

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 421 624**

51 Int. Cl.:

B29C 70/44 (2006.01)

B29C 70/54 (2006.01)

B29C 70/38 (2006.01)

B29C 73/12 (2006.01)

B29C 73/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2011 E 11160866 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2013 EP 2383106**

54 Título: **Método y aparato para formar y aplicar laminados de material compuesto que tienen complejas geometrías**

30 Prioridad:

27.04.2010 US 768007

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

04.09.2013

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ROTTER, DANIEL M.;
WILLDEN, KURTIS S.;
HOLLENSTEINER, WILLIAM S. y
ROBINS, BRIAN G.**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 421 624 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 formar y aplicar laminados de material compuesto que tienen complejas geometrías

5 **Campo técnico**

La presente divulgación se refiere en general a la fabricación de piezas de material compuesto, y se refiere más particularmente a un método y a un aparato para formar y aplicar laminados de material compuesto, tales como dobladores, a superficies de las piezas que tienen complejas geometrías.

10

Antecedentes

Las máquinas automatizadas de colocación de fibras (AFP) se pueden utilizar para la laminación de estructuras laminadas de material compuesto que comprenden múltiples capas de una o más orientaciones de fibras. Cuando toda la estructura se fabrica utilizando una máquina de AFP, la tasa de construcción puede ser dependiente de la velocidad de la máquina de AFP, ya que las capas se forman normalmente secuencialmente. Para acelerar el proceso de construcción, ciertos segmentos de la estructura se pueden construir con la mano y aplicarse a la estructura en forma de kits pre-montados. Por ejemplo, se pueden pre-montar dobladores y aplicarse con la mano como una sub-tarea durante la secuencia de construcción de la AFP. Sin embargo, pre-montar laminados dobladores con la mano puede llevar mucho tiempo y es difícil, en particular cuando los dobladores deben aplicarse a una estructura que tiene complejas geometrías superficiales, tales como una nariz con múltiples contornos o sección de cola de un avión. Los intentos anteriores para pre-montar dobladores utilizando equipo automatizado se han limitado a laminados que pueden ser planos o que tienen una curvatura constante en una dimensión. Ejemplos de tales equipos automatizados se encuentran en los documentos EP-A-0.271.263 y US2009/0320292.

25

Por consiguiente, existe la necesidad de un método y un aparato para formar y aplicar de laminados, tales como dobladores a estructuras de material compuesto que tienen complejas geometrías superficiales que incluyen múltiples contornos.

30 **Sumario**

La presente invención se refiere a un método de acuerdo con la reivindicación 1 y a un aparato de acuerdo con la reivindicación 6.

35

Las realizaciones divulgadas proporcionan un método y un aparato para formar y aplicar laminados en estructuras de materiales compuestos que tienen formas complejas, tales como piezas con múltiples contornos. Los requisitos de aplicación y compactación de laminados se integran en un proceso que puede utilizar una sola herramienta. Los laminados se pueden formar rápidamente para coincidir con la geometría de la superficie de la pieza utilizando una máquina de AFP para laminar el material compuesto en una herramienta que tiene una cara de la herramienta con múltiples contornos que coincide sustancialmente con la superficie de la pieza. La herramienta se puede utilizar también para situar y compactar el laminado sobre la superficie de la pieza. El método y el aparato divulgados permiten que laminados tales como dobladores se fabriquen en una línea de montaje principal, permitiendo de este modo que se modifiquen según sea necesario y se inspeccionen sin ralentizar el proceso de montaje principal.

40

45

De acuerdo con una realización divulgada, se proporciona un método de formación y colocación de un laminado de material compuesto en una parte contorneada. El método incluye formar un laminado de material compuesto contorneado en una herramienta contorneada para que coincida sustancialmente el contorno de la pieza. El método incluye también generar un conjunto de datos de localización que representan la localización de la pieza en relación con la herramienta. El método utiliza un manipulador y los datos de ubicación para mover la herramienta en proximidad a la pieza y situar el laminado contorneado en la pieza. La formación del laminado de material compuesto contorneado puede llevarse a cabo utilizando una máquina automática de colocación de fibras para situar automáticamente el material compuesto sobre la herramienta. El laminado puede ser compactado contra la pieza hinchando una cámara de aire en la herramienta y/o hinchando una bolsa en la herramienta. La bolsa se puede separar del laminado compactado mediante la deflación de la bolsa. La generación de los datos de localización se puede realizar determinando la posición tridimensional (3-D) del contorno de herramienta con relación a la posición 3-D del contorno de la pieza en un sistema de referencia 3-D común.

50

55

60

De acuerdo con otra realización, se proporciona un método de aplicación de duplicadores de material compuesto en una pieza que tiene una superficie con múltiples contornos. El método incluye atraer una bolsa de vacío hacia abajo sobre una cara con múltiples contornos de una herramienta que coincide sustancialmente con los contornos de la superficie de la pieza. Capas de material compuesto se sitúan en la cara de la herramienta sobre la bolsa. El método incluye generar un conjunto de datos de localización que representan la localización de la cara de la herramienta con respecto a la superficie de la pieza. El método comprende además el uso de los datos de localización y un manipulador para mover automáticamente la herramienta en proximidad a la pieza y situar el laminado contra la superficie de la pieza. El método incluye también compactar el laminado contra la superficie de la pieza hinchando la bolsa. Atraer la bolsa hacia abajo sobre la cara de la herramienta se realiza introduciendo un vacío en la bolsa.

65

De acuerdo con otra realización adicional, se proporciona un método de aplicación de un laminado en una pieza que tiene una superficie con múltiples contornos. El método incluye atraer una bolsa flexible hacia abajo sobre una cara con múltiples contornos de una herramienta que coincide sustancialmente con los contornos de la superficie de las piezas. El método incluye situar un laminado de material compuesto en la cara de la herramienta cubierta por la bolsa y mover la herramienta en proximidad a la pieza y utilizar la herramienta para situar el laminado en la superficie de las piezas. El método incluye también compactar el laminado contra la superficie de las piezas hinchando la bolsa y separar la bolsa del laminado compactado creando un vacío en la bolsa. El método puede comprender además compactar el laminado contra la superficie de las piezas hinchando una cámara de aire entre la cara de la herramienta y la bolsa.

De acuerdo con otra realización adicional, se proporciona un aparato para aplicar laminados de material compuesto sobre un sustrato contorneado. El aparato incluye una herramienta, primer y segundo compactadores, y medios para controlar el primer y segundo compactadores. La herramienta se adapta para montarse en un manipulador para mover la herramienta en proximidad al sustrato e incluye una cara de la herramienta contorneada que coincide sustancialmente con el contorno del sustrato. El primer compactador flexible, cubre la cara de la herramienta y se adapta para tener un laminado de material compuesto situado sobre el mismo. El segundo compactador flexible se dispone entre el primer compactador y la cara de la herramienta para compactar el laminado sobre el sustrato. El primer compactador puede incluir una bolsa de vacío sellada en la herramienta, y el segundo compactador puede incluir una cámara de aire hinchable flexible. Los medios para controlar el primer y segundo compactadores pueden incluir una fuente de presión, una fuente de vacío, y un controlador para presurizar y despresurizar de forma selectiva el primer y segundo compactadores utilizando la fuente de presión y la fuente de vacío.

De acuerdo con otra realización, se proporciona un aparato para formar y aplicar laminados de material compuesto en una pieza que tiene una superficie con múltiples contornos. El aparato incluye una herramienta que tiene una cara con múltiples contornos que coincide sustancialmente con los contornos de la superficie de la pieza, una bolsa flexible en la herramienta, un manipulador, y un controlador. La bolsa flexible cubre y se ajusta a los contornos de la cara de la herramienta y se adapta para tener un laminado situado sobre la misma y se presuriza para compactar el laminado contra la superficie de la pieza. El manipulador manipula la herramienta en proximidad a la pieza y sitúa el laminado en la superficie de la pieza. El controlador controla el funcionamiento del manipulador y la presurización de la bolsa. El aparato puede comprender además una cámara de aire hinchable entre la cara de la herramienta y la bolsa para compactar el laminado contra la superficie de la pieza. En una realización, la herramienta se forma de espuma estructural.

De acuerdo con otra realización adicional, se proporciona un aparato para formar y aplicar laminados de material compuesto en una pieza que tiene una superficie con múltiples contornos. El aparato incluye una herramienta, un manipulador robótico, una máquina automática de colocación de fibras de material compuesto, un sistema de localización, un compactador, y medios de control. La herramienta incluye una cara con múltiples contornos que coincide sustancialmente con los contornos de la superficie de la pieza. El manipulador robótico tiene la herramienta montada en el mismo para manipular la herramienta. La máquina automática de colocación de fibras de material compuesto incluye un cabezal de colocación de fibras para formar un laminado de material compuesto de diversas capas en la cara de la herramienta. El sistema de localización genera un conjunto de datos de localización que localizan el cabezal de colocación de fibras, la cara de la herramienta y la superficie unos con respecto a los otros en un sistema de referencia espacial común. El compactador de la herramienta compacta el laminado contra la superficie de la pieza, y los medios de control controlan la operación del manipulador, de la máquina automática de colocación de fibras y del compactador, en base a los datos de localización.

Breve descripción de las ilustraciones

La Figura 1 es una ilustración de un diagrama de bloques funcional de un aparato para formar y aplicar laminados de material compuesto que tienen complejas geometrías.

La Figura 2 es una ilustración de una vista en perspectiva de una sección de nariz con múltiples contornos para un avión que tiene un doblador de material compuesto aplicado y compactado sobre el mismo de acuerdo con las realizaciones divulgadas.

La Figura 3 es una ilustración de una vista isométrica de una herramienta que se utiliza para formar y aplicar el doblador que se muestra en la Figura 2, una bolsa de compactación y la cámara de aire no se muestran para mayor claridad.

La Figura 4 es una ilustración de una vista lateral del aparato para formar y aplicar laminados de material compuesto que tienen complejas geometrías en la sección de nariz que se muestra en la Figura 2.

La Figura 5 es una ilustración de una vista en sección y esquemática combinada de la herramienta y del sistema de localización.

La Figura 6A es una vista en sección de la herramienta cuando se monta inicialmente.

La Figura 6B es una ilustración de una vista en perspectiva de la herramienta mostrada en la Figura 6A.

La Figura 7A es una ilustración similar a la Figura 6A, pero que muestra la bolsa que ha sido atraída hacia abajo contra de la superficie de la herramienta.

La Figura 7B es una ilustración similar a la Figura 6B, pero que muestra la bolsa que ha sido atraída hacia

abajo contra la superficie de la herramienta.

La Figura 8A es una ilustración de una vista en sección de la herramienta que muestra un cabezal automático de colocación de fibras que forma un laminado en la cara de la herramienta.

5 La Figura 8B es una ilustración de una vista en perspectiva de la herramienta, que muestra un laminado de ha sido formado parcialmente en la cara de la herramienta.

La Figura 9A es una ilustración de una vista en sección de la herramienta que muestra el laminado después que ha sido situado en la superficie de la pieza, y con cámara de aire de la herramienta habiéndose hinchado para compactar el laminado contra la superficie de la pieza.

10 La Figura 9B es una ilustración de una vista en perspectiva que muestra la herramienta de situación del laminado sobre la superficie de la pieza.

La Figura 10 es una ilustración similar a la Figura 9A, pero que muestra la bolsa en la herramienta después que ha sido hinchada para compactar aún más el laminado contra la superficie de la pieza.

La Figura 11 es una ilustración similar a la Figura 10, pero que muestra la bolsa después que ha sido separada del laminado como resultado de un vacío aplicado en la bolsa.

15 La Figura 12 es una ilustración de un diagrama de flujo que muestra un método de formación y la situación de laminados que tienen complejas geometrías en una superficie de la pieza con múltiples contornos.

La Figura 13 es una ilustración de un diagrama de flujo de la producción y metodología de servicio de aeronaves.

20 La Figura 14 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave.

Descripción detallada

25 Haciendo referencia primero a las Figuras 1-3, las realizaciones divulgadas se refieren a un método y a un aparato para formar y situar un laminado de material compuesto 20 sobre un sustrato 22 que tiene una geometría compleja, que puede comprender una superficie con múltiples contornos 22 de la pieza 24 que se muestra en la Figura 2. En la realización ilustrada, la pieza 24 comprende la sección de nariz de un avión, y el laminado 22 comprende un doblador 20 que refuerza un área 34 de la sección de nariz 24. El aparato incluye un conjunto de herramientas 25 montado en un manipulador 36 adecuado que es operado por uno o más controladores 35. El manipulador 36 puede comprender un robot o dispositivo automatizado similar que mueve el conjunto de herramientas 25 a lo largo de

30 múltiples ejes en un sistema de referencia 55 en base al conjunto de instrucciones programadas utilizadas por el controlador 35.

35 El conjunto de herramientas 25 incluye una herramienta 26 que tiene una cara de la herramienta con múltiples contornos 28 que coincide sustancialmente con la superficie de la pieza con múltiples contornos 22 en el área 34, donde el laminado 20 se va a aplicar en la pieza 24. El conjunto de herramientas 25 incluye también un primer y segundo compactadores 54, 56, respectivamente, para compactar el laminado 20 contra la superficie de la pieza 22. El conjunto de herramientas 25 incluye además una base de la herramienta 30 sobre la que se monta la herramienta 26. Cada uno de los compactadores 54, 56, respectivamente, se hincha y deshincha, respectivamente, utilizando una fuente de presión 62 y una fuente de vacío 64 operada por el controlador o controladores 35.

40 El laminado 20 se puede estar formar en la cara de la herramienta con múltiples contornos 28 mediante una máquina automática de colocación de fibras (AFP) 42 que también puede operarse por el controlador o controladores 35. Un sistema de localización 45 genera un conjunto de datos de localización 45a que localizan la posición y orientación de la cara de la herramienta 28 en relación con la superficie de la pieza 22 en el sistema de referencia espacial tridimensional 55. Del mismo modo, el sistema de localización 45 se puede utilizar por el controlador 35 para localizar y coordinar el movimiento de la máquina de AFP 42 con respecto a la cara de la herramienta 28.

45 A continuación se dirige la atención a las Figuras 4 y 5 que ilustran detalles adicionales del aparato. En esta realización, el manipulador 36 comprende un robot 36 montado para su movimiento lineal a lo largo de un par de carriles 38. El robot 36 incluye un brazo de robot 40 que tiene el conjunto de herramientas 25 montado en el extremo del mismo por medio de un adaptador de cambio rápido 32 (Figura 5). El adaptador de cambio rápido 32 permite que herramientas de diferente configuración 26 se fijen de forma rápida en el brazo 40 para situar laminados 20 configurados de forma diferente en diferentes áreas de la pieza 24 que tiene diferentes geometrías. Como se ha mencionado anteriormente, el robot 36 es operado por uno o más controladores programados 35 (Figura 1) y es capaz de desplazar el conjunto de herramientas 25 a lo largo de múltiples ejes dentro del sistema de referencia espacial 55 (Figura 5). El robot 36 manipula el conjunto de herramientas 25 para situar un doblador u otro laminado 20 en un área de orientación 34 en la superficie con múltiples contornos 22 de la pieza 24.

50 La máquina de AFP 42 puede comprender un segundo dispositivo robótico 42a montado para su movimiento lineal a lo largo de los carriles 38 e incluye un cabezal automático de colocación de fibras 44 montado en el extremo de un brazo robótico 46. Como se verá más adelante, el cabezal 44 establece múltiples tiras o líneas de cinta de fibra de material compuesto o arrastres en la cara de la herramienta 28 para formar un laminado con múltiples contornos 20 que se sitúa y compacta después en la superficie de la herramienta 22 por el conjunto de herramientas 25 situado por el robot 36. En una realización alternativa, los laminados 20 puede estar equipados y suministrarse al robot sobre una cinta transportadora (no mostrada) o carrusel (no mostrado).

El sistema de localización 45 (Figura 1) supervisa y actualiza la posición de la herramienta 26 y, por lo tanto, de la cara de la herramienta 28 (Figura 1), en relación con la pieza 24, y específicamente de la superficie de la pieza 22. El uso del sistema de localización 45 permite que el conjunto de herramientas 25 y que el robot 36 sean móviles, en lugar de montarse en posiciones fijas. Esta movilidad puede mejorar la precisión durante la situación mientras contribuye a un proceso de manufactura esbelta. Como se ha mencionado anteriormente, el sistema localizador 45 (Figura 1) genera un conjunto de datos de localización 45a (Figura 1) para coordinar los movimientos de la máquina de AFP 42, del conjunto de herramientas 25 y de la pieza 24 dentro del sistema de referencia espacial común 55 (Figura 5). Los datos de localización 45a se pueden actualizar constantemente y se utilizan en un bucle de realimentación cerrado por el controlador o controladores 35 para lograr la precisión en la situación del laminado 20 sobre la superficie de la pieza 22.

El sistema de localización 45 puede comprender uno o más rastreadores láser 48 que desarrollan datos de posición dirigiendo un rayo láser 52 sobre objetivos reflectantes 50 situados en el conjunto de herramientas 25 y en la pieza 24. Este sistema de localización 45 puede incluir además opcionalmente cámaras de fotogrametría 33 que registran la localización de la luz de rayo láser reflejada por los reflectores 50 para medir la posición del conjunto de herramientas 25 con relación a la superficie de las piezas 22 en el sistema de coordenadas espacial 55. Las cámaras de fotogrametría 33 pueden comprender, por ejemplo y sin limitación, cámaras disponibles en el mercado, tales como las cámaras V-Star disponibles en el mercado. Al utilizar una combinación de mediciones por fotogrametría y rastreadores láseres de múltiples objetivos 50, se puede realizar una determinación de la posición de la cara de la herramienta 20a con relación a la superficie de la pieza 22 en el sistema de referencia espacial común 55. Las mediciones por fotogrametría y seguimiento láser de las localizaciones de los objetivos 50 pueden integrarse juntas utilizando uno o más ordenadores y programas de software que pueden comprender una parte de los controladores 35. Este sistema de localización 45 incluyendo los objetivos reflectantes 50 puede ser similar al divulgado en la patente de estados Unidos N° 7.5897.258.

Con referencia ahora particularmente a la Figura 5, la herramienta 26 puede comprender, por ejemplo y sin limitación, una espuma estructural de peso ligero en el que la cara de la herramienta 28 puede estar formada por cualquiera de diversas técnicas de fabricación bien conocidas, tales como, sin limitación, mecanizado y moldeo. La herramienta 26 se puede fabricar a partir de otros materiales de bajo coste utilizando métodos de fabricación de bajo coste para reducir el costo de la herramienta 26. El primer compactador 54 puede comprender una cámara hinchable 54 que se puede situar en la cara de la herramienta 28 o ligeramente rebajarse dentro de la cara de la herramienta 28, como se muestra con el número de referencia 54a. El segundo compactador 56 puede comprender una bolsa de vacío flexible 56 que se cierra herméticamente alrededor de su periferia 56a en la herramienta 26, formando de este modo una cámara presurizable, sustancialmente estanca al vacío 65 sobre la cara de la herramienta 28. Un respiradero 58 se puede proporcionar entre la cara de la herramienta 28 y la bolsa 56 para permitir el movimiento del aire debajo de la bolsa 56 durante la evacuación. La bolsa 56 y el respiradero 58 cubren ambos la cara 28 de la herramienta protegiendo de este modo la cara 28 de la herramienta de daños y facilitando la retirada del laminado 20 de la herramienta 26. La bolsa 56 puede tener una textura superficial que permita que dos pre-impregnados laminados de material compuesto se adhieran a su superficie durante el proceso de laminado sin distorsión, sin embargo, es lo suficientemente elástica para hinchar, compactar y liberar el laminado 20 sobre la superficie de la pieza 22. La bolsa 56 se puede formar a partir de, por ejemplo y sin limitación, película de látex, poli película de envasado, o de uretanos con superficies con textura o sin textura.

En las realizaciones ilustradas en las Figuras 5, 6A, 7A, 8A, 9A y 10, la cámara de aire 54 se ilustra como una serie de cámaras de aire 54b generalmente paralelas, separadas pero interconectadas que operan como una única cámara de aire 54. Sin embargo, en otras realizaciones, la cámara de aire 54 puede comprender una única cámara de aire que se extiende sustancialmente sobre toda la cara de la herramienta 28. La cámara de aire 54 se puede conformar, dimensionar y tener su hinchado secuenciado para optimizar la compactación contra la superficie de la pieza 22. La cámara de aire 54 y la bolsa 56 se conectan cada una a través de una serie de válvulas de control de flujo 72 y de válvulas de control de tres vías 70 a una fuente de presión 62 y a una fuente de vacío 64. Las válvulas de control 70 son operadas por el controlador 74 que puede ser el mismo o diferente del controlador o controladores 35 descritos anteriormente (Figura 1), y funciona para acoplar selectivamente ya sea la fuente de presión 62 o la fuente de vacío 64 a la cámara de aire 54 y a la bolsa 56. Por lo tanto, las válvulas de control automáticamente operadas 70 pueden acoplar una o ambas de la cámara de aire 54 y de la bolsa 58 con la fuente de presión 62 para presurizar y así hinchar cualquiera de la cámara de aire 54 o la bolsa 56. Del mismo modo, las válvulas de control 70 puede acoplar la fuente de vacío 64 a cualquiera de la cámara de aire 54 o de la bolsa 56 para deshinchar la cámara de aire 54 o evacuar la bolsa 56, lo que arrastra la bolsa 56 hacia abajo sobre la cara de la herramienta 28. En algunas realizaciones, la cara de la herramienta 28 puede estar provista de ranuras de vacío 60 que se pueden acoplar también con las válvulas de control 70 para ayudar en la presurización/despresurización de la cámara 65.

Las Figuras 6-11 ilustran el uso del conjunto de herramientas 25 y la secuencia de etapas utilizadas para formar un laminado con múltiples contornos 24, y después situar y compactarlo en la superficie de la pieza 22. Haciendo referencia inicialmente a las Figuras 6A y 6B, después de asegurar la herramienta 26 sobre la base de la herramienta 30, la bolsa 56 y el respiradero 58 se instalan sobre la cara de la herramienta 28, y el perímetro 56a de la bolsa 56 se cierra herméticamente en la herramienta 26, formando una cámara presurizable, sustancialmente

estanca al vacío 65 (Figuras 5 y 6) entre la bolsa 56 y la herramienta 26. Líneas de vacío 66 y líneas de presión 68 (Figura 5) se instalan y conectan después tanto a la cámara de aire 54 como a la bolsa 58. En este punto, ni la línea 75 ni la línea 77 se conecta a ninguna de la fuente de presión 62 o fuente de vacío 64 a través de las válvulas de control 70 (Figura 5), sino que están abiertas a la atmósfera, por consiguiente, la cámara de aire 54 y la cámara 65 están sustancialmente a presión atmosférica.

Haciendo referencia ahora a las Figuras 7A y 7B, el conjunto de herramientas 25 se prepara mediante la conexión de la fuente de vacío 64 a las dos líneas 75 y 77 utilizando las válvulas de control 70, lo que da como resultado sustancialmente la total deflación de la cámara de aire 54 y la evacuación de aire de la cámara 65. La evacuación de aire de la cámara 65 hace que la bolsa 56 sea atraída hacia abajo sobre la superficie de la herramienta 28 de manera que la bolsa 56 se adapta sustancialmente a los múltiples contornos de la cara de la herramienta 28.

Haciendo referencia a las Figuras 8A y 8B, con la bolsa 56 atraída hacia abajo sobre la cara de la herramienta 28, el cabezal de colocación de fibras 44 puede comenzar a situar hacia abajo el material compuesto de fibras en la bolsa 56 de acuerdo con un esquema de capas prescrito. Las capas se ajustan a los contornos de la cara de la herramienta 28 a medida que se forman por la máquina de AFP 42, en consecuencia, el laminado 20 posee contornos que coinciden sustancialmente con los de la superficie de la pieza 22. Las líneas 75 y 77 se mantienen acopladas con la fuente de vacío 64 a medida que el laminado 20 se está formando en la cara de la herramienta 28.

Haciendo referencia a las Figuras 9A y 9B, después que el laminado 20 se ha formado en la herramienta 26, el robot 36 mueve el conjunto de herramientas 25 en la proximidad de la pieza 24, y aplica el laminado 20 en la posición deseada 34 (véase la Figura 4) en la pieza superficie 22. Con el laminado 20 aplicado a, y en contacto con la superficie de la pieza 22, la fuente de presión 62 se acopla con las líneas 75, mientras que la fuente de vacío 64 se mantiene unida a la línea 77. La presurización de las líneas 75 da como resultado la hinchazón de la cámara de aire 54, provocando que la cámara de aire 54 se hinche y aplique presión en el laminado 20, lo que compacta el laminado contra la superficie de la pieza 22. Durante esta compactación del laminado 20 por la cámara de aire 54, la bolsa 56 permanece deshinchada como resultado del vacío aplicado a través de la línea 77.

A continuación, como se muestra en la Figura 10, la fuente de presión 62 se acopla con la línea 77, lo que presuriza e hincha la bolsa 56, haciendo que se expanda y aplique presión al laminado 20, lo que compacta más el laminado 20 contra la superficie de la pieza 22.

La Figura 11 ilustra la siguiente etapa en el proceso en el que la fuente de vacío 64 se acopla con las dos líneas 75 y 77, lo que da como resultado la deflación tanto de la cámara de aire 54 como de la bolsa 56. La deflación de la bolsa 56 hace que la bolsa 56 se separe y retraiga lejos del laminado 20. Tras la separación de la bolsa 56 del laminado 20, el robot 36 devuelve el conjunto de herramientas 25 a una posición de espera (no mostrada) en preparación para el siguiente ciclo de laminado/aplicación.

A continuación la atención se dirige a la Figura 12, que ilustra en líneas generales las etapas de un método de formación y aplicación de laminados de material compuesto a una superficie de la pieza con múltiples contornos. Comenzando en la etapa 76, se fabrica una herramienta 26 que, en el ejemplo ilustrado, se puede realizar mediante la formación de una espuma estructural en la forma deseada con una cara de la herramienta con múltiples contornos 26 que coincide sustancialmente con la superficie de la pieza 22. Como se ha mencionado anteriormente, la espuma estructural se puede formar en la forma de herramienta deseada utilizando cualquiera de los diversos procesos de fabricación conocidos incluyendo, pero sin limitarse a, mecanizado y moldeo. A continuación, en la etapa 78, las líneas de vacío/presión 75, 77 se sitúan en la herramienta 26 y se acoplan con las válvulas de control de flujo 72. En la etapa 80, se genera un conjunto de datos de localización, utilizando fotogrametría y/o técnicas de rastreo láser descritas anteriormente, u otras técnicas, para localizar la cara de la herramienta 26 con relación a la superficie de la pieza 22. En la etapa 82, se aplica vacío tanto a la cámara de aire 54 como a la bolsa 56, haciendo que la bolsa 56 sea atraída hacia abajo sobre la cara de la herramienta con múltiples contornos 26. En la etapa 83, un laminado de material compuesto se forma en la cara de la herramienta 26 mediante el uso de la máquina de AFP 42 para formar una o más capas sobre la bolsa 56 que se ajusta a la cara de la herramienta 26.

Habiéndose formado el laminado con múltiples contornos 20, después, en la etapa 84, el robot 36 u otro manipulador mueven el conjunto de herramientas 25 en la proximidad de la pieza 24, y sitúa el laminado 20 sobre la superficie de la pieza 22. A continuación, como se muestra en la etapa 86, se presuriza la cámara de aire 54, lo que hace que se infle y se aplica presión de compactación al laminado 20, mientras que la bolsa de vacío 56 permanece deshinchada. Después, en la etapa 88, la bolsa 56 se presuriza también, haciendo que se hinche y aplique presión de compactación adicional al laminado 20, lo que compacta aún más el laminado 20 contra la superficie de la pieza 22. Después de la compactación, se aplica por primera vez vacío a la bolsa 56 y después a la cámara de aire 54, haciendo que cada una de ellas se deshinche y aleje del laminado 20. En una realización práctica del método, la cámara de aire 54 se hincha durante un minuto mientras se aplica vacío a la bolsa 56. Después, la bolsa 56 se hincha durante un minuto, después de lo que se aplica vacío a la bolsa 56 lo que ayuda a tirar de la bolsa 56 fuera del laminado compactado 20. Por último, en la etapa 92, el conjunto de herramientas 25 se retrae a una posición de espera, en preparación para repetir el ciclo de formación y colocación del laminado.

Las realizaciones de la divulgación pueden encontrar uso en una variedad de aplicaciones potenciales, particularmente en la industria del transporte, incluyendo por ejemplo, aplicaciones aeroespaciales, marina y de automoción. Por lo tanto, haciendo referencia ahora a las Figuras 13 y 14, las realizaciones de la divulgación se pueden utilizar en el contexto de un método de fabricación y servicio de aeronaves 94 como se muestra en la Figura 5 13 y una aeronave 96 como se muestra en la Figura 14. Las aplicaciones de aeronaves de las realizaciones divulgadas pueden incluir, por ejemplo, una amplia variedad de conjuntos y subconjuntos tales como, sin limitación, miembros estructurales y componentes interiores. Durante la pre-producción, el método ejemplar 94 puede incluir la especificación y el diseño 98 de la aeronave 96 y la adquisición de material 100. Durante la producción, se realiza la fabricación de componentes y subconjuntos 102 y la integración del sistema 104 de la aeronave 96. A partir de 10 entonces, la aeronave 96 puede pasar a través de la certificación y entrega 106 para ser puesta en servicio 108. Mientras está en servicio por un cliente, la aeronave 96 está prevista para su mantenimiento y servicio de rutina 110 (que también puede incluir la modificación, reconfiguración, remodelación, y así sucesivamente).

Cada uno de los procesos del método 94 se puede realizar o llevar a cabo por un integrador de sistemas, una 15 tercera parte, 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 aviones y gran sistema de subcontratistas, una tercera parte podrá incluir, sin limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores, y un operario puede ser una línea aérea, sociedad de leasing, entidad militar, organización de servicio, y así sucesivamente. 20

Como se muestra en la Figura 14, la aeronave 96 producida por el método 94 ejemplar puede incluir un fuselaje 112 con una pluralidad de sistemas de 114 y un interior 116. Ejemplos de sistemas de alto nivel 114 incluyen uno o más de un sistema de propulsión 118, un sistema eléctrico 120, un sistema hidráulico 122, y un sistema ambiental 124. Cualquier número de otros sistemas se puede incluir. El método descrito se puede emplear para la fabricación de 25 componentes, miembros estructurales, conjuntos o subconjuntos utilizados en el interior 116 o en el fuselaje 112. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la divulgación pueden aplicarse a otras industrias, tales como las industrias marinas y de automoción.

Los sistemas y métodos incluidos en el presente documento pueden ser empleados durante uno cualquiera o más 30 de las etapas del método de producción y servicio 94. Por ejemplo, los componentes, los miembros estructurales, conjuntos o subconjuntos correspondientes al proceso de producción 102 pueden fabricarse o producirse de una manera similar a los producidos mientras la aeronave 96 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 102 y 104, por ejemplo, mediante la aceleración sustancial del montaje o reduciendo el coste de una 35 aeronave 96. Del mismo modo, una o más realizaciones del aparato, realizaciones del método, o una combinación de las mismas se pueden utilizar mientras la aeronave 96 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para su mantenimiento y servicio 110.

Aunque las realizaciones de esta divulgación se han descrito con respecto a ciertas realizaciones ejemplares, es de 40 entenderse que las realizaciones específicas son para fines de ilustración y no de limitación, dado que otras variaciones se les ocurrirán a los expertos en la materia.

REIVINDICACIONES

1. Un método de formación y colocación de un laminado de material compuesto (20) en una pieza contorneada (24), que comprende:
- 5 formar un laminado de material compuesto contorneado en una herramienta (25) que tiene al menos dos compactadores flexibles en su interior y está contorneada para coincidir sustancialmente con el contorno de la pieza;
- generar un conjunto de datos de localización (45a) que representan la localización de la pieza en relación con la herramienta;
- 10 utilizar un manipulador (36) y los datos de localización para mover la herramienta en proximidad a la pieza y situar el laminado contorneado en la pieza contorneada;
- compactar el laminado contra la pieza hinchando una cámara de aire (54) en la herramienta; y
- caracterizado por**
- compactar aún más el laminado contra la pieza hinchando una bolsa (56) sobre la herramienta.
- 15
2. El método de la reivindicación 1, que comprende además:
- retraer la bolsa (56) lejos del laminado compactado mediante la deflación de la bolsa (56).
3. El método de la reivindicación 1, que comprende:
- 20 primera aplicación de vacío a la bolsa (56) y después a la cámara de aire (54) haciendo que la bolsa (56) y la cámara de aire (54) se deshinchén y alejen del laminado de material compuesto (20).
4. El método de la reivindicación 1, donde la formación del laminado de material compuesto contorneado se realiza utilizando una máquina automática de colocación de fibras (42) para situar automáticamente el material compuesto sobre la herramienta.
- 25
5. El método de la reivindicación 1, donde la generación de los datos de localización se realiza mediante la determinación de la posición tridimensional (3-D) del contorno de herramienta con relación a la posición 3-D del contorno de la pieza en un sistema de referencia 3-D común (55).
- 30
6. Aparato para la aplicación de laminados de material compuesto (20) sobre un sustrato contorneado (22), que comprende:
- una herramienta (25) adaptada para montarse en un manipulador (36) para mover la herramienta en proximidad al sustrato, incluyendo la herramienta una cara de la herramienta contorneada (28) que coincide sustancialmente con el contorno del sustrato;
- 35 un primer compactador flexible que incluye una bolsa de vacío (56) cerrada herméticamente en la herramienta para compactar un laminado sobre el sustrato, cubriendo el primer compactador la cara de la herramienta y adaptado para tener un laminado de material compuesto situado sobre el mismo; y
- caracterizado por**
- un segundo compactador flexible que incluye una cámara de aire hinchable, flexible (54) en la herramienta entre el primero compactador y la cara de la herramienta para compactar el laminado sobre el sustrato; y
- 40 medios de control para controlar el primer compactador y el segundo compactador, donde los medios de control incluyen una fuente de presión (62), una fuente de vacío (64) y un controlador (74) para acoplar selectivamente la fuente de presión y la fuente de vacío con la bolsa y la cámara de aire.
- 45

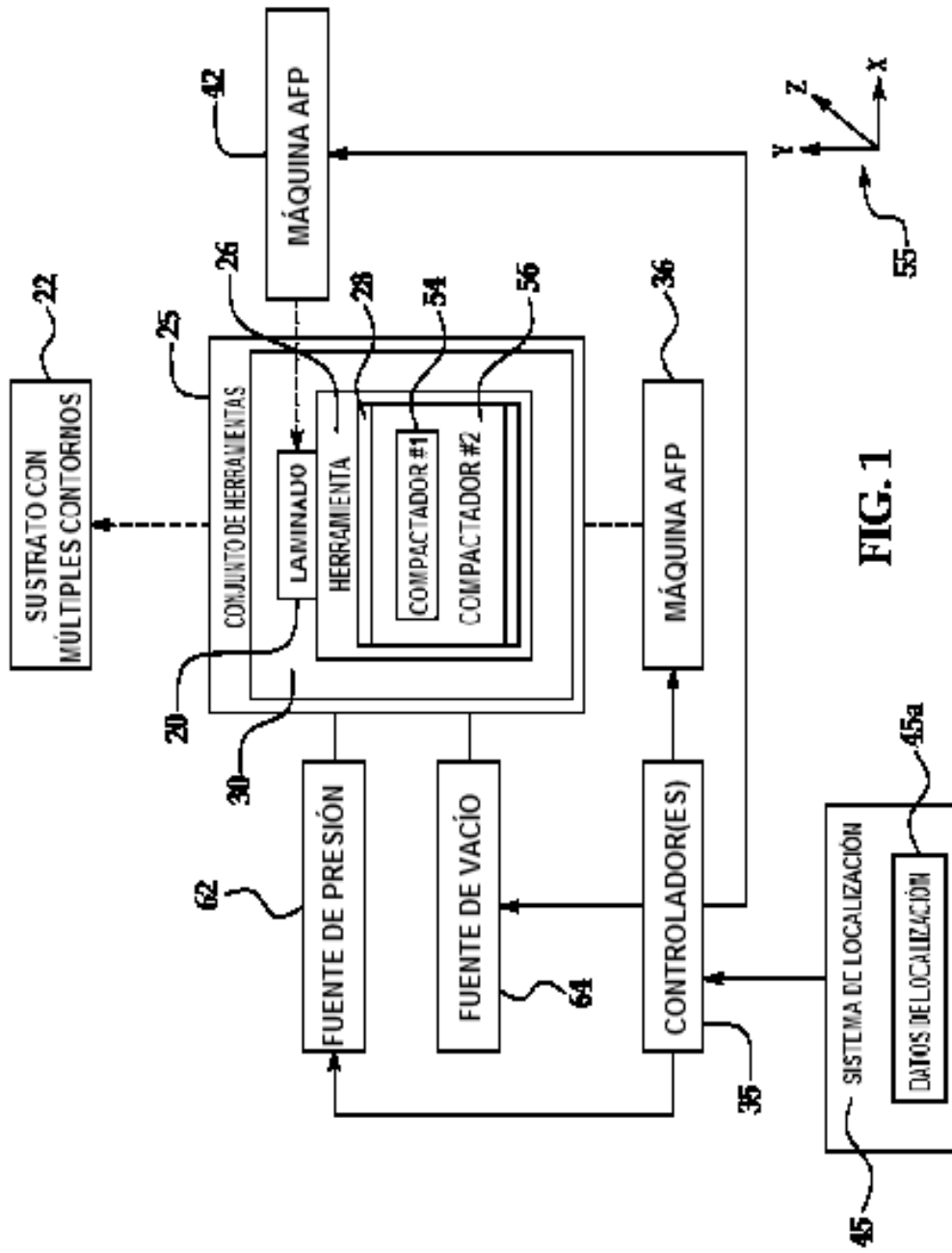


FIG.1

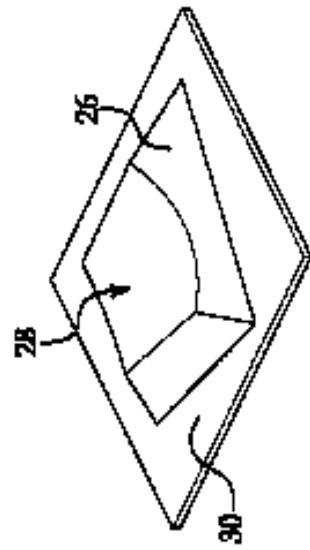


FIG. 3

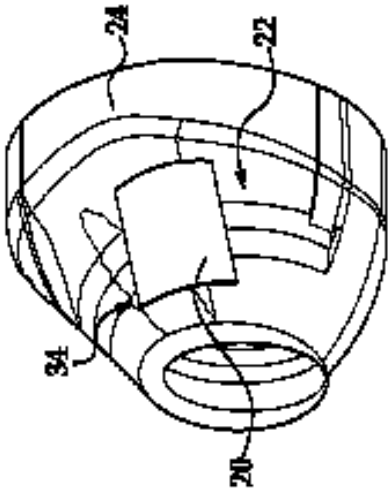


FIG. 2

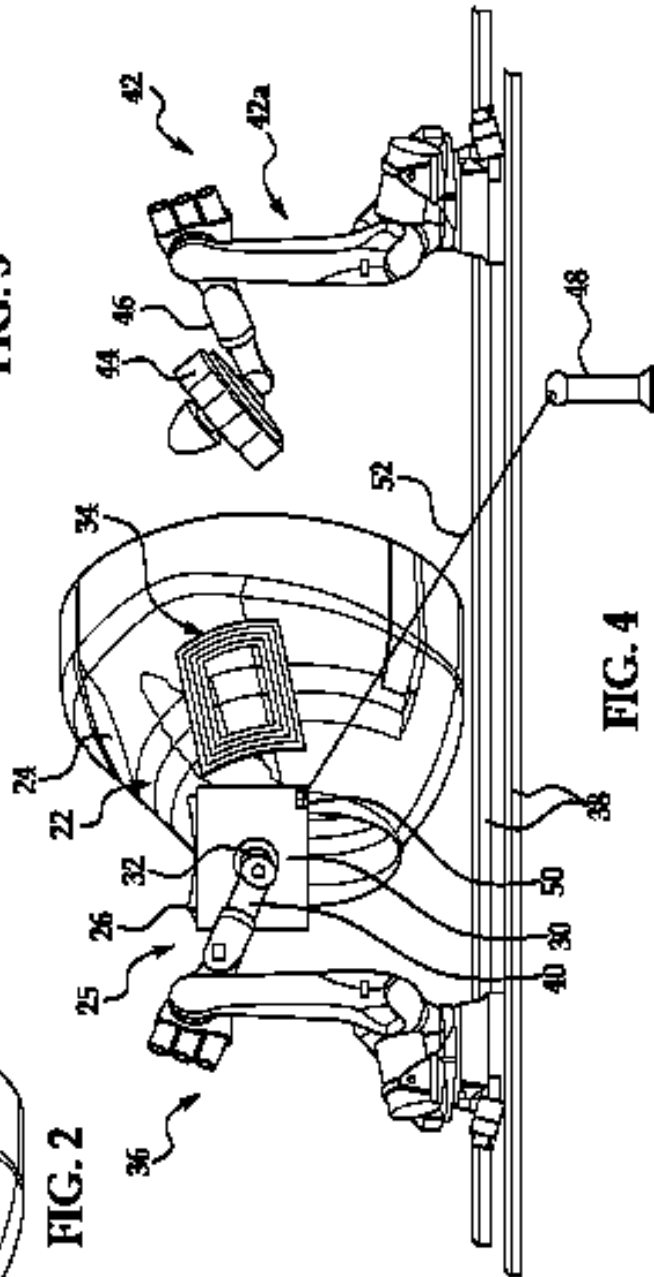


FIG. 4

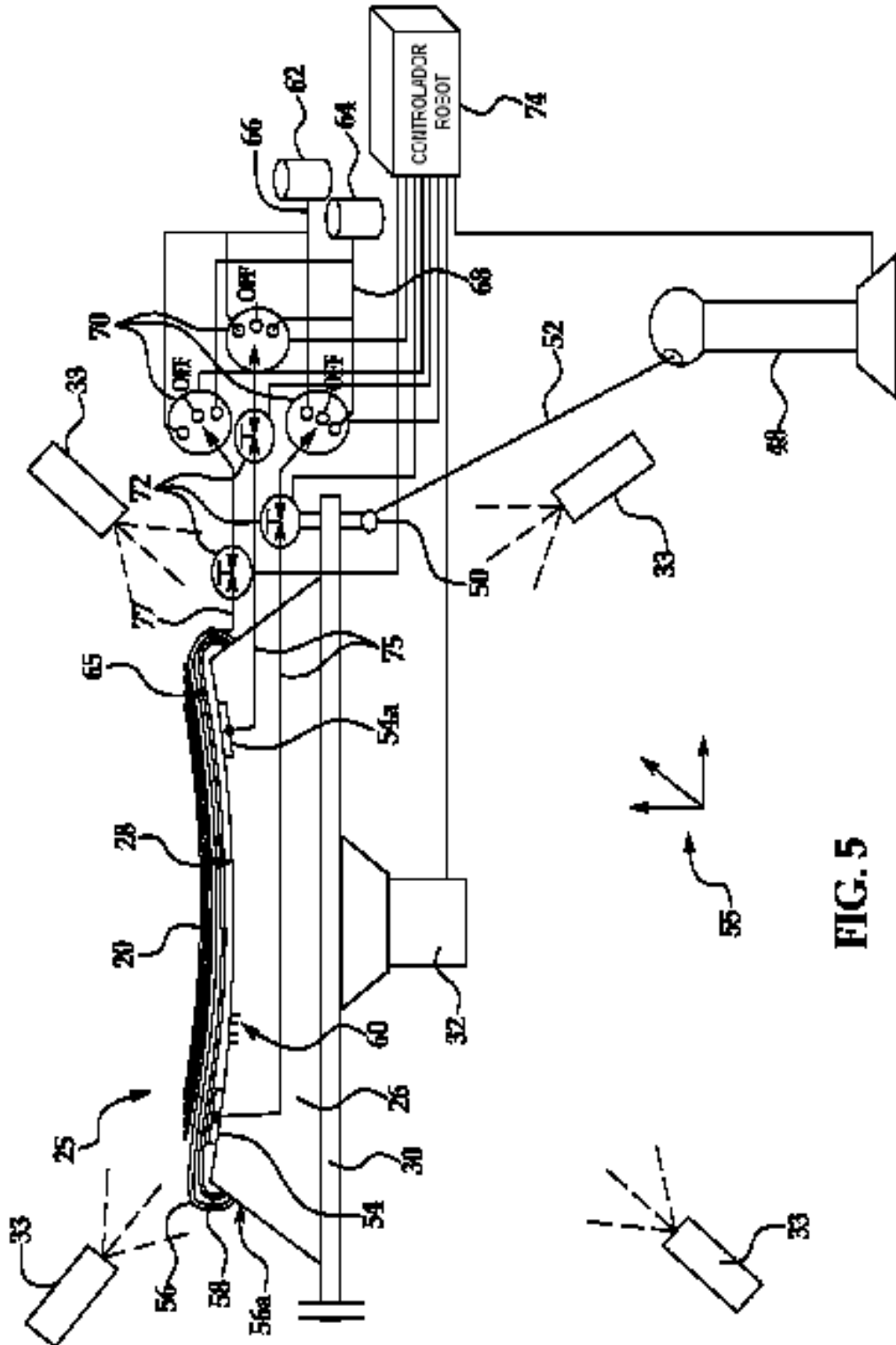


FIG. 5

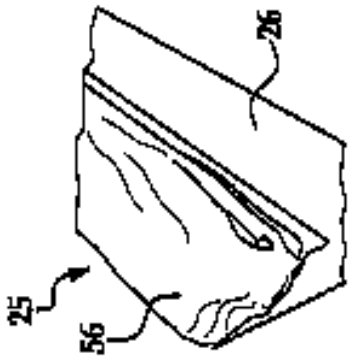


FIG. 6B

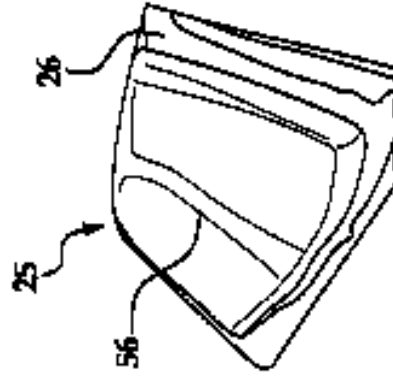


FIG. 7B

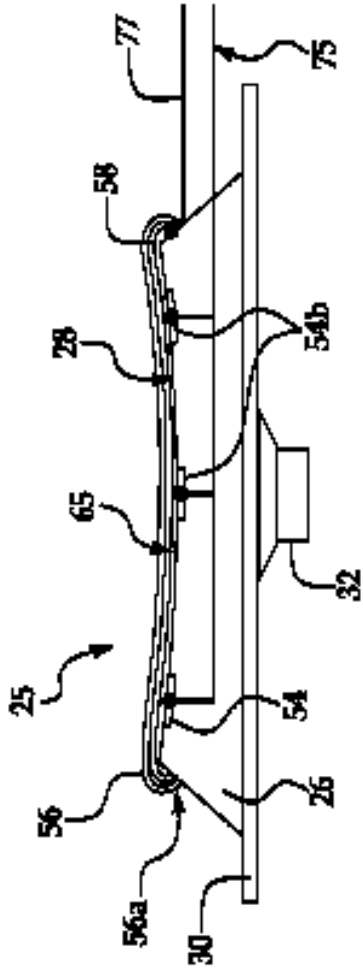


FIG. 6A

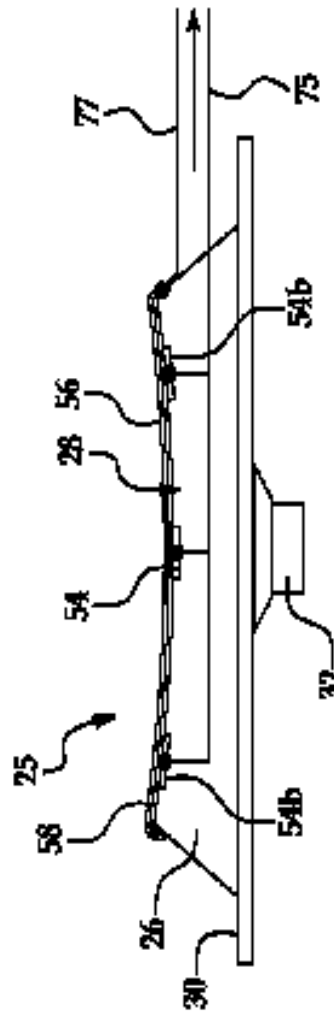


FIG. 7A

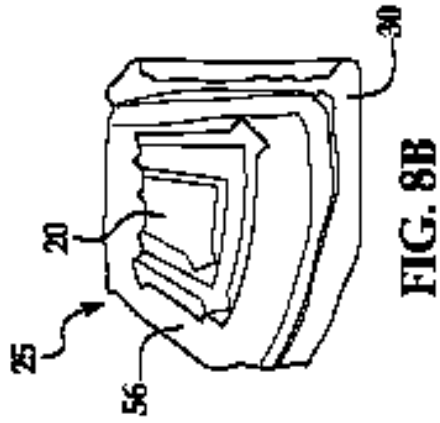


FIG. 8B

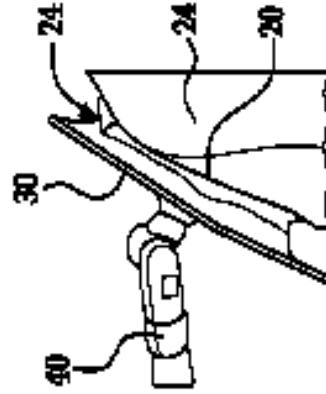


FIG. 9B

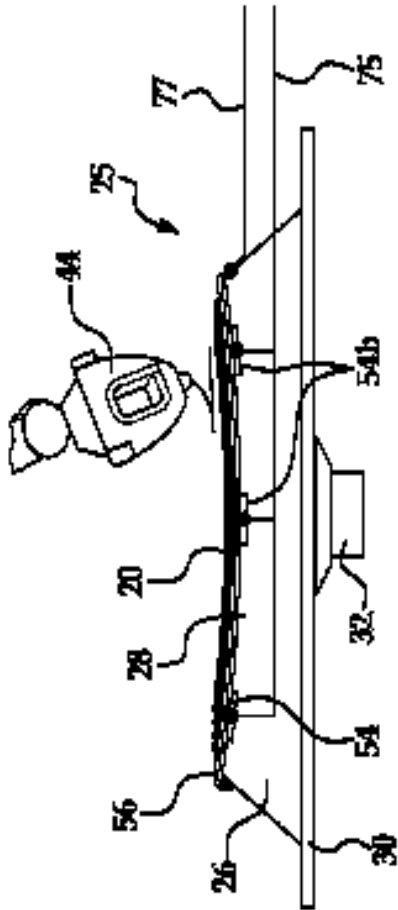


FIG. 8A

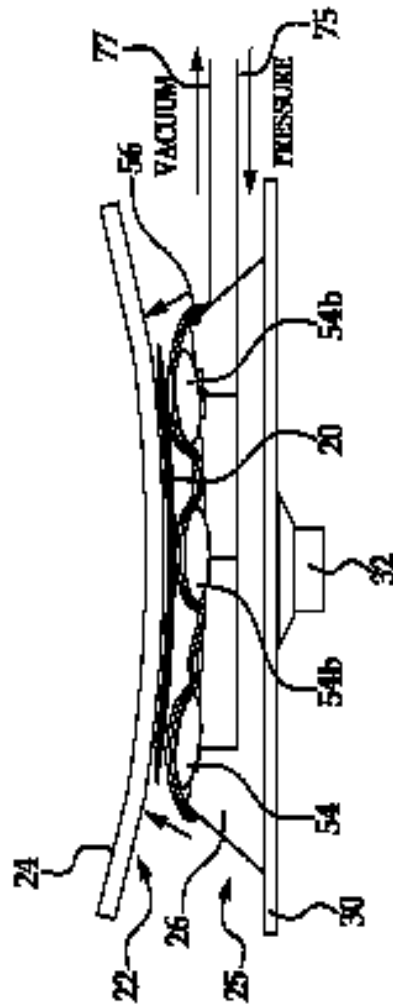


FIG. 9A

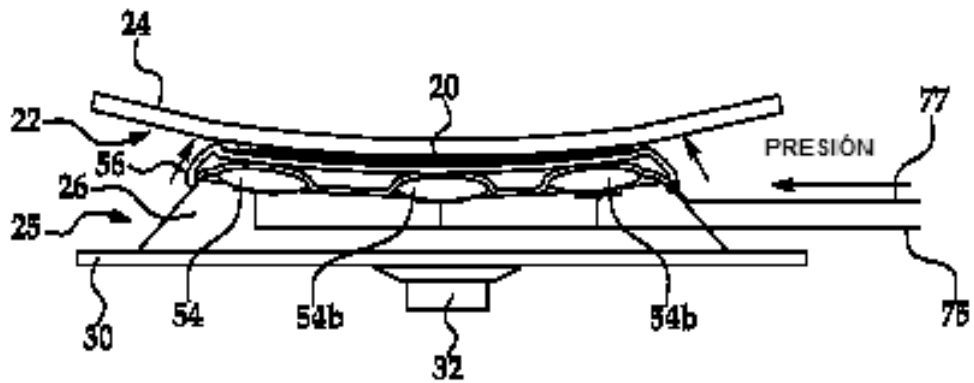


FIG. 10

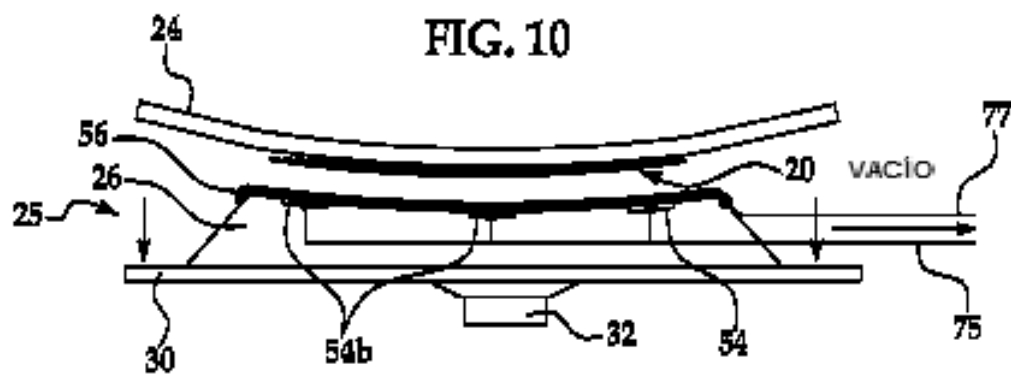
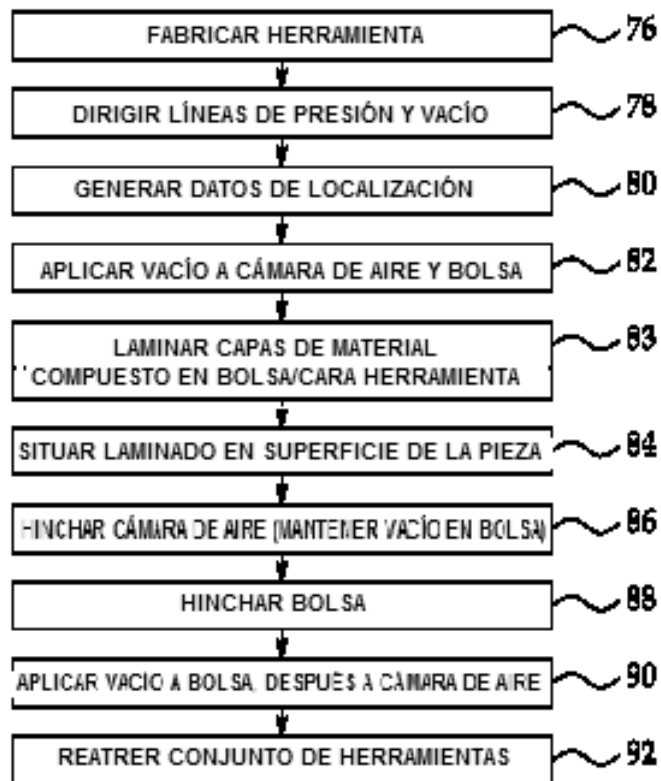


FIG. 11

FIG. 12



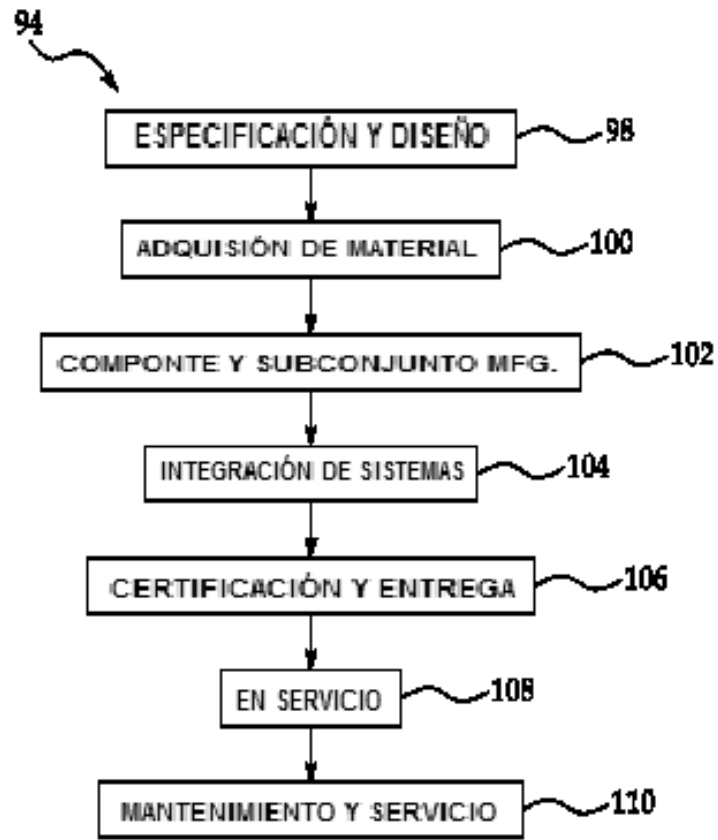


FIG. 13

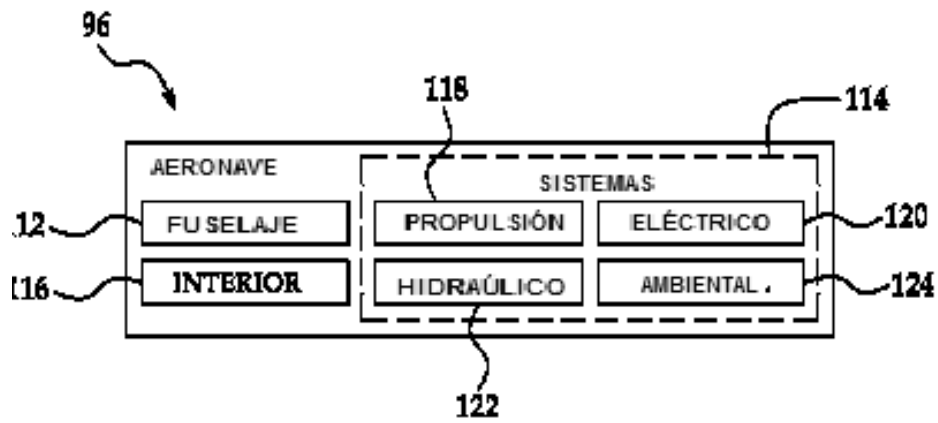


FIG. 14