

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 513 542**

51 Int. Cl.:

B29D 99/00 (2010.01)

B29C 70/44 (2006.01)

B29C 70/86 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.05.2011 E 11721905 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.10.2014 EP 2585287**

54 Título: **Estructuras de materiales compuestos con rigidizadores integrados y método de fabricación de las mismas**

30 Prioridad:

25.06.2010 US 823414

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

27.10.2014

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 513 542 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 materiales compuestos con rigidizadores integrados y método de fabricación de las mismas

5 **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.

10

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.

15

20

25

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 método de fabricación de estructuras de materiales compuestos rígidas que reduce la necesidad de costosos bienes de capital y que puede ser al menos parcialmente automatizado para su uso en entornos de producción más altos.

30

El documento US 2009 057487 desvela las características de los respectivos preámbulos de las reivindicaciones 1 y 12. El mismo divulga una estructura de material compuesto que incluye una primera tela y una segunda tela. Un primer miembro sustancialmente alargado y sustancialmente rígido se separa de y se acopla con la primera tela a través de la segunda tela. Una resina se inyecta sustancialmente en la primera tela y en la segunda tela, y encapsula sustancialmente el primer miembro para formar una estructura unificada.

35

El documento NL 1 001 725 desvela una placa de plástico autoportante con elevada capacidad de carga, por ejemplo, una placa de base para un chasis de automóvil, esta se produce mediante la colocación de una lámina de plástico estanca y estera de fibra de vidrio en un molde con escotaduras paralelas. Las piezas de relleno se colocan en las escotaduras y el conjunto se cubre después con una segunda capa de estera y una segunda lámina. La presión se reduce entre las láminas y una resina o aglutinante líquido se inyecta entre las dos. También se desvela la placa producida por el método anterior.

40

Sumario

45

De acuerdo con la presente invención se proporciona una estructura de material compuesto integralmente rígida y un método de fabricación de una estructura de material compuesto unificada, rígida como se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.

50

De acuerdo con las realizaciones divulgadas, las estructuras de materiales compuestos rígidas se pueden fabricarse utilizando rigidizadores modulares capaces de conformarse, curvarse o dibujar patrones en cualquiera de los diversos perfiles tridimensionales. Los rigidizadores se pueden integrar en cualquiera de los diversos miembros estructurales de materiales compuestos, tales como una capa superficial, un panel, una banda, o una pestaña, por nombrar solo unos pocos. Los rigidizadores se pueden interconectar as para formar una red de rigidizadores que se integra en un miembro de material compuesto. En algunas realizaciones, las estructuras de materiales compuestos rígidas pueden incorporar características rigidizadoras para controlar la propagación y captación de grietas, y para el fortalecimiento de áreas en un miembro que rodea una escotadura en el miembro. Los rigidizadores modulares se pueden integrar en miembros de materiales compuestos durante el proceso de fabricación mediante la co-inyección de refuerzos y preformas de fibra separados durante un proceso de inyección de resina asistido por vacío. La co-inyección del refuerzo y preformas, y el curado posterior da como resultado una estructura de material compuesto unificada en la que los rigidizadores modulares se forman integralmente dentro de los miembros estructurales.

55

60

El proceso de fabricación emplea herramientas simplificadas y puede evitar la necesidad de bienes de capital relativamente costosos. El diseño modular de los rigidizadores puede hacerlos rentables en muchas aplicaciones y puede proporcionar flexibilidad en la configuración y disposición de los rigidizadores. Por ejemplo, las configuraciones de celosía y disposiciones de cuadrícula de los rigidizadores se pueden emplear, en contraste con el

65

diseño de la disposición de rigidizadores convencionales que se puede limitar a rigidizadores rectos no conectados, paralelos y/o cónicos. La naturaleza modular de los rigidizadores puede permitir también el uso de un mayor número de rigidizadores más pequeños en una estructura que puede proporcionar ventajas de rendimiento con respecto a las estructuras rígidas anteriores que pueden utilizar un número menor de rigidizadores más grandes. El uso de los rigidizadores divulgados en estructuras de materiales compuestos puede facilitar la fácil inspección no destructiva de la estructura desde un solo lado de la estructura en comparación con las disposiciones de rigidización anteriores, que pueden requerir la inspección desde múltiples lados de la estructura.

De acuerdo con una realización divulgada, se proporciona una estructura de material compuesto integralmente rígida. La estructura comprende una porción de miembro estructural, una porción de rigidizador y una matriz de resina polimérica curada. La porción de miembro estructural que incluye un primer refuerzo de fibra retenido en la matriz. La porción de rigidizador incluye un segundo refuerzo de fibra retenido en la matriz para rigidizar la porción de miembro estructural. La porción de rigidizador incluye una carcasa exterior y un núcleo interior. La porción de miembro estructural puede ser uno de un panel, una capa superficial, una viga, una pestaña, una banda o un canal. Las porciones estructurales y de rigidizador pueden tener curvaturas que coinciden sustancialmente. La porción de rigidizador se puede disponer en una disposición conectada o no conectada.

De acuerdo con otra realización, se proporciona un método de fabricación de una estructura de material compuesto rígida, unificada. El método comprende la formación de al menos un rebaje en una cara de una herramienta de molde que generalmente coincide con el tamaño y la ubicación de un rigidizador para rigidizar la estructura, y la colocación de una preforma de fibra en el rebaje. El método incluye además la colocación de un refuerzo de fibra de miembro estructural en la herramienta de molde que recubre la preforma de fibra, y la co-inyección de los mismos en la herramienta de molde con una resina termoestable. El refuerzo de resina inyectada y la preforma se curan a continuación.

De acuerdo con otra realización, se proporciona un método de fabricación de un panel de material compuesto rígido. El método comprende rebajar una pluralidad de preformas de fibra de rigidizador en la cara de una herramienta, y colocar un refuerzo de fibra de panel en la cara de herramienta superpuesto y en contacto con la preforma de rigidizador rebajada. El refuerzo de panel y la preforma se empaquetan al vacío en la herramienta y se co-inyectan con una resina termoestable.

De acuerdo con otra disposición, se proporciona un método de fabricación de un panel de material compuesto rígido. El método comprende rebajar una pluralidad de preformas de rigidizador de refuerzo de fibra en la cara de una herramienta de molde y colocar un refuerzo de panel de fibra en la cara de herramienta superpuesto y en contacto con las preformas de rigidizador rebajadas. El refuerzo y la preforma se empaquetan al vacío en la herramienta y un vacío se introduce en la bolsa. El refuerzo y la preforma se co-inyectan con una resina termoestable, y se curan a continuación.

De acuerdo con otra disposición adicional, se proporciona un aparato para fabricar una estructura de material compuesto que tiene uno o más rigidizadores integrales. El aparato comprende una herramienta que tiene una cara de herramienta en la que se puede colocar un refuerzo de fibra, y al menos una ranura en la cara de herramienta para recibir y rebajar una preforma de fibra en relación con el refuerzo de fibra.

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 integralmente formados.
 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 parte porción designada como "A" en La Figura 2.
 Las Figuras 4-9 son ilustraciones de vistas en sección que muestran, respectivamente, formas alternativas del rigidizador.
 La Figura 10 es una ilustración que muestra el proceso de montaje utilizado en la fabricación de la estructura de material compuesto rígida de acuerdo con el método divulgado.
 La Figura 11 es una ilustración de una vista en sección transversal del aparato, ligeramente en despiece para mayor claridad, para fabricar una estructura de material compuesto, unificada que tiene rigidizadores integralmente formados.
 Las Figuras 12-16 son ilustraciones de vistas en planta de las estructuras de materiales compuestos rígidas que tienen diferentes configuraciones de disposiciones de rigidizador.
 La Figura 17 es una ilustración de una vista en perspectiva de una capa superficial de la aeronave unificada que tiene una red integralmente formada de rigidizadores.
 La Figura 18 es una ilustración de una vista en sección de una estructura de material compuesto que tiene un rigidizador integral conforme a una variación de espesor en la estructura.
 La Figura 19 es una ilustración de una vista en sección de un borde de ataque curvo de una capa superficial de aeronave que tiene un rigidizador integralmente formado.

La Figura 20 es una ilustración de una vista en perspectiva de un panel curvo que tiene un rigidizador integralmente formado.

La Figura 21 es una ilustración de una vista en perspectiva de un miembro estructural en forma de C que tiene rigidizadores integralmente formados.

5 La Figura 22 es una ilustración de un diagrama de flujo de las etapas generales de un método de fabricación de estructuras de materiales compuestos con rigidizadores integrales.

La Figura 23 es una ilustración de un diagrama de flujo de la producción de aeronaves y la metodología de servicio.

La Figura 24 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave.

10

Descripción detallada

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. Difusores de rigidizador 52, también denominados a veces aquí como pestañas 52, se combinan sustancialmente sin problemas con el panel 32a con el fin de reducir las concentraciones máximas de tensiones 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.

15

20

Haciendo referencia ahora a la Figura 2, cada uno de los rigidizadores 30 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 junta a tope 29. Como se explicará más adelante con más detalle, la carcasa 36 puede comprender una o más capas (no mostradas en la Figura 2) de un refuerzo de fibra de miembro de material compuesto inyectado con resina 67 (Figura 10) que se puede trenzar, entrelazar o tejer 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 incluye una parte superior redondeada 43 y paredes laterales 45 que se conectan integralmente a través de secciones de radio 47 con pestañas que se extienden lateralmente 52. Las pestañas 52 se superponen sobre la tapa inferior 35 y 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 lo que ayuda a minimizar las concentraciones máximas de tensiones en el panel 32a, como se ha mencionado anteriormente.

25

30

35

El núcleo interior 38 puede ser hueco o 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.

40

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 donde a través del espesor refuerzos, tales como, pero sin limitarse a Pasadores en Z, 44 se utilizan 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).

45

50

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 extremo 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.

55

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

60

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 donde la tapa de base 35 y la carcasa exterior 36 tienen pestañas superpuestas, que se extienden lateralmente 52 que aumentan el área de la junta a tope 29 entre el panel 32a y el rigidizador 34 y que ayudan a minimizar las concentraciones máximas de tensiones en el panel 32a.

65

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 52. Las envolturas de capa 50 refuerzan el rigidizador 34 y aumentan el área de contacto entre el panel 32a y la carcasa 38/pestañas 52, mientras que las pestañas 52 forman difusores de rigidizador 52 que ayudan a minimizar las concentraciones máximas de tensiones en el panel 32a.

A partir de las Figuras 2-9, 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 se puede apreciar 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 a una porción de miembro estructural 32 como a una porción de rigidizador 34. La estructura 30 se unifica en virtud de las porciones de miembro estructural y de rigidizador 30, 32, respectivamente, integrándose por el material de la matriz.

La atención se dirige, a continuación, a la Figura 10 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 10, 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 11). 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, porciones de las preformas de rigidizador 65 se pueden pegar entre sí con agentes adherentes o aglutinantes para ayudar en la retención de la preforma 65 entre sí o para mantener sus formas hasta que se inyectan con resina. Antes de inyectarse 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 continuo/flexible y discreto/rígido. 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 inyectado 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 se pueden pegar 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 coloca capa por capa en la cara de herramienta 56a, o que se apilan y colocan después como una sola colocación pre-ensamblada 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-inyecta con una resina termoestable adecuada utilizando cualquiera de las diversas técnicas de inyección de resina bien conocidas, incluyendo, por ejemplo y sin limitación, moldeo de inyección 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 inyección de resina. La preforma inyectada 65 y el refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67 se curan a continuación por la aplicación de calor a pesar de cualquier medio adecuado tal como un horno 72.

La atención se dirige a continuación a la Figura 11, 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 10. 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 semi-rígida 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 inyección de resina, pero puede no ser necesario cuando se emplean otras técnicas de inyección de resina. Una variedad de otras técnicas de inyección 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 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-inyectan 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 11 ilustra solamente una de una serie de técnicas de inyección 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 inyección de resina. Se puede aplicar calor a la preforma inyectada 65 y al refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67, tanto durante como después del proceso de inyección 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-inyección de la preforma 65 y del refuerzo de fibra de miembro de material compuesto 67 con la resina da como resultado una matriz de resina sustancialmente continua y homogénea que retiene e integra las porciones de miembro estructural y de rigidizador 32, 34 de la estructura 30.

Las Figuras 12-16 ilustran estructuras de materiales compuestos rígidas 30 que tienen diversos patrones de diseño de los rigidizadores 34. La Figura 12 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 13 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 14 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 15 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 16 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 17 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 10 y 11) 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-inyecta 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.
- 5
- 10 La Figura 18 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.
- 15 La Figura 19 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 materiales compuestos 32 que están destinados a rigidizarse.
- 20 La Figura 20 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 de 32.
- La Figura 21 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 se pueden emplear en estructuras de materiales compuestos 30 que tienen otras formas de sección transversal.
- 25
- La atención se dirige a continuación a la Figura 22, 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.
- 30
- 35 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 inyectan sustancialmente de forma simultánea (es decir, co-inyectan) con una resina termoestable en un proceso de inyección 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 22, un vacío se puede introducir en la bolsa 88 antes de la etapa de inyección 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 inyección de resina 124. Por último, en la etapa 126, la estructura de resina inyectada se cura mediante el calentamiento de la estructura de acuerdo con un programa de curado deseado.
- 40
- 45
- 50
- 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 23 y 24, las realizaciones de la divulgación se pueden utilizar en el contexto de un método de fabricación y servicio de aeronaves 130, como se muestra en la Figura 23 y una aeronave 132, como se muestra en la Figura 24. 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 rígidas, y nervaduras y bandas de larguero rígida, por nombrar solo unos pocos. Durante la pre-producción 130, el método ejemplar puede incluir las especificaciones y diseño 134 de la aeronave 132 y adquisición de material 136. Durante la producción, la fabricación de componentes y sub-conjuntos 138 y la integración de sistemas 140 de la aeronave 132 se realizan. A partir de entonces, la aeronave 132 puede ir a la certificación y entrega 142 con el fin de ponerse en servicio 144. Mientras está en servicio por un cliente, la aeronave 132 se programa para su mantenimiento de rutina y servicio 146 (que también puede incluir la modificación,
- 55
- 60
- 65

reconfiguración, remodelación, etc.).

5 Cada uno de los procesos del método 130 se puede realizar o llevar a cabo por un integrador de sistemas, un tercero, y/o un operario (por ejemplo, un cliente). A los efectos 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 distribuidores, subcontratistas y proveedores; y un operario puede ser una línea aérea, compañía de arrendamiento financiero, entidad militar, organización de servicio, y así sucesivamente.

10 Como se muestra en la Figura 24, la aeronave 132 producida por el método ejemplar 130 puede incluir un fuselaje 148 con una pluralidad de sistemas 150 y un interior 152. Ejemplos de sistemas de alto nivel 150 incluyen uno o más de un sistema de propulsión 154, un sistema eléctrico 156, un sistema hidráulico 158, y un sistema ambiental 160. 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 152 y en el fuselaje 148. Aunque se muestra un ejemplo
15 aeroespacial, los principios de la divulgación se pueden aplicar a otras industrias, tales como las industrias marina y automotriz.

Los sistemas y métodos incorporados en el presente documento se pueden emplear durante una cualquiera o más de las etapas del método de producción y servicio 130. Por ejemplo, partes, estructuras y componentes correspondientes a proceso de producción 138 se pueden fabricar o manufacturar en una manera similar a partes, estructuras y componentes producidos mientras la aeronave 132 está en servicio. También las realizaciones del método divulgadas se pueden utilizar durante las etapas de producción 138 y 140, por ejemplo, agilizando sustancialmente el montaje o reduciendo el coste de una aeronave 132. 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
20 mientras la aeronave 132 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para su mantenimiento y servicio 146.

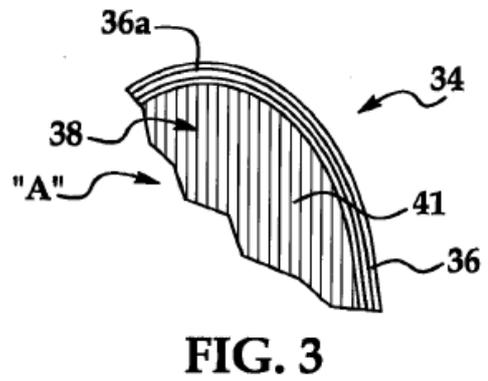
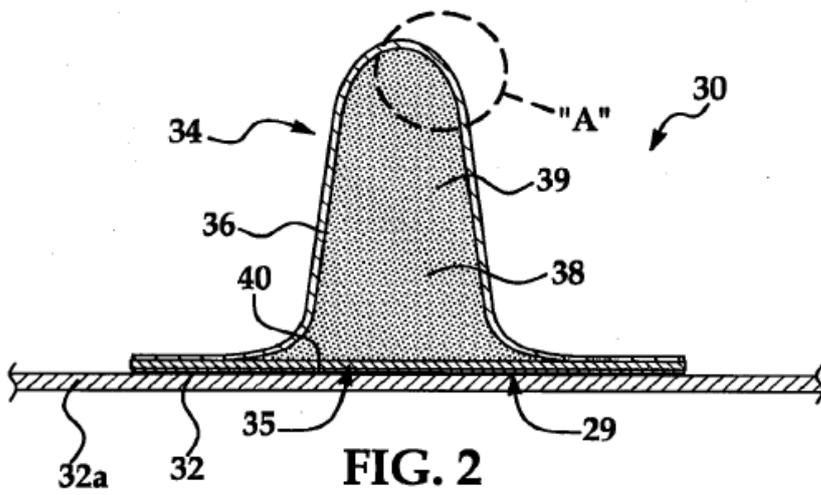
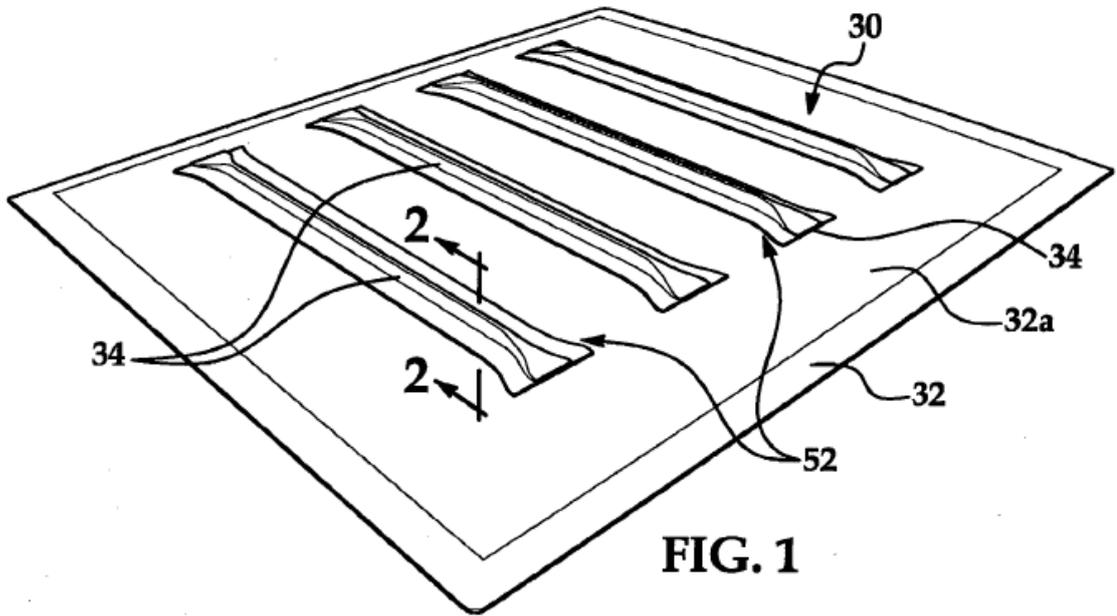
Aunque las realizaciones de esta divulgación se han descrito con respecto a ciertas realizaciones ejemplares, se debe entender que las realizaciones específicas tienen fines ilustrativos y no limitativos, dado que otras variaciones se les ocurrirán a los expertos en la técnica.

30

REIVINDICACIONES

1. Una estructura de material compuesto integralmente rígida, que comprende:
 - 5 una matriz de resina polimérica curada;
 - una porción de miembro estructural (32a) que incluye un primer refuerzo de fibra retenido en la matriz;
 - una porción de rigidizador (34) para rigidizar la porción de miembro estructural, incluyendo la porción de rigidizador incluye un segundo refuerzo de fibra retenido en la matriz, incluyendo la porción de rigidizador una carcasa exterior (36) y un núcleo interior (38); y
 - 10 una pluralidad de refuerzos de espesor configurados para ayudar en la unión de la porción de rigidizador (34) a la porción de miembro estructural (32a), **caracterizada por que** los refuerzos de espesor se extienden a través de la porción de miembro estructural (32a) y en el núcleo interior (38).
2. La estructura de material compuesto rígida de la reivindicación 1, donde la matriz es sustancialmente continua y homogénea a través de toda la primera y segunda porciones.
3. La estructura de material compuesto rígida de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además:
 - 20 una pluralidad de las porciones de rigidizador (34) incluyendo cada una un segundo refuerzo de fibra retenido en la matriz, donde cada una de las porciones de rigidizador incluye una carcasa exterior (36) y un núcleo interior (38).
4. La estructura de material compuesto rígida de la reivindicación 3, donde la pluralidad de porciones de rigidizador (34) se disponen en una cuadrícula interconectada.
5. La estructura de material compuesto rígida de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende además:
 - 30 una pluralidad de nodos (104) que conectan las porciones de rigidizador (34) en la cuadrícula; y donde cada uno de los nodos incluye uno de:
 - un miembro de metal,
 - un miembro de material compuesto pre-curado, y
 - un tercer refuerzo de fibra mantenido en la matriz de resina.
6. La estructura de material compuesto rígida de acuerdo con la reivindicación 1, donde:
 - 35 la porción de miembro estructural (32a) incluye una abertura en su interior, y la porción de rigidizador (34) rodea sustancialmente la abertura.
7. La estructura de material compuesto rígida de la reivindicación 1, donde el núcleo (38) incluye fibras de refuerzo que se extienden longitudinalmente a través de la porción de rigidizador (34).
8. La estructura de material compuesto rígida de acuerdo con la reivindicación 7, donde:
 - 45 el núcleo (38) incluye una carga en la que se retienen las fibras de refuerzo, y la carcasa (36) incluye al menos una capa de fibras interconectadas.
9. La estructura de material compuesto rígida de acuerdo con la reivindicación 1, donde:
 - 50 la porción de miembro estructural es curva, y la porción de rigidizador está contorneada para que coincida sustancialmente con la curvatura de la porción estructural.
10. La estructura de material compuesto rígida de la reivindicación 1, donde:
 - 55 la porción de rigidizador (34) que se extiende lateralmente incluye pestañas (52) que se superponen y forman integralmente con la porción de miembro estructural (32a).
11. La estructura de material compuesto rígida de cualquier reivindicación anterior, donde los refuerzos de espesor son pasadores en Z (44).
12. Un método de fabricación de una estructura de material compuesto rígida, unificada que comprende:
 - 60 formar al menos un rebaje en una cara de una herramienta de molde que coincide generalmente con el tamaño y la ubicación de un rigidizador para rigidizar la estructura;
 - 65 colocar una preforma de fibra, que incluye la formación de una carcasa tubular alrededor de un núcleo mediante la colocación de una o más capas de fibras interconectadas, en el rebaje;

- colocar un refuerzo de fibra de miembro estructural en la cara de herramienta de molde recubriendo la preforma de fibra;
co-inyectar el refuerzo de fibra y la preforma en la herramienta de molde con una resina termoestable;
curar el refuerzo de fibra inyectado con resina y la preforma; y **caracterizado en**
- 5 proporcionar refuerzos de espesor que se extienden a través del miembro de refuerzo de fibra estructural en el núcleo.
13. El método de la reivindicación 12, donde la co-inyección del refuerzo de fibra y la preforma incluye:
- 10 colocar una bolsa de vacío sobre el refuerzo de fibra y la preforma y la herramienta de molde,
generar un vacío dentro de la bolsa, y
utilizar el vacío en la bolsa para extraer la resina de una fuente de resina en la bolsa y en el refuerzo de fibra y en la preforma.
- 15 14. El método de la reivindicación 12, donde la formación de la carcasa tubular alrededor del núcleo se realiza antes de que la preforma se coloque en el rebaje.
15. El método de la reivindicación 14, donde la colocación de la preforma en el rebaje se realiza automáticamente por una máquina de colocación automática.
- 20



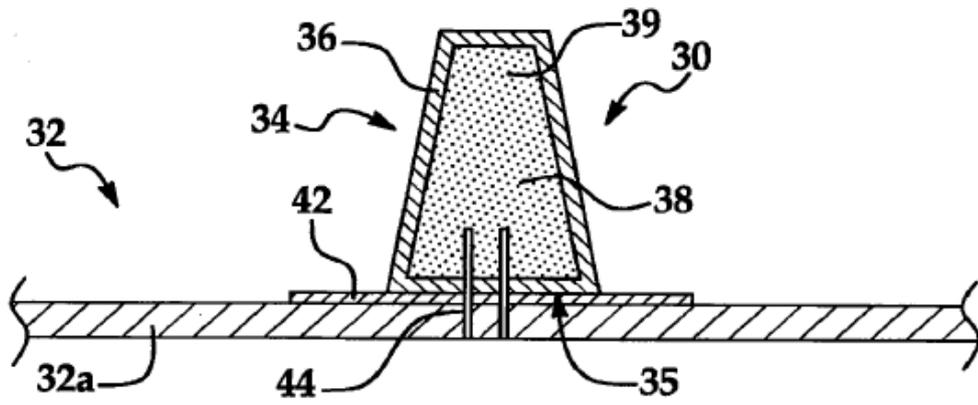


FIG. 4

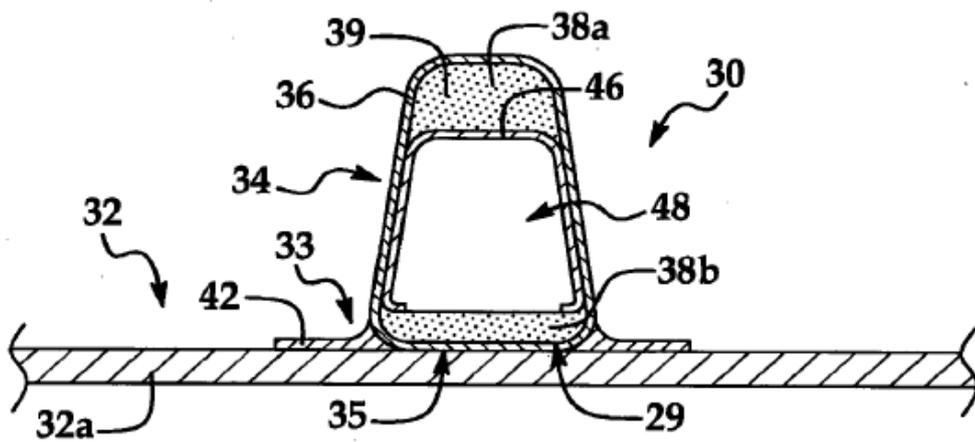


FIG. 5

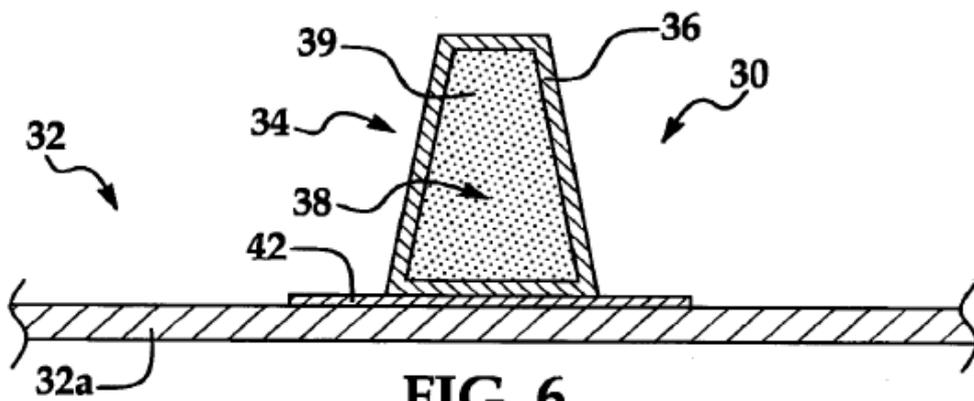
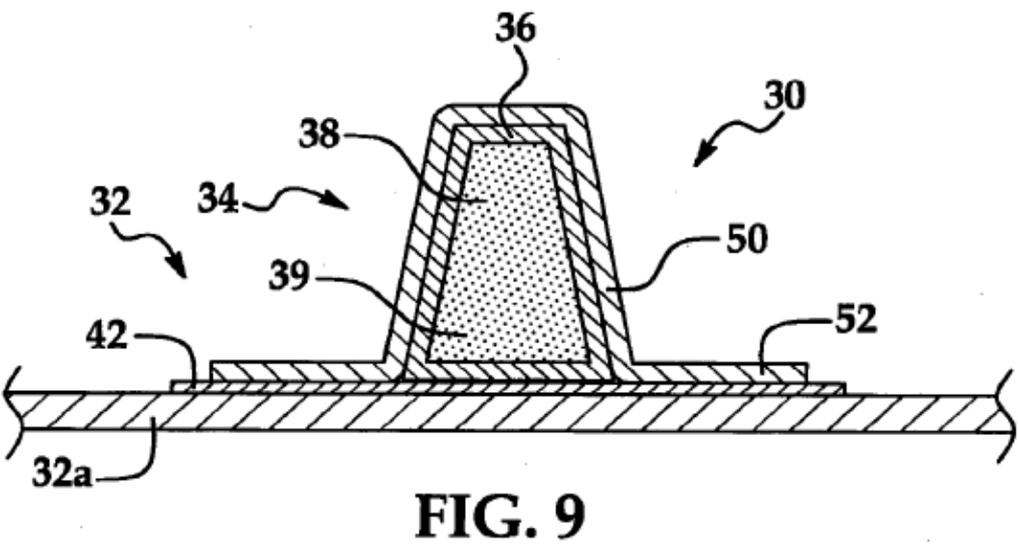
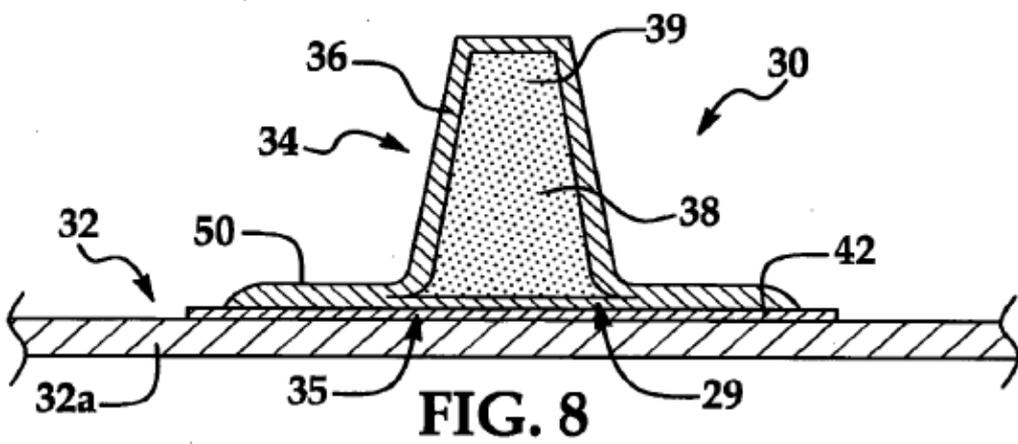
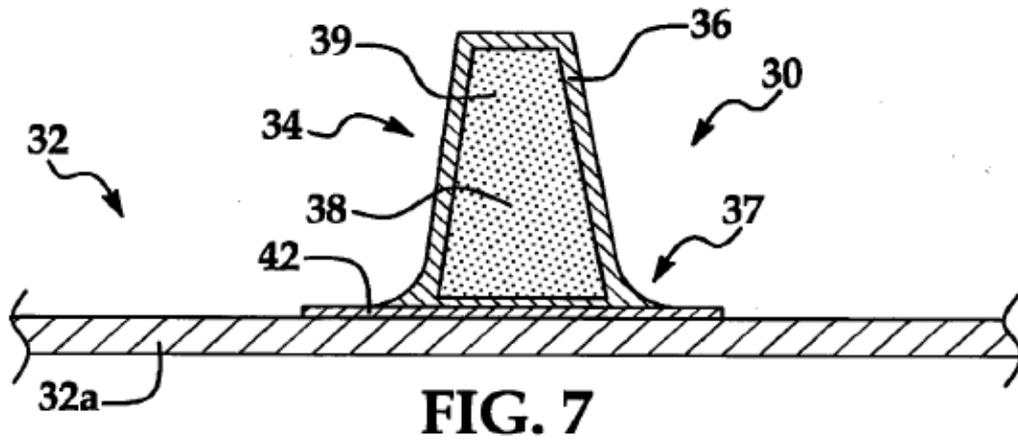
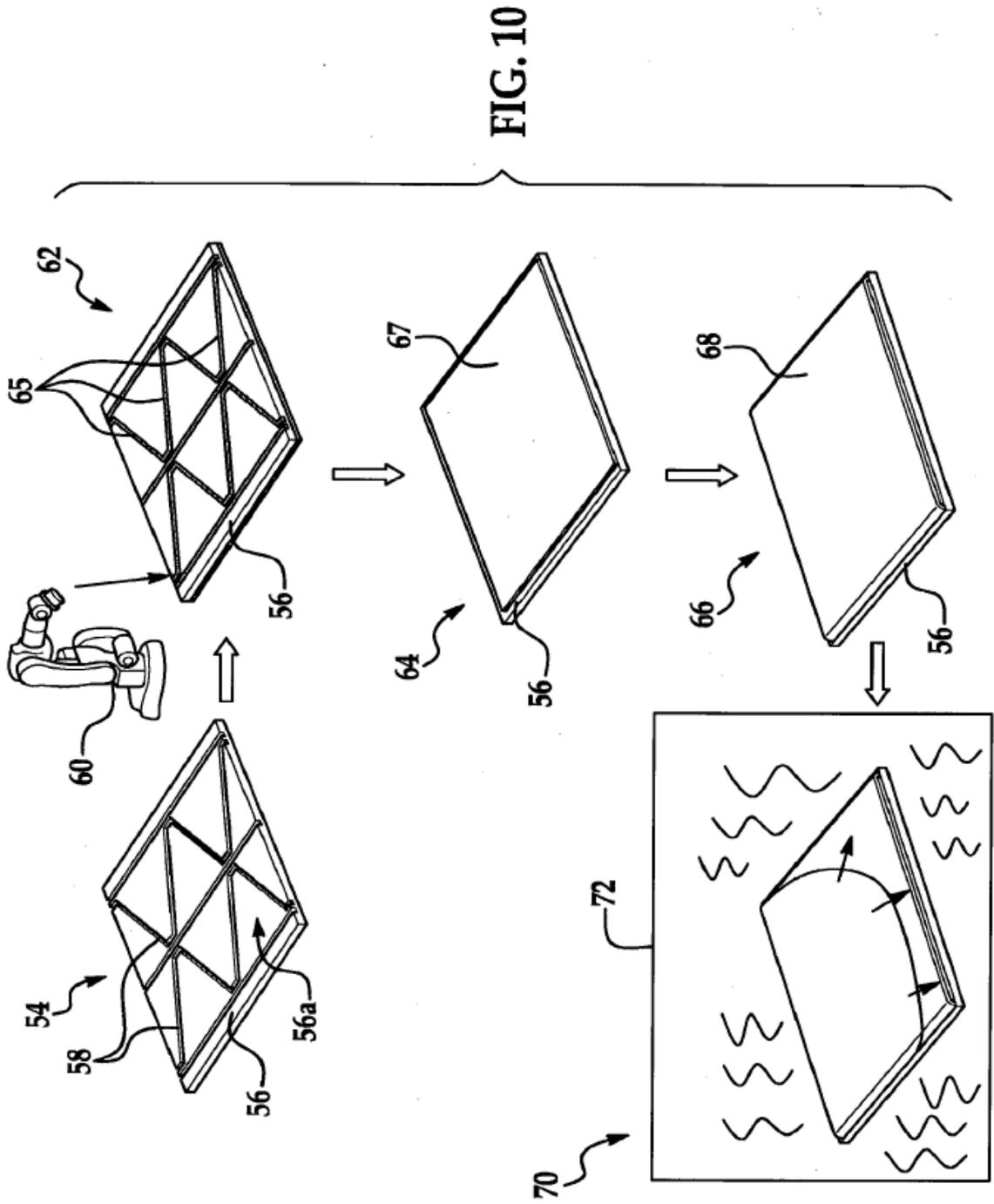


FIG. 6





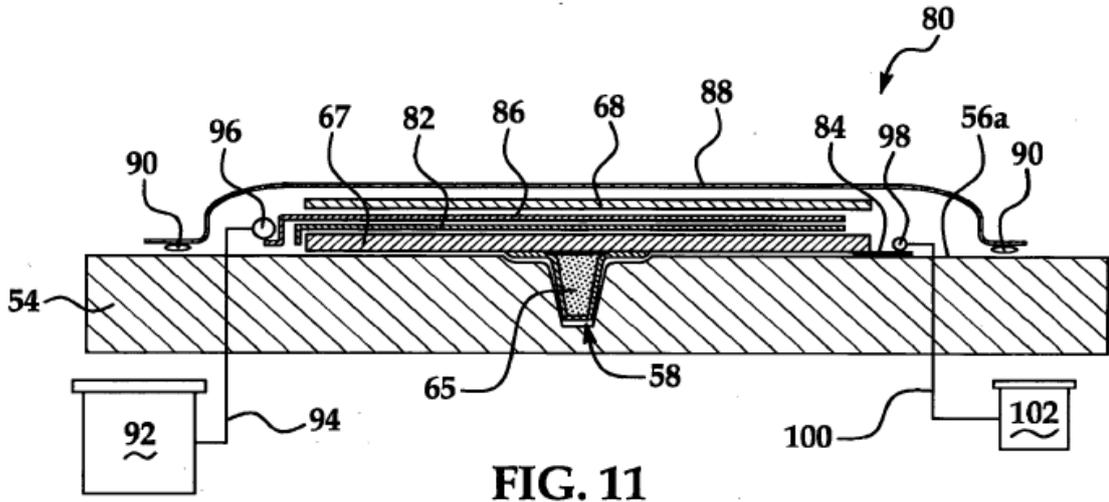


FIG. 11

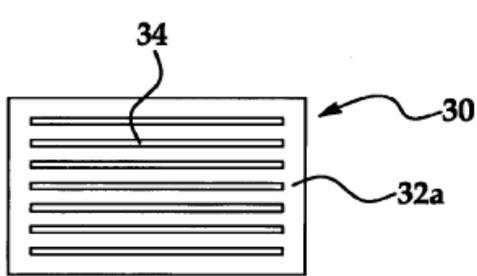


FIG. 12

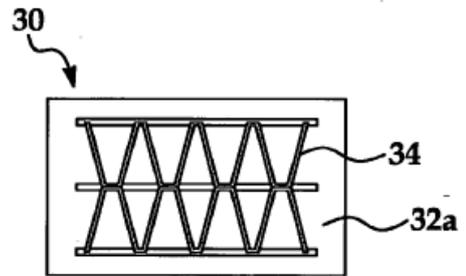


FIG. 13

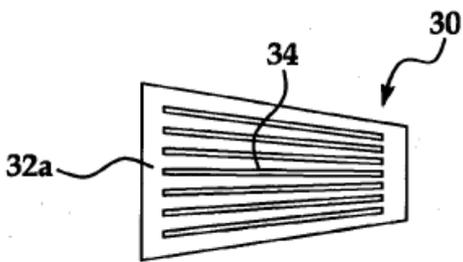


FIG. 14

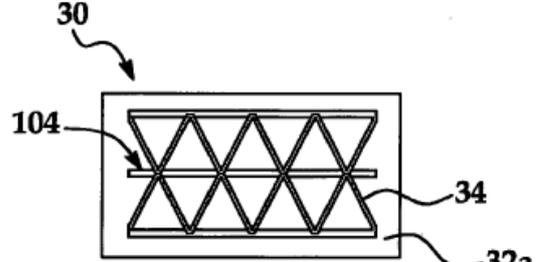


FIG. 15

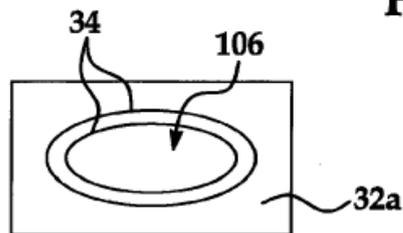


FIG. 16

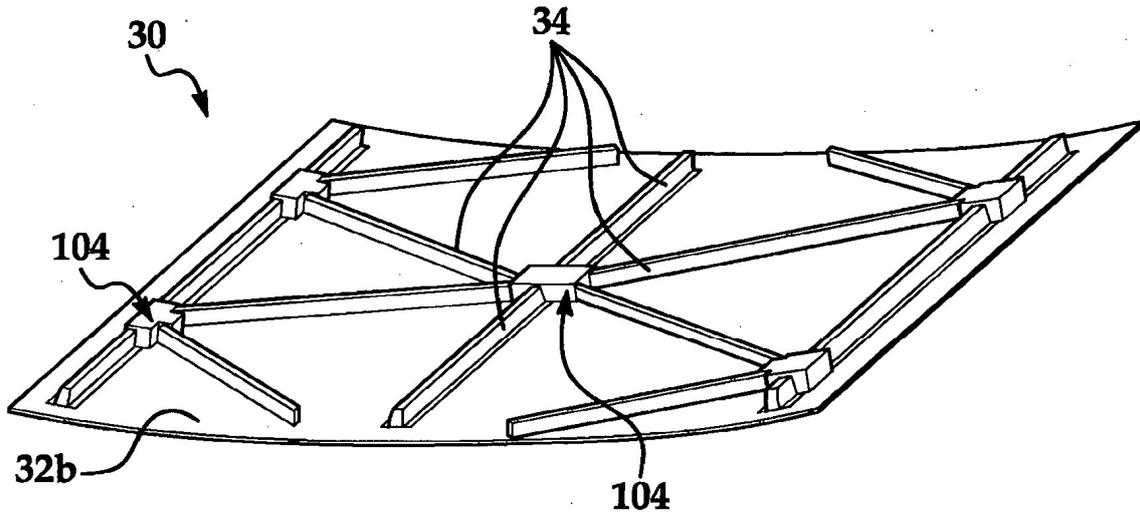


FIG. 17

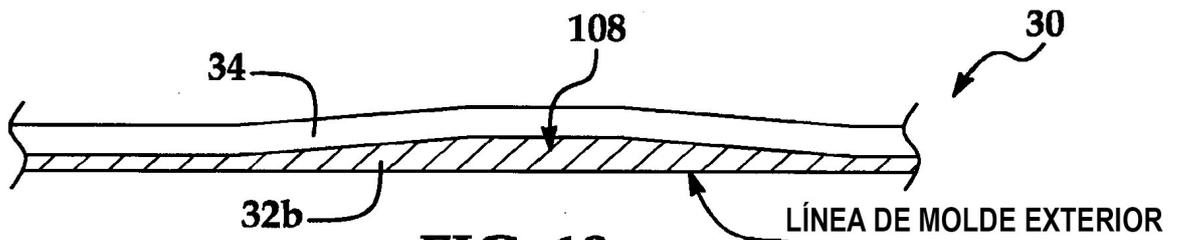


FIG. 18

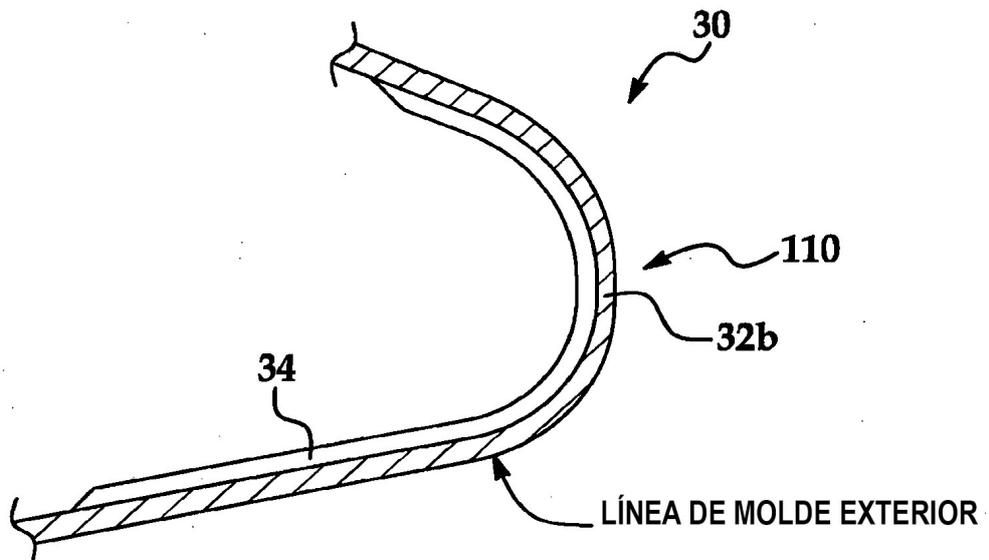


FIG. 19

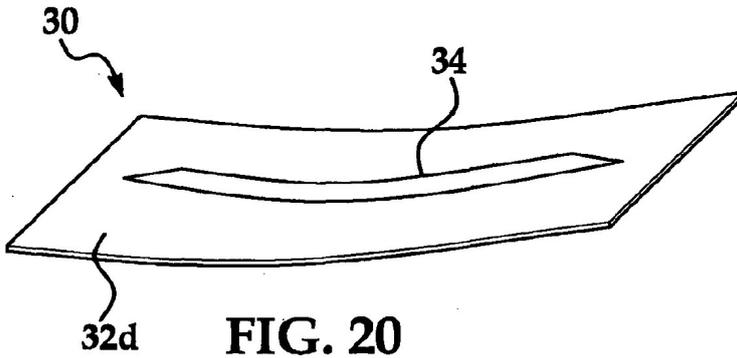


FIG. 20

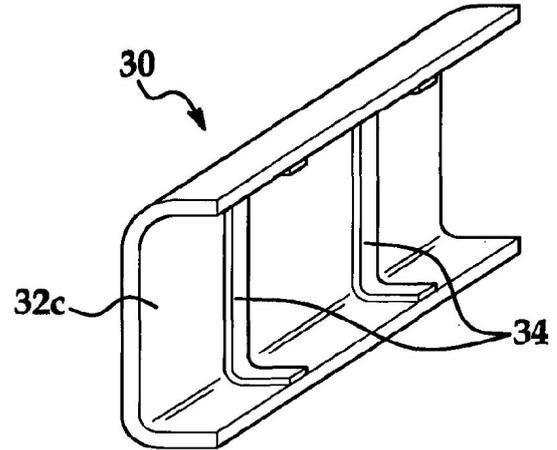


FIG. 21



FIG. 22

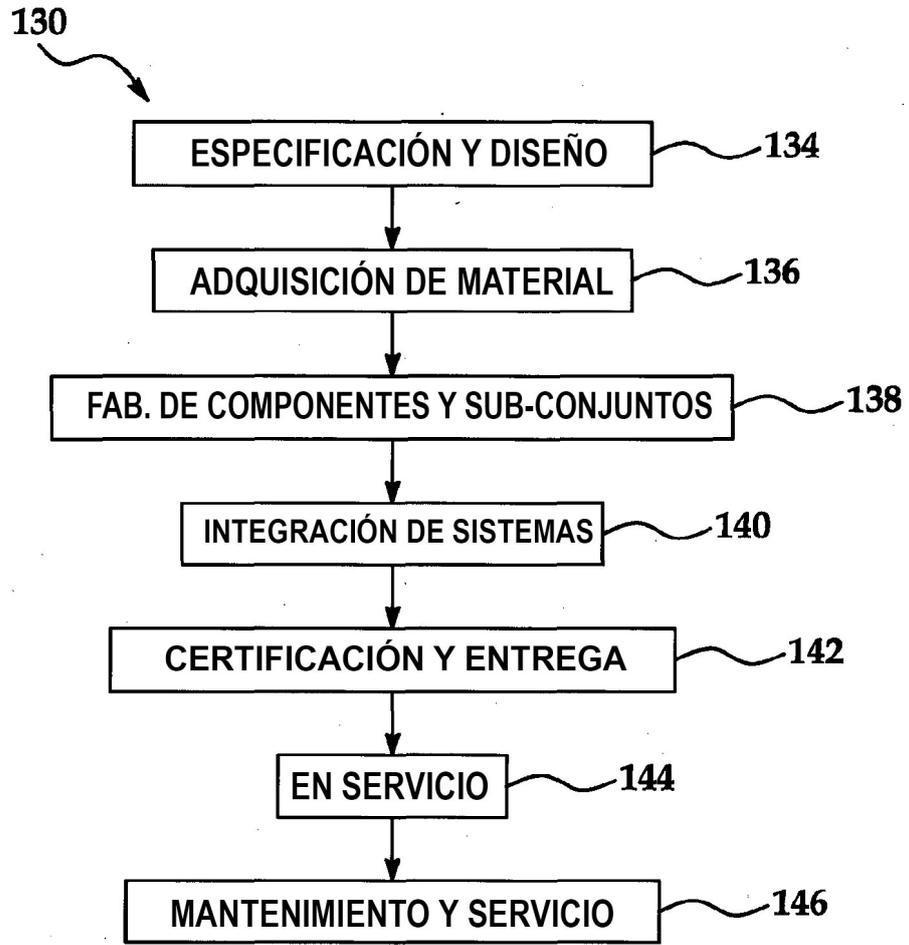


FIG. 23

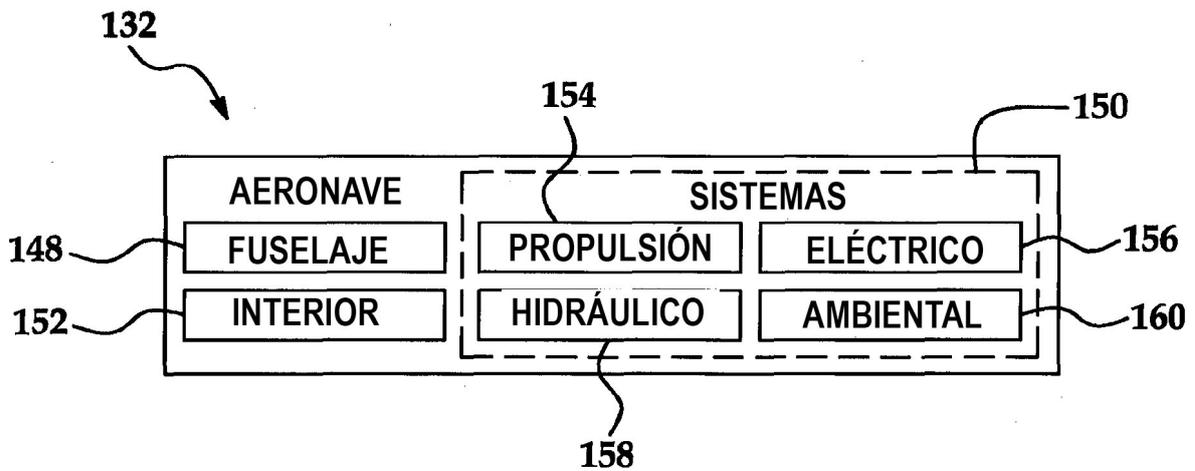


FIG. 24