



# OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11) Número de publicación: 2 787 349

61 Int. Cl.:

**B29C 70/44** (2006.01)

(12)

# TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: 19.09.2013 PCT/US2013/060527

(87) Fecha y número de publicación internacional: 08.05.2014 WO14070326

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: 19.09.2013 E 13774539 (4)

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: 11.03.2020 EP 2914414

(54) Título: Herramienta de material compuesto que tiene integridad de vacío y método de fabricación de

(30) Prioridad:

31.10.2012 US 201213665048

Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente: **15.10.2020** 

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

THOMAS, CHARLES WILLIAM

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

# **DESCRIPCIÓN**

Herramienta de material compuesto que tiene integridad de vacío y método de fabricación de la misma

#### Información de antecedentes

#### 1. Campo:

10

La presente divulgación se refiere, en general, a herramientas usadas para el procesamiento con bolsa de vacío de piezas de material compuesto y a métodos de fabricación de tales herramientas, y trata más particularmente de una herramienta de material compuesto que tiene integridad de vacío y un método de fabricación de la misma.

#### 2. Antecedentes:

El procesamiento con bolsa de vacío se usa comúnmente en la fabricación de piezas de material compuesto para consolidar y/o curar un apilamiento de piezas que comprende un material preimpregnado de múltiples pliegues. El apilamiento de piezas se coloca sobre una herramienta y se instala una bolsa de vacío sobre el apilamiento y se sella a la herramienta. La bolsa de vacío se evacua con el fin de comprimir el apilamiento contra la herramienta y, de ese modo, consolidar y/o formar el apilamiento. Cualquier fuga que pueda producirse que provoque una pérdida de presión de la bolsa de vacío puede afectar a la calidad y/o rendimiento de la pieza terminada.

Algunas veces se usan herramientas de material compuesto para el procesamiento con bolsa de vacío debido a su coste relativamente bajo de fabricación y su poco peso. Sin embargo, estas herramientas de material compuesto pueden experimentar algunas veces fugas a través de la herramienta que se producen en el momento de la fabricación o durante el servicio debido al ciclado térmico o a los daños por impacto causados por la manipulación Debido a estos problemas, las herramientas de material compuesto pueden someterse a prueba para detectar una fuga de aire antes de su uso.

Cuando se detectan fugas a través de la herramienta, la herramienta de material compuesto puede repararse, sin embargo, tales reparaciones no son siempre fiables y, en algunos casos, si no se realizan correctamente, la misma reparación puede dar como resultado una fuga. En algunos casos, las fugas en herramientas de material compuesto pueden repararse temporalmente colocando una cinta termoplástica o similar sobre la lámina frontal de la herramienta, cubriendo la zona de la fuga. Sin embargo, este tipo de reparación puede no ser duradero y puede afectar a la precisión dimensional de la pieza curada.

Por consiguiente, existe la necesidad de una herramienta de material compuesto usada en el procesamiento con bolsa de vacío de piezas de material compuesto que reduce o elimina fugas a través de la herramienta y que es tanto duradera como fiable. También existe la necesidad de un método de fabricación de una herramienta de material compuesto con la integridad de vacío del tipo mencionado anteriormente.

La publicación de solicitud de patente estadounidense US2010/096779, según su resumen, declara: "Una herramienta para su uso para formar artículos moldeados, comprendiendo la herramienta un cuerpo de herramienta formado de un material espumado, un material resinoso sobre el cuerpo de la herramienta y un material elastomérico entre dicho cuerpo de herramienta y el material resinoso para inhibir el movimiento de la resina desde el material resinoso hasta el cuerpo de herramienta. La invención también proporciona un método de fabricación de una herramienta, un método de moldeo de artículos usando una herramienta de este tipo y un material elastomérico para su uso en la formación de una herramienta. Una aplicación particular de las herramientas de la presente invención es en la formación o fabricación de artículos moldeados usando materiales compuestos, resinosos y curables".

# Sumario

50

55

Las realizaciones dadas a conocer proporcionan una herramienta de material compuesto con integridad de vacío que puede usarse para realizar el procesamiento con bolsa de vacío de apilamientos de piezas de material preimpregnado compuesto. La herramienta de material compuesto comprende un laminado de material compuesto de múltiples pliegues que incluye una capa de barrera integrada tal como una membrana, que es impenetrable al aire con el fin de impedir fugas a través de la herramienta y mantener un sello de vacío, incluso cuando se produzcan grietas en la herramienta. La eliminación de fugas a través de la herramienta puede reducir inconsistencias no deseadas en piezas curadas y mejorar la resistencia y/o integridad de las piezas. La integridad de vacío fiable de la herramienta de material compuesto puede reducir o eliminar piezas desechadas, lo que da como resultado reducciones correspondientes en costes de material y mano de obra. La herramienta de material compuesto es duradera y puede aguantar ciclado térmico repetido durante el procesamiento de piezas sin fuga de aire.

Según un aspecto, se proporciona una herramienta de material compuesto que tiene integridad de vacío, que comprende un laminado de material compuesto que incluye una capa de barrera de material impermeable al aire, en la que el laminado de material compuesto incluye conjuntos primero y segundo de pliegues de material compuesto, y en la que la capa de barrera incluye una membrana intercalada entre los conjuntos primero y segundo de pliegues de material compuesto, comprendiendo además el laminado de material compuesto una lámina frontal que tiene una superficie de herramienta adaptada para colocar una pieza de material compuesto sobre la misma, y una ranura de respiradero de borde en la lámina frontal que se extiende hasta la capa de barrera y que rodea la superficie de herramienta, según la reivindicación 1. La membrana puede ser flexible y puede estar formada de uno de caucho, nailon y silicona.

Según un ejemplo, se proporciona una herramienta de material compuesto para su uso en el procesamiento con bolsa de vacío de piezas de material compuesto. La herramienta de material compuesto comprende una pluralidad de pliegues de material compuesto, incluyendo una lámina frontal que tiene una superficie de herramienta adaptada para colocar una pieza de material compuesto sobre la misma, y al menos una capa de barrera impermeable a los gases interpuesta entre los pliegues de material compuesto para evitar fugas de aire a través de la herramienta.

La capa de barrera está formada de un material flexible y puede ser uno de un caucho, nailon y silicona. Los pliegues de material compuesto incluyen una ranura que rodea sustancialmente la superficie de herramienta. La ranura se extiende a través de la lámina frontal hasta al menos algunos de los pliegues de la capa de barrera.

Según un aspecto adicional, se proporciona un método de fabricación de una herramienta de material compuesto usada para el procesamiento con bolsa de vacío de piezas de material compuesto. El método comprende la formación de una primera porción de herramienta de material compuesto, en la que la formación de la primera porción de herramienta de material compuesto incluye apilar un primer conjunto de pliegues de material preimpregnado compuesto; formar una segunda porción de herramienta de material compuesto que tiene una superficie de herramienta sobre la que puede colocarse una pieza de material compuesto para el procesamiento con bolsa de vacío; colocar una membrana impermeable al aire entre las porciones de herramienta de material compuesto primera y segunda para impedir fugas de aire a través de la herramienta, en el que la colocación de la membrana incluye apilar la membrana sobre el primer conjunto de pliegues de material preimpregnado compuesto, y en el que la formación de la segunda porción de herramienta de material compuesto incluye apilar un segundo conjunto de pliegues de material preimpregnado compuesto sobre la membrana; y formar una ranura en la segunda porción de herramienta de material compuesto que rodea la superficie de herramienta mediante la mecanización del segundo conjunto de pliegues de material preimpregnado compuesto hasta el nivel de la membrana, según la reivindicación 4.

#### Breve descripción de los dibujos

10

15

20

25

30

35

45

50

Las características novedosas consideradas características de las realizaciones ilustrativas se exponen en las reivindicaciones adjuntas. Sin embargo, las realizaciones ilustrativas, así como un modo de uso preferido, objetivos adicionales y ventajas de los mismos, se comprenderán mejor mediante la referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ilustrativa de la presente divulgación cuando se lee junto con los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es una ilustración de una vista en perspectiva de una herramienta de material compuesto que tiene integridad de vacío según las realizaciones dadas a conocer.

La figura 2 es una ilustración de una vista en sección transversal de la herramienta mostrada en la figura 1, un apilamiento de piezas de material compuesto que se ha colocado sobre la herramienta, la bolsa de vacío mostrada justo antes de la evacuación.

La figura 2A es una ilustración de una vista en sección transversal de un borde de la herramienta mostrado en la figura 2, que muestra una forma alternativa de la ranura de respiradero de borde.

La figura 3 es una ilustración de un diagrama de flujo que muestra, en general, las etapas de una realización de un método de fabricación de la herramienta de material compuesto mostrada en las figuras 1 y 2.

La figura 4 es una ilustración de un diagrama de flujo que muestra las etapas de otra realización de un método de fabricación de la herramienta de material compuesto mostrada en las figuras 1 y 2.

La figura 5 es una ilustración de un diagrama de flujo de la metodología de producción y servicio de aeronave.

La figura 6 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave.

### 40 Descripción detallada

En primer lugar, haciendo referencia a la figura 1, las realizaciones dadas a conocer se refieren a una herramienta de material compuesto 10 que tiene integridad de vacío que puede emplearse para procesar piezas usando técnicas de embolsado al vacío. Por ejemplo, la herramienta de material compuesto 10 puede usarse para consolidar, formar y/o curar un apilamiento de piezas de material preimpregnado compuesto (no mostrado en la figura 1), ya sea con o sin procesamiento en autoclave. Tal como se comentará a continuación en más detalle, la construcción de la herramienta de material compuesto 10 reduce o elimina fugas de aire a través de la herramienta que pueden dar como resultado una reducción de vacío durante el procesamiento con bolsa de vacío del apilamiento de piezas y afectar a la calidad de la pieza terminada.

La herramienta de material compuesto 10 comprende un laminado de material compuesto que incluye una capa de barrera 16 de un material que es impermeable al paso de gas a través del mismo, incluyendo aire. La capa de barrera 16 puede comprender una membrana impermeable adecuada 25, comentada en más detalle a continuación, que se intercala entre y se lamina con una primera porción de herramienta 12 y una segunda porción de herramienta 14. Cada una de las porciones de herramienta primera y segunda 12, 14 pueden estar formadas respectivamente de un laminado reforzado con fibra de múltiples pliegues tal como, sin limitación, plástico epoxi de fibra de carbono (CFRP). La herramienta de

material compuesto 10 incluye una ranura de respiradero de borde 20, que se extiende periféricamente, en la parte superior de la misma que rodea una pieza que soporta la superficie de herramienta 18, y un reborde periférico exterior 22 al que puede sellarse una bolsa de vacío (no mostrada).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

Ahora se dirige la atención a la figura 2 que ilustra detalles adicionales de la herramienta de material compuesto 10. En el ejemplo ilustrado, un apilamiento de piezas de material compuesto 32 se ha colocado sobre la superficie de herramienta 18 en la preparación para el procesamiento con bolsa de vacío. Una bolsa de vacío flexible 24 se instala sobre el apilamiento de piezas 32 y se sella alrededor de su periferia al reborde periférico 22 mediante un sellante convencional 28. Aunque no se muestra en la figura 2, la bolsa de vacío 24 se acopla con una fuente de vacío adecuada para evacuar y hacer bajar la bolsa 24 contra el apilamiento de piezas 32, compactando de ese modo el apilamiento de piezas 32 contra la superficie de herramienta 18. Otros componentes usados normalmente en el procesamiento con bolsa de vacío pueden colocarse encima del apilamiento de piezas 32, por debajo de la bolsa de vacío 24, incluyendo pero sin limitarse a pliegues provisionales, respiraderos de superficie, chapas de prensado, etc. (no mostrados todos). Un respiradero de borde 26 puede colocarse alrededor de la periferia exterior del apilamiento de piezas 32, por debajo de la bolsa de vacío 24, soportada sobre los bordes exteriores de la superficie de herramienta 18. Aunque no se muestra en las figuras, la ranura de respiradero de borde 20 se acopla con una línea de vacío de flujo relativamente alto conectada a una bomba de vacío que evacua la ranura de respiradero de borde 20 a medida que la bolsa de vacío 24 se evacua y se hace bajar contra el apilamiento de piezas 32. A medida que la bolsa de vacío 24 se hace bajar durante la evacuación, conecta en derivación la parte superior de la ranura de respiradero de borde 20, permitiendo de ese modo que la ranura de respiradero de borde 20 permanezca sustancialmente abierta. La ranura de respiradero de borde 20 funciona como un colector de vacío que aplica buena presión de vacío alrededor del perímetro entero del apilamiento de piezas 32 mientras permite que los bordes de la superficie 18 "respiren".

La membrana impermeable 25 que forma la capa de barrera 16 puede comprender cualquier material adecuado que sea flexible e impida el paso de gas tal como aire a través del mismo y que pueda laminarse en pliegues de las porciones de herramienta primera y segunda 12, 14 respectivamente. La membrana 25 que forma la capa de barrera 16 puede comprender, por ejemplo y sin limitación, un caucho elastomérico tal como Viton®, un nailon flexible o una silicona flexible. Tal como se comentará a continuación, en algunas realizaciones, la membrana 25 que forma la capa de barrera 16 puede comprender una lámina de material que se forma al vacío en caliente sobre la cara de la primera porción de herramienta 12 durante la fabricación de la herramienta de material compuesto 10. En aplicaciones donde la membrana 25 es un caucho elastomérico, el caucho puede estar en una fase b cuando se forma al vacío en caliente sobre la primera porción de herramienta 12 y, después, se vulcaniza.

Otras técnicas para la adhesión de la membrana 25 a la cara de la primera porción de herramienta 12 son posibles, incluyendo pero sin limitarse a la unión con adhesivo. El grosor de la capa de barrera 16, así como su posición dentro del grosor "g" de la herramienta de material compuesto 10 puede variar dependiendo de la aplicación, así como los materiales particulares usados para formar la herramienta de material compuesto 10. Generalmente, sin embargo, la capa de barrera 16 puede situarse dentro de la mitad superior del grosor "g" de la herramienta de material compuesto 10, pero al menos varios pliegues por debajo del pliegue superior o lámina frontal 18a de la segunda porción de herramienta 14. Debe observarse en el presente documento que aunque se ha ilustrado una membrana 25, la capa de barrera impermeable 16 puede formarse usando otras técnicas.

Como resultado del ciclado térmico, el desgaste, la manipulación, los impactos u otras causas, pueden desarrollarse trayectorias de fugas a través de al menos una porción del grosor "g" de la herramienta de material compuesto 10. La membrana 25 funciona como capa de barrera 16 que impide que el aire que entra en estas trayectorias de fugas alcance el apilamiento de piezas 32 y/o el volumen dentro de la bolsa de vacío 24, manteniendo de ese modo el sello de vacío. Por ejemplo, 30a indica una trayectoria de fuga en la primera porción de herramienta 12 que se propaga hacia arriba pero la detiene y bloquea la capa de barrera 16. De manera similar, una trayectoria de fuga 30b que se extiende desde la lámina frontal 18a hacia abajo a través de la segunda porción de herramienta 14 también la bloquea y sella herméticamente la capa de barrera 16. 30c indica otra posible trayectoria de fuga que se extiende desde la superficie de herramienta 18 hacia abajo y lateralmente hacia fuera hasta un borde 35 de la segunda porción de herramienta 14. La ranura de respiradero de borde 20 corta la trayectoria de fuga 30c, impidiendo de ese modo la fuga de aire en la bolsa de vacío 24 desde el borde 35. Por tanto, se impide que cualquier trayectoria de fuga en la que entra aire formada en la herramienta de material compuesto 10 alcance el apilamiento de piezas 32 o el volumen dentro de la bolsa de vacío 24, que, por otra parte, podría causar una pérdida de presión de vacío y/o inconsistencias en la pieza curada.

La figura 2A ilustra una realización alternativa de la herramienta de material compuesto 10 en la que la ranura de respiradero de borde 20 se extiende lateralmente hacia fuera del borde 35 (figura 2) de la segunda porción de herramienta 14, eliminando el reborde periférico 22. En esta realización, la bolsa de vacío 24 se sella directamente contra los bordes exteriores expuestos 25a de la membrana 25 mediante el sellante 28. Donde el sellante 28 contacta directamente con la membrana 25, tal como en este ejemplo, la membrana 25 debe estar formada de un material que no solo sea impermeable, sino también compatible con el sellante 28, duradero y resistente a disolventes convencionalmente usados en la fabricación de materiales compuestos.

La figura 3 ilustra una realización de un método de fabricación de la herramienta de material compuesto 10 mostrada en las figuras 1 y 2. Empezando en la etapa 34, se forma una primera porción de herramienta de material compuesto 12. Se forma una segunda porción de herramienta de material compuesto separada 14 en 36. Cada una de las etapas 34, 36

puede realizarse apilando una pluralidad de pliegues de material compuesto reforzados con fibra sobre un sustrato adecuado tal como una herramienta u otro sustrato. En la etapa 38, se coloca una membrana impermeable al aire 25 que forma una capa de barrera 16 entre las porciones de herramienta de material compuesto primera y segunda 12, 14 con el fin de impedir fugas de aire a través de la herramienta 10. Pueden usarse diversas técnicas para colocar la capa de barrera 16 entre las porciones de herramienta de material compuesto primera y segunda 12, 14. Por ejemplo, tras apilar la primera porción de herramienta de material compuesto 12, una membrana impermeable al aire 25, que puede comprender, tal como se ha mencionado anteriormente, una lámina de un material elastomérico, nailon o silicona, puede formarse al vacío en caliente sobre la superficie de la primera porción de herramienta 12 usando una bolsa de vacío (no mostrada) para comprimir la lámina contra la superficie de la primera porción de herramienta 12. Este procedimiento de formación al vacío en caliente ayuda a garantizar que la membrana 25 está en contacto íntimo cara a cara con la primera porción de herramienta 12, mientras la adhiere a la primera porción de herramienta 12. Aunque la figura 3 muestra la primera porción de herramienta 34 formándose antes que la segunda porción de herramienta 36, en las realizaciones prácticas típicas, la herramienta 10 puede fabricarse a partir de la parte trasera de la superficie de herramienta 18. Por tanto, se apilaría la segunda porción de herramienta 14, tras lo cual la capa de barrera 16 se apilaría sobre la segunda porción de herramienta 14. Después, la primera porción de herramienta 12 se apilaría sobre la capa de barrera 16, tras lo cual la ranura de respiradero de borde 20 se mecanizaría en la segunda porción de herramienta 14.

10

15

20

40

45

En una realización, la primera porción de herramienta de material compuesto 12 puede curarse previamente antes de que la membrana 25 se forme al vacío en caliente sobre ella, mientras que, en otra realización, la primera porción de herramienta de material compuesto 12 puede no curarse cuando la membrana 25 se forma al vacío en caliente sobre ella, en cuyo caso la primera porción de herramienta de material compuesto 12 y la membrana 25 pueden curarse y vulcanizarse simultáneamente. De manera similar, cualquiera de o ambas porciones de herramienta de material compuesto 12, 14 pueden curarse o no curarse en el momento en que la membrana impermeable 25 se lamina entre ellas. Son posibles otras secuencias de apilamiento, ensamblaje y curado de las porciones de herramienta primera y segunda 12, 14 con la membrana 25.

La figura 4 ilustra otra realización de un método de fabricación de la herramienta de material compuesto 10. Empezando en la etapa 40, un primer conjunto de pliegues de material preimpregnado compuesto se apila sobre una superficie adecuada tal como una herramienta u otro sustrato. Después, en la etapa 42, y la membrana impermeable 25 se forma al vacío en caliente sobre el lado posterior del primer conjunto de pliegues de material preimpregnado compuesto. En la etapa 44, un segundo conjunto de pliegues de material preimpregnado compuesto se apila sobre el primer conjunto de pliegues. En la etapa 46, los conjuntos primero y segundo de pliegues se embolsan al vacío y se curan. En la etapa 48, se desmoldea la herramienta de material compuesto 10, tras lo cual, en la etapa 50, la superficie de la herramienta de material compuesto 10 puede prepararse adecuadamente, tal como mecanizando y limpiando con chorro de arena la superficie hasta conseguir el acabado de superficie deseado. Finalmente, en la etapa 52 la ranura de respiradero de borde se mecaniza a través del primer conjunto de pliegues con el fin de cortar trayectorias de fuga que se extienden desde el borde exterior 35 de la herramienta de material compuesto 10.

Las realizaciones de la divulgación pueden encontrar utilización en una variedad de aplicaciones potenciales, particularmente en la industria del transporte, incluyendo, por ejemplo, aplicaciones aeroespaciales, marítimas, automovilísticas y otras aplicaciones donde puede utilizarse curado en autoclave de piezas de material compuesto. Por tanto, con referencia ahora a las figuras 5 y 6, las realizaciones de la divulgación pueden utilizarse en el contexto de un método de fabricación y servicio de aeronaves 54, tal como se muestra en la figura 5, y una aeronave 56, tal como se muestra en la figura 6. Las aplicaciones de aeronave de las realizaciones dadas a conocer pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, herramientas de material compuesto usadas para producir una variedad de piezas de material compuesto, incluyendo pero sin limitarse a las que forman parte del fuselaje 72, sistemas integrados 74 y/o el interior 76 de la aeronave 56. Durante la pre-producción, el método a modo de ejemplo 54 puede incluir la especificación y el diseño 98 de la aeronave 56 y la adquisición de material 60. Durante la producción, tiene lugar la fabricación de componentes y subconjuntos 62 y la integración de sistemas 64 de la aeronave 56. A continuación, la aeronave 56 puede someterse a certificación y entrega 66 con el fin de ponerse en servicio 68. Cuando se encuentra en servicio por un cliente, la aeronave 56 se programa para labores de mantenimiento y servicio rutinarias 68, que también pueden incluir modificación, reconfiguración, renovación y así sucesivamente.

- Cada uno de los procedimientos del método 54 puede llevarse a cabo o realizarse por un integrador de sistemas, un tercero y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los fines de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir sin limitación cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir sin limitación cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, empresa de alquiler, entidad militar, organización de servicio y así sucesivamente.
- Tal como se muestra en la figura 6, la aeronave 56 producida por el método a modo de ejemplo 54 puede incluir un fuselaje 72 con una pluralidad de sistemas 74 y un interior 76. Ejemplos de sistemas de alto nivel 74 incluyen uno o más de un sistema de propulsión 78, un sistema eléctrico 80, un sistema hidráulico 82 y un sistema ambiental 84. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la divulgación pueden aplicarse a otras industrias, tales como las industrias marítima y automovilística.
- 60 Los sistemas y métodos realizados en el presente documento pueden emplearse durante una o más de las fases del método de producción y servicio 54. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al proceso de

# ES 2 787 349 T3

producción 62 pueden fabricarse o elaborarse de una manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 56 está en servicio. También, una o más realizaciones del aparato, realizaciones del método o una combinación de las mismas pueden utilizarse durante las etapas de producción 62 y 64, por ejemplo, acelerando sustancialmente el ensamblaje de o reduciendo el coste de una aeronave 56. De manera similar, una o más de las realizaciones del aparato, realizaciones del método o una combinación de las mismas pueden utilizarse mientras la aeronave 56 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para las labores de servicio y mantenimiento 70.

5

10

Se ha presentado la descripción de las diferentes realizaciones ilustrativas con fines de ilustración y descripción, y no pretende ser exhaustiva o estar limitada a las realizaciones en la forma dada a conocer. Muchas modificaciones y variaciones resultarán evidentes para los expertos habituales en la técnica. Además, las diferentes realizaciones ilustrativas pueden proporcionar diferentes ventajas en comparación con otras realizaciones ilustrativas. La realización o realizaciones seleccionadas se eligen y se describen con el fin de explicar mejor los principios de las realizaciones, la aplicación práctica, y para permitir que otros expertos habituales en la técnica entiendan la divulgación para diversas realizaciones con diversas modificaciones tal como resultan adecuadas para el uso particular contemplado.

## REIVINDICACIONES

1. Herramienta de material compuesto que tiene integridad de vacío, que comprende:

un laminado de material compuesto que incluye una capa de barrera (16) de material impermeable al aire, en la que el laminado de material compuesto incluye:

5 conjuntos primero y segundo de pliegues de material compuesto (12, 14), y

en la que la capa de barrera (16) incluye una membrana (25) intercalada entre los conjuntos primero y segundo de pliegues de material compuesto;

comprendiendo además el laminado de material compuesto:

10

20

25

30

una lámina frontal (18a) que tiene una superficie de herramienta (18) adaptada para colocar una pieza de material compuesto sobre la misma, y

una ranura de respiradero de borde (20) en la lámina frontal (18a) que se extiende hasta la capa de barrera (16) y que rodea la superficie de herramienta (18).

- 2. Herramienta de material compuesto según la reivindicación 1, en la que la membrana (25) es flexible.
- 3. Herramienta de material compuesto según la reivindicación 2, en la que la membrana (25) es uno de caucho, nailon y silicona.
  - 4. Método de fabricación de una herramienta de material compuesto usada para el procesamiento con bolsa de vacío de piezas de material compuesto, que comprende:

formar una primera porción de herramienta de material compuesto, en el que la formación de la primera porción de herramienta de material compuesto incluye apilar un primer conjunto (12) de pliegues de material preimpregnado compuesto:

formar una segunda porción de herramienta de material compuesto que tiene una superficie de herramienta (18) sobre la que se coloca una pieza de material compuesto para el procesamiento con bolsa de vacío;

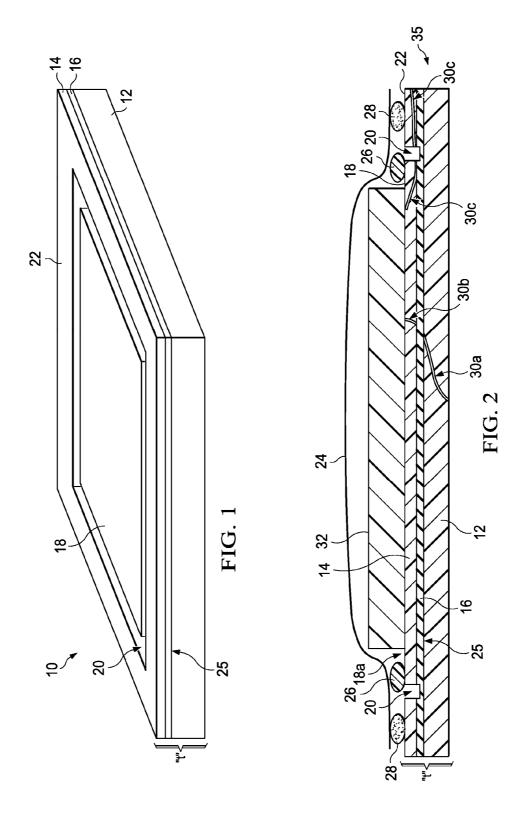
colocar una membrana impermeable al aire (25) entre las porciones de herramienta de material compuesto primera y segunda para impedir fugas de aire a través de la herramienta, en el que la colocación de la membrana incluye apilar la membrana sobre el primer conjunto de pliegues de material preimpregnado compuesto, y en el que la formación de la segunda porción de herramienta de material compuesto incluye apilar un segundo conjunto (14) de pliegues de material preimpregnado compuesto sobre la membrana; y

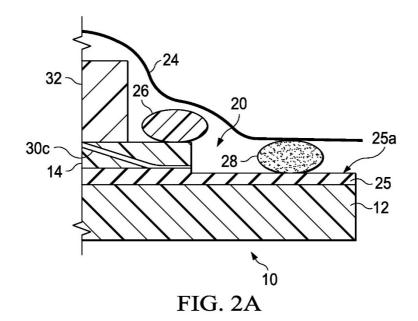
formar una ranura (20) en la segunda porción de herramienta de material compuesto que rodea la superficie de herramienta mecanizando el segundo conjunto de pliegues de material preimpregnado compuesto hasta el nivel de la membrana.

5. Método según la reivindicación 4, en el que la colocación de la membrana impermeable al aire entre las porciones de herramienta de material compuesto primera y segunda incluye:

colocar la membrana impermeable al aire sobre una superficie de la primera porción de herramienta de material compuesto; y

adherir la membrana impermeable al aire a la superficie de la primera porción de herramienta de material compuesto colocando una bolsa de vacío sobre la membrana impermeable al aire y la primera porción de herramienta de material compuesto, y usar la bolsa de vacío para comprimir la membrana impermeable al aire contra la superficie de la primera porción de herramienta de material compuesto.





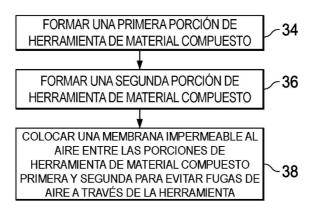


FIG. 3

FIG. 4

