

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 506**

51 Int. Cl.:

**B29C 73/10** (2006.01)

**B29C 73/12** (2006.01)

**B29C 70/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.04.2012 E 12165427 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.10.2015 EP 2529921**

54 Título: **Método y aparato para reelaborar estructuras usando infusión con resina de preformas de fibra**

30 Prioridad:

**30.05.2011 US 201113118546**

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

**21.12.2015**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HANKS, DENNIS JAMES;  
WOODS, JACK ALLEN y  
GLEASON, GREGORY ROBERT**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 554 506 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Método y aparato para reelaborar estructuras usando infusión con resina de preformas de fibra

**Campo técnico**

5 Esta descripción se refiere, en general, a técnicas para reelaborar estructuras, especialmente materiales compuestos y trata más particularmente de un método y aparato para reelaborar áreas de estructuras usando infusión con resina de preformas de fibra.

**Antecedentes**

El documento DE 40 19 744 A1 describe un método para reparar piezas fabricadas de materiales compuestos de fibra.

10 Las estructuras compuestas en ocasiones tienen áreas localizadas que contienen una o más inconsistencias que pueden requerir reelaboración para llevar la estructura a las tolerancias de diseño. Una técnica para reelaborar áreas localizadas de estructuras implica colocar un parche sobre el área y asegurarlo a la estructura inicial usando sujeciones mecánicas, sin embargo las sujeciones pueden aumentar el peso de la aeronave y/o arrastrar la aeronave, y pueden ser estéticamente indeseables en algunas aplicaciones. Otra técnica de reelaboración implica unir el parche de reelaboración a la estructura inicial; sin embargo esta técnica puede requerir también el uso de sujeciones mecánicas para proporcionar trayectorias de carga secundarias que forman un mecanismo de detención para limitar el crecimiento de una inconsistencia. Otra técnica más para reelaborar estructuras, denominada técnica de tendido en húmedo, implica el tendido a mano de capas húmedas con refuerzo de fibra, tal como un tejido tejido o tricotado y aplicar resina en húmedo a las capas según se extienden. La técnica de tendido en húmedo puede dar como resultado un atrapamiento de aire dentro del parche que puede dar como resultado porosidades en el área reelaborada. La técnica de tendido en húmedo puede ser también muy laboriosa, requiere que los técnicos de reparación entren en contacto con la resina húmeda y puede requerir una actividad de limpieza excesiva.

25 Por consiguiente, hay necesidad de un método y aparato para reelaborar estructuras, especialmente materiales compuestos, que dé como resultado una reelaboración de alta calidad que satisfaga las calidades de rendimiento deseadas y que reduzca o elimine las porosidades debido al atrapamiento de aire. También hay necesidad de un método de reparación que pueda reducir la carga de trabajo.

**Compendio**

30 Las realizaciones descritas proporcionan un método y aparato para reelaborar un área localizada de una estructura, especialmente estructuras compuestas, que reduzca o elimine porosidades en el área reelaborada debido al atrapamiento de aire durante el proceso de reelaboración. El atrapamiento de aire puede eliminarse sustancialmente usando un parche de reelaboración con una preforma de fibra multicapa que se infunde con la resina después de su colocación sobre la estructura inicial. La preforma de fibra se satura más completamente con resina durante el proceso de infusión haciendo fluir resina en la preforma de fibra y alejándola del área de reparación a través de un flujo de resina a través de un orificio formado en la estructura inicial. Haciendo fluir resina a través de la preforma de fibra y permitiendo que el exceso de resina escape a través del orificio de flujo, se elimina sustancialmente el atrapamiento de aire que puede conducir a porosidades.

40 De acuerdo con una realización descrita, se proporciona un método para reelaborar un área de una estructura que tiene un primer y segundo lados. El método comprende formar un orificio de flujo de resina a través de la estructura en el área de reelaboración desde el primer lado de la estructura hasta el segundo lado de la estructura. El método incluye también colocar una preforma de fibra en el primer lado de la estructura, impregnar la preforma con resina y controlar el frente de onda de la resina haciendo fluir resina a través de la preforma y dentro del orificio de flujo de resina. El método puede comprender además forma un rebaje en la estructura dentro del área de reelaboración retirando el material indeseable del primer lado de la estructura para alojar la preforma de fibra. El método puede comprender además colocar una bolsa de vacío sobre la preforma de fibra y sellarla en el primer lado de la estructura alrededor de la preforma, haciendo fluir la resina en la preforma y creando un vacío en la bolsa para aplicar presión de compactación a la preforma para dirigir la resina a través de la preforma y, por el orificio de flujo de resina, hacia el segundo lado de la estructura.

50 De acuerdo con otra realización descrita, se proporciona un método para reelaborar un área de la estructura compuesta. Un área de un primer lado de la estructura está biselada y se forma un orificio en la estructura dentro del área biselada. Se coloca una preforma de fibra en el área biselada por encima del orificio, y la preforma se impregna con resina haciendo fluir resina dentro de la preforma de fibra. La preforma de fibra se compacta y algo de la resina que fluye hacia la preforma de fibra se deja escapar al área biselada haciéndola fluir a través del orificio. El método comprende además acoplar el orificio con un depósito de resina en exceso donde puede acumularse la resina en exceso que fluye a través del orificio. El método puede incluir también reducir la presión dentro del depósito de resina en exceso hasta un valor que es menor que la presión atmosférica. La compactación de la preforma de fibra puede realizarse mediante compactación por bolsa de vacío.

## ES 2 554 506 T3

- 5 De acuerdo con otra realización más, se proporciona un método para reelaborar un área de una capa superficial de una aeronave. El lado externo de la capa superficial se prepara dentro del área de reelaboración para recibir una preforma de fibra. Se forma un orificio en la capa superficial que pasa del lado externo al lado interno de la capa superficial dentro del área de reelaboración. La preforma de fibra se coloca en el lado externo preparado de la capa superficial y se infunde con la resina introduciendo resina en la preforma de fibra desde el lado externo de la capa superficial y haciendo fluir resina a través del orificio hasta el lado interno de la capa superficial. La preforma de fibra se compacta durante el proceso de infusión de resina. La preparación del lado externo de la capa superficial puede incluir biselar una porción de la capa superficial para que coincida sustancialmente con un perfil de la preforma de fibra.
- 10 De acuerdo con otra realización, se proporciona un aparato de infusión de resina asistido por vacío para reelaborar un área de una estructura que tiene un primer y segundo lados. El aparato comprende una fuente de resina, una preforma de fibra adaptada para colocarla dentro de una abertura a través de la estructura en el área que se está reelaborando y una bolsa de vacío acoplada con la fuente de resina y adaptada para sellarse al primer lado de la estructura que cubre la preforma de fibra. Una fuente de vacío se acopla con la bolsa para crear un vacío en la
- 15 bolsa. Se proporciona una placa de refuerzo que se apoya contra el segundo lado de la estructura y cubre la abertura en la estructura. La placa de refuerzo incluye un orificio pasante de flujo de resina en su interior que permite que la resina fluya hacia la preforma de fibra para salir de la preforma a través del segundo lado de la estructura.
- 20 Un método para reelaborar un área de una estructura que tiene un primer y segundo lados, que incluye formar un orificio de flujo de resina a través de la estructura en el área de reelaboración, desde el primer lado de la estructura hasta el segundo lado de la estructura, colocar una preforma de fibra en el primer lado de la estructura, impregnar la preforma de fibra con resina y controlar el frente de onda de flujo de resina haciendo fluir resina a través de la preforma y dentro del orificio de flujo de resina.
- 25 De acuerdo con una realización, el método para reelaborar un área de una estructura que tiene un primer y segundo lados incluye además formar un rebaje en un primer lado de la estructura dentro del área de reelaboración retirando el material indeseado de la estructura para alojar la preforma de fibra, y en el que la colocación de una preforma de fibra en el primer lado incluye colocar la preforma de fibra en el rebaje.
- 30 De acuerdo con una realización, el método para reelaborar un área de una estructura que tiene un primer y segundo lados incluye además colocar una bolsa de vacío sobre la preforma de fibra, sellar la bolsa de vacío al primer lado de la estructura alrededor de la preforma de fibra, hacer fluir resina dentro de la preforma, crear un vacío en la bolsa para aplicar presión de compactación a la preforma de fibra y usar la presión de compactación para dirigir la resina a través de la preforma y dentro del orificio de flujo de resina hasta el segundo lado de la estructura.
- 35 De acuerdo con una realización, formar el orificio de flujo de resina se realiza retirando material de la estructura durante la formación del rebaje hasta una profundidad que penetra en el segundo lado de la estructura.
- De acuerdo con una realización, formar el orificio de flujo de resina incluye perforar un orificio a través de la estructura desde el primer lado de la estructura hasta el segundo lado de la estructura dentro del área de reelaboración.
- 40 De acuerdo con una realización, retirar una porción del primer lado de la estructura incluye formar un bisel en el primer lado sustancialmente coincidente con el perfil de la preforma de fibra.
- De acuerdo con una realización, el método para reelaborar un área de una estructura que tiene un primer y segundo lados incluye además colocar una bolsa de vacío sobre la preforma de fibra, sellar la bolsa al primer lado de la estructura, crear un vacío en la bolsa de vacío, acoplar la bolsa de vacío con un depósito de resina, reducir la presión sobre la resina en el depósito de resina a un valor menor que la presión atmosférica y suministrar resina a la bolsa de vacío a una presión que es menor que la presión atmosférica.
- 45 De acuerdo con un aspecto adicional, un método para reelaborar un área de una estructura compuesta incluye biselar un área de un primer lado de la estructura, formar un orificio en la estructura dentro del área biselada, colocar una preforma de fibra en el área biselada por encima del orificio, impregnar la preforma de fibra con resina haciendo fluir resina dentro de la preforma de fibra, compactar la preforma de fibra y permite que parte de la resina que fluye a la preforma de fibra escape del área biselada fluyendo a través del orificio.
- 50 De acuerdo con una realización, el método para reelaborar un área de una estructura compuesta incluye además acoplar el orificio con un depósito de resina en exceso donde puede acumularse la resina en exceso que fluye a través del orificio.
- 55 De acuerdo con una realización, el método para reelaborar un área de una estructura compuesta incluye además reducir la presión dentro del depósito de resina en exceso hasta un valor que es menor que la presión atmosférica.
- De acuerdo con una realización, el método para reelaborar un área de una estructura compuesta incluye además colocar un medio de flujo de resina sobre la preforma de fibra, colocar una primera bolsa de vacío sobre el medio de flujo y la preforma de fibra, sellar la primera bolsa de vacío al primer lado de la estructura, acoplar la bolsa con una

- 5 fuente de resina, compactar la preforma de fibra creando un vacío en la primera bolsa, hacer fluir la resina desde la fuente de resina hasta la primera bolsa y a través de la primera preforma, colocar el medio de flujo de resina sobre un segundo lado de la estructura por encima del orificio, colocar una segunda bolsa de vacío sobre el medio de flujo en el segundo lado de la estructura, sellar la segunda bolsa al segundo lado de la estructura y crear un vacío en la segunda bolsa.
- De acuerdo con una realización, el método para reelaborar un área de una estructura compuesta incluye además colocar un medio de flujo en un segundo lado de la estructura y en comunicación de flujo con el orificio, acoplar una salida de resina con el medio de flujo en el segundo lado de la estructura y usar el medio de flujo para recoger el exceso de resina que sale del orificio y dirigir el exceso de resina a la salida de resina.
- 10 De acuerdo con una realización, el método para reelaborar un área de una estructura compuesta incluye además suministrar la resina en exceso desde la salida de resina hasta un depósito de acumulación de resina.
- De acuerdo con una realización, el método para reelaborar un área de una estructura compuesta incluye además reducir la presión de la resina en exceso que fluye a través del orificio hasta la salida de resina.
- 15 De acuerdo con una realización, el método para reelaborar un área de una estructura compuesta incluye además curar la preforma de fibra infundida con resina.
- De acuerdo con un aspecto adicional, un método para reelaborar un área de la capa superficial de la aeronave incluye preparar el lado externo de la capa superficial dentro del área de reelaboración para recibir una preforma de fibra, crear un orificio en la capa superficial que pasa desde el lado externo hasta el lado interno de la capa superficial dentro del área de reelaboración, colocar la preforma de fibra sobre el lado externo preparado de la capa superficial, infundir la preforma de fibra con resina introduciendo resina en la preforma de fibra desde el lado externo de la capa superficial y hacer fluir la resina a través del orificio hasta el lado interno de la capa superficial y compactar la preforma de fibra.
- 20 De acuerdo con una realización, preparar el lado externo de la capa superficial incluye biselar una porción de la capa superficial para que coincida sustancialmente con un perfil de la preforma de fibra, crear un orificio en la capa superficial incluye perforar a través de la capa superficial dentro de la porción biselada y colocar la preforma más fina en el lado externo preparado de la capa superficial incluye colocar la preforma de fibra sobre el orificio.
- 25 De acuerdo con una realización, el método para reelaborar un área de la capa superficial de la aeronave incluye además colocar un medio de flujo de resina sobre la preforma de fibra, colocar una bolsa de vacío sobre la preforma de fibra y el medio de flujo de resina, sellar la bolsa al lado externo de la capa superficial para formar un cierre hermético al vacío sobre la preforma de fibra, en el que compactar la preforma incluye evacuar la bolsa e infundir la preforma de fibra incluye hacer fluir la resina a la bolsa a una presión que es menor que la presión atmosférica.
- 30 De acuerdo con una realización, el método para reelaborar un área de la capa superficial de la aeronave incluye además colocar un medio de flujo de resina sobre el lado interno de la capa superficial que cubre el orificio, acoplar el tubo de salida de resina con el medio de flujo en el lado interno de la capa superficial y acumular la resina en exceso dirigiendo la resina desde el tubo de salida hasta un depósito.
- 35 De acuerdo con un aspecto adicional, un aparato de infusión de resina asistido por vacío para reelaborar un área de una estructura que tiene primer y segundo lados incluye una fuente de resina, una preforma de fibra adaptada para ser colocada dentro de una abertura a través de la estructura en el área que se está reelaborando, una bolsa de vacío acoplada con la fuente de resina y adaptada para sellarla al primer lado de la estructura que cubre la preforma de fibra, una fuente de vacío acoplada con la bolsa para crear un vacío en la bolsa, una placa de refuerzo que se apoya contra el segundo lado de la estructura y que cubre la abertura en la estructura, y la placa de refuerzo incluye un orificio en su interior que permite que la resina fluya hacia la preforma de fibra para salir de la preforma a través de la placa de refuerzo.
- 40 De acuerdo con una realización, el aparato de infusión de resina asistido por vacío para reelaborar un área de una estructura incluye además un depósito de acumulación de resina y un tubo de salida de resina acoplado al orificio en la placa de refuerzo con el depósito de acumulación de resina.
- 45 De acuerdo con un aspecto adicional, el aparato para reelaborar un área de una capa superficial de una aeronave incluye una preforma de fibra dispuesta dentro de un bisel en el lado externo de la capa superficial dentro del área reelaborada, un medio de separación poroso por encima de la preforma de fibra en el lado externo de la capa superficial, un primer medio de flujo de resina por encima del medio de separación, un tubo de suministro de resina para distribuir resina sobre el primer medio de flujo de resina, una primera bolsa de vacío adaptada para sellarse al lado externo de la capa superficial que cubre el primer medio de flujo, el tubo de suministro de resina y la preforma de fibra, una primera fuente de vacío acoplada con la bolsa para crear un vacío en la primera bolsa, un depósito de suministro de resina para suministrar resina al tubo de suministro de resina, una entrada de resina que pasa a través de la primera bolsa para acoplar el tubo de suministro de resina al depósito de suministro de resina, un orificio pasante de flujo de resina dentro del área de reelaboración que acopla el lado externo de la capa superficial con el lado interno de la capa superficial, un segundo medio de flujo de resina dispuesto sobre el lado interno de la capa
- 50
- 55

5 superficial y acoplado con el orificio pasante de flujo de resina, un tubo de purga de resina en el lado interno de la capa superficial acoplado con el segundo medio de flujo, un depósito de acumulación de resina para acumular la resina que fluye al tubo de purga de resina desde el orificio pasante de flujo, una segunda bolsa de vacío sellada al lado interno de la capa superficial y que cubre el segundo medio de flujo y el tubo de purga, y una segunda fuente de vacío para crear un vacío en la segunda bolsa.

10 De acuerdo con un aspecto adicional, otro método para reelaborar un área de una capa superficial de una aeronave incluye biselar una porción del lado externo de la capa superficial dentro del área que se está reelaborando, formar una preforma de fibra sustancialmente con la forma de la porción biselada, colocar la preforma en el bisel en el lado externo de la capa superficial, colocar un medio de separación poroso sobre la preforma de fibra en el lado externo de la capa superficial, colocar un medio de flujo de resina sobre el medio de separación, colocar un tubo de suministro de resina sobre el medio de flujo, colocar una bolsa de vacío sobre la preforma, el medio de flujo y el tubo de suministro de resina, sellar la bolsa al lado externo de la capa superficial, alojar la fuente de vacío con la bolsa, crear un vacío en la bolsa, hacer fluir resina desde un depósito de resina a través de la bolsa y al interior del tubo de suministro de resina, usar el medio de flujo para hacer fluir resina a través de la preforma, formar un orificio pasante de flujo de resina en la capa superficial dentro del área reelaborada, saturar la preforma y reducir sustancialmente el atrapamiento de aire en la preforma haciendo fluir resina desde la preforma a través del orificio, y acoplar el tubo de purga entre el orificio y un depósito de acumulación de resina para acumular el exceso de resina que fluye desde la preforma.

20 Se entenderá que las características de la invención mencionadas anteriormente y aquellas que se explicarán más adelante pueden usarse no solo en la combinación respectiva indicada sino también en otras combinaciones o por separado, sin alejarse del alcance de la presente invención.

Las realizaciones ejemplares de la invención se explican con más detalle en la siguiente descripción y se representan en los dibujos en los que.

#### **Breve descripción de las ilustraciones**

25 La Figura 1 es una ilustración de una vista en perspectiva de una estructura que tiene una inconsistencia que requiere reelaboración.

La Figura 2 es una ilustración similar a la Figura 1 pero que muestra la estructura que se ha reelaborado usando un parche de fibra infundida con resina de acuerdo con el método descrito.

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

30 La Figura 4 es una ilustración similar a la Figura 3 pero que muestra el área de reelaboración que se ha biselado.

La Figura 5 es una ilustración similar a la Figura 4 pero que muestra un orificio que se ha formado a través de la estructura dentro del área biselada.

La Figura 6 es una ilustración similar a la Figura 4 pero que muestra un área biselada que penetra en el lado interno de la estructura.

35 La Figura 7 es una ilustración de una vista en sección transversal esquemática de una preforma de fibra que se ha infundido con resina de acuerdo con el método descrito.

La Figura 8 es una ilustración de una vista en perspectiva despiezada de los componentes mostrados en la Figura 7 para una aplicación de reelaboración típica, no mostrándose las bolsas de vacío instaladas por claridad.

40 La Figura 9 es una ilustración de una vista en sección transversal similar a la Figura 7, que muestra detalles adicionales de los componentes mostrados en la Figura 8.

La Figura 10 es una ilustración de una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea 10-10 en la Figura 2.

La Figura 11 es una ilustración de una vista en sección transversal similar a la Figura 5, pero que muestra una realización alternativa del aparato.

45 La Figura 12 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método para reelaborar una estructura usando el método descrito.

La Figura 13 es una ilustración de un diagrama de flujo que muestra detalles adicionales del método mostrado en la Figura 12.

La Figura 14 es una ilustración de un diagrama de flujo de metodología de producción y servicio de una aeronave.

50 La Figura 15 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave.

### Descripción detallada

Haciendo referencia en primer lugar a las Figuras 1 y 3, una estructura 18 compuesta puede tener un área 20 localizada que contiene una o más inconsistencias 21 que requieren reelaboración para llevar la estructura 18 a las tolerancias y/o especificaciones de diseño o rendimiento. En el ejemplo ilustrado, la estructura 18 comprende una capa superficial 22 de aeronave compuesta que tiene un espesor "t", con un primer lado 22a externo y un segundo lado 22b interno. La estructura 18 puede comprender otras formas y materiales incluyendo, sin limitación, cerámicos, metales y compuestos metálicos. Las inconsistencias 21 pueden comprender, por ejemplo y sin limitación, daño por impacto, grietas, fracturas o porosidades que ocurren en el momento de la fabricación o mientras la estructura 18 está en servicio. La inconsistencia 21 puede penetrar parcial o completamente en el espesor "t" de la capa superficial. Haciendo referencia también a las Figuras 2 y 8, de acuerdo con las realizaciones descritas, se proporciona un método para reelaborar el área 20 para llevarla a las especificaciones de diseño o rendimiento, usando un parche 24 de reelaboración, en ocasiones también denominado en este documento como "preforma de fibra" antes de infundirlo con la resina y curarlo.

Haciendo referencia ahora a la Figura 3, de acuerdo con el método descrito, la reelaboración del área 20 localizada comienza retirando una porción 27 de la capa superficial 22 que incluye la inconsistencia 21. El proceso de retirar una porción 27 de la capa superficial 22, en ocasiones también denominada "biselado", da como resultado un rebaje o área biselada 25 en la capa superficial 22, como se muestra en la Figura 4. En el ejemplo ilustrado, el área biselada 25 se muestra como que tiene un perfil de la sección transversal que es sustancialmente continuamente ahusado, desde el borde 25a externo hasta el centro 25b del área 25 biselada. Sin embargo, el área 25 biselada puede tener otros perfiles de la sección transversal incluyendo un bisel escalonado (no mostrado). En una etapa de proceso analizada más adelante, se usa un parche 24 de reelaboración para llenar sustancialmente el área 25 biselada.

Haciendo referencia a la Figura 5, después de que el área 25 biselada se haya formado en el lado 22a externo de la capa superficial 22, se forma un orificio 26 pasante de flujo de resina en la capa superficial 22, dentro del área 25 biselada, pasando desde el lado 22a externo de la capa superficial a través de la capa superficial 22 hasta el lado 22b interno de la capa superficial. El orificio 26 puede formarse por perforación u otros métodos adecuados. En el ejemplo ilustrado, el orificio 26 pasante está localizado generalmente en el centro 25b del área 25 biselada, sin embargo, son posibles otras localizaciones dentro del área 25 biselada, dependiendo de la aplicación. Asimismo, aunque se muestra un único orificio 26 pasante en la realización ilustrada, puede emplearse más de un orificio 26 pasante en múltiples localizaciones dentro del área 25 biselada, dependiendo del tamaño y la forma del área 25 biselada.

La Figura 6 ilustra una técnica alternativa para formar un orificio 26 pasante de flujo de resina a través de la capa superficial 22 dentro del área 25 biselada. En este ejemplo, el proceso de biselado de material se realiza hasta una profundidad que penetra en el lado 22b interno de la capa superficial 22 de manera que el orificio 26 se forma como parte del proceso de biselado. El tamaño del orificio 26 y su localización pueden depender de la forma y ángulo del bisel 25. Esta técnica puede usarse cuando la inconsistencia 21 sea relativamente profunda y la porción 27 que hay que retirar se aproxima al espesor "t" de la capa superficial 22.

Se dirige ahora la atención a las Figuras 7, 8 y 9 que ilustran un sistema 28 de infusión de resina asistido por vacío que puede usarse para infundir y saturar una preforma 24 de fibra colocada en el área 25 biselada de la capa superficial 22 durante el proceso de reelaboración. Como se muestra en la Figura 7, un depósito 54 de suministro de resina suministra resina a la entrada 38a de un tubo 38 de suministro de resina por encima de una o más capas 34, 36 de medios 34, 36 de flujo colocados sobre la preforma 24 de fibra. El tubo 38 de suministro de resina puede comprender una envoltura en espiral de nailon tal como la mostrada en las Figuras 8 y 9, que se extiende alrededor de la periferia de la preforma 24 de fibra. El tubo 38 de suministro puede tener otras geometrías, dependiendo de la aplicación y la forma de la preforma 24 de fibra. El medio 32 de separación poroso, que puede comprender, sin limitación, una capa desprendible de fibra de vidrio, se intercala entre la preforma 24 de fibra y los medios 34, 36 de flujo para facilitar la separación de los medios 34, 36 de flujo de la preforma 24 infundida con resina después de la infusión y curado de la resina.

Como se muestra en la Figura 7, una bolsa 40 de vacío flexible cubre el conjunto apilado del tubo 38 de suministro de resina, los medios 34, 36 de flujo, el medio 32 de separación y la preforma 24 de fibra. La bolsa 40 se sella en su periferia 40a externa al lado 22a externo de la capa superficial 22 mediante una cinta 42 sellante o un sello similar. La entrada 38a de resina pasa a través de la bolsa 40. Una fuente 41 de vacío adecuada se acopla con la bolsa 40 de vacío para crear un vacío dentro de la bolsa 40 que comprime la preforma 24 de fibra antes y/o durante la infusión de resina. El sistema 28 de infusión de resina descrito anteriormente puede ser similar al mostrado en la Patente de Estados Unidos 7.334.782, expedida el 26 de febrero de 2008, cuya descripción completa se incorpora por referencia en la presente memoria. La patente mencionada anteriormente describe un sistema de infusión de resina a presión atmosférica controlada en el que el depósito 54 de entrada de resina se evacua a una presión por debajo de la presión atmosférica, y se usa en combinación con compactación cíclica mediante la bolsa 40 de vacío para controlar un proceso de transformación de resina asistido por vacío. Sin embargo, pueden emplearse otros procesos de infusión de resina.

Se intercala un tubo 48 de purga de resina en exceso entre dos capas de medios 50, 52 de flujo respectivamente, inmediatamente por debajo y generalmente alineados con el orificio 26 pasante de flujo de resina. El medio 46 de separación poroso, que puede comprender una capa de fibra de vidrio, está dispuesto entre los medios 50, 52 de flujo y el lado 22b interno de la capa superficial 22. La salida 48a del tubo 48 de purga se acopla con un depósito 57 de acumulación de resina que acumula la resina en exceso que sale de la preforma 24 de fibra y que fluye fuera a través del orificio 26 y dentro del tubo 48 de purga. Una bolsa 49 de vacío cubre el tubo 48 de purga, los medios 50, 52 de flujo y el medio de separación, y se sella al lado 22b interno de la capa superficial 22 mediante los sellos 56. El tubo 48 de purga puede ayudar a controlar el frente de onda del flujo de resina y dirigir la resina al fondo del área 25 biselada para conseguir una distribución de resina sustancialmente uniforme por toda la preforma 24 de fibra.

Durante el uso, el medio 32 de separación, conocido también como capa desprendible, junto con los medios 34, 36 de flujo y el tubo 38 de entrada de resina, se apilan sobre una preforma 24 de fibra que se ha colocado dentro del área 25 biselada. La bolsa 40 de vacío se sella después al lado 22a externo de la capa superficial 22 y se acopla tanto con la fuente 41 de vacío como con el depósito 54 de suministro de resina. El tubo 48 de purga y los medios 50, 52 de flujo se ensamblan junto con el medio 46 de separación en el lado 22b interno de la capa superficial 22, alineado con el orificio 26 de flujo. La bolsa 40 se evacua para compactar la preforma 24 de fibra a medida que se suministra resina desde el depósito de suministro hacia el tubo 38. La preforma 24 de fibra puede compactarse antes de iniciar la infusión de resina para aumentar la relación de fibra a volumen, dando como resultado que el parche 24 completado pueda proporcionar mayores volúmenes de fibra de reelaboración con mayor resistencia y/o menos peso. Los medios 34, 36 de flujo distribuyen y hacen fluir la resina a través del medio de separación poroso hacia la preforma 24 de fibra.

Como se ha indicado anteriormente, la preforma 24 de fibra puede compactarse cíclicamente variando la cantidad de presión en la bolsa 40 usando la fuente 41 de vacío. La presión en el depósito 54 de suministro de resina puede variarse respecto a la presión dentro de la bolsa 40 para controlar mejor la presión de compactación neta aplicada a la preforma 24 de fibra a media que la preforma 24 de fibra se está infundiendo con resina. El tamaño del orificio 26 pasante de flujo se elige de manera que se crea un nivel preseleccionado de contrapresión dentro del volumen de la preforma 24 de fibra. Esta contrapresión ayuda a asegurar la impregnación de la preforma 24 de fibras con resina dentro de las tolerancias antes de que la preforma 24 salga a través del orificio 26 pasante de flujo hasta el depósito 57 de acumulación. Cuando la preforma 24 casi se ha impregnado completamente con resina, el exceso de resina empieza a fluir a través del orificio 26 y se recoge en el lado 22b interno de la capa superficial 22 mediante los medios 50, 52 de flujo y el tubo 48 de purga de resina. La cantidad de presión de vacío dentro de la bolsa 49 puede ajustarse de manera que se induce el flujo de la resina en exceso desde el orificio 26 pasante de flujo a los medios 50, 52 de flujo.

El vacío aplicado a la bolsa 49 mediante la fuente 55 de vacío puede ayudar a dirigir la resina en exceso al tubo 48 de purga y a través de la salida 48a al depósito 57 de acumulación. El vacío aplicado a la bolsa 49 puede ayudar también a controlar el frente de onda de la resina y la distribución de resina a través de la preforma 24 de fibra. Puede ser posible reducir la presión dentro del depósito 57 para ayudar a dirigir la resina a través de la salida 48a al interior del depósito 57. Creando un flujo de resina en exceso a través del orificio 26, la preforma 24 puede infundirse más completamente con la resina y puede reducirse cualquier atrapamiento de aire dentro de la preforma 24 o eliminarse expulsándolo a través del orificio 26. El flujo de resina en exceso a través del orificio 26 puede ayudar también a retirar gases de la preforma 24 de fibra durante el proceso de infusión de resina.

Haciendo referencia a la Figura 10, después del curado de la resina infundida y la preforma 24 de fibra compactada, el conjunto 28 de infusión de resina puede retirarse. El orificio 26 pasante se tapona con resina que permanece dentro del orificio 26 después del proceso de infusión. En algunas aplicaciones, puede aplicarse una o más capas (no mostradas) a la capa superficial 24, que cubre y solapa con el parche 24 de reelaboración, para proporcionar una superficie más suave y pulida antes de pintar la capa superficial 22 en el área 20 (Figura 2) del parche 24 de reelaboración.

Haciendo referencia ahora a la Figura 11, en algunas aplicaciones del método descrito, el área 25 biselada puede extenderse al lado 22b interno de la capa superficial 22 a través de un área "A" relativamente ancha, que forma un orificio 26 pasante de flujo a través de la capa superficial 22, similar a la realización mostrada en la Figura 6. En este caso, puede situarse una placa 65 de refuerzo que tiene uno o más orificios pasantes 26a de flujo secundarios contra el lado 22b interno de la capa superficial 22, por debajo del área 25 biselada. La placa 65 de refuerzo puede mantenerse contra la capa superficial 22 mediante una fuerza "F" aplicada y sellarse a la capa superficial 22 usando un sellante adecuado (no mostrado). La fuerza "F" puede aplicarse por cualquier medio mecánico adecuado (no mostrado) o mediante una bolsa de vacío (no mostrada) colocada sobre la placa 65 de refuerzo y sellada al lado 22b interno de la capa superficial 22. Por ejemplo y sin limitación, la placa 65 de refuerzo puede mantenerse contra la superficie 22b interna de la capa superficial mediante la bolsa 49 de vacío mostrada en la Figura 9. Se acopla un tubo 48 de salida de resina entre el orificio 26a pasante de flujo secundario en la placa 65 y un depósito 57 de acumulación de resina.

Se dirige ahora la atención a las Figura 12 que ilustra las etapas globales de un método para reelaborar un área 20 localizada de una estructura 18. Comenzando en 60, se establece un flujo de resina a través de un orificio 26 en la estructura 18 dentro del área 20 localizada que se está reelaborando. En 62, una preforma 24 de fibra se coloca en

un primer lado 22a de la estructura, por encima del orificio 24, y en 63, la preforma 24 de fibra se evacua. En 64, la preforma 24 se impregna haciendo fluir resina dentro de la preforma 24 y fuera a través del orificio 26 pasante de flujo de resina hasta un segundo lado 22b de la estructura 18.

5 La Figura 13 ilustra detalles adicionales del método descrito. Comenzando en 68, se prepara un parche 24 de preforma de fibra que puede comprender tender múltiples capas (no mostradas) de un refuerzo de fibra seca, tal como un tejido tejido o tricotado. Estas capas de fibra de preforma pueden dimensionarse y conformarse para adaptarse sustancialmente al área 25 biselada en la estructura 18. En la etapa 70, el lado 22a externo de la capa superficial dentro del área 20 reelaborada se prepara y limpia, según se requiera. La etapa 70 puede incluir biselar una porción 27 (Figura 3) de la capa superficial 22 que incluye la inconsistencia. En la etapa 72, se forma un orificio 10 26 pasante de flujo de resina a través de la capa superficial 22 dentro del área 20 de reelaboración. En 74, el parche 24 de la preforma de fibra se instala sobre el lado 22a externo de la capa superficial 22 dentro del área 25 biselada. Puede colocarse una capa de acabado opcional sobre la preforma 24 de fibra, como se muestra en la etapa 75. En 76, se coloca un medio de separación (capa desprendible) en el lado 22a externo de la capa superficial, por encima de la preforma 24 de fibra.

15 En la etapa 78, se coloca una o más capas de los medios 34, 36 de flujo sobre el medio 32 de liberación, y en la etapa 80, se coloca un tubo 38 de suministro de resina, que puede comprender una envoltura en espiral, sobre los medios 34, 36 de flujo. En la etapa 82, se instala una bolsa 40 de vacío y se sella al lado 22a externo de la capa superficial 22. En 84, el tubo 38 de suministro de resina se acopla con un depósito 54 adecuado de resina. En 86, el medio 46 de separación (capa desprendible) se coloca sobre el lado 22b interno de la capa superficial, por encima del orificio 26 pasante de flujo. En 88, los medios 50, 52 de flujo y un tubo 48 de purga de resina se instalan entre los 20 medios 50, 52 de flujo. En la etapa 90, se instala una bolsa 49 de vacío y se sella al lado 22a externo de la capa superficial y en la etapa 91, se instala una bolsa 49 de vacío y se sella al lado interno 22b de la capa superficial.

25 En la etapa 92, se crean vacíos en las bolsas 40, 49 y en la etapa 93, la preforma 24 de fibra se infunde con resina mediante el flujo de resina asistido por vacío desde el depósito 54 de resina hasta la bolsa 40 y a través de la preforma 24, debido al diferencial de presión que existe entre la entrada 38a de resina y el tubo 48a de salida de purga de resina. En 94, se potencia la saturación de resina de una preforma 24 de fibra y se elimina sustancialmente el atrapamiento de aire dirigiendo la resina a través del orificio 26 de flujo y al interior del depósito 57 de acumulación. En la etapa 96, la preforma 24 infundida con resina se cura y en la etapa 98, el conjunto 28 de infusión de resina puede retirarse de la capa superficial 22, y el parche 24 curado puede entonces limpiarse y recortarse 30 según sea necesario.

Las realizaciones de la descripción pueden encontrar uso en una diversidad de aplicaciones potenciales, particularmente en la industria del transporte, incluyendo por ejemplo aplicaciones aeroespaciales, marinas y de automoción. De esta manera, haciendo referencia ahora a las Figuras 14 y 15, las realizaciones de la descripción pueden usarse en el contexto de un método 102 de fabricación y servicio de aeronaves como se muestra en la 35 Figura 14 y una aeronave 104 como se muestra en la Figura 15. Las aplicaciones en aeronaves de las realizaciones descritas pueden incluir una amplia diversidad de piezas compuestas estructurales y componentes, incluyendo por ejemplo y sin limitación, capas superficiales de la superficie de control, capas superficiales de ala y el empenaje y puertas de acceso y paneles, por nombrar solo algunas. Durante la pre-producción, el método 102 ejemplar puede incluir la especificación y diseño 106 de la aeronave 104 y la obtención 108 de material. Durante la producción tiene 40 lugar la fabricación 110 de componentes y su ensamblaje y la integración 112 del sistema de la aeronave 104. Posteriormente, la aeronave 104 puede pasar la certificación y entrega 114 para su puesta en servicio 116. Mientras está en servicio en un cliente, la aeronave 114 se programa para mantenimiento y servicio 118 rutinarios (que también puede incluir modificación, reconfiguración, renovación y similares). El método descrito puede emplearse durante una cualquiera o más de las etapas 110, 112, 116 o 118 para reelaborar áreas de piezas, componentes o 45 conjuntos.

Cada uno de los procesos del método 102 puede realizarse o llevarse a cabo por un integrador de sistema, un tercero y/o un operario (por ejemplo, un cliente). Para los fines de esta descripción, un integrador de sistema puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas militares; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operario puede ser una 50 aerolínea, una compañía de alquiler con opción a compra, una entidad militar, una organización de servicios y similares.

Como se muestra en la Figura 15, la aeronave 114 producida por el método 102 ejemplar puede incluir un fuselaje 120 con una pluralidad de sistemas 122 y un interior 124. Los ejemplos de sistemas 122 de alto nivel incluyen uno o más de un sistema 126 de propulsión, un sistema 128 eléctrico, un sistema 130 hidráulico y un sistema 132 55 medioambiental. Puede incluirse cualquier número de estos sistemas. El método descrito puede emplearse para reelaborar áreas de diversas piezas y componentes usados en un fuselaje 120. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la descripción pueden aplicarse a otras industrias tales como las industrias marina y de automoción.

Los sistemas y métodos presentados en la presente memoria pueden emplearse durante una o más de las fases del 60 método 102 de producción y servicio. Por ejemplo, las piezas, estructuras y componentes correspondientes al

5 proceso 110 de producción pueden reelaborarse de una manera similar a la reelaboración de piezas, estructuras y componentes mientras la aeronave 104 está en servicio. Asimismo las realizaciones del método descrito pueden utilizarse durante las etapas 110 y 112 de producción, por ejemplo facilitando sustancialmente el montaje de o reduciendo el coste de una aeronave 104. Análogamente, puede utilizarse una o más de las realizaciones del método para reelaborar piezas mientras la aeronave 132 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, como parte del mantenimiento y servicio 146.

Aunque las realizaciones de esta descripción se han descrito con respecto a ciertas realizaciones ejemplares, debe entenderse que las realizaciones específicas son con fines de ilustración y no de limitación, puesto que a los expertos en la materia se les pueden ocurrir otras variaciones.

10

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para reelaborar un área (20) de una estructura (18) que tiene un primer y segundo lados (22a, 22b), que comprende:
- 5 formar un orificio (26) de flujo de resina a través de la estructura en el área de reelaboración, desde el primer lado de la estructura hasta el segundo lado de la estructura,
- colocar una preforma (24) de fibra en el primer lado de la estructura;
- impregnar la preforma de fibra con resina; y
- controlar el frente de onda del flujo de resina haciendo fluir resina a través de la preforma y dentro del orificio de flujo de resina.
- 10 2. El método de la reivindicación 1, que comprende además:
- formar un rebaje (25) en un primer lado de la estructura dentro del área de reelaboración retirando el material indeseado de la estructura para alojar la preforma de fibra, y
- en donde colocar la preforma de fibra en el primer lado incluye colocar la preforma de fibra en el rebaje.
3. El método de la reivindicación 2 o 3, que comprende además:
- 15 colocar una bolsa (40) de vacío sobre la preforma de fibra;
- sellar la bolsa de vacío al primer lado de la estructura alrededor de la preforma de fibra;
- hacer fluir resina dentro de la preforma;
- 20 crear un vacío en la bolsa para aplicar presión de compactación a la preforma de fibra y usar la presión de compactación para dirigir la resina a través de la preforma y por el orificio de flujo de resina hasta el segundo lado de la estructura.
4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la formación del orificio de flujo de resina se realiza retirando material de la estructura durante la formación del rebaje hasta una profundidad que penetra en el segundo lado de la estructura.
- 25 5. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la formación del orificio de flujo de resina incluye perforar un orificio a través de la estructura desde el primer lado de la estructura hasta el segundo lado de la estructura dentro del área de reelaboración.
6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la retirada de una porción del primer lado de la estructura incluye formar un bisel en el primer lado sustancialmente coincidente con el perfil de la preforma de fibra.
7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además:
- 30 colocar una bolsa de vacío sobre la preforma de fibra;
- sellar la bolsa al primer lado de la estructura;
- crear un vacío en la bolsa de vacío;
- acoplar la bolsa de vacío con un depósito (54) de resina;
- reducir la presión en la resina en el depósito de resina hasta un valor menor que la presión atmosférica; y
- 35 suministrar resina a la bolsa de vacío a una presión que es menor que la presión atmosférica.
8. Aparato de infusión de resina asistido por vacío para reelaborar un área de una estructura que tiene un primer y segundo lados, que comprende:
- una fuente de resina (54);
- 40 una preforma (24) de fibras adaptada para colocarse dentro de una abertura a través de la estructura en el área que se está reelaborando;
- una bolsa (40) de vacío acoplada con la fuente de resina y adaptada para sellarse al primer lado de la estructura que cubre la preforma de fibra;
- una fuente (41) de vacío acoplada con la bolsa para crear un vacío en la bolsa;

una placa (65) de refuerzo que se apoya contra el segundo lado de la estructura y cubre la abertura en la estructura, incluyendo la placa de refuerzo un orificio en su interior que permite que la resina fluya dentro de la preforma de fibra para salir de la preforma a través de la placa de refuerzo.

9. El aparato de la reivindicación 8, que comprende además:

5 un depósito (57) de acumulación de resina; y

un tubo (48) de salida de resina acoplado al orificio en la placa de refuerzo con el depósito de acumulación de resina.

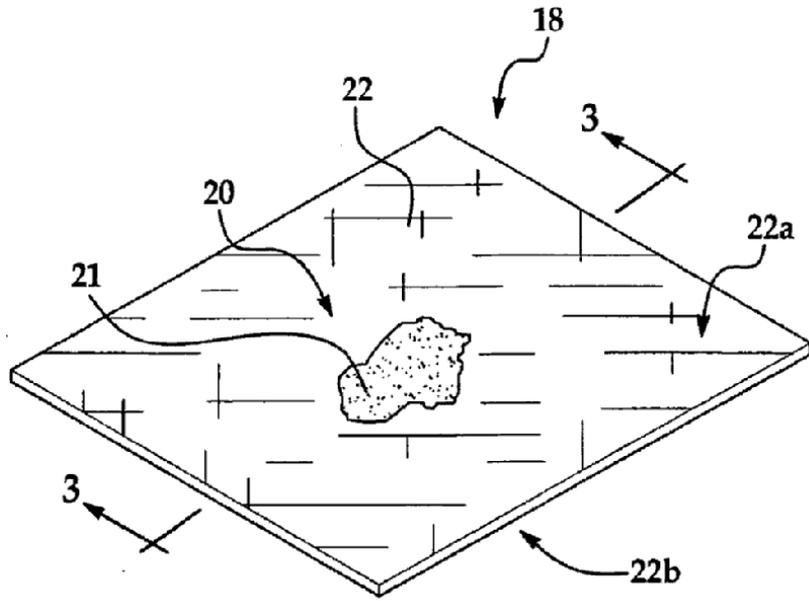


FIG. 1

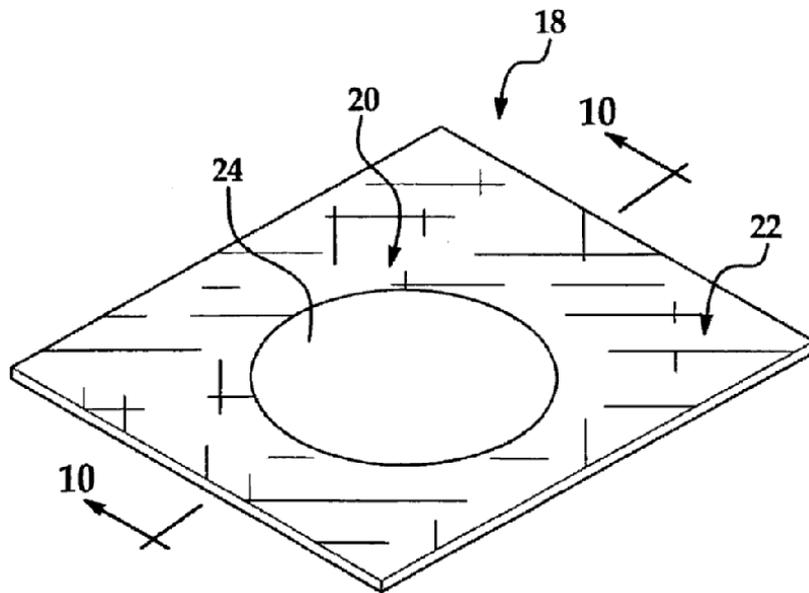


FIG. 2

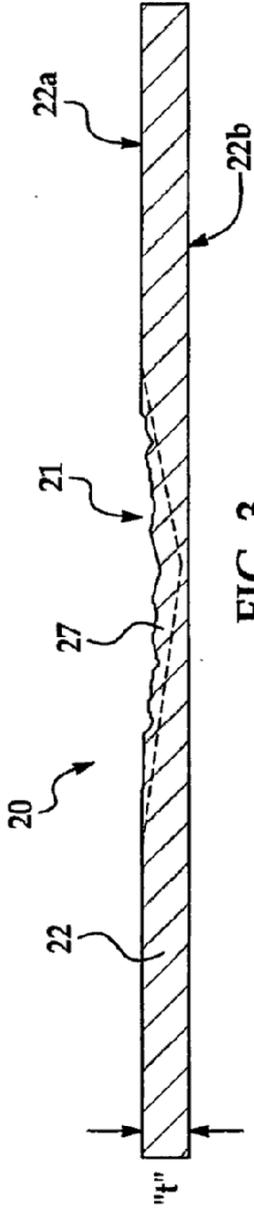


FIG. 3

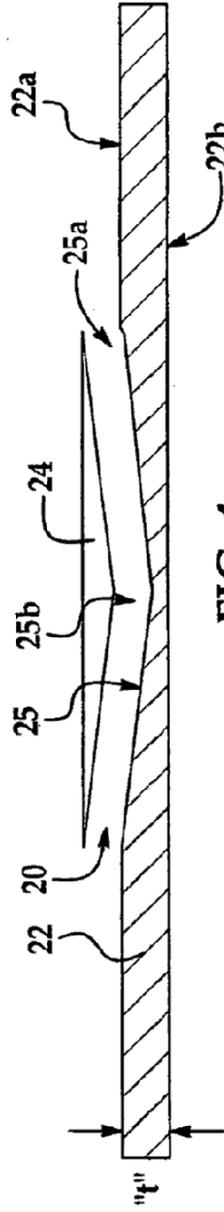


FIG. 4

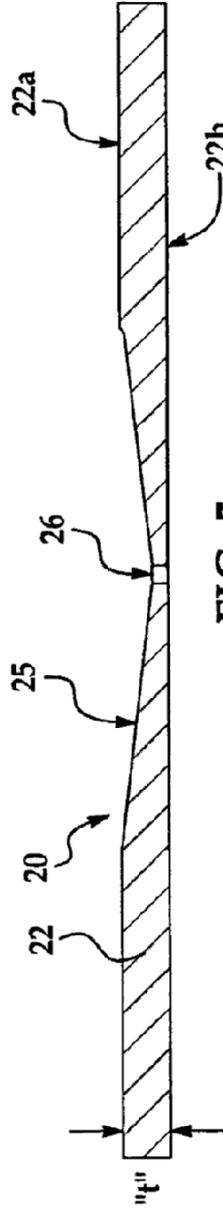


FIG. 5

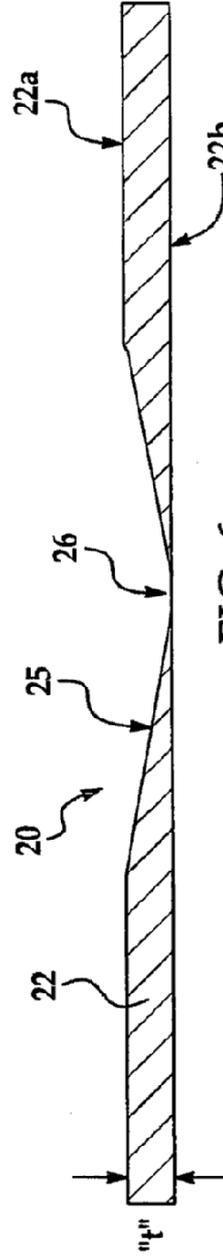


FIG. 6

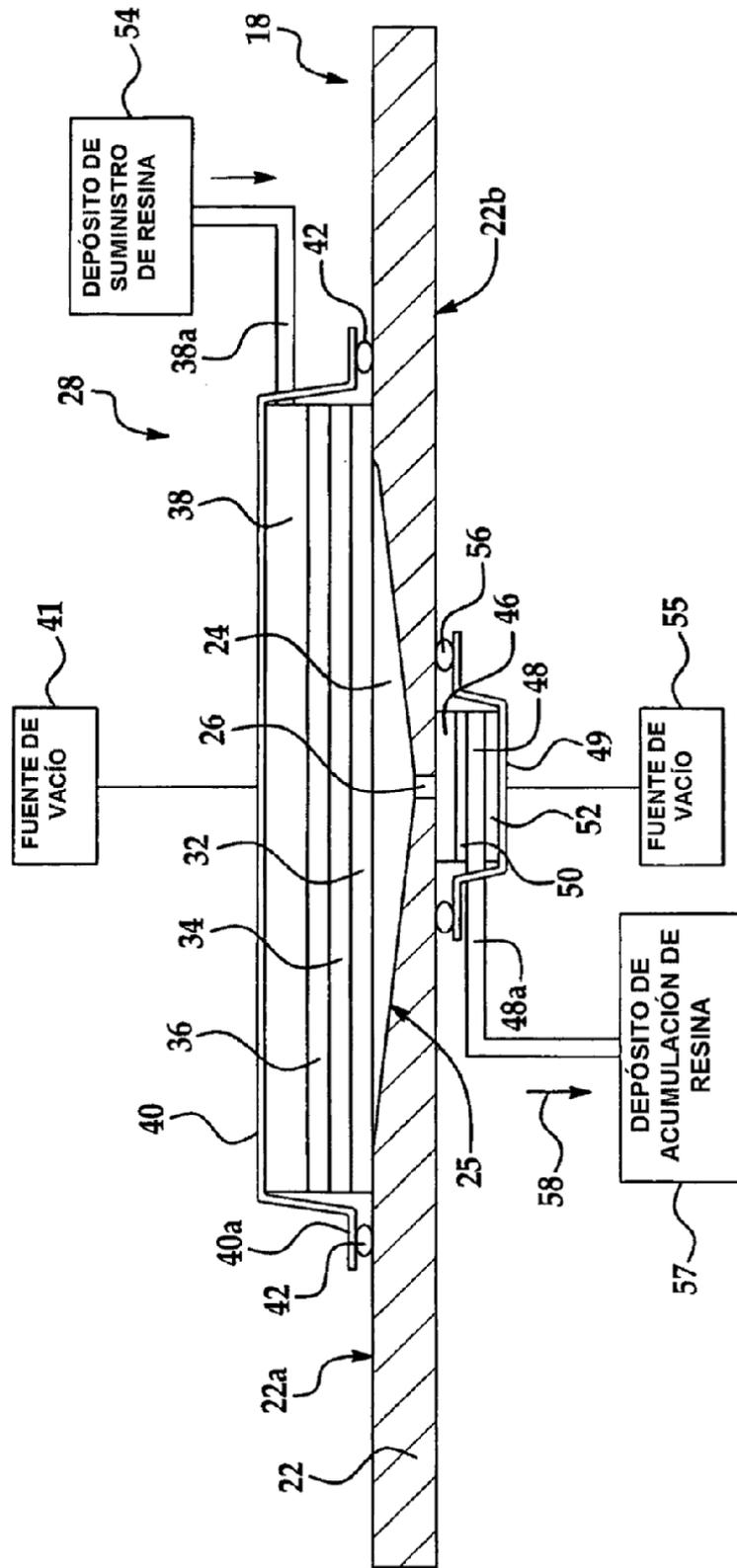


FIG. 7

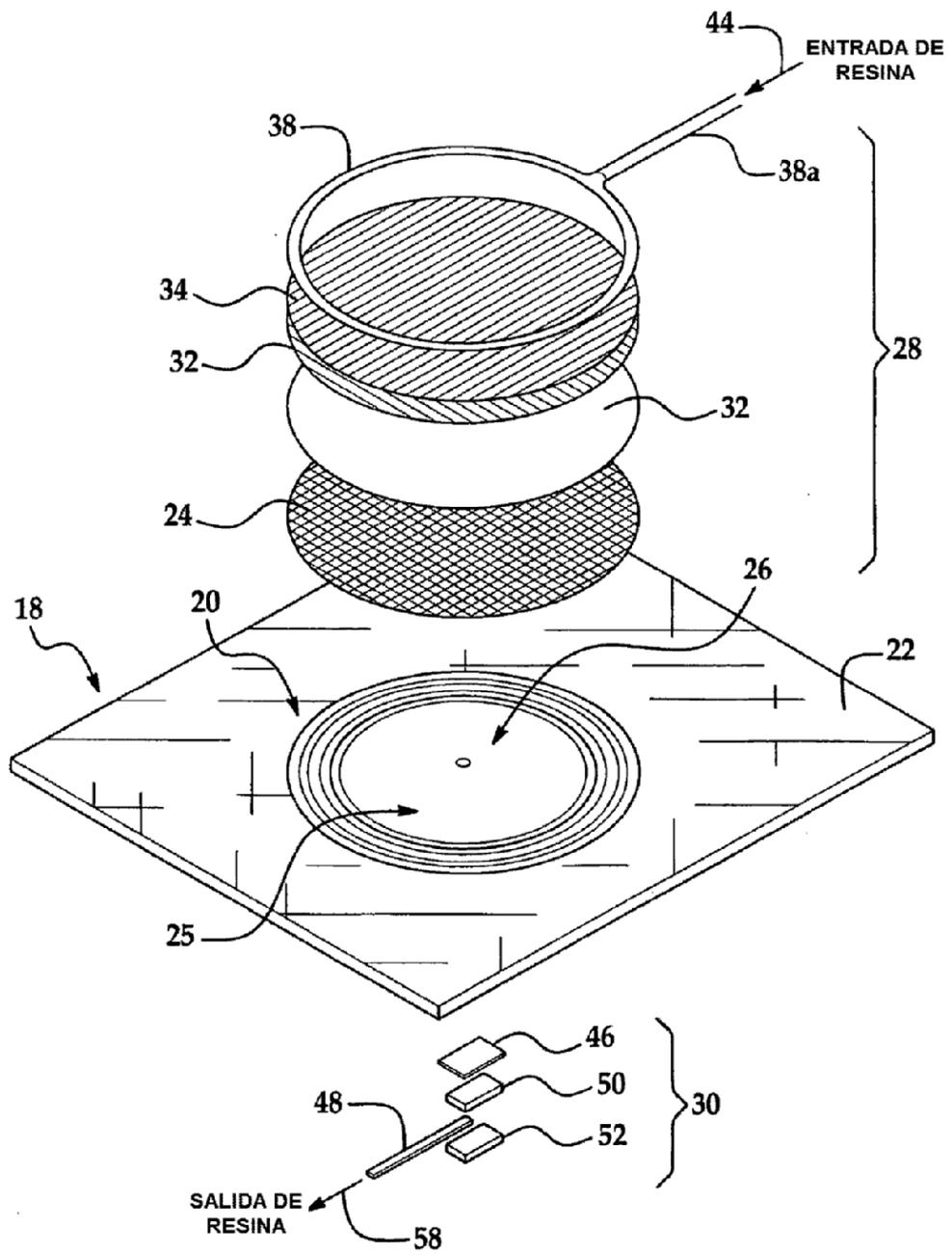


FIG. 8

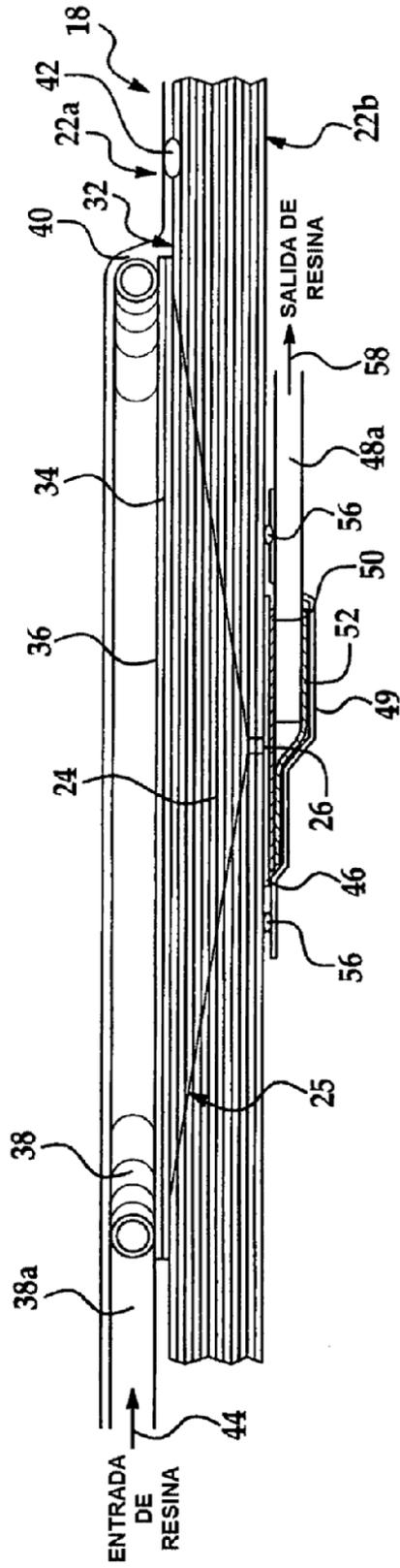


FIG. 9

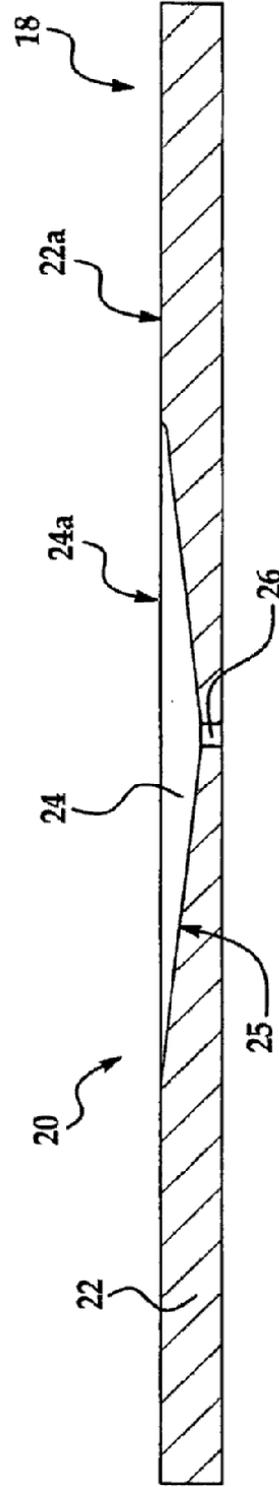


FIG. 10

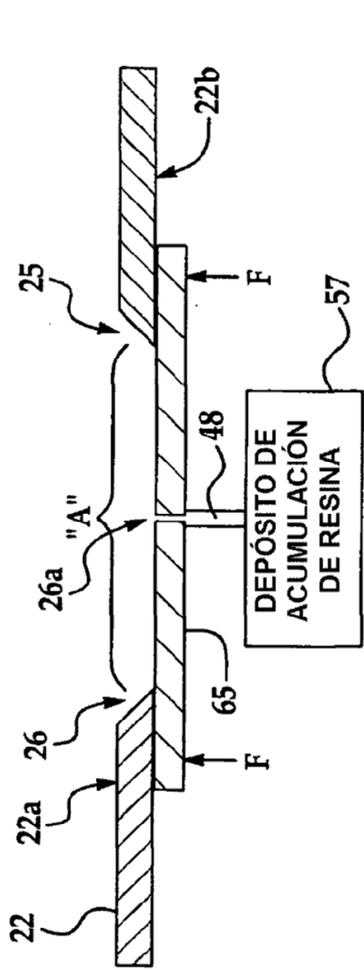


FIG. 11

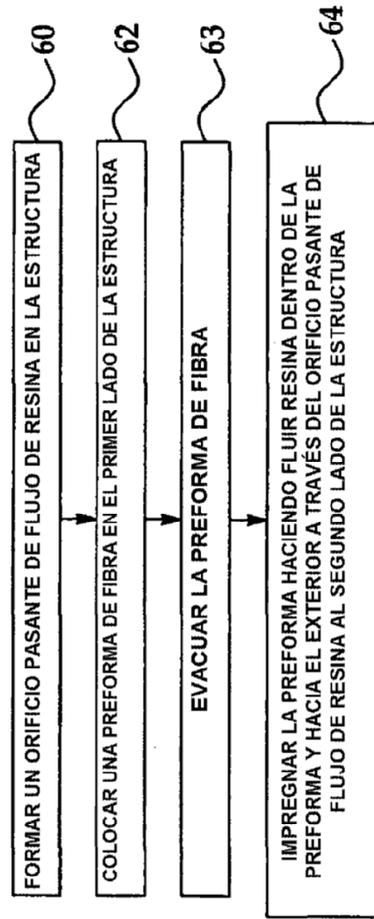


FIG. 12

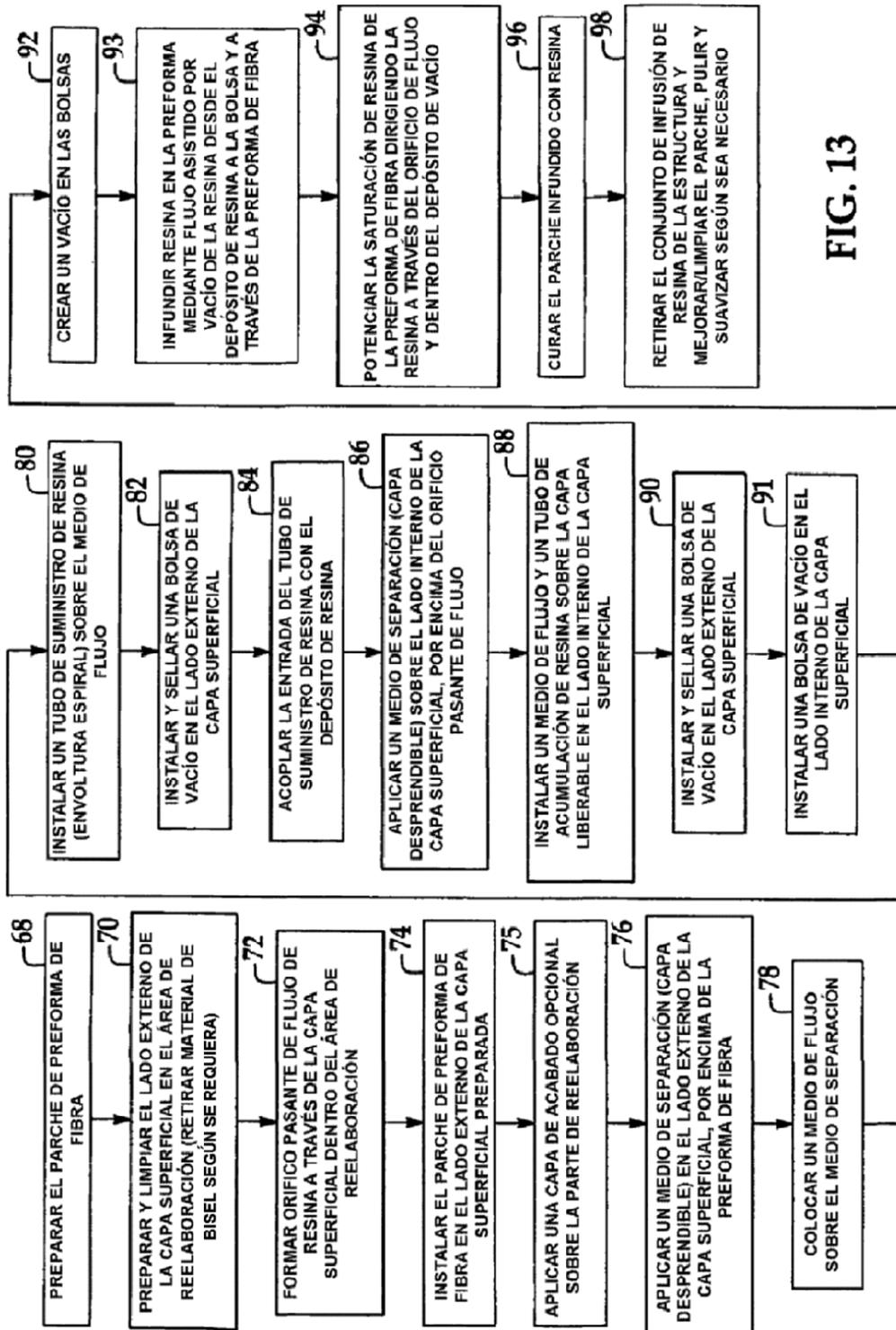


FIG. 13

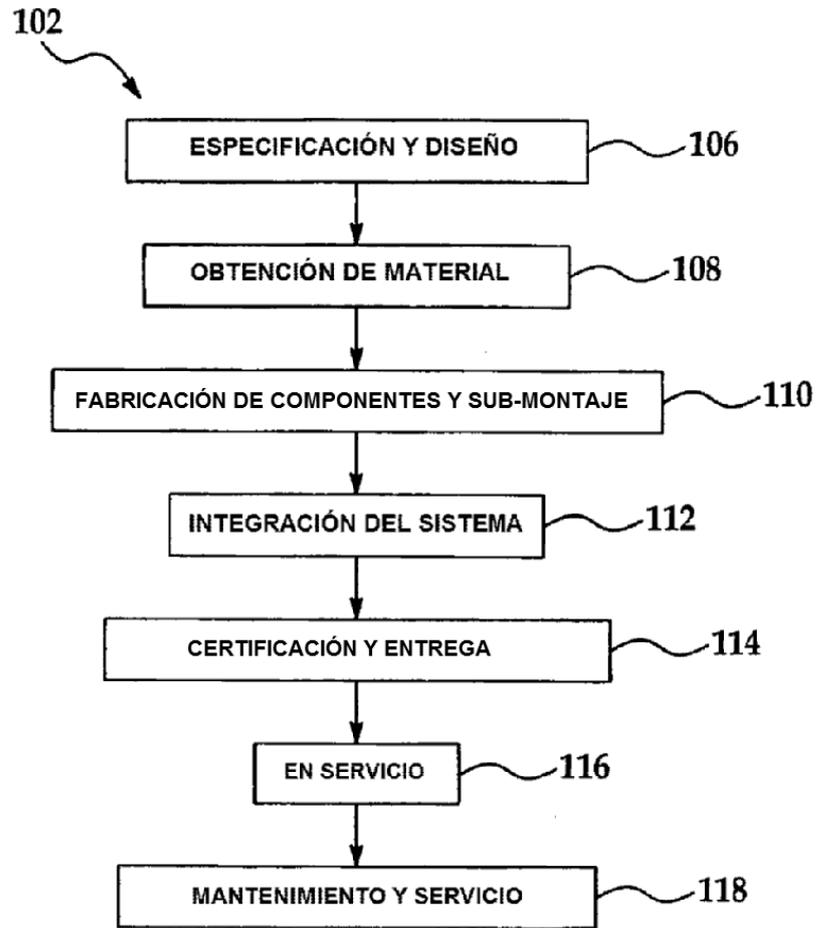


FIG. 14

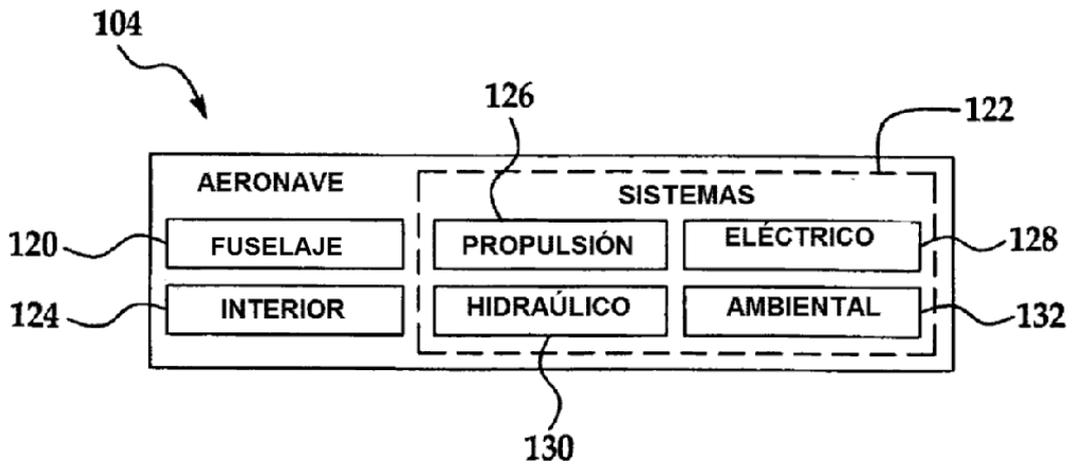


FIG. 15