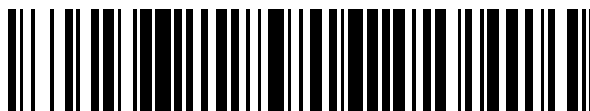


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 175**

51 Int. Cl.:

B29C 70/44 (2006.01)
B29C 70/86 (2006.01)
B29D 99/00 (2010.01)
B29L 31/30 (2006.01)
B64C 1/06 (2006.01)
B29K 105/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.12.2011** **PCT/US2011/063658**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.08.2012** **WO12102789**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2011** **E 11802243 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2020** **EP 2668024**

54 Título: **Estructuras de material compuesto que tienen rigidizadores integrados con difusores lisos**

30 Prioridad:

24.01.2011 US 201113012162

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.09.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

POOK, DAVID A.;
LOCKETT, PETER J. y
GLYNN, ANDREW

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 784 175 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

Estructuras de material compuesto que tienen rigidizadores integrados con difusores lisos

Campo técnico

La presente divulgación se refiere en general a estructuras de materiales compuestos, y trata más particularmente con miembros estructurales de materiales compuestos con rigidizadores integrados, y a métodos para fabricar tales miembros.

Antecedentes

A veces es necesario rigidizar estructuras de materiales compuestos, tales como las utilizadas en la industria aeroespacial, a fin de cumplir con los requisitos de resistencia y/o rigidez. Estas estructuras se pueden rigidizar mediante la adición de rigidizadores a la estructura que pueden proporcionar la estructura con resistencia y rigidez adicional. En el pasado, los rigidizadores individuales se han fijado a miembros estructurales primarios utilizando cualquiera de los diversos procesos de montaje secundarios, incluyendo pero sin limitarse a la utilización de elementos de sujeción discretos, unión, co-unión y co-curado. Cada uno de estos procesos puede tener desventajas, tales como, sin limitación, el tiempo y mano de obra adicional para completar el proceso de montaje y/o la necesidad de bienes de capital relativamente costosos tales como autoclaves utilizados para co-curar partes. Adicionalmente, en algunos casos, los rigidizadores pueden comprender múltiples partes que pueden añadir peso indeseable y/o número de piezas a un vehículo y/o aumentar el tiempo y el trabajo necesarios para completar el proceso de montaje. En algunas aplicaciones donde los rigidizadores están integrados en el miembro estructural, los extremos de los rigidizadores, denominados "difusores", pueden no combinarse o transitar suavemente en el miembro, lo que puede dar como resultado concentraciones de tensión no deseadas en el miembro estructural. Los diseños de difusor existentes tienen fibras discontinuas en bordes cortados que pueden reducir solo moderadamente las concentraciones de tensión en la estructura circundante.

Por consiguiente, existe la necesidad de un método simple y rentable para fabricar estructuras de materiales compuestos rígidas en la que los rigidizadores se integran en los miembros estructurales para formar una estructura unificada. También existe la necesidad de un diseño de rigidizador que tiene difusores que se combinan suavemente en el miembro estructural y reducen o eliminan concentraciones de tensión en los extremos de los rigidizadores.

El documento WO 2011/003844 establece, en su resumen, "un larguerillo de material compuesto laminado que tiene una terminación en un extremo en su dirección longitudinal, y que incluye una pila laminada de capas estructurales de material compuesto, en el que las capas internas en la pila se terminan consecutivamente hacia la terminación del larguerillo para proporcionar un ahusamiento para reducir el grosor de la pila. Además, una estructura de material compuesto que comprende un panel y el larguerillo; y un método de fabricación del larguerillo. La estructura de material compuesto puede usarse en una aeronave".

El documento US 2008/0246175 establece, en su resumen, "secciones de material compuesto para fuselajes de aeronaves y métodos y sistemas para la fabricación de tales secciones. Una sección de material compuesto configurada según una realización de la invención incluye una cubierta y al menos rigidizadores primero y segundo. La cubierta puede incluir una pluralidad de fibras unidireccionales que forman una superficie continua que se extiende 360 grados alrededor de un eje. El primer rigidizador puede incluir una primera porción de pestaña unida a una superficie interior de la cubierta y una primera porción en relieve que se proyecta hacia dentro y alejándose de la superficie interior de la cubierta. El segundo rigidizador puede incluir una segunda porción de pestaña unida a la superficie interior de la cubierta y una segunda porción en relieve que se proyecta hacia dentro y alejándose de la superficie interior de la cubierta. Un método para la fabricación de una sección de un fuselaje según una realización de la invención incluye colocar una pluralidad de rigidizadores no curados sobre un conjunto de mandril. El método puede incluir además aplicar una pluralidad de haces de filamento de fibra alrededor de la pluralidad de rigidizadores no curados sobre el conjunto de mandril".

El documento DE 102008059653 establece, en su resumen, que "la invención se refiere a un componente plano (1) de una aeronave (2), componente que define un área (3) que tiene un grosor de material (4). Para aumentar la resistencia a indentaciones en al menos parte del área o subáreas (7) que están definidas por bandas (5) que tienen una altura de banda (6), al menos un borde de refuerzo (8) que tiene una longitud de borde (9) que se extiende entre las bandas (5) a través de la subárea (7). La invención también se refiere a un método de producción que permite particularmente la producción de un componente plano de este tipo en un autoclave".

El documento US 2709973 establece, en la reivindicación 1, "un vagón de ferrocarril, un umbral lateral, una placa lateral, una pared lateral que tiene una pluralidad de arrugas que se extienden verticalmente en la misma que se extienden desde el borde inferior de la misma hasta el borde superior, una placa de refuerzo ubicada en cada arruga en el borde inferior de la pared lateral y fijada a la misma y al umbral lateral, y una placa de refuerzo ubicada en cada arruga en el borde superior de la pared lateral y fijada a la misma y a la placa lateral".

Sumario

Se proporciona una estructura de material compuesto unificada, que comprende un miembro de material compuesto; y al menos un rigidizador de material compuesto formado de manera integral con el miembro de material compuesto para

rigidizar el miembro, teniendo al menos un extremo del rigidizador un difusor que forma una transición sustancialmente suave en el miembro de material compuesto, en la que el difusor tiene una sección transversal que varía en forma pero permanece sustancialmente constante en al menos uno del perímetro y área a lo largo de su longitud.

5 Las realizaciones dadas a conocer proporcionan una estructura de material compuesto unificada que tiene rigidizadores integrados con difusores que transitan suavemente en sus extremos que reducen o eliminan sustancialmente las concentraciones de tensión. Los rigidizadores se producen usando preformas de fibra que se conforman para combinar los extremos de los rigidizadores en la estructura circundante. Esta combinación suave evita terminaciones abruptas o transiciones discontinuas entre el rigidizador y la estructura circundante, y puede reducir o eliminar la necesidad de operaciones de corte en los extremos de los rigidizadores. La reducción de operaciones de corte puede reducir el tiempo de fabricación, las etapas del procedimiento y/o los costes de mano de obra. El difusor transita por la sección transversal del rigidizador desde un perfil estrecho y alto hasta un perfil plano y ancho, mientras mantiene un perímetro y área de sección transversal constantes. Puede realizarse una variedad de arquitecturas y características físicas de rigidizador usando diversos procedimientos de fabricación de preformas. El diseño del difusor permite la fabricación de rigidizadores que tienen geometrías complejas, dando como resultado una mayor flexibilidad del diseño y optimización del procedimiento.

15 Según una realización dada a conocer, una estructura de material compuesto unificada comprende un miembro de material compuesto y al menos un rigidizador de material compuesto formado de manera integral con el miembro de material compuesto para rigidizar el miembro. Al menos un extremo del rigidizador incluye un difusor que forma una transición sustancialmente suave en el miembro de material compuesto. El miembro de material compuesto incluye un primer refuerzo de fibra infundido con resina, y el rigidizador incluye un segundo refuerzo infundido con resina, en el que la resina infundida es sustancialmente continua y homogénea en la totalidad de los refuerzos de fibra primero y segundo. El difusor tiene una sección transversal que varía en forma pero permanece sustancialmente constante en área a lo largo de su longitud.

25 Según una realización, una estructura de material compuesto integralmente rígida comprende una matriz de resina de polímero curado, una porción de miembro estructural que incluye un primer refuerzo de fibra retenido en la matriz y una porción de rigidizador para rigidizar una porción de miembro estructural. La porción de rigidizador incluye un segundo refuerzo de fibra retenido en la matriz. La porción de rigidizador incluye al menos un extremo que tiene un difusor que forma una transición sustancialmente suave en la porción de miembro estructural. La matriz es sustancialmente continua y homogénea en la totalidad de las porciones primera y segunda.

30 De acuerdo con otra realización, se proporciona un método de fabricación de una estructura de material compuesto rígida. El método comprende fabricar una primera preforma de fibra, colocar la primera preforma de fibra en un rebaje del molde que tiene la geometría del rigidizador, colocar una segunda preforma de fibra sobre el rebaje del molde que cubre la primera preforma, infundir conjuntamente las preformas de fibra primera y segunda con una resina de polímero y curar las preformas infundidas con resina. La fabricación de la primera preforma de fibra incluye trenzar las fibras para dar una carcasa tubular flexible, y rellenar la carcasa con fibras unidireccionales continuas. La colocación de la primera preforma de fibra en el rebaje del molde incluye conformar la carcasa tubular a la geometría del rebaje.

Breve descripción de las ilustraciones

La figura 1 es una ilustración de una vista en perspectiva de un panel de material compuesto unificado que tiene rigidizadores formados de manera integral.

40 La figura 2 es una ilustración de una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea 2-2 en la figura 1.

La figura 3 es una ilustración de una vista en sección de una esquina de una forma alternativa del rigidizador correspondiente a la porción designada como "A" en la figura 2.

Las figuras 4-13 son ilustraciones de vistas en sección que muestran, respectivamente, formas alternativas del rigidizador.

45 La figura 14 es una ilustración que muestra el procedimiento de montaje usado en la fabricación de la estructura de material compuesto rígida según el método dado a conocer.

La figura 15 es una ilustración de una vista en sección transversal del aparato, ligeramente en despiece ordenado para mayor claridad, para fabricar una estructura de material compuesto unificada que tiene rigidizadores integralmente formados.

50 Las figuras 16-20 son ilustraciones de vistas en planta de las estructuras de material compuesto rígidas que tienen diferentes configuraciones de la disposición del rigidizador.

La figura 21 es una ilustración de una vista en perspectiva de una cubierta de aeronave unificada que tiene una red integralmente formada de rigidizadores.

La figura 22 es una ilustración de una vista en sección de una estructura de material compuesto que tiene un rigidizador integral que se adapta a una variación de grosor en la estructura.

La figura 23 es una ilustración de una vista en sección de un borde de ataque curvo de una cubierta de aeronave que tiene un rigidizador integralmente formado.

La figura 24 es una ilustración de una vista en perspectiva de un panel curvo que tiene un rigidizador integralmente formado.

- 5 La figura 25 es una ilustración de una vista en perspectiva de un miembro estructural en forma de C que tiene rigidizadores integralmente formados.

La figura 26 es una ilustración de un diagrama de flujo de las etapas generales de un método de fabricación de estructuras de material compuesto con rigidizadores integrales.

- 10 La figura 27 es una ilustración de una vista en perspectiva que muestra el difusor de un rigidizador integrado en una cubierta de material compuesto.

La figura 28 es una ilustración de una vista en planta del rigidizador mostrado en la figura 27.

La figura 29 es una ilustración de una vista en sección tomada a lo largo de la línea 29-29 en la figura 28.

La figura 30 es una vista en sección tomada a lo largo de la línea 30-30 en la figura 29.

La figura 31 es una ilustración de una vista en sección tomada a lo largo de la línea 31-31 en la figura 29.

- 15 La figura 32 es una ilustración de una vista en sección tomada a lo largo de la línea 32-32 en la figura 29.

La figura 33 es una ilustración de diagramas del perímetro en diferentes ubicaciones a lo largo del difusor.

La figura 34 es una ilustración de una vista en sección transversal de una preforma tubular usada para fabricar el rigidizador.

La figura 35 es una ilustración de las etapas usadas en la fabricación de la preforma tubular mostrada en la figura 34.

- 20 La figura 36 es una ilustración de un método alternativo para fabricar la preforma tubular mostrada en la figura 35.

La figura 37 es una ilustración de una vista en sección transversal de una realización alternativa de la preforma.

La figura 38 es una ilustración que muestra las etapas para fabricar la preforma mostrada en la figura 37.

La figura 39 es una ilustración de una vista en sección transversal de una realización adicional de la preforma.

La figura 40 es una ilustración que muestra las etapas usadas para fabricar la preforma ilustrada en la figura 39.

- 25 La figura 41 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método de fabricación de una estructura de material compuesto unificada que tiene rigidizadores integrados.

La figura 42 es una ilustración de un diagrama de flujo de producción de aeronaves y metodología de mantenimiento.

La figura 43 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave.

Descripción detallada

- 30 Haciendo referencia primero a la figura 1, una estructura de material compuesto unificada 30 comprende un miembro estructural 32 que tiene una pluralidad de rigidizadores integralmente formados 34 que pueden proporcionar al miembro estructural 32 con resistencia y rigidez adicional. En el ejemplo ilustrado, el miembro estructural 32 es un panel de 32a sustancialmente plano, y los rigidizadores 34 se disponen para extenderse sustancialmente paralelos entre sí en un lado del panel 32a. Cada uno de los rigidizadores 34 incluye un difusor 52 en cada extremo de los mismos que combina el
- 35 rigidizador 34 de manera sustancialmente suave en el panel 32a para reducir concentraciones máximas de tensión en el panel 32a. Como se describirá más tarde, el miembro estructural 32 puede tener otras formas y geometrías, dependiendo de la aplicación, incluyendo pero sin limitarse a canales, vigas, bandas, pestañas, capas superficiales y similares.

- Haciendo referencia ahora a la figura 2, cada uno de los rigidizadores 34 tiene un diseño modular y comprende un núcleo interior 38 rodeado por una carcasa exterior 36 que tiene una tapa inferior 35 unida al panel 32a a lo largo de una junta a tope 29. Una capa opcional de adhesivo 40 se puede utilizar para ayudar en la unión del rigidizador 34 al panel 32a en la
- 40 junta a tope 29. Tal como se explicará más adelante en más detalle, la carcasa 36 puede comprender una o más capas (no mostradas en la figura 2) de un refuerzo o preforma de fibra de miembro de material compuesto infundido con resina 67 (figura 14) que puede trenzarse, entrelazarse o tejerse como una tela. Las fibras de refuerzo pueden comprender carbono, vidrio o una variedad de polímeros u otros refuerzos adecuados. En este ejemplo, la carcasa 36 es continua e
- 45 incluye una corona o parte superior de radio 43 y paredes laterales 45 que se conectan integralmente con secciones de radio 47 que se solapan con el panel 32a.

El núcleo interior 38 puede llenarse parcial o completamente con un material estructural o no estructural, dependiendo de la aplicación. En el caso del ejemplo mostrado en la figura 2, el núcleo interior 38 se llena con un refuerzo de fibra de carbono unidireccional adecuado 39. La figura 3 ilustra una realización alternativa del rigidizador modular 34 donde la carcasa 36 comprende múltiples capas 36a de fibras trenzadas retenidas en una matriz de resina, y el núcleo 38 se llena con una o más capas 41 de resina reforzada con fibra que pueden estar en la forma de cinta unidireccional, haz de filamentos o una tela.

Como se ha mencionado anteriormente, el rigidizador 34 puede tener numerosas variaciones en los detalles de geometría y/o construcción. La figura 4 ilustra un rigidizador 34 similar al mostrado en la figura 2, pero en el que a través de refuerzos de espesor, tales como, pero sin limitarse a, pasadores en Z 44 se utilizan opcionalmente para ayudar a unir el rigidizador 34 al panel 32a y para proporcionar un refuerzo adicional de la estructura 32. Los pasadores en Z 44 se extienden a través del panel 32a y la tapa inferior 35 del rigidizador 34 en el núcleo 38. El rigidizador 34 que se muestra en la figura 4 es generalmente trapezoidal en sección transversal, sin embargo, otras formas de sección transversal pueden ser posibles, incluyendo pero sin limitarse a una "T", una "J", una "C", una "I", una "Z" o un sombrero. En otras realizaciones, el rigidizador 34 puede comprender un laminado sólido (no mostrado), o un núcleo con planchas expuestas laminadas sólidas (no mostrado).

La figura 5 ilustra otra variación del rigidizador 34 que incluye una carcasa interior 46 que divide el núcleo 38 en una sección de núcleo hueca 48 que separa dos secciones de núcleo 38a, 38b que pueden o no llenarse con el refuerzo estructural 39 u otro relleno. En este ejemplo, la tapa de base 35 se une directamente al panel 32a a lo largo de una junta a tope 29, y el adhesivo 42 se utiliza a lo largo de los márgenes exteriores 33 de la junta a tope 29.

La figura 6 ilustra otra versión del rigidizador 34, similar a la mostrada en la figura 2, pero donde el núcleo 38 es hueco.

Todavía otra variación del rigidizador 34 se muestra en la figura 7 con un núcleo interior 38 lleno con el refuerzo 39 y los bordes de paredes laterales inferiores 37 que son redondeados.

La figura 8 ilustra otra realización del rigidizador 34 en la que la carcasa exterior 36 tiene pestañas que se extienden lateralmente 51 que se solapan con la tapa de base 35. Las pestañas 51 aumentan el área de la junta a tope 29 entre el rigidizador 34 y el panel 32a, mientras que proporcionan también una transición suave entre la carcasa 36 y el panel 32a que ayuda a minimizar las concentraciones máximas de tensión en el panel 32a, tal como se ha mencionado anteriormente.

Aún otro ejemplo del rigidizador 34 se muestra en la figura 9. Esta realización del rigidizador 34 es similar a la realización mostrada en la figura 2, excepto que una o más capas adicionales 50 se envuelven alrededor de la carcasa exterior 36 y se extienden lateralmente para formar pestañas 51. Las envolturas de capa 50 refuerzan el rigidizador 34 y aumentan el área de contacto entre el panel 32a y la carcasa 38/pestañas 51, mientras que las pestañas 51 forman parte de los difusores de rigidizador 52 que ayudan a minimizar las concentraciones máximas de tensión en el panel 32a.

Se muestra otra realización del rigidizador 34 en la figura 10 en la que una carcasa exterior 36 comprende una tapa plana 43 y paredes laterales inclinadas 45 que se unen a una base 35 que tiene pestañas que se extienden lateralmente 52. Tal como en el caso de las realizaciones mostradas en las figuras 2 y 8, las pestañas que se extienden lateralmente 51 aumentan el área de la junta a tope entre el rigidizador 34 y el panel 32a, mientras que proporcionan también una transición suave entre la carcasa 36 y el panel 32a que ayuda a minimizar las concentraciones máximas de tensión en el panel 32a.

Se muestra otra variación del rigidizador 34 en la figura 11 en la que la carcasa exterior 36 incluye una corona redondeada 43 y paredes laterales 45. Las paredes laterales 45 transitan a través de secciones de radio 47 en pestañas integrales 51 que están unidas al panel 32a.

Una realización adicional del rigidizador 34 mostrado en la figura 12 que es similar al mostrado en la figura 11 excepto porque a través de refuerzos de espesor 44 tales como pasadores en Z 44 se extienden desde dentro del núcleo 38 hasta dentro del panel 32a. Los refuerzos 44 ayudan a unir el rigidizador 34 al panel 32a y proporcionan refuerzo adicional a la estructura 32.

La figura 13 ilustra otro ejemplo del rigidizador 34 que es similar al mostrado en la figura 11, excepto porque una o más capas adicionales 50 se envuelven sobre la carcasa exterior 36 y se usan para formar pestañas que se extienden lateralmente 51.

A partir de las figuras 2-13, se puede apreciar que el rigidizador 34 puede tener una amplia gama de geometrías, características, rellenos de núcleo y refuerzos que pueden añadir resistencia y/o rigidez al rigidizador 34 y/o aumentar la resistencia y/o tolerancia de daños de la junta 29 entre el rigidizador 34 y el panel 32a. También puede apreciarse a partir de la descripción anterior que la estructura de material compuesto rígida 30 comprende una matriz de resina polimérica sustancialmente continua y homogénea que funciona para retener tanto una porción de miembro estructural 32 como una porción de rigidizador 34. La estructura 30 se unifica en virtud de las porciones de miembro estructural y de rigidizador 32, 34, respectivamente, integrándose por el material de la matriz.

La atención se dirige, a continuación, a la figura 14 que ilustra diversas etapas básicas de un método de fabricación de una estructura de material compuesto unificada 30 que tiene uno o más rigidizadores integralmente formados 34 (figura

- 1). Como se muestra en 54, una simple herramienta de una sola pieza 56 tiene una cara de herramienta 56a que define la línea de molde interior (IML) de la estructura de material compuesto acabada 30. La cara de herramienta 56a puede ser sustancialmente plana, como se muestra en la figura 14, o puede tener una o más curvas o características que coinciden con la IML de la estructura acabada 30. Una o más ranuras 58 se forman en la cara de herramienta 56a correspondiendo a la geometría de los rigidizadores 34 que se tienen que integrar en la estructura acabada 30. La profundidad D de las ranuras 58 corresponde sustancialmente a la altura H de los rigidizadores 34 (véase figura 15). La cara de herramienta 56a puede incluir también ranuras similares a cavidades adicionales (no mostradas) en las que conectores nodales (no mostrados) se pueden colocar para formar las interconexiones similares a una red entre los rigidizadores 34, como se describirá más adelante con más detalle.
- Como se muestra en 62, preformas de rigidizador de fibra sustancialmente secas 65 se colocan en las ranuras 58, ya sea manualmente o utilizando un equipo de colocación automatizado 60. Dependiendo de la forma y la construcción de las preformas de rigidizador 65, pueden pegarse entre sí porciones de las preformas de rigidizador 65 con agentes adherentes o aglutinantes para ayudar en la retención de la preforma 65 entre sí y/o para mantener sus formas hasta que se infunden con resina. Antes de infundirse con resina y curarse, las preformas de rigidizador 65 pueden tener forma de cordón y ser continuas en longitud, lo que les permite que se almacenen en forma de rollo, se dispensen y corten a la longitud deseada. Como alternativa, las preformas 65 pueden ser rígidas y formarse sustancialmente a la longitud, tamaño y forma requerida y almacenarse en forma plana, o en cualquier variación entre continua/flexible y discreta/rígida. Cuando se utiliza un equipo de colocación automatizado 60, las preformas 65 se pueden colocar en la herramienta 56 a velocidades relativamente altas. Debido a que las ranuras 58 en la herramienta 56 se pre-alinean, la ubicación y la orientación de los rigidizadores 34 en relación con el miembro de material compuesto 32 se puede controlar con precisión. En otras palabras, la posición fija de las ranuras 58 en la cara de herramienta 56a indexa automáticamente las preformas 65 una respecto a la otra, y en relación con el refuerzo de fibra 65. Las preformas 65 son sustancialmente idénticas a los rigidizadores 34 descritos anteriormente excepto que aún no se han infundido con una resina y, por lo tanto, son relativamente flexibles.
- Las ranuras 58 pueden tener un perfil de sección transversal (no mostrado) que coincide sustancialmente con el de las preformas 65, de modo que cuando se colocan en las ranuras 58, las preformas 65 llenan sustancialmente completamente las ranuras 58, lo que da como resultado un perfil de IML sustancialmente liso. Las preformas flexibles 65 se ajustan fácilmente al perfil y curvatura (si la hay) de sección transversal de las ranuras 58. Preformas discretas/rígidas se pueden pre-formar para coincidir al menos sustancialmente con el perfil y curvatura (si la hay) de sección transversal de las ranuras. Las ranuras 58 rebajan esencialmente las preformas de rigidizador 65 en la herramienta 56 con relación a un refuerzo de fibra 67 de modo que la parte superior de las preformas 65 se encuentran generalmente a ras con la cara de herramienta 56a. Opcionalmente, un adhesivo de película (no mostrado) se puede colocar en las ranuras 58, superponiendo las preformas de rigidizador 65, en aquellas aplicaciones donde se desea unir con adhesivo las tapas de rigidizador 35 al miembro de material compuesto 32 a lo largo de la junta a tope 29, como se muestra en la figura 2.
- A continuación, como se muestra en 64, el refuerzo de fibra de miembro de material compuesto seco o sustancialmente seco 67 se coloca en la cara de herramienta 56a, superponiéndose y en contacto con las preformas de rigidizador 65 y con la cara de herramienta 56a. El refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67, así como las preformas de fibra 65 pueden pegarse con un aglutinante (no mostrado). El refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67 puede comprender, por ejemplo y sin limitación, una preforma que puede incluir múltiples capas de tela tejida o entrelazada que se colocan capa por capa en la cara de herramienta 56a, o que se apilan y colocan después como una sola colocación pre-montada en la cara de herramienta 56a. En el ejemplo ilustrado, el refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67 es sustancialmente plano, sin embargo, en otras realizaciones, es posible que el refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67 pueda ser una preforma que se conforma antes de que el refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67 se coloque sobre la cara de herramienta 56a. En 66, una chapa de prensado 68 se coloca sobre el refuerzo de miembro de fibra de miembro de material compuesto 67. La chapa de prensado 68 ayuda en el control del acabado de la superficie de OML (línea de molde exterior) y en desmarcar la capa superficial adyacente al rigidizador 34. Después, en 70, la preforma 65 y el refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67 se co-infunde con una resina termoestable adecuada utilizando cualquiera de las diversas técnicas de infusión de resina bien conocidas, incluyendo, por ejemplo y sin limitación, moldeo de infusión de resina asistido con vacío (VARIM). Como se describirá a continuación, la preforma 65 y el refuerzo de fibra 67 se pueden compactar y consolidar antes de la infusión de resina. La preforma infundida 65 y el refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67 se curan a continuación por la aplicación de calor a través de cualquier medio adecuado tal como un horno 72.
- La atención se dirige a continuación a la figura 15, que muestra detalles adicionales de un conjunto de colocación de VARIM 80 que se puede utilizar para realizar las etapas del método descrito anteriormente en relación con la figura 14. Las preformas de rigidizador 65 se colocan en las ranuras 58 en la herramienta 54, después de lo que el refuerzo de miembro de material compuesto 67 se coloca en la cara de herramienta 56, superponiéndose y en contacto con la preforma de rigidizador 65. Una capa pelable 82 se coloca sobre el refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67 y un medio de distribución de resina adecuado 86 se coloca sobre la capa pelable 82 para ayudar a mover y distribuir uniformemente la resina que fluye. Una capa pelable 84 se puede colocar también debajo de los bordes exteriores de la fibra de miembro de material compuesto 67.
- Una chapa de prensado rígida o semirrígida 68 se coloca sobre el medio de distribución de resina 86, después de lo que una bolsa de vacío 88 se coloca sobre la colocación y se sella a la herramienta 54 por medio de una cinta selladora 90 o por medios similares. En otras realizaciones, una técnica de doble bolsa de vacío se puede utilizar, donde una segunda

bolsa de vacío (no mostrada) se coloca sobre la primera bolsa de vacío 88 a fin de proteger la preforma 65 contra fugas en la primera bolsa de vacío 88 durante los procesos de inyección de resina y de curado. El uso de la chapa de prensado 68 y del medio de distribución de resina 86 es ilustrativo de una disposición típica para la infusión de resina, pero puede no ser necesario cuando se emplean otras técnicas de infusión de resina. Una variedad de otras técnicas de infusión de resina son posibles. Un depósito de suministro de resina termoestable 92 se acopla mediante un tubo de entrada de resina 94 a un tubo de canal de entrada 96 dentro de la bolsa de vacío 88. Un depósito de vacío de salida 102 se acopla por un tubo de salida de resina 100 a un tubo de canal de salida 98 dentro de la bolsa de vacío 88.

Un vacío dentro de la bolsa 88 generado por el depósito de vacío de salida 102 saca el aire de la bolsa 88, creando una presión menor que la presión atmosférica dentro de la bolsa 88 que extrae la resina del depósito de suministro 92 en la bolsa 88 a través del tubo de canal de entrada 96. Antes de la inyección de resina, la bolsa 88 se puede utilizar para compactar y consolidar la preforma 65 y el refuerzo de fibra 67. La resina fluye desde el tubo de canal de entrada 96 y sale de la bolsa 88 a través del tubo canal de salida 98 donde se recoge en el depósito de vacío 102. A medida que la resina se desplaza desde el canal de entrada 96 hasta el canal de salida 98, la preforma 65 y el refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67 se co-infunden con un solo disparo de la resina mientras que la presión atmosférica empuja la bolsa 88 hacia abajo en la chapa de prensado 68. Como se ha mencionado anteriormente, la figura 15 ilustra solamente una de una serie de técnicas de infusión de resina que se pueden utilizar para fabricar la estructura de material compuesto rígida 30.

La chapa de prensado 68 aplica sustancialmente una presión uniforme sobre su área a la preforma inyectada 65 y al refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67, haciendo que la preforma 65 y el refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67 se compacten y empujen uno contra el otro durante el proceso de infusión de resina. Se puede aplicar calor a la preforma infundida 65 y al refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67, tanto durante como después del proceso de infusión de resina con el fin de fomentar el flujo de la resina y, a continuación, curar la resina para producir una estructura de material compuesto unificada 30 en la que los rigidizadores 34 se integran esencialmente en el miembro de material compuesto 32. La co-infusión de la preforma 65 y del refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67 con resina da como resultado una matriz de resina sustancialmente continua y homogénea que retiene e integra las porciones de miembro estructural y rigidizador 32, 34 respectivamente.

Las figuras 16-20 ilustran estructuras de materiales compuestos rígidas 30 que tienen diversos patrones de diseño de los rigidizadores 34. La figura 16 ilustra un panel de material compuesto rígido 32a con una pluralidad de rigidizadores generalmente paralelos, integralmente formados 34, similares a las realizaciones mostradas en La figura 1. La figura 17 ilustra un panel de material compuesto rígido 32a en el que los rigidizadores 34 se disponen en un patrón de cuadrícula de tipo entrecruzamiento. La figura 18 muestra otra variación en la que los rigidizadores 34 se disponen de lado a lado, pero se estrechan colectivamente a lo largo de la longitud del panel 32a. La figura 19 ilustra una realización en la que los rigidizadores 34 se disponen en un patrón de cuadrícula ISO, donde los extremos de los rigidizadores 34 se interconectan en los nodos de conexión 104. La figura 20 muestra el uso de rigidizadores ovales, generalmente concéntricos 34 que rodean una abertura 106 en un panel 32a con el fin de rigidizar el área del panel 32a alrededor de la abertura 106.

La figura 21 ilustra otro ejemplo de un panel rígido de cuadrícula nodal 32b en el que los rigidizadores 34 se interconectan por nodos de conexión 104 que se pueden rebajar en la cara de herramienta 56a (figuras 14 y 15) durante la formación, de manera que los nodos de conexión 104 y los rigidizadores 34 se forman integralmente entre sí y con el panel 32a durante el proceso de fabricación. En este ejemplo, el panel 32 se curva en una sola dirección, y, por lo tanto, al menos un cierto número de rigidizadores 34 se curvan también en la dirección de la curvatura del panel. Los nodos de conexión 104 pueden comprender, por ejemplo y sin limitación, un miembro rígido preformado, tal como un miembro de metal, un miembro de material compuesto pre-curado, o una preforma de fibra seca o sustancialmente seca que se co-infunde con resina con el refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67. En aquellas realizaciones donde el nodo de conexión 104 es un miembro rígido preformado, se puede co-unir con el rigidizador 34 y el panel 32a, o se puede unir en segundo lugar con el rigidizador 34 y panel 32a utilizando una capa (no mostrada) de adhesivo colocada entre el nodo de conexión 104, el rigidizador 34 y el panel 32a.

La figura 22 ilustra un panel 32 que tiene una variación de espesor 108. Esta variación de espesor 108 se puede acomodar mediante la formación de un contorno de profundidad apropiada en la cara de herramienta 56. La flexibilidad de la preforma de rigidizador 65 permite que la preforma 65 se adapte al contorno de espesor 108 del panel subyacente 32b.

La figura 23 ilustra otra estructura de material compuesto rígida, unificada 30 en la forma de un borde de ataque 110 de un ala de aeronave. Este ejemplo ilustra la capacidad de los rigidizadores 34 para adaptarse a curvaturas relativamente graves, incluyendo curvaturas compuestas de los miembros de material compuesto 32 que están destinados a rigidizarse.

La figura 24 ilustra el uso de un rigidizador 34 para reforzar un panel 32 curvo en una dirección. La curvatura del rigidizador 34 coincide con la del panel 32.

La figura 25 ilustra una estructura de material compuesto rígida unificada 30 en la forma de una viga de canal en forma de C 32c que se refuerza por rigidizadores en forma de nervaduras integralmente formados 34 que coinciden con la sección transversal de la viga 32c y que se separan a lo largo de la longitud de la viga 32c. Los rigidizadores en forma de nervaduras 34 pueden emplearse en estructuras de material compuesto 30 que tienen otras formas en sección transversal.

La atención se dirige a continuación a la figura 26, que ilustra en líneas generales las etapas de un método de fabricación de una estructura de material compuesto unificada 30 que tiene los rigidizadores integralmente formados 34 divulgados. Comenzando en la etapa 112, las ranuras 58 que tienen la profundidad y la geometría apropiada se forman en la cara de herramienta 56a mediante cualquier técnica de fabricación adecuada, tal como fresado de las ranuras 58 en un material duro como el acero. En 114, se forman las preformas de rigidizador 65 que puede incluir la colocación de múltiples capas de material de fibra seco, que como se ha señalado anteriormente, puede comprender un material trenzado, tejido o entrelazado. Las preformas de rigidizador 65 pueden o no rellenarse con un relleno de los tipos descritos anteriormente.

En 116, las preformas de rigidizador 65 se colocan en las ranuras 58 en la cara de herramienta 56a, después de lo que en 118, el refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67 se coloca en la cara de herramienta 56a, superponiéndose y en contacto con las preformas de rigidizador 65, como se ha descrito anteriormente en relación con la figura 11. En 120, los componentes restantes de la colocación 80 se montan, incluyendo la colocación de la bolsa de vacío 88 sobre la preforma 65 y el refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67 y se sellan a la herramienta 54. A continuación, en 122, se introduce vacío en el bolsa 88, después de lo que en 124, la preforma 65 y el refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67 se infunden sustancialmente de forma simultánea (es decir, co-infunden) con una resina termoestable en un proceso de infusión de resina de un solo disparo. El vacío dentro de la bolsa 88 puede ayudar a introducir la resina en y a través de la preforma 65 y del refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67. Aunque no se muestra en la figura 26, un vacío se puede introducir en la bolsa 88 antes de la etapa de infusión de resina 124 con el fin de compactar y consolidar la preforma de rigidizador 65 y el refuerzo de fibra 67 a fin de reducir su volumen de modo que se produce una estructura de material compuesto que tiene el volumen de resina más bajo. Como alternativa, el proceso de compactación y consolidación se puede conseguir durante la etapa de infusión de resina 124. Por último, en la etapa 126, la estructura de resina infundida se cura mediante el calentamiento de la estructura de acuerdo con un programa de curado deseado.

Ahora se hace referencia a las figuras 27-32 que ilustran detalles del difusor 52 en cada extremo de cada uno de los rigidizadores 34, anteriormente mencionados en relación con la figura 1. Los difusores 52 forman una transición sustancialmente continua y suave de los extremos 128 del rigidizador 34 en el miembro de material compuesto circundante 32, que, en este caso, es un panel o una cubierta 32a. En medio de los extremos 128 del rigidizador 34, se define la geometría de sección transversal del rigidizador 34 por la carcasa 36 y la tapa de base 35. En medio de los extremos 128, la parte superior o corona 43 de la carcasa 36 es relativamente estrecha y los lados 45 son relativamente pronunciados, mientras que la tapa de base 35 tiene una anchura sustancialmente constante. A lo largo del difusor 52, sin embargo, la anchura "W" de la corona 128 aumenta constantemente, mientras la altura "H" del lateral 45 disminuye constantemente y la tapa de base 34 se ensancha hacia afuera tal como se muestra en 35a. La tasa de cambio en la anchura "W" de la corona 43, la altura "H" de los laterales 45 y la anchura "w" de la tapa de base 35 dependerá de la aplicación particular, y la geometría de la cubierta 32a.

Ahora se dirige la atención particularmente a las figuras 30-32 que muestran el cambio en el perfil de sección transversal del rigidizador 34. Aunque no se dibuja a escala, estas figuras ilustran que a medida que la altura "H" disminuye a lo largo del difusor 52, la anchura "W" aumenta. Sin embargo, el área de sección transversal total "A" del rigidizador 34 permanece sustancialmente constante a lo largo de la longitud del difusor 52. La sección transversal constante del difusor 52 da como resultado la estructura interna del rigidizador 34 que continúa hacia las extremidades exteriores del rigidizador 34. Mantener el área de sección transversal constante "A" permite que el núcleo 38 sea continuo en la totalidad del difusor 52 y, por tanto, puede no requerir ningún material tal como haces de filamento de carbón para terminar (disminución) en un punto intermedio a lo largo del difusor 52 que, de lo contrario, puede crear complejidad de producción, zonas ricas en resina potenciales y concentraciones de tensión en la estructura curada 30.

La figura 33 ilustra el perímetro "P" de las secciones transversales mostradas en las figuras 30-32. Como el área de sección transversal total "A" del rigidizador 34, el perímetro total "P" de la sección transversal del rigidizador 34 permanece sustancialmente constante a lo largo de la longitud del difusor 52. Por tanto, el perímetro P_1 del rigidizador 34 en la línea de sección 30-30 en la figura 29 es igual al perímetro P_2 en la línea de sección 31-31 y es igual al perímetro P_3 en la línea de sección 32-32 en la figura 29. La provisión de un perímetro constante en el difusor 52 permite que se mantenga una orientación de fibra constante dentro de la carcasa exterior 36 en la totalidad de la longitud del difusor 52 que ayuda a minimizar la distorsión de fibra que, de lo contrario, puede llevar a zonas ricas en resina y a una reducción en las propiedades mecánicas.

La figura 34 ilustra una realización de una preforma de fibra 136 que puede estar infundida en resina para formar el rigidizador 34, incluyendo el difusor 52 mostrado en las figuras 27-33. En este ejemplo, la preforma 136 comprende una carcasa tubular de fibra trenzada 36 que tiene un núcleo 38 lleno de fibras unidireccionales sueltas 39. Son posibles otros rellenos de núcleo. Tal como se muestra en la figura 35, la preforma de fibra tubular 136 puede fabricarse en longitudes continuas (no mostradas) mediante un procedimiento de montaje 140 que implica un hilo unidireccional de trenzado 39 en una carcasa trenzada tubular 36. Entonces, la carcasa 36 puede llenarse con haces de filamento de fibra unidireccionales 39. El uso de la preforma tubular 136 puede resultar deseable en algunas aplicaciones porque puede cortarse eficientemente a una longitud desde un suministro continuo y se conforma fácilmente tanto en sección transversal como a lo largo de su longitud a los rebajes de herramienta, tales como el rebaje de herramienta 58 mostrado en la figura 15. Se ilustra un método alternativo de fabricación de la preforma 136 en la figura 36, en el que puede emplearse un único procedimiento de trenzado 41 para formar la carcasa 36 alrededor de un grupo 138 de fibras unidireccionales 39.

La figura 37 ilustra una realización alternativa de una preforma de fibra rígida o semirrígida 142 para formar el rigidizador 34 con un difusor 52. La preforma 142 comprende una carcasa trenzada conformada 136 que puede incluir pestañas laterales 51 y un núcleo 38 lleno de fibras de refuerzo unidireccionales 39. La preforma 142 mostrada en la figura 37 puede fabricarse mediante un procedimiento ilustrado en la figura 38, en el que puede emplearse un único procedimiento de formación y trenzado 146 para formar la carcasa 136 alrededor de un grupo 138 de fibras unidireccionales 39 en el que la forma de sección transversal de la preforma 142 coincide sustancialmente con la de una cavidad de molde 58 (figura 15). En este ejemplo, la carcasa 136 y el grupo 138 de fibras unidireccionales 39 se trenzan juntas y se forman para conformarse de manera sustancialmente simultánea. La preforma formada 142 puede fabricarse en longitudes continuas (no mostradas).

La figura 39 ilustra una realización adicional de una preforma 148 que comprende una carcasa 36 formada por capas de solapamiento de tela que incluye pestañas laterales 51 y una tapa de base de tela 35. La preforma 148 incluye además un núcleo 38 lleno de fibras unidireccionales 39. La preforma 148 puede formarse en longitudes discretas (no mostradas) y pueden ser sustancialmente rígidas tanto en sección transversal como a lo largo de su longitud. La figura 40 ilustra un procedimiento para la fabricación de la preforma 148 mostrada en la figura 39. Empezando en 150, se forma un rebaje 158 que tiene una geometría adecuada en una herramienta 54, y se coloca una capa de tela de solapamiento 160 en la herramienta 54 superponiendo el rebaje 58. En 152, se usa una herramienta de formación 162 para formar la capa 160 en el rebaje 158 y conformarla a los contornos del rebaje 158, usando la fuerza F aplicada a la herramienta de formación 162. En 154, se retira la herramienta 162, se llena la capa de solapamiento formada 160 con fibras de refuerzo unidireccionales 39 y se coloca una segunda capa de solapamiento 165 sobre la primera capa 160. En 156, puede usarse una herramienta adecuada 167 para compactar las capas 160, 165.

Ahora se hace referencia a la figura 41 que ilustra en líneas generales las etapas de un método de fabricación de una estructura de material compuesto rígida unificada 30 tal como el panel rígido 32 mostrado en la figura 1. Empezando en 164, se fabrica un molde 54 (figura 15) que tiene rebajes que incluyen secciones de difusor 52 en extremos opuestos 128 (figura 27) de los mismos. En una realización mostrada en 166, puede fabricarse una primera preforma o refuerzo de fibra 136, 142 en longitudes continuas. En 170, se trenzan fibras en una carcasa exterior tubular continua 36 que tiene una sección transversal conformable o semiconformable. En 172, se llena la carcasa tubular con fibras de refuerzo continuas y en 174 se corta la primera preforma 136, 142 en longitudes adecuadas. En 176, se coloca la primera preforma en un rebaje de molde 58 y se conforma a la geometría del rebaje 58.

Se muestra otra realización para la fabricación de la primera preforma de fibra en 177. En 179, se usa un único procedimiento de trenzado para formar la carcasa 36 alrededor de un grupo 138 de fibras unidireccionales 39, y en 180 se corta la primera preforma 136 en longitudes adecuadas. En 181 se coloca la preforma flexible 136 en el rebaje de molde 58 y se conforma a la geometría del repliegue 58.

En una realización adicional para fabricar la primera preforma de fibra mostrada en 168, se coloca una primera capa de fibra 160 en un molde 54 que se solapa con un rebaje de molde 158, tal como se muestra en 178. Después, en 182, se forma la primera capa de fibra 160 en el rebaje de molde 158 y se conforma a los contornos del rebaje 158. En 183, la primera capa formada 160 se llena con fibras de refuerzo continuas 39, después de lo que, en 184, se coloca una segunda capa de fibra 165 sobre el molde 54 que se solapa con la primera capa llena de fibra 160.

Se muestra todavía otra realización para fabricar la primera preforma 142 en 185. En 187, las fibras de núcleo y carcasa se trenzan entre sí y se forman simultáneamente en una preforma semirrígida 142 que se conforma previamente para coincidir sustancialmente con la geometría del rebaje de molde 58. Entonces, la preforma semirrígida y conformada previamente 142 se coloca en el rebaje de molde 58 en 189.

Después de fabricar la primera preforma 136, 142 tal como se describió anteriormente, se coloca un segundo refuerzo de fibra o preforma 67 (figura 14) en el molde 54 que se solapa con la primera preforma, tal como se muestra en 186. En 188, las preformas primera y segunda se co-infunden con resina, después de lo que se cura la estructura de material compuesto 30 en 190.

Las realizaciones de la divulgación pueden encontrar uso en una variedad de aplicaciones potenciales, particularmente en la industria del transporte, incluyendo, por ejemplo, la industria aeroespacial, marina y aplicaciones de automoción. Por tanto, con referencia ahora a las figuras 42 y 43, las realizaciones de la divulgación se pueden utilizar en el contexto de un método de fabricación y servicio de aeronaves 192, como se muestra en la figura 42 y una aeronave 194, como se muestra en la figura 43. Las aplicaciones de aeronaves de las realizaciones divulgadas pueden incluir una amplia variedad de partes y componentes de materiales compuestos estructurales, incluyendo, por ejemplo y sin limitación, capas superficiales de control, capas superficiales de alas y de empenaje, puertas y paneles de acceso rígidos, y nervaduras y bandas de larguero rígidos, por nombrar solo unos pocos. Durante la pre-producción 192, el método ejemplar puede incluir las especificaciones y diseño 196 de la aeronave 194 y adquisición de material 198. Durante la producción, tiene lugar la fabricación 200 de componentes y subconjuntos y la integración 202 de sistemas de la aeronave 194. A continuación, la aeronave 194 puede someterse a certificación y entrega 204 con el fin de ponerse en servicio 206. Mientras está en servicio por un cliente, la aeronave 194 se programa para su mantenimiento de rutina y servicio 208 (que también puede incluir la modificación, reconfiguración, remodelación, etc.).

5 Cada uno de los procesos del método 192 se puede realizar o llevar a cabo por un integrador de sistemas, un tercero, y/o un operario (por ejemplo, un cliente). Para 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, empresa de alquiler, entidad militar, organización de servicio, y así sucesivamente.

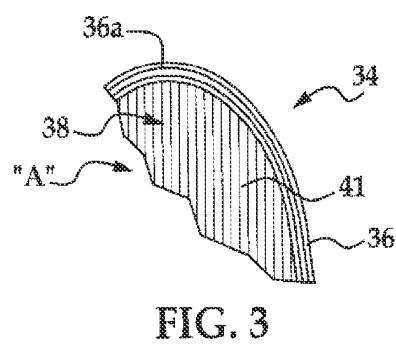
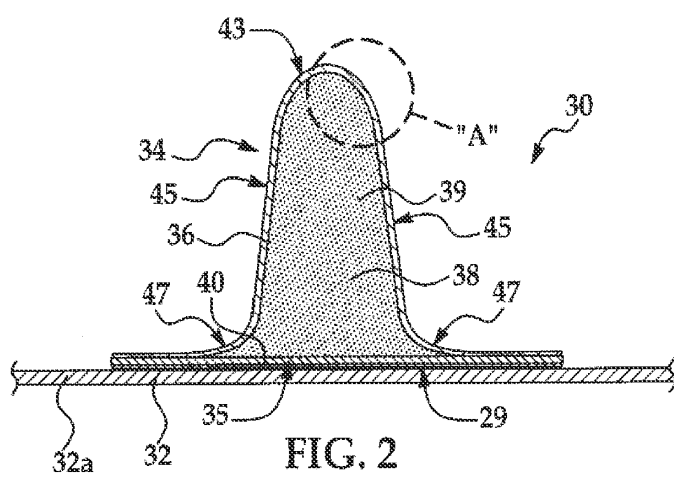
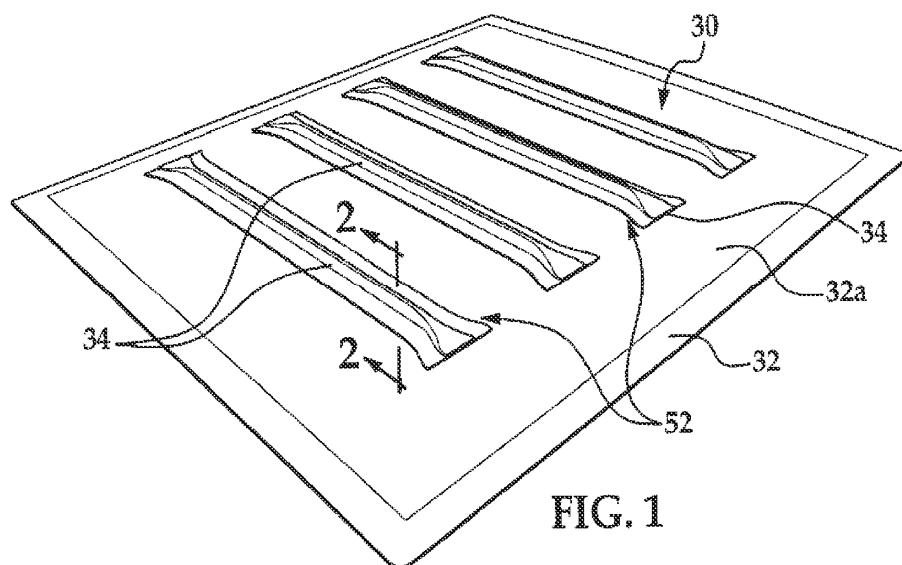
10 Como se muestra en la figura 43, la aeronave 194 producida por el método ejemplar 192 puede incluir un fuselaje 210 con una pluralidad de sistemas 212 y un interior 214. Ejemplos de sistemas de alto nivel 212 incluyen uno o más de un sistema de propulsión 216, un sistema eléctrico 218, un sistema hidráulico 220, y un sistema ambiental 222. Cualquier número de otros sistemas se puede incluir. El método descrito se puede emplear para fabricar partes, estructuras y componentes rígidos utilizados en el interior 214 y en el fuselaje 210. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la divulgación se pueden aplicar a otras industrias, tales como las industrias marina y automotriz.

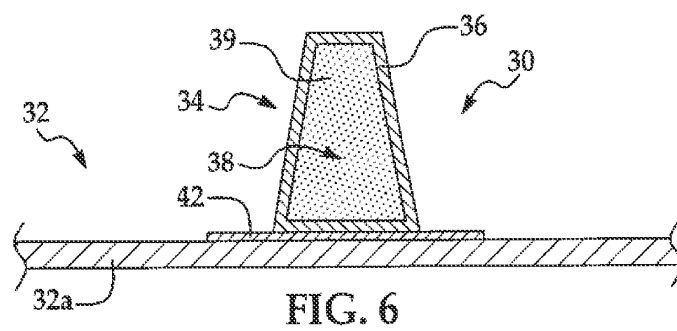
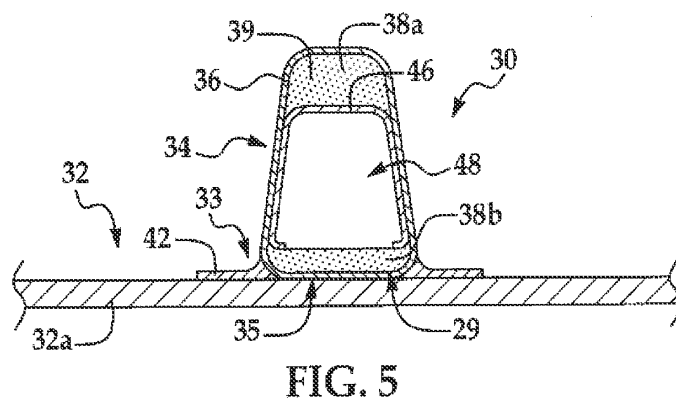
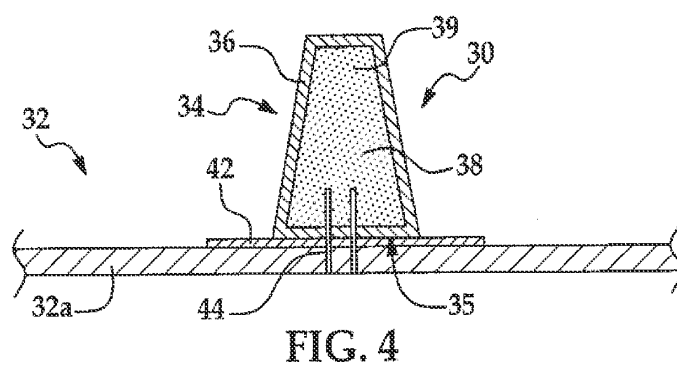
15 Los sistemas y métodos realizados en el presente documento pueden emplearse durante una cualquiera o más de las fases del método 192 de producción y mantenimiento. Por ejemplo, partes, estructuras y componentes correspondientes al proceso de producción 200 se pueden fabricar o manufacturar en una manera similar a partes, estructuras y componentes producidos mientras la aeronave 194 está en servicio. También las realizaciones del método divulgadas se pueden utilizar durante las etapas de producción 200 y 202, por ejemplo, agilizando sustancialmente el montaje o reduciendo el coste de una aeronave 194. Del mismo modo, una o más de las realizaciones del aparato, de las realizaciones del método, o una combinación de las mismas se pueden utilizar mientras la aeronave 194 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para su mantenimiento y servicio 208.

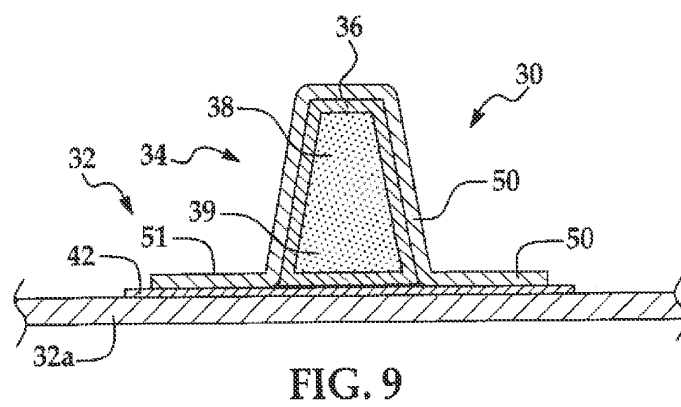
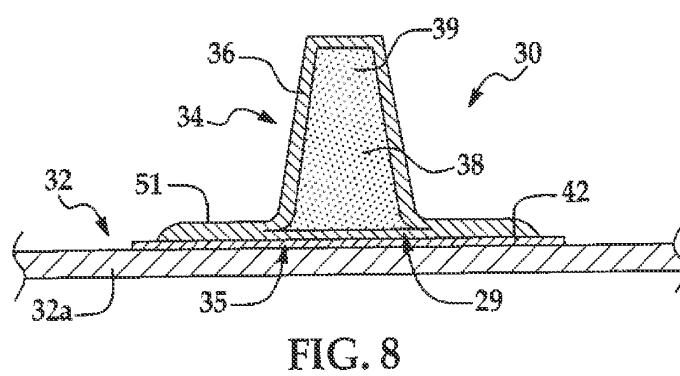
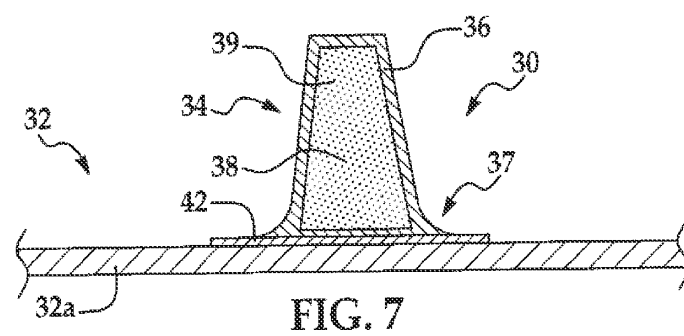
20 Aunque las realizaciones de esta divulgación se han descrito con respecto a ciertas realizaciones ejemplares, se debe entender que las realizaciones específicas tienen fines ilustrativos y no limitativos, dado que otras variaciones se les ocurrirán a los expertos en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Estructura de material compuesto unificada, que comprende:
- un miembro de material compuesto (32); y
- 5 al menos un rigidizador de material compuesto (34) formado de manera integral con el miembro de material compuesto para rigidizar el miembro, teniendo al menos un extremo del rigidizador un difusor (52) que forma una transición sustancialmente suave en el miembro de material compuesto,
- en el que el difusor (52) tiene una sección transversal que varía en forma pero permanece sustancialmente constante en al menos uno del perímetro y área a lo largo de su longitud.
- 10 2. Estructura de material compuesto unificada según la reivindicación 1, en la que:
- el miembro de material compuesto (32) incluye un primer refuerzo de fibra infundido con resina, y
- el rigidizador (34) incluye un segundo refuerzo infundido con resina,
- en la que la resina infundida es sustancialmente continua y homogénea en la totalidad de los refuerzos de fibra primero y segundo.
- 15 3. Estructura de material compuesto unificada según la reivindicación 1, en la que:
- el miembro de material compuesto (32) es uno de:
- un panel,
- una cubierta,
- una viga,
- 20 una pestaña,
- una banda y
- un canal.
4. Estructura de material compuesto unificada según la reivindicación 1, en la que el difusor (52) se contornea de manera sustancialmente suave a lo largo de su longitud.
- 25







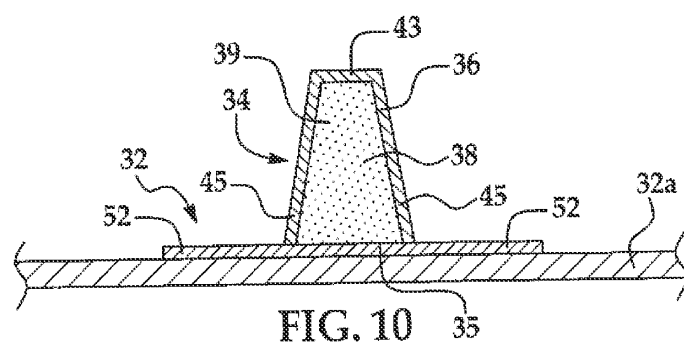


FIG. 10

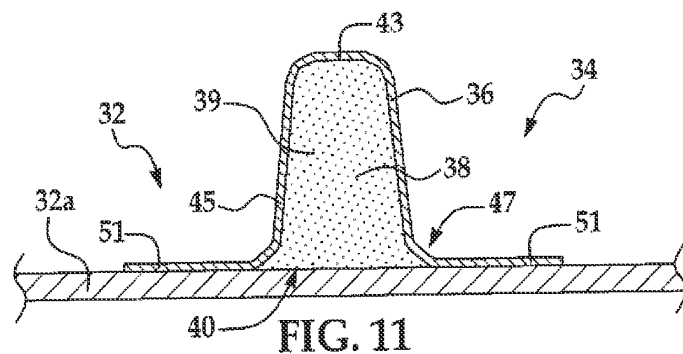


FIG. 11

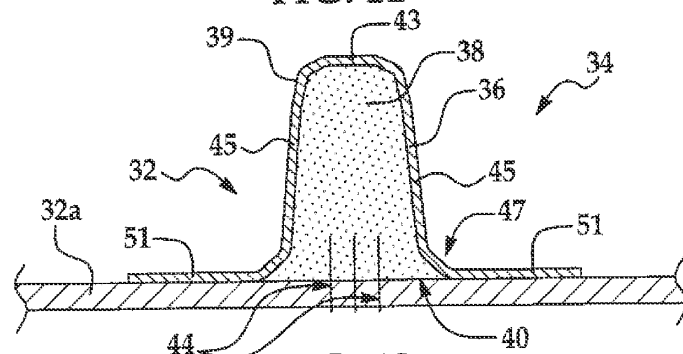


FIG. 12

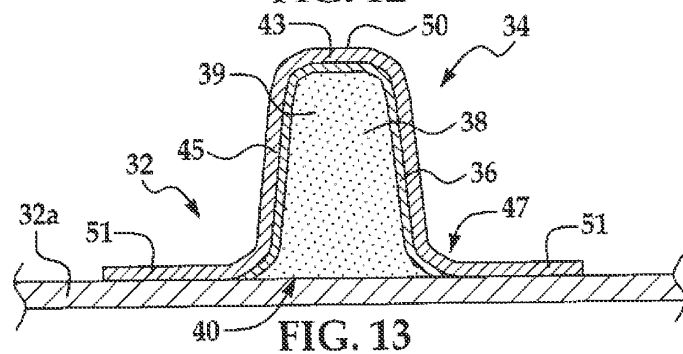
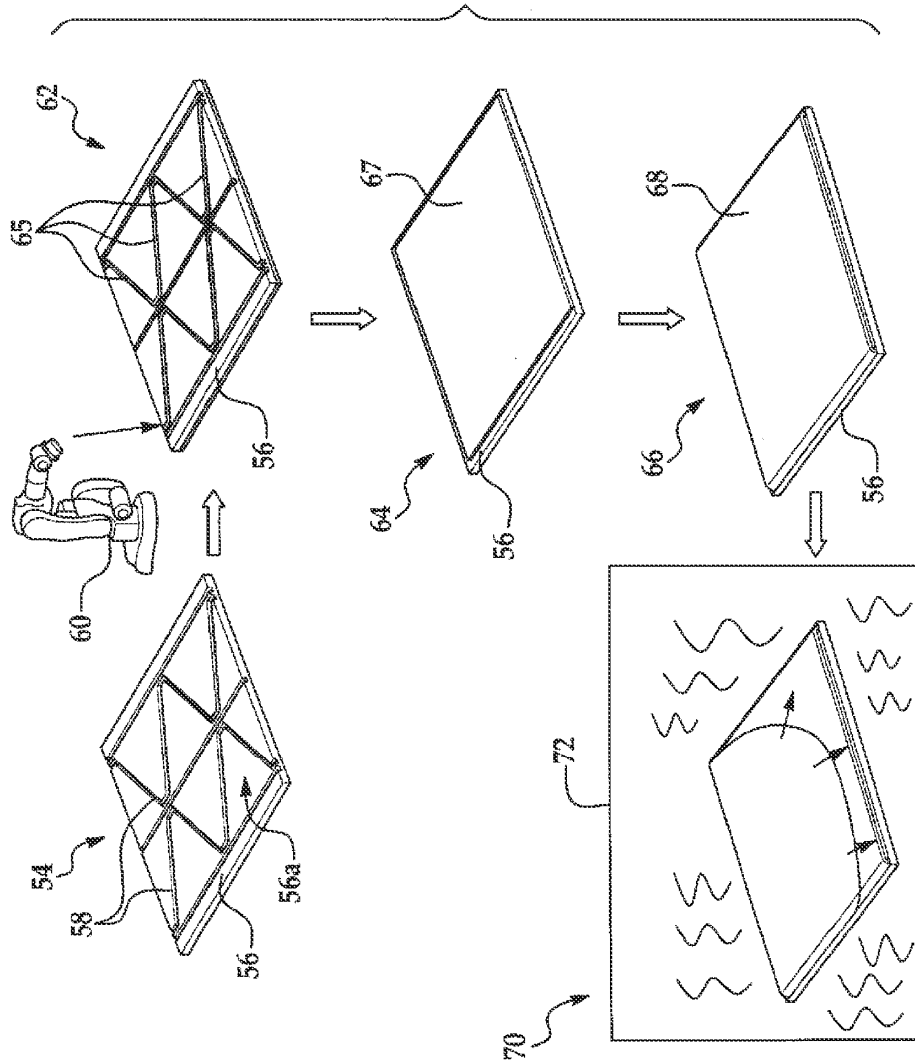


FIG. 13

FIG. 14



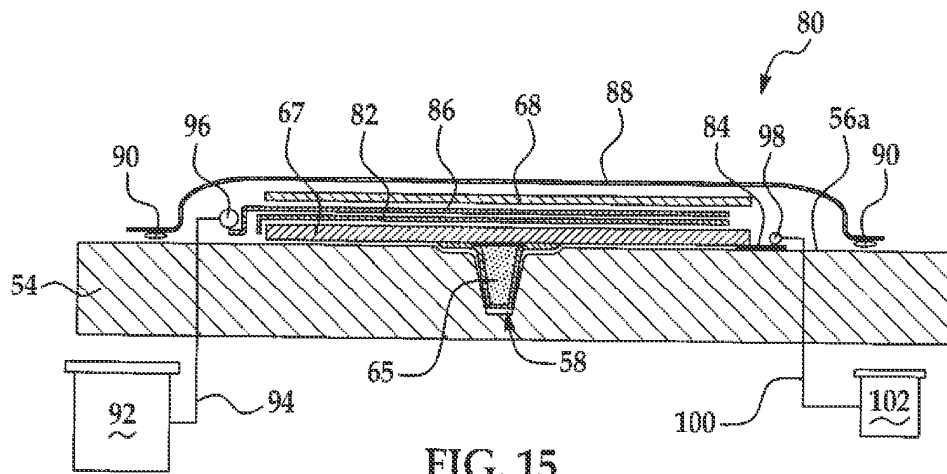


FIG. 15

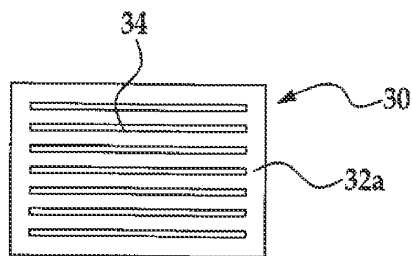


FIG. 16

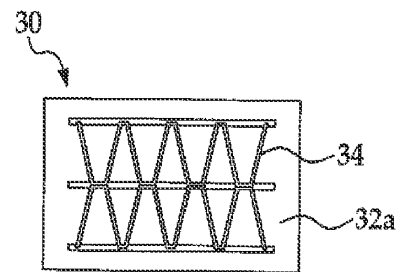


FIG. 17

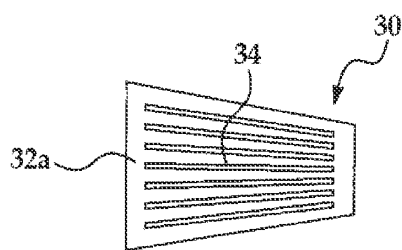


FIG. 18

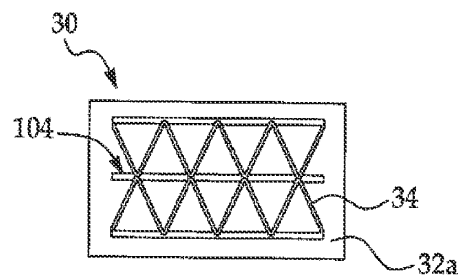


FIG. 19

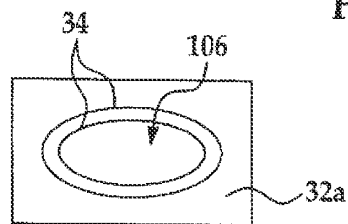


FIG. 20

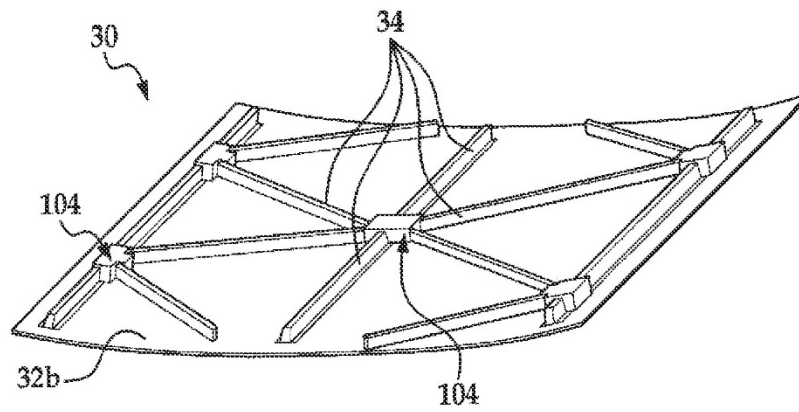


FIG. 21

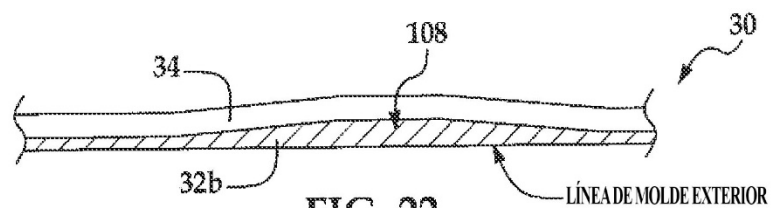


FIG. 22

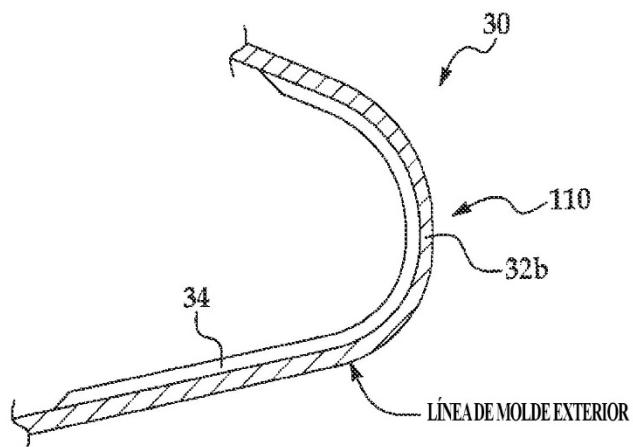


FIG. 23

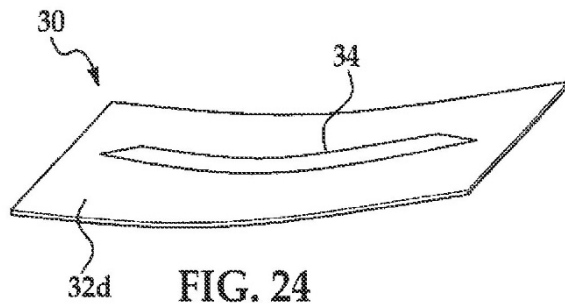


FIG. 24

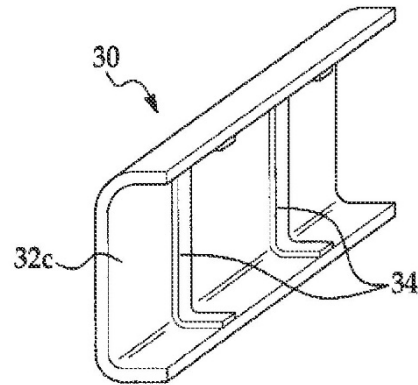


FIG. 25

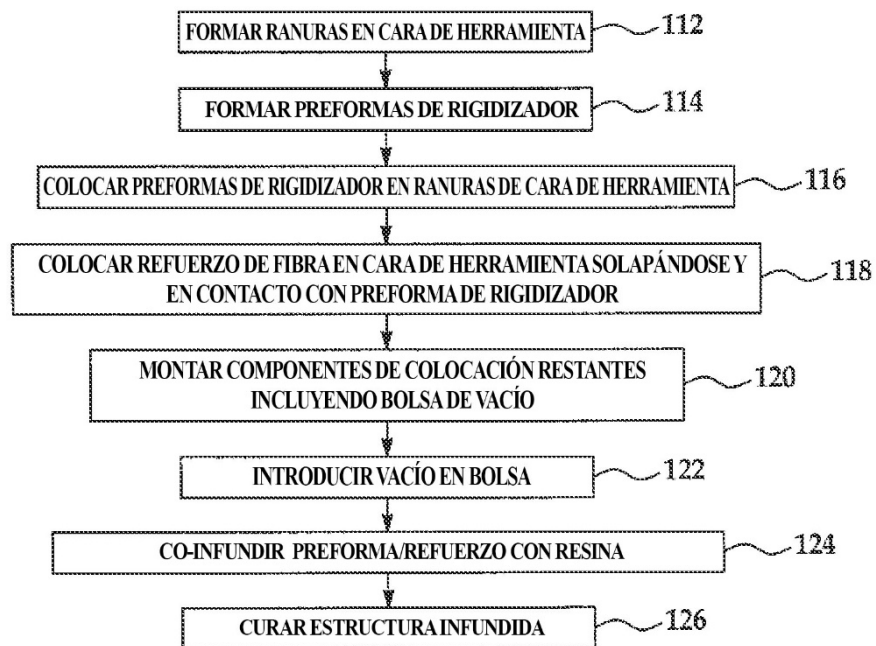


FIG. 26

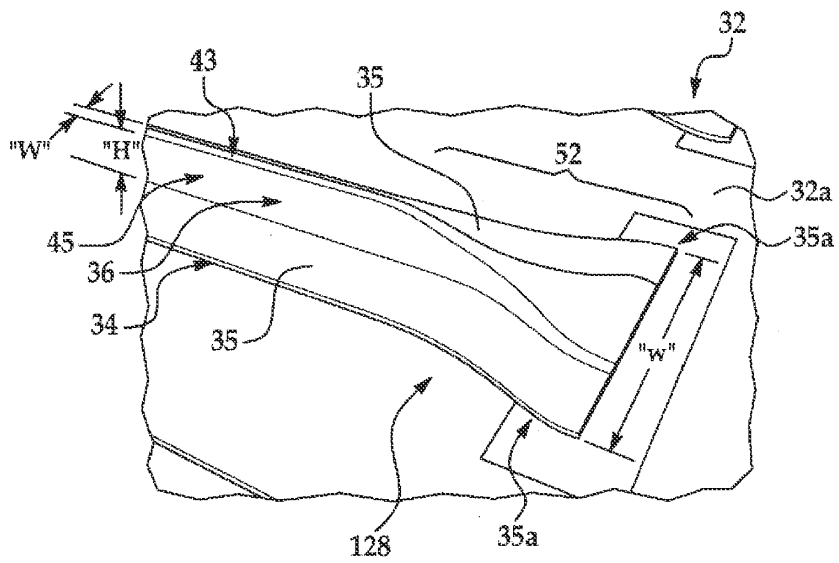


FIG. 27

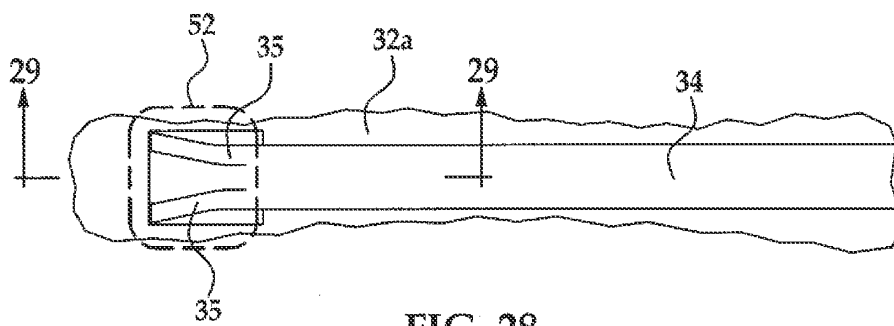


FIG. 28

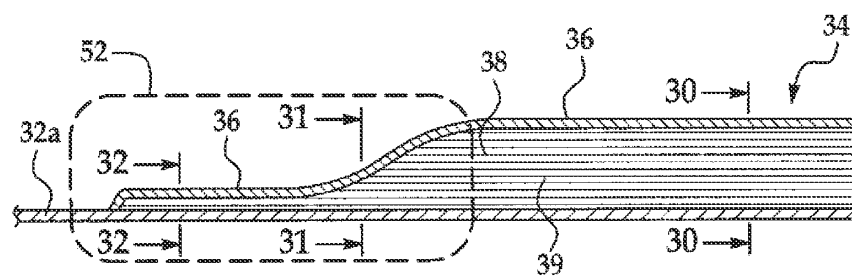


FIG. 29

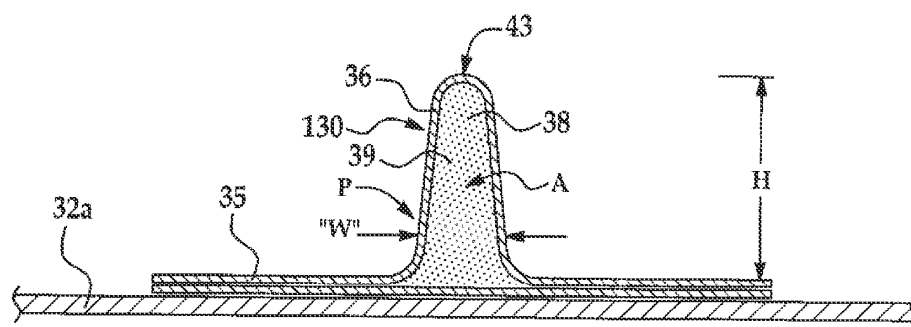


FIG. 30

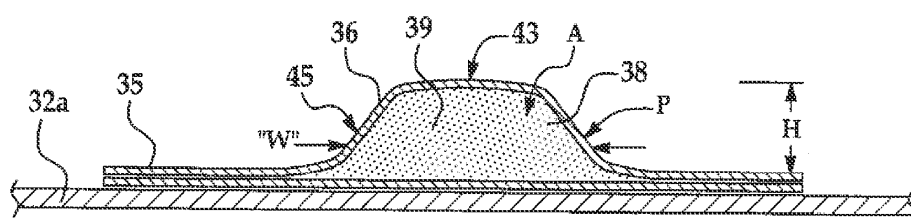


FIG. 31

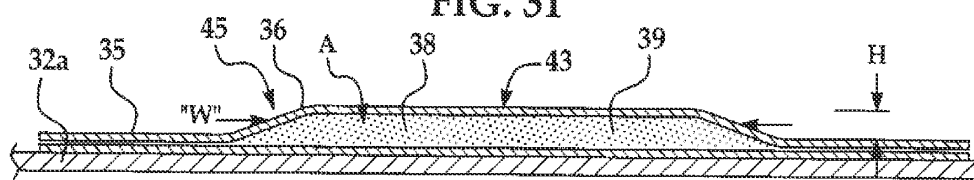
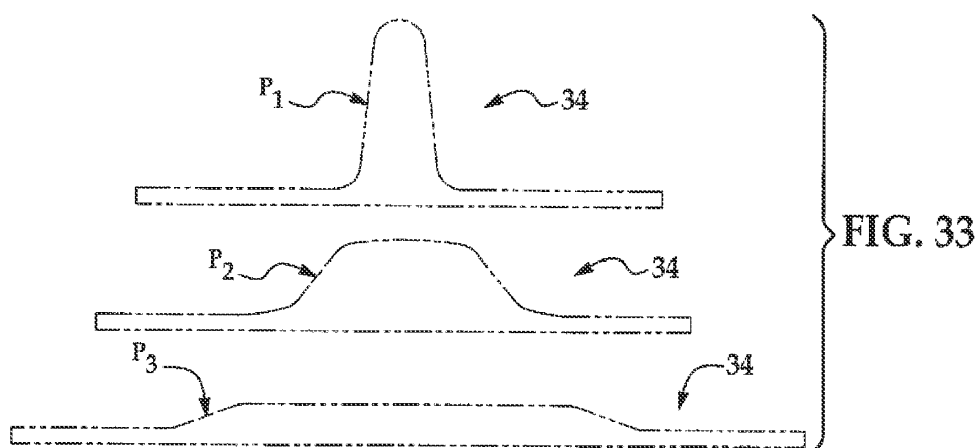


FIG. 32



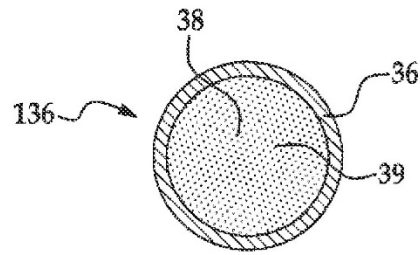


FIG. 34

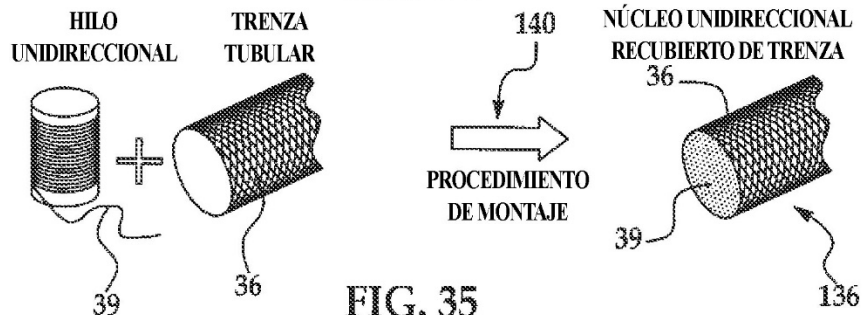


FIG. 35

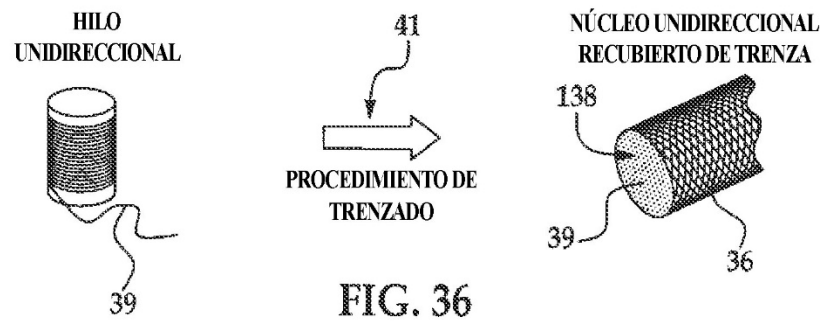


FIG. 36

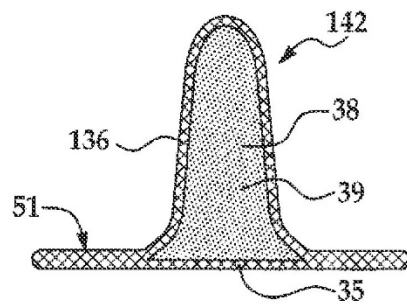


FIG. 37

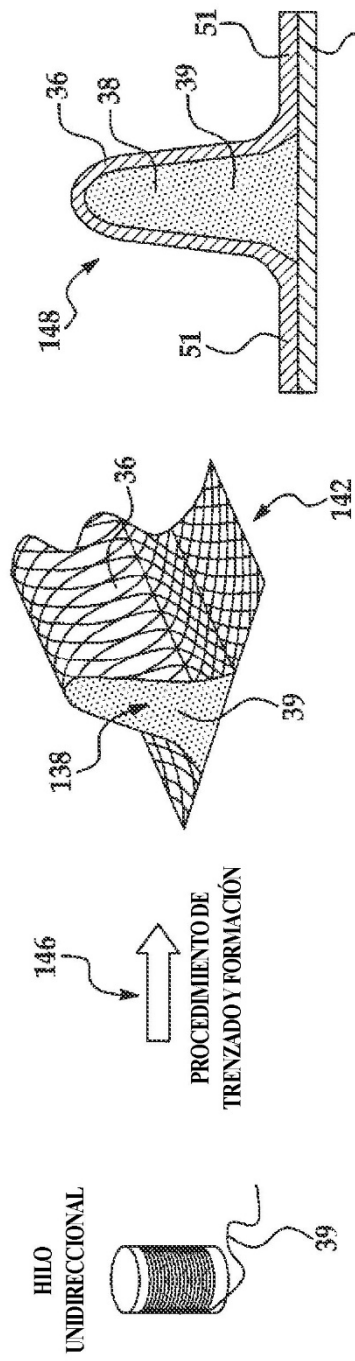


FIG. 38

FIG. 39

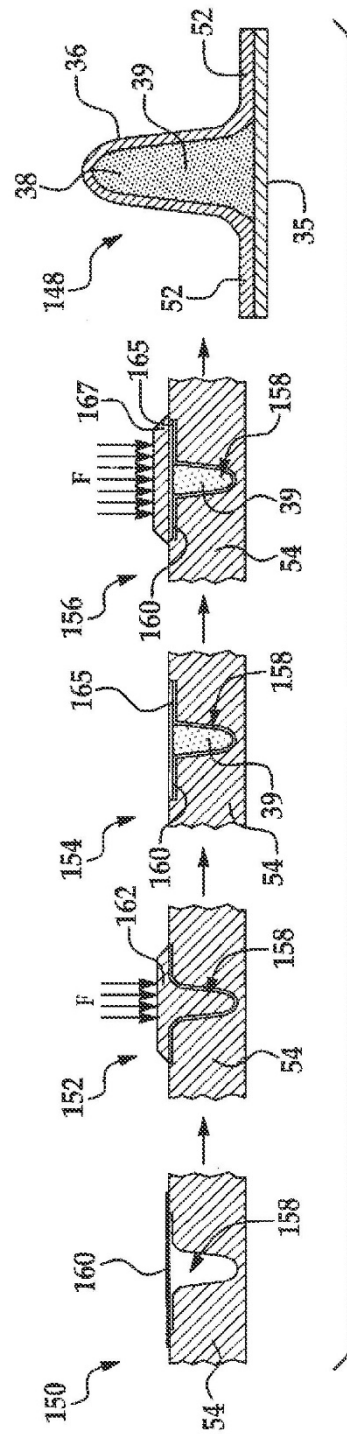
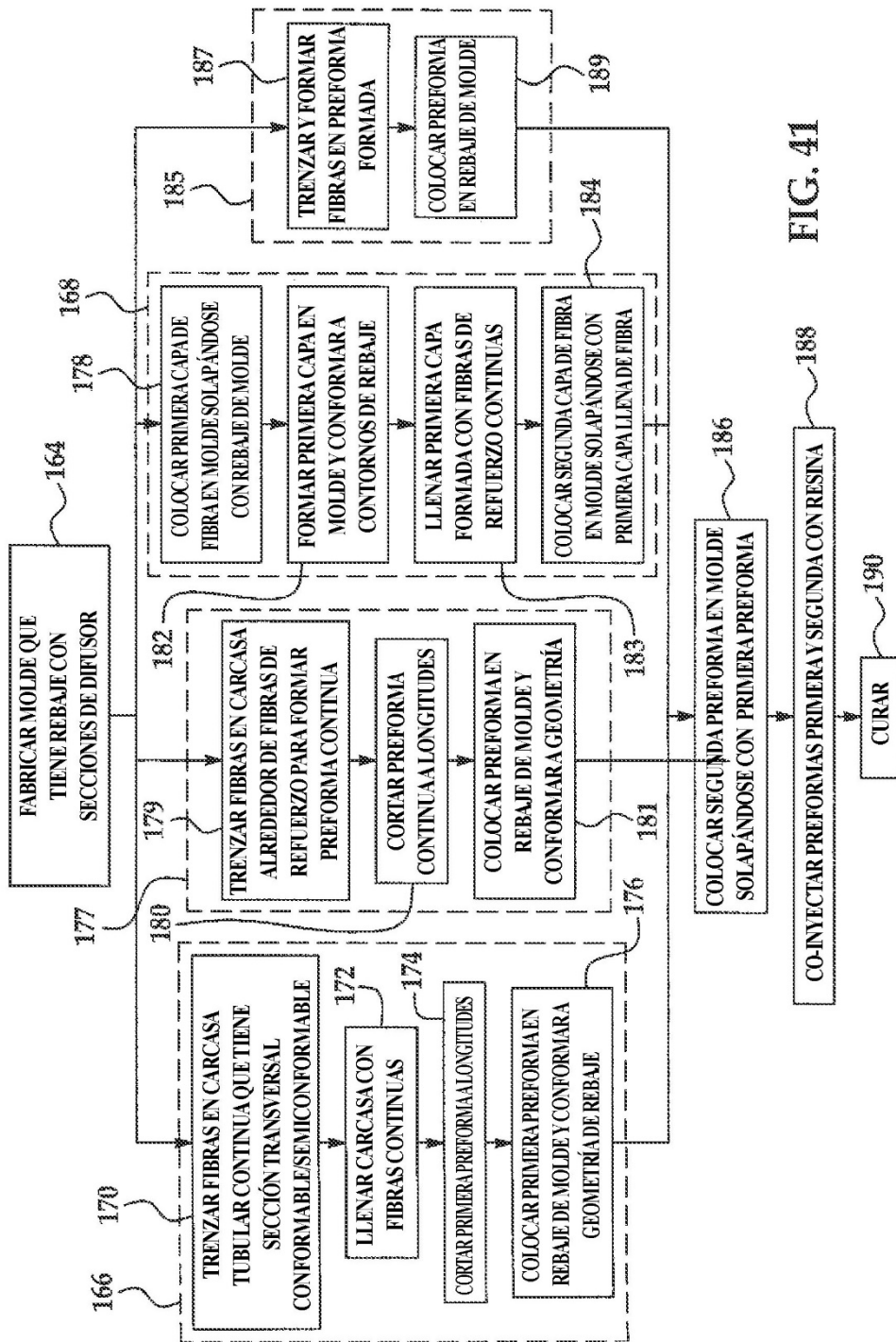


FIG. 40



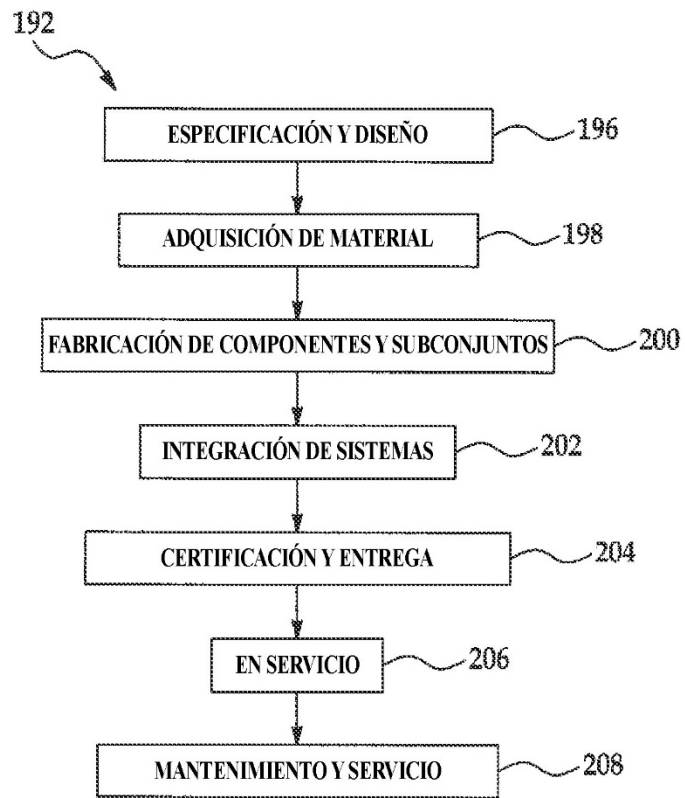


FIG. 42

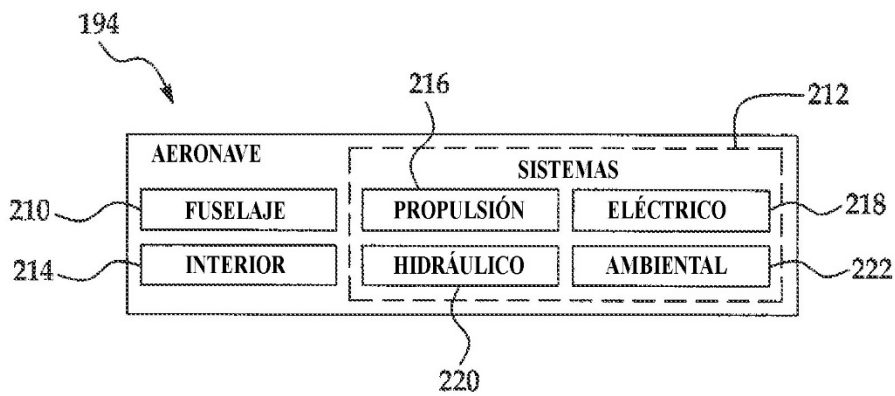


FIG. 43