulo relativamente alto y, por lo tanto, son relativamente rígidas. Como se usa aquí, las fibras "rígidas" se refieren a fibras de refuerzo que poseen un módulo lo suficientemente alto como para resistir el estiramiento durante la compactación de capas sobre herramientas que tienen superficies  
20 escalonadas o irregulares. Como resultado, las fibras tales como las fibras 34b que hacen puente sobre porciones de la palanca 54a de herramienta se resisten a la compactación debido al hecho de que son relativamente rígidas y están soportadas en sus extremos opuestos en la superficie 54c de herramienta. Un área 55 de formación de puentes de fibra se ilustra mejor en la Figura 5A, en la que una fibra 34b se suspende sobre o "hace puente" sobre la palanca 54a, debido a la curvatura de la superficie 54c de herramienta. La ranura 42 (Figura 5) formada en la capa 38 corta la  
25 fibra 34b, permitiendo que la capa se compacte en la palanca 54a. La ranura 42 puede, pero no necesita estar, a lo largo de un eje 57 que es perpendicular al eje de la fibra 34b.

Debe observarse aquí que la palanca 54a definida por las superficies 54b, 54c de herramienta escalonadas es meramente ilustrativa de una forma de numerosas condiciones de superficie irregular que pueden evitar que las capas  
30 38 se compacten completamente debido a la formación de puentes de fibra. En consecuencia, "superficies escalonadas", como se usa aquí, pretende incluir una amplia variedad de condiciones de superficie que presentan cambios en los contornos de la superficie que pueden dar como resultado una formación de puentes de fibras.

Las Figuras 7, 8, 9 y 10 ilustran las áreas donde puede producirse la formación de puentes de fibras para varias orientaciones de capas. En la Figura 7, por ejemplo, la formación de puentes de las fibras 34 puede ocurrir en las  
35 áreas designadas en 40 para capas que tienen orientaciones de fibra de 0 y 90 grados. La formación de puentes de fibra en la palanca 32 puede ocurrir en las áreas designadas en 46 en la Figura 8 para capas que tienen orientaciones de fibra de +45, -45. Como se muestra en la Figura 9, la formación de puentes puede ocurrir en las áreas 48 a lo largo de la palanca 32 para capas que tienen orientaciones de fibra de +22.5 y -67.5 grados. Finalmente, como se muestra en la Figura 10, la formación de puentes de fibra puede ocurrir en áreas 50 para capas que contienen fibras que tienen orientaciones de +67.5 y -22.5 grados.

De acuerdo con las realizaciones ilustradas, la formación de puentes de las fibras 34b como se describe anteriormente puede reducirse o eliminarse formando aberturas en las capas 38, que pueden ser ranuras indicadas en 42, en las  
40 áreas 40, 46, 48, 50 donde la formación de puentes puede ocurrir de otra manera. En el caso del marco 20 de ventana ilustrado, las ranuras 42 están hechas en cada una de las capas 38, comenzando en un borde de la capa 38 y extendiéndose en una dirección perpendicular, o aproximadamente perpendicular a la orientación de las fibras 34b que hacen puente. Las ranuras 42 pueden tener una longitud aproximadamente igual al ancho combinado de la brida  
45 26 interna y la palanca 32. Como se mencionó anteriormente, las capas 38, tales como las capas 38a-38d mostradas en la Figura 15, están orientadas angularmente una respecto de la otra alrededor de un eje 45 central fijo a medida que se colocan sobre la herramienta 54.

Mediante el uso de orientaciones de capas adicionales que no sean las convencionales 0, 90, +/- 45 grados, se consigue un mayor escalonamiento de las ubicaciones de las ranuras 42, dando como resultado un marco 20 de material compuesto que exhibe propiedades homogéneas mejoradas. La Figura 11 ilustra esquemáticamente la  
50 dirección 52 de las fibras para orientaciones de capas convencionales de 0, 90, +/- 45 grados. En este ejemplo, se requieren 8 capas de cinta o 4 capas de tela para proporcionar una acumulación de capas equilibrada y distribuida uniformemente. La Figura 12 ilustra la dirección 52 de las fibras utilizadas para una acumulación de capas en las que las capas tienen orientaciones 0, 90, +/- 30, +/- 60 grados. Se requieren 12 capas de cinta o 6 capas de tela para lograr el equilibrio en la acumulación de capas que se muestra en la Figura 10. Finalmente, como se muestra en la  
55 Figura 13, las direcciones 52 de fibra se muestran para una acumulación de capas que tienen orientaciones de 0, 90, +/- 22.5, +/- 45, +/- 67.5 grados. Debe observarse aquí que, aunque se ha divulgado una combinación particular de orientación de capas en las realizaciones ilustradas, incluyendo aquellas con incrementos de orientación de 22.5 y 30  
60 grados, se puede emplear una amplia variedad de esquemas de capas, incluyendo varias otras orientaciones de capas

e incrementos de orientación angular. La acumulación de capas que se muestra en la Figura 13 requiere 16 capas de cinta u 8 capas de tela para lograr una acumulación equilibrada de capas. La Figura 14 ilustra la ubicación de las ranuras 42 formadas en la tela o la cinta para la acumulación de capas de la Figura 13. Como se indicó anteriormente, las ranuras 42 están formadas en la tela o la cinta en aquellas áreas donde puede producirse una formación de puentes de fibra.

A partir de lo anterior, se puede apreciar que mediante el uso de un mayor número de orientaciones de capa y equilibrando uniformemente las ubicaciones de las ranuras 42 para eliminar la formación de puentes de fibra, se puede fabricar una estructura 20 de material compuesto laminado que exhibe propiedades relativamente homogéneas usando técnicas de disposición repetibles relativamente simples, tal como colocar las capas en un patrón de roseta de eje fijo.

El método de fabricación de la ventana 20 de material compuesto descrito anteriormente puede llevarse a cabo usando una capa seca que luego se infunde con resina, o usando capas preimpregnadas. Se pueden emplear diversas técnicas para compactar las capas. Por ejemplo, en la Figura 16 se muestra una forma de método de ensacado al vacío para la compactación de capas. Las capas 60, 62 parciales y completas respectivamente, están dispuestas como una disposición 58 sobre una herramienta 54, usando el método descrito anteriormente. La herramienta 54 incluye superficies que forman las características en un lado de la ventana 20 de material compuesto. Por ejemplo, las superficies de la herramienta 54 pueden incluir una sección 54a en forma de S que ayuda a formar la palanca 32 (Figura 3) en la parte 20 terminada. Se coloca una bolsa 64 de vacío sobre la combinación de la herramienta 54 y la disposición 58. Un sello 63 sella la bolsa 64 a una base 56. Las herramientas 65 desplazables que comprenden una placa 66 de presión y un tapón 68 se colocan sobre la bolsa 64. En algunos casos, pueden estar presentes pequeñas cantidades de aire entre las capas 60, 62 en las áreas centrales de la disposición 58. Cuando se evacua la bolsa 64, los bordes exteriores de la bolsa 64 comprimen los bordes exteriores de la disposición 58, compactando así las áreas exteriores de la disposición 58 antes de que se compacten las áreas centrales, potencialmente causando que el aire quede atrapado en las áreas centrales. Para reducir la posibilidad de este atrapamiento de aire, se puede colocar una caja 70 de vacío opcional sobre la bolsa 64 y las herramientas 65 desplazables, y sellar (no se muestra) a la base 56. La evacuación de aire dentro de la caja 70 mientras que la bolsa 64 se está evacuando iguala la presión aplicada a la disposición 58 por la bolsa 64, y previene que los bordes exteriores de la bolsa 64 compriman las áreas externas de la disposición 58 antes de que el aire sea evacuado de las áreas centrales de la disposición 58.

La placa 66 de presión y el tapón 68 pueden ser desplazados hacia abajo por cualquiera de varios dispositivos mecánicos tales como, sin limitación, como un pistón neumático o un accionamiento impulsado por engranajes (no mostrado). Alternativamente, la presión de compactación puede aplicarse a la disposición 58 por otros medios, tales como una rosquilla inflable (no mostrada).

La Figura 17 muestra que la placa 66 de presión y el tapón 68 se han desplazado hacia abajo para compactar las capas 60, 62 contra la herramienta 54. El tapón 68 incluye una superficie 68a curvada que ayuda a formar la palanca 32 (Figura 3) en el marco 20.

Se hace referencia ahora a la Figura 18 que muestra los pasos generales del método para fabricar el marco 20 de ventana de material compuesto a partir de un material preimpregnado. Comenzando con el paso 72, las capas 60, 62 parciales y completas, respectivamente, se colocan sobre la herramienta 54. Como se señaló anteriormente, la orientación de las capas se gira a medida que se cortan, de modo que la disposición completa forma una pluralidad de orientaciones sobre una roseta del eje fija. A continuación, la bolsa 64 se coloca sobre la disposición 58, y se instalan la placa 66 de presión y el tapón 68, como se muestra en el paso 74. En el paso 76, se coloca una caja 70 sobre la combinación de la herramienta 54 y la disposición 58. A continuación, en el paso 78, se evacua el aire tanto de la bolsa 64 como de la caja 70 usando una fuente 71 de vacío.

En el paso 80, la disposición 58 se calienta a la temperatura de flujo libre de la resina en las capas 60, 62 preimpregnadas. En el paso 82, la placa 66 de presión se activa para desplazarse hacia abajo contra la bolsa 64 y la herramienta 54, ayudando así a la compactación de las capas 60, 62. En el paso 84, el tapón 68 se activa entonces para desplazarse hacia abajo contra las capas 60, 62 en el área 54a de palanca de la herramienta 54. A continuación, en el paso 86, se permite que el aire regrese a la caja 70 mientras el vacío permanece dentro de la bolsa 64. Al evacuar el aire de la caja 70 antes de que las capas 60, 62 estén completamente comprimidas, la presión del aire ambiente que presiona contra las áreas centrales de la disposición 58 se reduce. Al reducir esta presión sobre las áreas centrales de la disposición 58 a medida que comienza el proceso de compactación, la cantidad de aire que puede quedar atrapado entre las capas en la región central de la disposición 58 puede reducirse o eliminarse.

En el paso 88, la placa 66 de presión y el tapón 68 se desactivan, aliviando así la presión aplicada mecánicamente a la disposición 58. A continuación, en el paso 90, se deja curar la disposición 58 compactada. Finalmente, la caja 70, el tapón 68 y la placa 66 de presión se retiran, como se muestra en el paso 92.

Las realizaciones de la divulgación descrita anteriormente pueden usarse en un método 100 de fabricación y servicio de aeronaves como se muestra en la Figura 19 y en una aeronave 102 como se muestra en la Figura 20. Durante la preproducción, el método 100 a manera de ejemplo puede incluir especificación y diseño 104 de la aeronave 102 y adquisición 106 de material. Durante la producción, tiene lugar la fabricación 108 de componentes y subconjuntos y la

integración 110 del sistema de la aeronave 102. A partir de entonces, la aeronave 102 puede pasar por la certificación y la entrega 112 con el fin de ser puesta en servicio 114. Mientras está en servicio por un cliente, la aeronave 102 está programada para mantenimiento y servicio 116 de rutina (que puede incluir modificación, reconfiguración, renovación y así sucesivamente).

- 5 Cada uno de los procesos del método 100 puede ser realizado o llevado a cabo por un integrador de sistemas, un tercero y/o un operador (por ejemplo, un cliente), como lo indica la "X" en la cuadrícula a la derecha del diagrama de flujo de la Figura 19. A los fines de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una empresa de arrendamiento financiero, una entidad militar, una organización de servicios, etc.

10

Como se muestra en la Figura 20, la aeronave 102 producida por el método 100 a manera de ejemplo puede incluir un marco 118 de aeronave con una pluralidad de sistemas 120 y un interior 122. Los ejemplos de sistemas 120 de alto nivel incluyen uno o más de un sistema 124 de propulsión, un sistema 126 eléctrico, un sistema 126 hidráulico y un sistema 130 ambiental.

- 15 El aparato y los métodos incorporados aquí pueden emplearse durante cualquiera o más de las etapas del método 100 de producción y servicio. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al proceso 108 de producción pueden fabricarse o manufacturarse de manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 102 está en servicio. Además, una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de las mismas se pueden utilizar durante las etapas 108 y 110 de producción, por ejemplo, agilizándolo sustancialmente el ensamblaje o reduciendo el coste de una aeronave 102. De manera similar, una o más de las realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de las mismas pueden utilizarse mientras la aeronave 102 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para mantenimiento y servicio 116.

20

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para fabricar una estructura de material compuesto reforzada con fibra que tiene una superficie curvada escalonada, que comprende los pasos de:
- 5 (A) colocar una pluralidad de capas (38) de material reforzado con fibra en un patrón de roseta de eje fijo sobre una herramienta (54) que tiene una superficie curvada de herramienta escalonada;
- (B) formar una abertura en cada una de las capas en el área de la superficie escalonada; y,
- (C) consolidar las capas; en las que el paso (B) incluye formar una ranura (42) en cada una de las capas que comienza en un borde de la superficie (54b, 54c) curvada de herramienta escalonada.
- 10 2. El método de la reivindicación 1, en el que el paso (B) incluye formar ranuras en las capas en el área de la superficie curvada escalonada.
3. El método de la reivindicación 1, en el que el paso (B) incluye formar una ranura en cada una de las capas en una dirección generalmente perpendicular a la dirección de al menos ciertas fibras en la capa.
4. El método de la reivindicación 1, en el que el paso (A) incluye orientar las capas una respecto de la otra alrededor del eje fijo a medida que las capas se colocan en el paso (A).
- 15 5. El método de la reivindicación 1, en el que el paso (A) incluye orientar al menos ciertas capas de manera que las orientaciones de las fibras en al menos ciertas capas estén dispuestas en ángulos distintos de 0, +45, -45 y 90 grados.
6. El método de la reivindicación 1, en el que:
- el paso (B) incluye la formación de ranuras en las capas en el área de la superficie escalonada, y
- 20 el paso (A) incluye orientar las capas una respecto de la otra de manera que las ranuras estén espaciadas angularmente entre sí.
7. Una estructura de material compuesto reforzada con fibra fabricada por el método de la reivindicación 1.
8. La estructura de la reivindicación 7 que comprende un marco de ventana

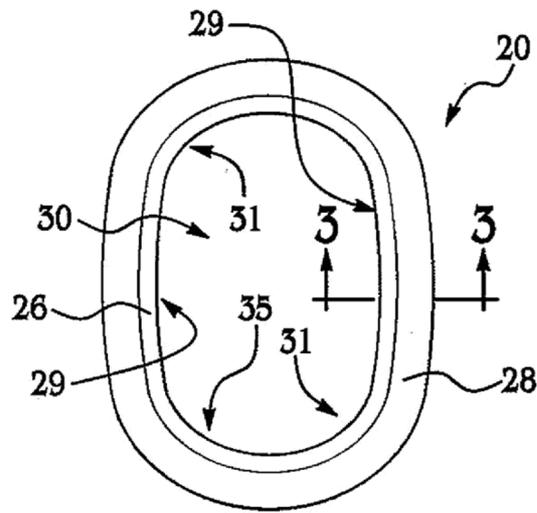


FIG. 1

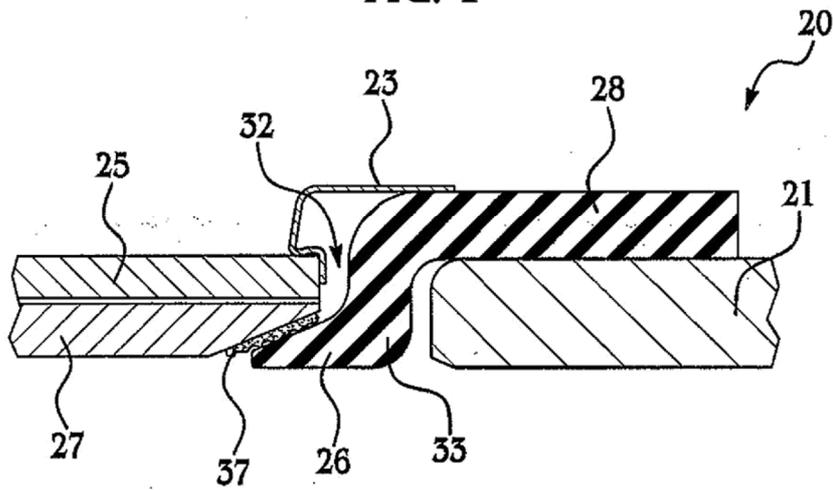


FIG. 2

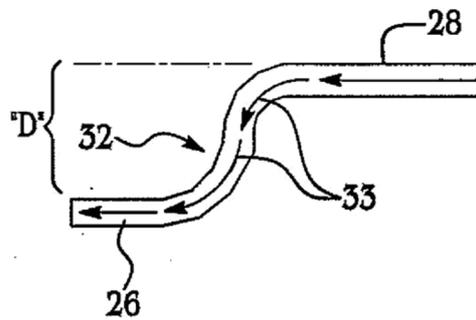


FIG. 3

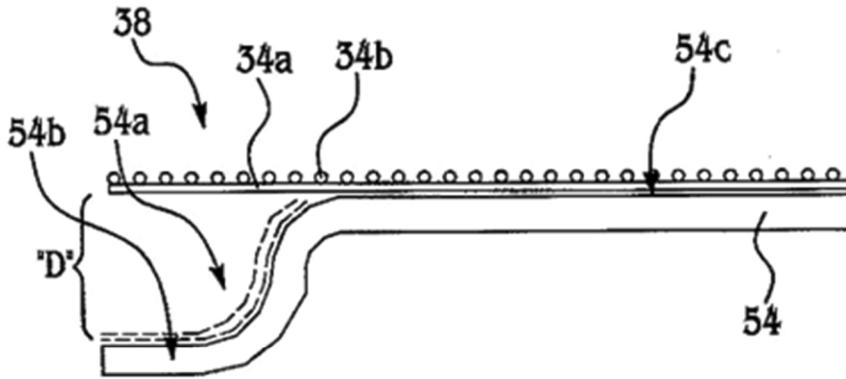


FIG. 4

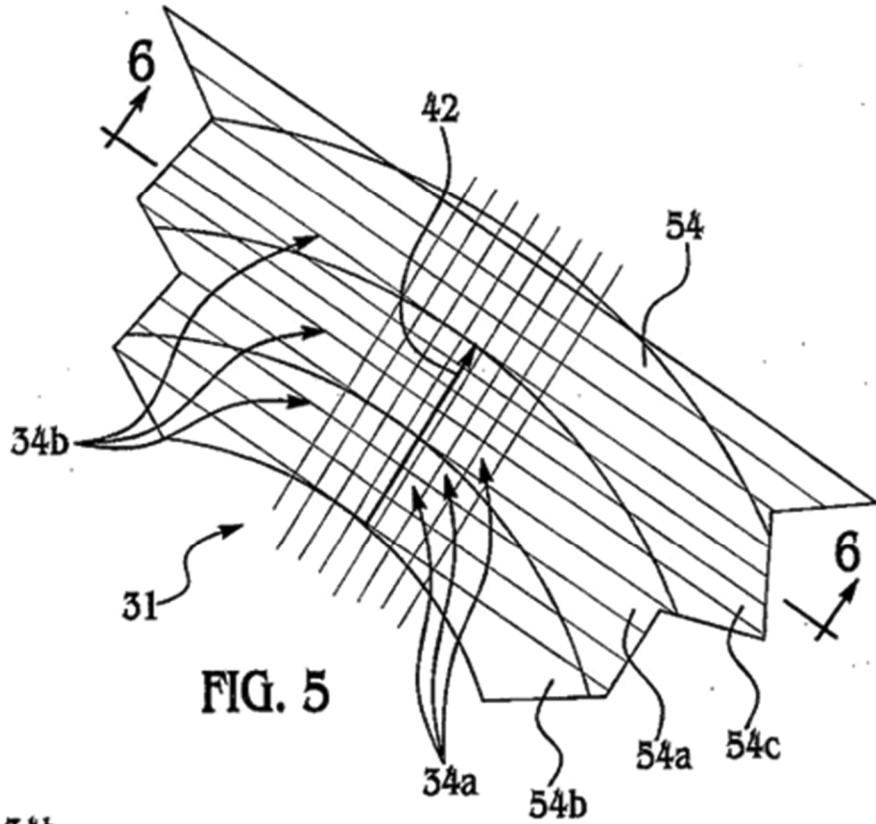


FIG. 5

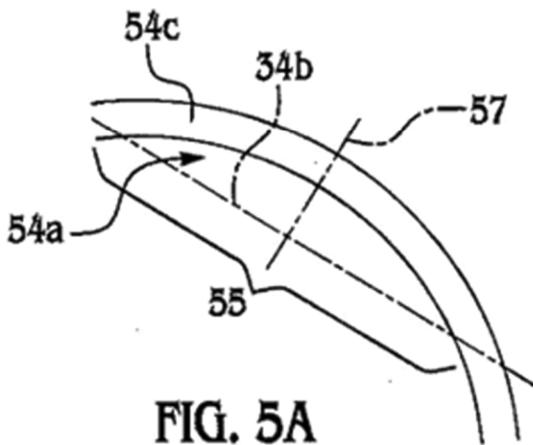


FIG. 5A

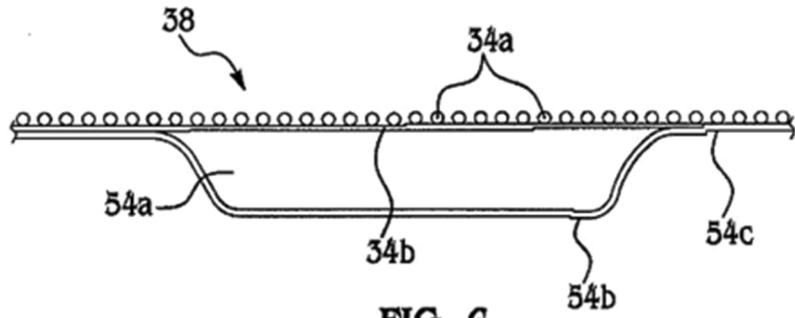


FIG. 6

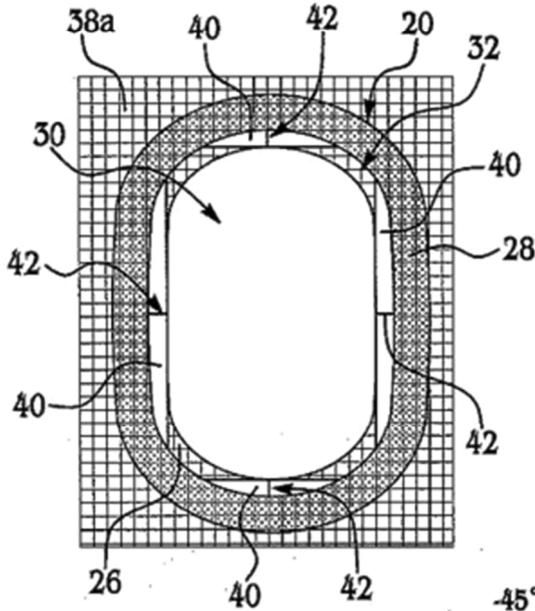


FIG. 7

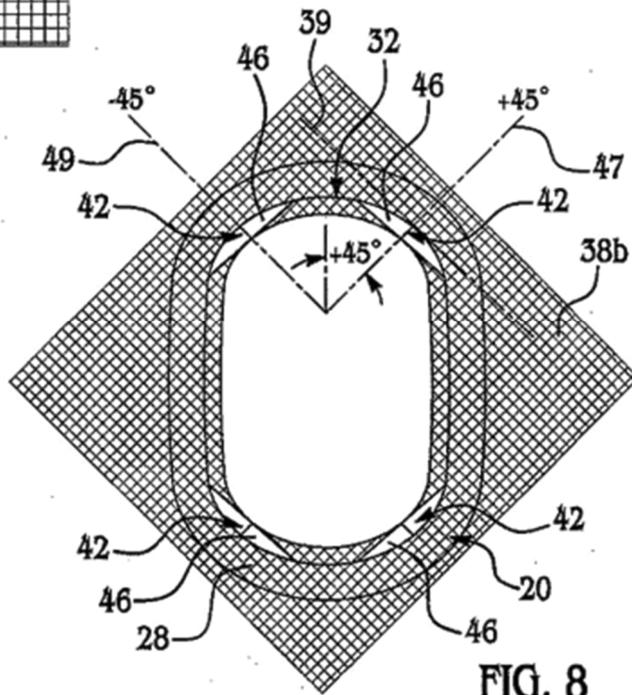


FIG. 8

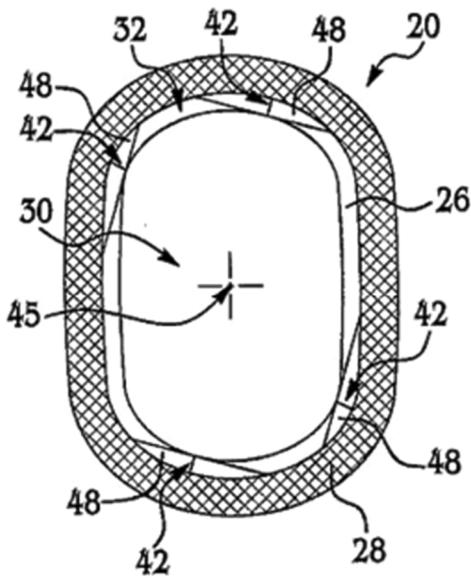


FIG. 9

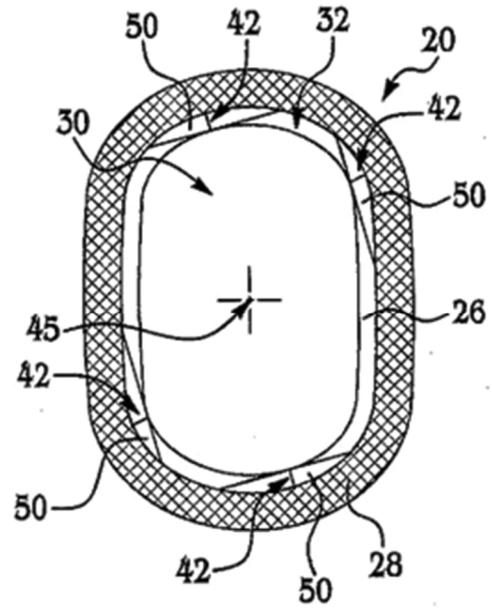


FIG. 10

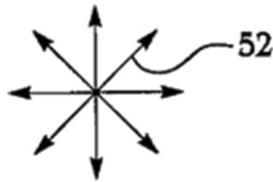


FIG. 11

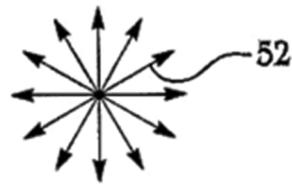


FIG. 12



FIG. 13

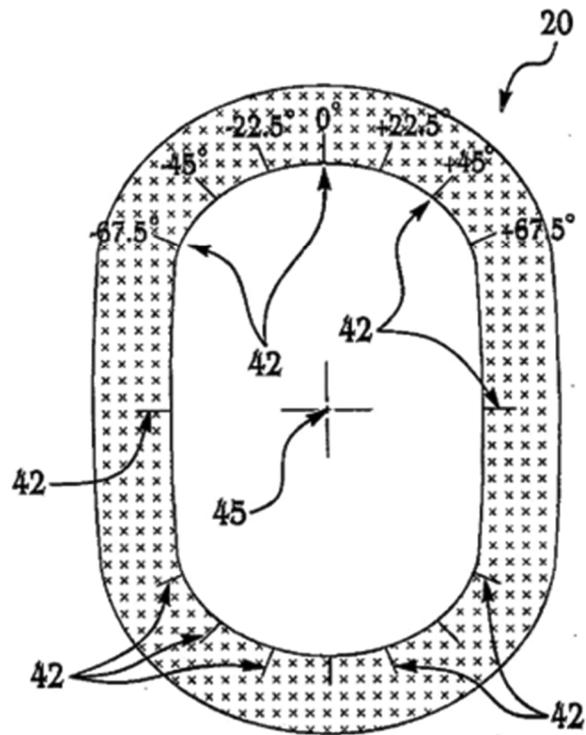


FIG. 14

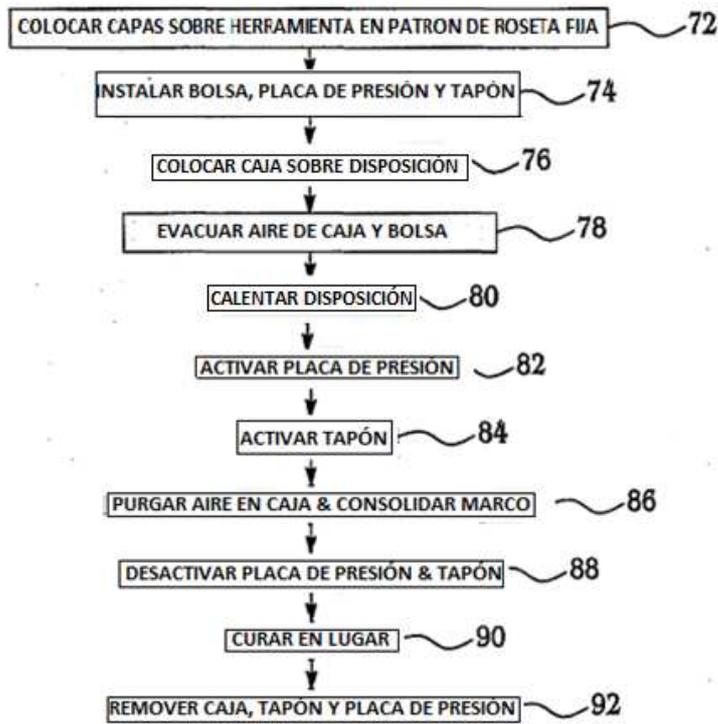
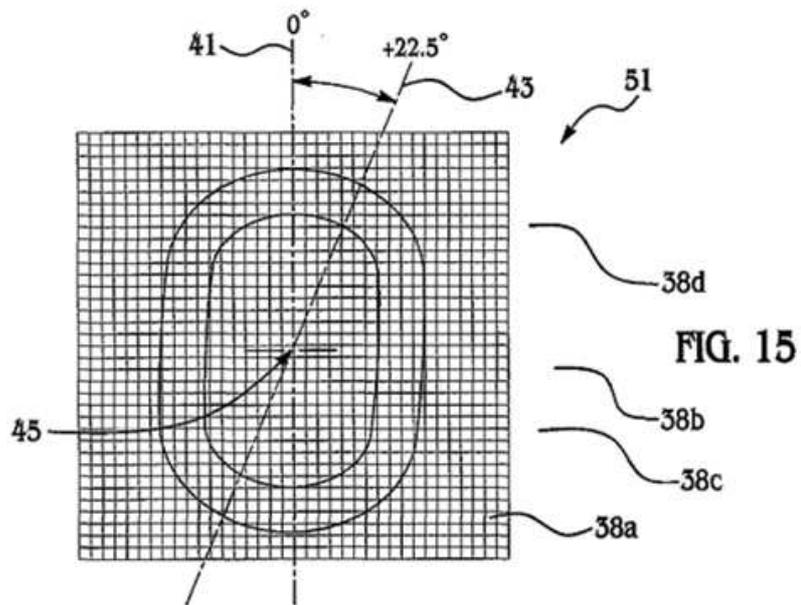


FIG. 18

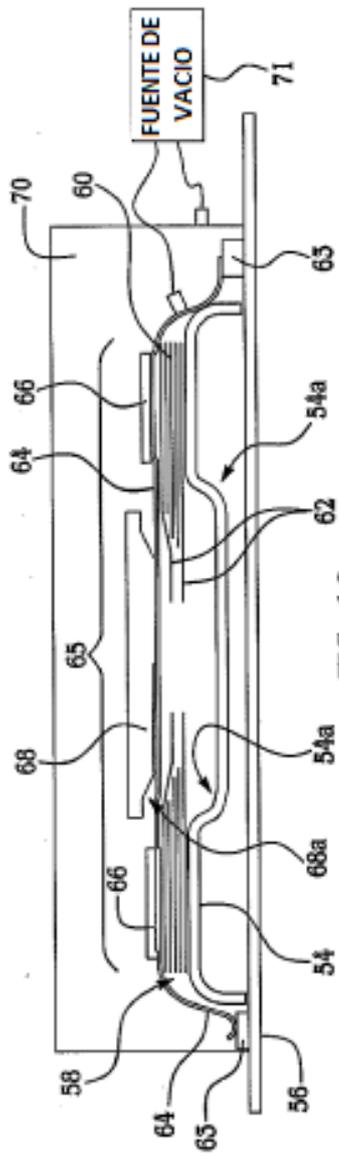


FIG. 16

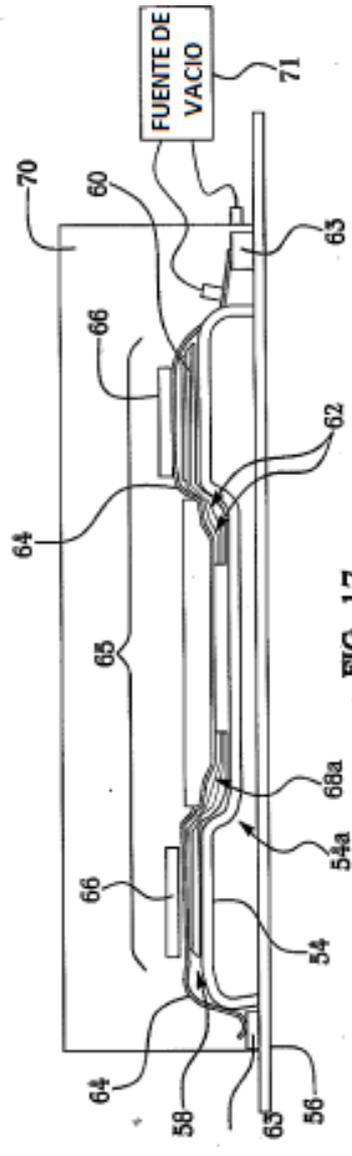


FIG. 17

100

	SISTEMA INTEGRADOR	TERCERO	OPERADOR
104 ESPECIFICACIÓN Y DISEÑO	×	×	×
106 ADQUISICIÓN DE MATERIAL	×	×	
108 FAB. COMPONENTE Y SUBCONJUNTO	×	×	
110 INTEGRACIÓN DE SISTEMA	×		
112 CERTIFICACIÓN Y SUMINISTRO	×		
114 EN SERVICIO			×
116 MANTENIMIENTO Y SERVICIO	×	×	×

FIG. 19

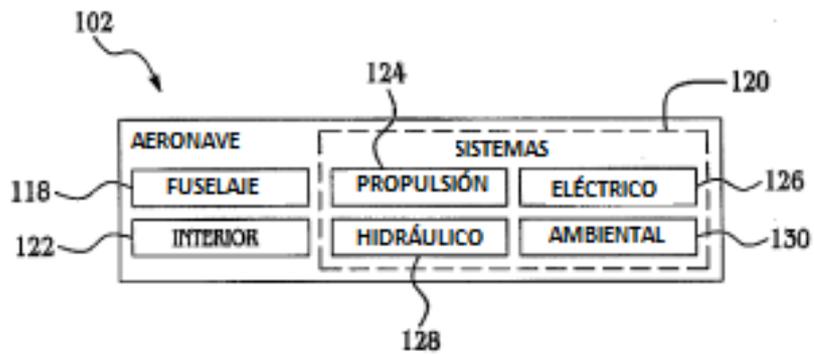


FIG. 20