

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 565 658**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/32** (2006.01)  
**B29C 70/38** (2006.01)  
**B29C 70/86** (2006.01)  
**B29D 99/00** (2010.01)  
**B29C 70/08** (2006.01)  
**B29L 31/30** (2006.01)  
**B64F 5/00** (2006.01)  
**B64C 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2012 E 12741163 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.01.2016 EP 2731787**

54 Título: **Soporte de herramienta de mandril giratorio**

30 Prioridad:

**12.07.2011 US 201161507115 P**  
**06.10.2011 US 201113267875**

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

**06.04.2016**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MILLER, JEFFREY L.**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 565 658 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

Soporte de herramienta de mandril giratorio

### Antecedentes

5 Un avión comercial puede resultar dañado por choques con aves, por los equipos de asistencia en tierra, por escombros, granizo y por otros acontecimientos imprevistos. Estos acontecimientos pueden dar lugar a orificios y desgarros en el revestimiento del avión, y a daños en la subestructura de rigidización subyacente (por ejemplo, cuadernas, rigidizadores y láminas protectoras de apoyo). Por ejemplo, una sección de cabina del morro del avión puede resultar dañada por un choque con un ave, un lóbulo inferior puede resultar dañado debido al colapso del tren del morro, las zonas próximas a las puertas de las secciones medias pueden resultar dañadas por colisiones con los  
10 equipos de asistencia en tierra y un lóbulo inferior de una sección final puede resultar dañado por un golpe de cola, etc.

Es importante reparar un avión dañado y ponerlo en servicio de nuevo tan rápidamente como sea posible. El tiempo de parada es muy costoso para una aerolínea, ya que un avión que no está en uso da lugar a pérdidas de ingresos.

15 La reparación de un avión de paneles de aluminio es relativamente sencilla. Un panel dañado y la subestructura subyacente se retiran del avión y se sustituyen. Si los paneles están disponibles, la reparación se puede llevar a cabo de forma relativamente rápida.

20 La reparación de un avión comercial de material compuesto no es tan sencilla, especialmente por lo que respecta a las reparaciones de superficies grandes de componentes de una sola pieza. Considérese un fuselaje compuesto por varias secciones de forma cilíndrica de una sola pieza de material compuesto. Cada sección de forma cilíndrica incluye revestimiento, cuadernas circulares y rigidizadores (por ejemplo, largueros). Los rigidizadores pueden estar integrados en el revestimiento (por medio de un curado conjunto durante la fabricación). Las cuadernas circulares se pueden unir mecánicamente al revestimiento. Si resultara dañada una superficie grande de una sección del fuselaje, la retirada y sustitución de toda la sección de forma cilíndrica sería de un coste prohibitivo, perjudicial para la producción y consumiría mucho tiempo.

25 El documento de la patente de Francia nº 2.953.754 A muestra un equipo de herramientas para la fabricación de un panel de material compuesto.

El documento de la solicitud de patente de EE.UU. nº 2010/0032862 A1 muestra una herramienta de un material compuesto para la fabricación de una pieza cilíndrica de un material compuesto.

30 El documento de la patente de EE.UU. nº 3.143.306 A muestra un aparato para la fabricación de paneles plásticos modulares reforzados con filamentos enrollados.

El documento de la solicitud internacional de patente WO 2007/148301 A2 muestra una sección de fuselaje fabricada por medio del depósito automatizado de cintas de fibras preimpregnadas con resina sobre una superficie exterior de un mandril cilíndrico.

35 El documento de la patente de EE.UU. nº 6.692.681 B1 muestra un método y un aparato para la fabricación de estructuras de material compuesto.

Se necesita una infraestructura para la reparación de superficies grandes de componentes de avión de una sola pieza de material compuesto.

### Compendio

40 La presente invención proporciona un método para la fabricación de un laminado de fibras de refuerzo según la reivindicación 1, un método según la reivindicación 8 y un aparato para la fabricación de diferentes laminados de materiales compuestos según la reivindicación 12. En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones preferidas de la invención.

### Breve descripción de los dibujos

45 Las figuras 1 y 2 son ilustraciones de diferentes láminas frontales acopladas a un eje de un soporte de herramienta de mandril giratorio.

Las figuras 3a y 3b son ilustraciones de un eje con un sistema de contrapeso.

La figura 4 es una ilustración de un carro para el soporte del eje durante el equilibrado.

La figura 5 es una ilustración de un ejemplo de un soporte de herramienta de mandril giratorio.

50 La figura 6 es una ilustración de un método de utilización del soporte de herramienta de mandril para la fabricación de una pieza de material compuesto.

La figura 7 es una ilustración de un avión que incluye un fuselaje de material compuesto.

La figura 8 es una ilustración del revestimiento y la subestructura de rigidización subyacente de una sección de forma cilíndrica de material compuesto del fuselaje.

La figura 9 es una ilustración de una zona dañada de una sección de forma cilíndrica de una sola pieza del fuselaje.

- 5 La figura 10 es una ilustración de un panel de sustitución que se fija a un panel de revestimiento por medio de una unión atornillada.

La figura 11 es una ilustración de un método para la reparación de un componente de una sola pieza de material compuesto dañado de un avión.

### Descripción detallada

- 10 Se puede utilizar un soporte de herramienta de mandril giratorio para la fabricación de piezas de materiales compuestos hechos de láminas o capas de fibras de refuerzo embebidas en una matriz. Un ejemplo de un material compuesto es un plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP, carbón fiber reinforced plastic, por sus siglas en inglés), en el que los componentes incluyen fibras de carbono embebidas en una matriz epoxi. Durante la fabricación, se utiliza el soporte para hacer girar una herramienta de mandril, a la vez que se depositan las fibras de refuerzo sobre una superficie de moldeo de la herramienta de mandril. Las fibras se pueden depositar por medio de una máquina encintadora automática (ATL, automated tape laying, por sus siglas en inglés) o por medio de una máquina de colocación de fibras automática (AFP, automated fiber placement, por sus siglas en inglés), o se pueden depositar de forma manual. También se pueden incorporar al laminado capas completas de tejido. Estas capas completas se pueden colocar de forma manual o automática. Por ejemplo, el laminado puede contener una capa de tejido inicial y una capa de tejido final.
- 15
- 20

En la presente memoria, una herramienta de mandril incluye una lámina frontal, la cual proporciona la superficie de moldeo. La lámina frontal puede tener una rigidez integral a través de su grosor, o puede tener un soporte trasero de rigidización. La lámina frontal puede ser metálica (por ejemplo, invar, acero, aluminio) o compuesta o un híbrido.

- 25 Se hace referencia ahora a la figura 1, la cual ilustra un soporte giratorio 110 que incluye un eje 120. El eje 120 se puede hacer girar alrededor de su eje longitudinal (L). El eje 120 no está limitado a ninguna geometría particular. Ejemplos de geometrías de ejes incluyen, pero sin limitarse a ellos, cilindros, prismas rectangulares y primas que tienen secciones transversales no rectangulares.

- 30 El eje 120 tiene unos puntos de fijación 130 para el acoplamiento de una variedad de láminas frontales 140 de herramienta. Las diferentes láminas frontales 140 de herramienta pueden tener diferentes diámetros, longitudes, contornos de la superficie de moldeo, longitudes de arco, radios, peso, etc.

En la figura 1 se ilustran dos puntos de fijación 130. Se pueden disponer parejas adicionales de puntos de fijación 130 a lo largo de la longitud del eje 120.

- 35 La lámina frontal 140 mostrada en la figura 1 tiene aproximadamente el mismo diámetro que el eje 120. Se puede acoplar directamente al eje 120. Por ejemplo, el eje es de 0,9144 m (tres pies) de diámetro, y el diámetro efectivo de la lámina frontal es de 1,2192 m (cuatro pies) de diámetro, con una estructura de rigidización de 0,127 m (cinco pulgadas) en la lámina frontal 140. En este ejemplo, la lámina frontal 140 se puede fijar directamente al eje 120.

- 40 La figura 2 muestra una lámina frontal 240 que tiene un diámetro mayor que el eje 120. Se utiliza una subestructura de adaptación 250 para acoplar la lámina frontal 240 a los puntos de fijación 130 del eje 120. La subestructura de adaptación 250 puede incluir elementos tales como placas o tubos, que se dimensionan de acuerdo al diámetro del eje y al diámetro relativo de la lámina frontal 140.

- 45 La lámina frontal 140 está dispuesta con la orientación adecuada para llevar a cabo las operaciones automáticas de tipo giratorio de colocación de fibras o de encintado. La lámina frontal 140 puede estar separada del eje 120. Por lo general, para una geometría cilíndrica o redondeada, la lámina frontal 140 estará a una distancia del centro del eje 120 igual a su radio, para facilitar el movimiento de la máquina. La lámina frontal 140 se separará del eje 120 en caso de que sea mayor que la superficie exterior del eje 110.

- 50 En algunas realizaciones, los puntos de fijación 130 pueden incluir unas pestañas con orificios pasantes, o pestañas con orificios roscados en el eje 120. La lámina frontal 140 puede utilizar un conjunto similar de puntos de fijación o de pestañas que se puedan fijar directamente (mecánicamente, por ejemplo, por medio de tornillos o pasadores) al eje 120. La fijación mecánica hace posible que la lámina frontal 140 se pueda fijar y retirar con facilidad con respecto al eje 140.

Se hace referencia ahora a las figuras 3a y 3b. El soporte giratorio 110 incluye además un sistema de contrapeso regulable para el ajuste de la rigidez y de los requisitos de equilibrado del soporte (por ejemplo, el centro de masas) al objeto de adaptarse a la lámina frontal acoplada. Los pesos 310 del sistema de contrapeso se pueden incorporar y retirar con respecto al eje 120 por medio de unas placas de fijación 320. Se pueden disponer unas piezas de

separación 330 entre los pesos 310 y las placas de fijación 320. Las piezas de separación 330 se pueden utilizar para aumentar la distancia de los pesos 310 con respecto al centro del eje 120, al objeto de obtener un momento adicional. Las consideraciones relativas al equilibrado incluyen el peso de la herramienta/laminado, la longitud del eje, la ubicación de la lámina frontal sobre el eje 120 y la desviación del eje.

5 Antes de llevar a cabo el equilibrado, se debe determinar el centro de masas de la lámina frontal 240 y el de la subestructura de adaptación 250 (mostrados en líneas de trazos en la figura 3b). El centro de masas se puede determinar por medio de software de diseño asistido por ordenador (CAD, computer aided design, por sus siglas en inglés). Se puede calcular por tanto un centro de masas para los pesos 310, las placas 320 y las piezas de separación 330. A partir de estos cálculos, se pueden estimar las cantidades y las ubicaciones de los pesos 310, las placas 320 y las piezas de separación 330.

10 Hay diferentes formas de soportar el eje 120 mientras se está llevando a cabo el equilibrado. Como un ejemplo, el eje 120 se puede hacer girar entre un cabezal fijo y un contrapunto de una máquina ATL o AFP. Las posiciones de los pesos 310 se ajustan de manera que el giro del eje 120 se pueda iniciar con una fuerza mínima, y a partir de entonces el eje 120 pueda girar libremente sin desequilibrio. Las condiciones de equilibrio se verifican para asegurar el equilibrio giratorio dentro de los límites de capacidad de la máquina ATL o AFP.

15 Se hace referencia ahora a la figura 4, que ilustra un segundo ejemplo: el eje 120 está soportado por medio de un carro 410 mientras se lleva a cabo el equilibrado. El carro 410 incluye un cabezal fijo 420 y un contrapunto 430 para hacer girar al eje 120 durante el equilibrado. El carro 410 presenta varias ventajas, que se describirán más adelante.

20 Se hace referencia ahora a la figura 5, que ilustra una realización de un soporte giratorio 510 que está soportado por medio de un cabezal fijo 520 y un contrapunto 530 de una máquina AFP. El soporte giratorio 510 incluye un eje 550, el cual puede estar montado de forma liberable en unas placas giratorias 540 por medio de placas de fijación con pernos 560. El cabezal fijo 520 y el contrapunto 530 soportan el peso del eje 120, de la lámina frontal 500 acoplada, de los pesos del sistema de contrapeso (no mostrados) y de las fibras de refuerzo aplicadas por medio de la máquina AFP. El cabezal fijo 520 y el contrapunto 530 proporcionan además el par necesario para hacer girar el eje 550.

25 El eje 550 puede tener un mecanismo de ajuste de la longitud 570, al objeto de modificar la longitud del eje. Por ejemplo, el mecanismo de ajuste de la longitud 570 puede incluir un mecanismo telescópico, o puede incluir piezas de separación o segmentos que se añadan o se retiren al objeto de alcanzar la longitud deseada. La longitud del eje se puede ajustar para adaptarse a láminas frontales de diferentes longitudes, dependiendo de la dimensión del área de trabajo (es decir, la distancia entre el cabezal fijo 520 y el contrapunto 530). En algunas realizaciones, el área de trabajo AFP puede variar aproximadamente entre 3,048 m y 15,24 m (10 pies y 50 pies).

30 En algunas realizaciones de la presente memoria, un eje no tiene un mecanismo de ajuste de la longitud. En su lugar, el eje se puede dejar fijo con una longitud máxima que depende del área de trabajo AFP.

35 En algunas realizaciones, el eje 550 se puede retirar con facilidad y se puede volver a instalar por medio de un mecanismo simple que levante el centro de giro de las placas giratorias 540. En algunas realizaciones, el eje 550 se puede elevar desde arriba por medio de una grúa-puente (es decir, una grúa de techo, una grúa de pórtico portátil, una grúa con pluma) o por medio de una barra de separación (con un solo punto de elevación o con un punto doble en los extremos). En otras realizaciones, el eje 550 se puede elevar desde abajo por medio de una plataforma rodante o carro capaz de realizar la transferencia de carga.

40 Un soporte giratorio de la presente memoria permite que un único eje sea utilizado para una variedad de láminas frontales diferentes. Las diferentes láminas frontales, a su vez, hacen posible obtener una variedad de tamaños de laminados. Por ejemplo, los laminados pueden variar desde los 0,9144 m x 0,9144 m (3 pies x 3 pies) hasta más de 12,8016 m x 6,096 m (42 pies x 20 pies). De forma ventajosa, se puede generar un laminado de diferentes tamaños y/o contornos por medio de la simple sustitución de una lámina frontal y la realización del equilibrado para que la rigidez y el centro de masas satisfagan los requisitos de equilibrado de la máquina.

45 La figura 6 es una ilustración de un método de utilización de la herramienta de mandril giratorio para la obtención de diferentes laminados de material compuesto. En el bloque 610, se ajusta la longitud del eje. En el bloque 620, se acopla una lámina frontal al eje por medio de puntos de fijación.

50 En el bloque 630, se hace el equilibrado de la lámina frontal para que la rigidez y el centro de masas satisfagan los requisitos de equilibrado del soporte con respecto a la máquina que deposita las fibras de refuerzo. Considérese una máquina AFP. Las frecuencias naturales típicas del conjunto giratorio total (que incluye eje, piezas de separación y la lámina formal acoplada) pueden ser de aproximadamente 2 – 8 Hz. La frecuencia natural mínima requerida es proporcionada normalmente por parte del fabricante de la máquina AFP. Las velocidades de giro típicas de la máquina AFP pueden estar entre 3 – 9 rpm, relativamente bajas, pero dependiendo del diámetro, proporcionan un movimiento de superficie de entre aproximadamente 1,27 – 127 m/min (50 – 5.000 inch/min), con una velocidad de aplicación de la máquina AFP normalmente menor que 76,2 m/min (3.000 inch/min). El peso total del conjunto (eje, fijación, sistema de contrapeso, lámina frontal) se encuentra dentro de los límites permitidos para la máquina AFP (por ejemplo, 22.679,619 – 90.718,474 kg) (50.000 – 200.000 libras).

- 5 El equilibrado proporciona un equilibrio adecuado para adecuarse a las capacidades de par de la máquina AFP. Una herramienta desequilibrada puede ser difícil de colocar con precisión y puede dar lugar a problemas en el ajuste del motor o a vibraciones indeseables durante el giro. Los ajustes del sistema de contrapeso se llevan a cabo para equilibrar la herramienta con respecto a su centro, al objeto de minimizar la vibración y operar dentro de los límites de la máquina AFP.
- El equilibrado proporciona además una rigidez adecuada para la minimización de la desviación del conjunto giratorio total (que incluye el eje, las piezas de separación y la lámina formal acoplada). Una rigidez insuficiente puede dar lugar a errores de posicionamiento durante la colocación de los cables. Por ejemplo, una rigidez insuficiente puede dar lugar a un encorvamiento con una desviación máxima esperada alrededor del punto medio del eje.
- 10 En el bloque 640, el material compuesto de una pieza de material compuesto se tiende sobre la superficie de moldeo de la lámina frontal a medida que la lámina frontal se hace girar. El tendido de la fibra se puede llevar a cabo de forma automática (por ejemplo, por medio de máquinas AFP o ATL) o manualmente. A continuación, se pueden colocar unas chapas de metal de reparto de presiones sobre el molde de la pieza. Para el típico material de colocación de fibras automática, se pueden utilizar las anchuras típicas de 0,3175 cm, 0,635 cm y 1,27 cm (1/8", 1/4" y 1/2"). Para el tendido manual y el encintado automático, se pueden utilizar cintas más anchas de 7,62 cm, 15,24 cm y 30,48 cm (3", 6" y 12"). Las máquinas que realizan el tendido automático pueden ser máquinas dedicadas o de efectores terminales que son desplazados por medio de sistemas de posicionamiento de efectores terminales.
- 15
- 20 En el bloque 650, el laminado se embolsa y se traslada a la zona de curado. En algunas realizaciones, el laminado se puede embolsar con la lámina frontal, el eje se puede retirar del cabezal fijo y el contrapunto, y todo el conjunto del eje y la lámina frontal se puede trasladar hasta el interior de un autoclave u horno para el curado. El eje se puede retirar por medio de un dispositivo de soporte independiente, tal como el carro 410. El carro 410 puede soportar las temperaturas y presiones del autoclave.
- 25 En otras realizaciones, la lámina frontal se puede desacoplar del eje, el laminado se puede embolsar con la lámina frontal, y la lámina frontal se traslada a la zona de curado. La lámina frontal se puede transportar por medio de una plataforma rodante o mesa clasificada como apta para autoclave.
- 30 En el bloque 660, el material compuesto de la pieza se cura en la zona de curado. Como ejemplos, el curado puede ser un curado en autoclave, un curado en horno o un curado fuera de autoclave (dependiendo del sistema de material compuesto elegido para la pieza). En el bloque 670, se lleva a cabo el mecanizado (por ejemplo, recorte y perforación) de la pieza curada.
- 35 En el bloque 680, después del recorte y la perforación, la pieza acabada se retira de la lámina frontal. Una pieza relativamente grande se puede retirar por medio de un dispositivo de elevación. La pieza acabada se sitúa sobre un dispositivo de NDI para hacer posible la inspección ultrasónica.
- En el bloque 690, la lámina frontal se retira del eje, y se acopla al eje una lámina frontal para la nueva pieza (bloque 620). Las operaciones de los bloques 630 a 680 se repiten para la fabricación de la nueva pieza.
- Un soporte giratorio de la presente memoria es especialmente útil para la reparación de una nueva clase de aviones comerciales. Esta nueva clase de avión incluye grandes secciones de una sola pieza hechas de material compuesto.
- 40 Se hace referencia a la figura 7, que ilustra un ejemplo de un avión 700 de material compuesto. El avión 700 incluye, por lo general, un fuselaje 710, conjuntos de ala 720 y empenaje 730. Una o más unidades de propulsión 740 se acoplan al fuselaje 710, a los conjuntos de ala 720 o a otras partes del avión 700. Los conjuntos del tren de aterrizaje 750 se acoplan al fuselaje 710.
- 45 En algunas realizaciones, todo el fuselaje 710 puede estar hecho de una única sección de una sola pieza de material compuesto. En otras realizaciones, el fuselaje 710 puede estar conformado por múltiples secciones de una sola pieza de material compuesto. En el ejemplo ilustrado en la figura 7, el fuselaje 710 está formado a partir de seis secciones de forma cilíndrica de una sola pieza de material compuesto: una sección de cabina del morro (sección 41), tres secciones medias (secciones 43, 44 y 46) y las secciones finales (sección 47 y 48).
- 50 En todas las secciones están conformadas puertas de pasajeros y de carga 760. Por lo tanto, todas las secciones son susceptibles de ser dañadas por los equipos de asistencia en tierra. Todas las secciones son susceptibles también de ser dañadas por escombros del suelo. La sección de cabina del morro es susceptible además de ser dañada por choques con aves, los cuales son impactos de elevada energía. Un lóbulo inferior de la sección de cabina del morro es susceptible de ser dañada debido al colapso del tren del morro. Un lóbulo inferior de la sección final es susceptible de ser dañado por golpes de cola.
- 55 Se hace referencia ahora a las figuras 8 y 9, las cuales ilustran una zona dañada 910 al azar del fuselaje 710. Además del daño en el revestimiento 810, también la subestructura de rigidización integrada subyacente 820 puede estar dañada. La subestructura de rigidización puede incluir unos largueros 820 que se extienden longitudinalmente, los cuales se someten a curado junto con el revestimiento 810.

En un avión comercial grande, es mucho más deseable sustituir la zona dañada que reemplazar toda una parte cilíndrica de una sola pieza. Aun así, la zona dañada, por lo general, será aleatoria. Es decir, la localización, tamaño exacto y extensión de los daños pueden variar de incidente a incidente. En consecuencia, un panel prefabricado no se ajustará bien, o no del todo, a la zona dañada.

- 5 De forma ventajosa, se puede utilizar un soporte giratorio de la presente memoria para la fabricación de paneles que sean hechos a medida para la sustitución de la zona dañada. La única estructura que cambia de un panel de sustitución a otro panel de sustitución es la lámina frontal. Para cada nueva configuración de un panel, sólo se fabrica una lámina frontal. La lámina frontal se acopla a continuación al soporte giratorio y se equilibra.

- 10 La velocidad de fabricación y el coste se reducen debido a que únicamente se necesita fijar y equilibrar una lámina frontal. El coste se reduce también debido a que, a diferencia de lo que ocurre en los soportes convenciones, los ejes no están integrados con las herramientas de mandril y, por lo tanto, se pueden reutilizar. Un soporte de tamaño estándar, o incluso un soporte sobredimensionado, se puede adaptar a una amplia variedad de tamaños de láminas frontales. Los paneles de sustitución variarán en cuanto al tamaño. Pueden ser mayores que un panel de sustitución de 12,8016 m x 6,096 m (42' x 20'), o no más grandes que un panel de sustitución de 0,9144 m x 0,9144 m (3' x 3').

- 15 Se hace referencia a la figura 10, la cual ilustra un panel de sustitución 1010 que se fija a un panel de revestimiento 1020 por medio de una unión atornillada. La unión atornillada incluye una chapa dobladora 1030 que se fija tanto al panel de sustitución 1010 como al panel de revestimiento 1020 por medio de tornillos 1040. Se puede utilizar un elemento de relleno 1050 no estructural para rellenar los huecos entre la chapa dobladora 1030 y el panel de sustitución 1010 o el panel de revestimiento 1020. Las uniones, por lo general, tienen configuraciones circunferenciales, longitudinales y en esquina. Un soporte giratorio de la presente memoria se puede utilizar para la fabricación de las chapas dobladoras 1030 y de los elementos de relleno 1050.

- 20 Se hace referencia ahora a la figura 11, que ilustra un método de utilización de un soporte giratorio de la presente memoria para la fabricación de paneles de sustitución de material compuesto de una sola pieza hechos a medida, para las diferentes zonas dañadas de un avión. En el bloque 1110, se recibe un diseño de cada panel de sustitución de material compuesto hecho a medida. Cada diseño puede incluir una definición del panel en detalle con respecto al revestimiento y a la subestructura de rigidización integrada. Esto puede incluir la generación de una definición del panel en detalle a partir del revestimiento y la subestructura que se utilizaron originalmente en la sección, y la modificación de la definición del panel original, de manera que el panel de sustitución pueda reemplazar la zona dañada y ajustarse al contorno de la zona dañada. La generación de la definición del panel incluye la generación de una geometría de ingeniería que incluye los límites de las capas, la secuencia de aplicación, la composición y las orientaciones de las fibras, y las anchuras de la cinta dentro de cada límite.

- 25 Este diseño puede incluir además una definición del panel en detalle con respecto a los elementos de unión mecánicos (por ejemplo, chapas dobladoras de unión y elementos de relleno), que se utilizarán para la unión mecánica del panel de sustitución al avión. Debido a que la localización exacta del material dañado y la extensión exacta del daño es aleatoria e impredecible, la configuración de la junta de unión y los detalles de la reparación es probable que no existan y necesiten ser creados. El número de paneles en detalle depende del tamaño y la complejidad de la reparación. En una reparación compleja, por ejemplo, se pueden utilizar docenas de chapas dobladoras de unión y miles de elementos de unión. Esta fase de diseño es única para cada daño.

- 30 En el bloque 1120, se obtienen las láminas frontales para los laminados de los paneles de sustitución. En algunos casos, algunas, o todas, las láminas frontales se pueden fabricar de acuerdo a los diseños. En otros casos, algunas, o todas, las láminas frontales se pueden extraer de herramientas de producción identificadas o de herramientas de producción defectuosas. Algunas partes de las herramientas identificadas se pueden cortar, y esas partes se utilizan como láminas frontales.

- 35 En el bloque 1130, se acopla una lámina frontal al eje y se equilibra, y se utiliza el soporte giratorio para la fabricación del panel. La fabricación del panel incluye el moldeo de la pieza, el curado, mecanizado, etc. Se puede llevar a cabo una inspección no destructiva.

En el bloque 1140, si se ha de fabricar una pieza adicional que tiene una configuración diferente, la lámina frontal se retira del eje. Se acopla y equilibra otra lámina frontal, y se fabrica la pieza adicional (bloque 1130).

- 40 En el bloque 1150, se envían los paneles de sustitución a un centro de reparación. Allí se instalan los paneles de sustitución en el avión dañado.

La etapa de acoplamiento puede incluir la unión de la lámina frontal al eje en los puntos de fijación del eje.

Se puede ajustar la longitud del eje antes de acoplar la lámina frontal.

Una pluralidad de láminas frontales que tienen diferentes configuraciones de moldeo se pueden montar una tras otra, equilibrar y utilizar para la fabricación de piezas de material compuesto.

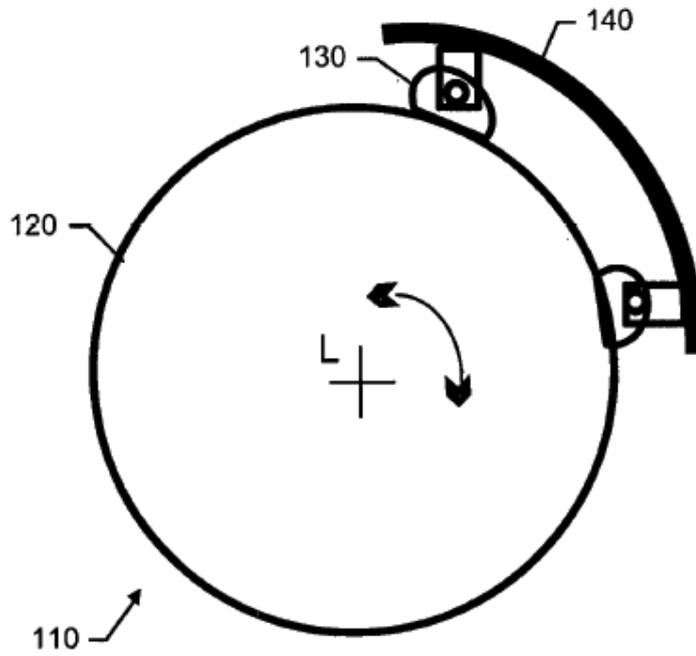
- 45 Las piezas incluyen paneles de sustitución de material compuesto para aviones.

El aparato puede comprender además un cabezal fijo y un contrapunto para el soporte y el giro del eje, en el que el eje se puede retirar del cabezal fijo y del contrapunto.

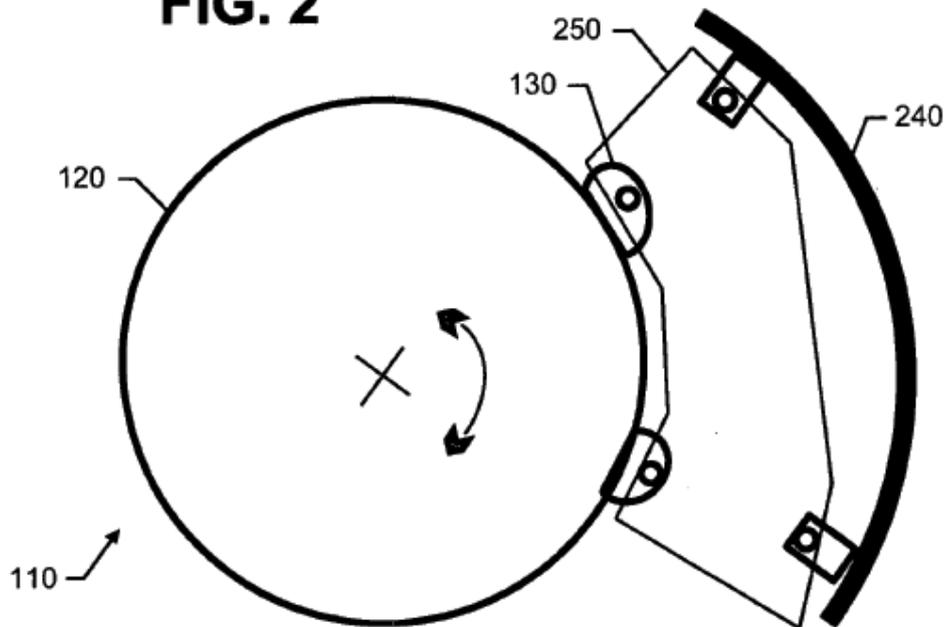
**REIVINDICACIONES**

1. Un método para la fabricación de un laminado de fibras de refuerzo, comprendiendo el método:  
acoplar (610) una lámina frontal (140, 240, 500) a un eje (120, 550) de un soporte de herramienta de mandril, teniendo la lámina frontal una superficie de moldeo para las fibras de refuerzo; y
- 5 5 equilibrar (630) la lámina frontal acoplada con respecto a la rigidez y al centro de masas.
2. El método de la reivindicación 1, en el que el equilibrado incluye la fijación de pesos (310) con piezas de separación (330) al eje.
3. El método de la reivindicación 2, en el que el equilibrado incluye además la verificación de que las condiciones de equilibrio se satisfacen para asegurar el equilibrio giratorio dentro de los límites de capacidad de una  
10 máquina que depositará las fibras de refuerzo sobre la lámina frontal.
4. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que el eje y la lámina frontal acoplada se equilibran sobre un carro (410) móvil.
5. El método de cualquier reivindicación precedente, que comprende además hacer girar la lámina frontal acoplada, a la vez que se depositan las fibras de refuerzo sobre la superficie de moldeo.
- 15 6. El método de la reivindicación 5, que comprende además retirar el eje de la máquina giratoria después del moldeo de la pieza; y transportar el eje, junto con la lámina frontal acoplada y el laminado, a una zona de curado.
7. El método de la reivindicación 5 o 6, que comprende además retirar la lámina frontal del eje, acoplar una segunda lámina frontal que tiene una configuración de moldeo diferente y equilibrar la segunda lámina frontal.
8. Un método que comprende la formación de diferentes laminados de fibras de refuerzo por medio de la  
20 utilización de un único eje (120, 550) de un soporte de herramienta de mandril, en el que la formación de cada laminado incluye acoplar una lámina frontal (140, 240, 550) correspondiente al eje (120, 550), y equilibrar la lámina frontal acoplada.
9. El método de la reivindicación 8, que comprende además hacer girar el eje, a la vez que se depositan las fibras de refuerzo sobre la lámina frontal.
- 25 10. El método de la reivindicación 9, que comprende además retirar el eje del soporte de herramienta de mandril después del moldeo de la pieza; y transportar el eje, junto con la lámina frontal acoplada y el laminado, a una zona de curado.
11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 - 10, en el que el equilibrado incluye la fijación de pesos (310) con piezas de separación al eje; y la verificación de que las condiciones de equilibrio se satisfacen para  
30 asegurar el equilibrio giratorio dentro de los límites de capacidad de una máquina que depositará las fibras de refuerzo sobre la lámina frontal.
12. Aparato para la fabricación de diferentes laminados de material compuesto, comprendiendo el aparato:  
un eje (120, 550) que tiene unos puntos de fijación (130);  
una pluralidad de láminas frontales (140, 240, 500) que tienen diferentes configuraciones de moldeo, pudiéndose  
35 fijar mecánicamente cada lámina frontal a los puntos de fijación; y  
unos medios (310, 330) para equilibrar una lámina frontal que está fijada mecánicamente al eje.
13. El aparato de la reivindicación 12, en el que el eje tiene una longitud variable.
14. El aparato de la reivindicación 12 o 13, que comprende además una máquina para el depósito de fibras de refuerzo sobre la superficie de moldeo de la lámina frontal acoplada al eje.
- 40 15. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 12 - 14, en el que los medios de equilibrado incluyen pesos (310) y piezas de separación (330).

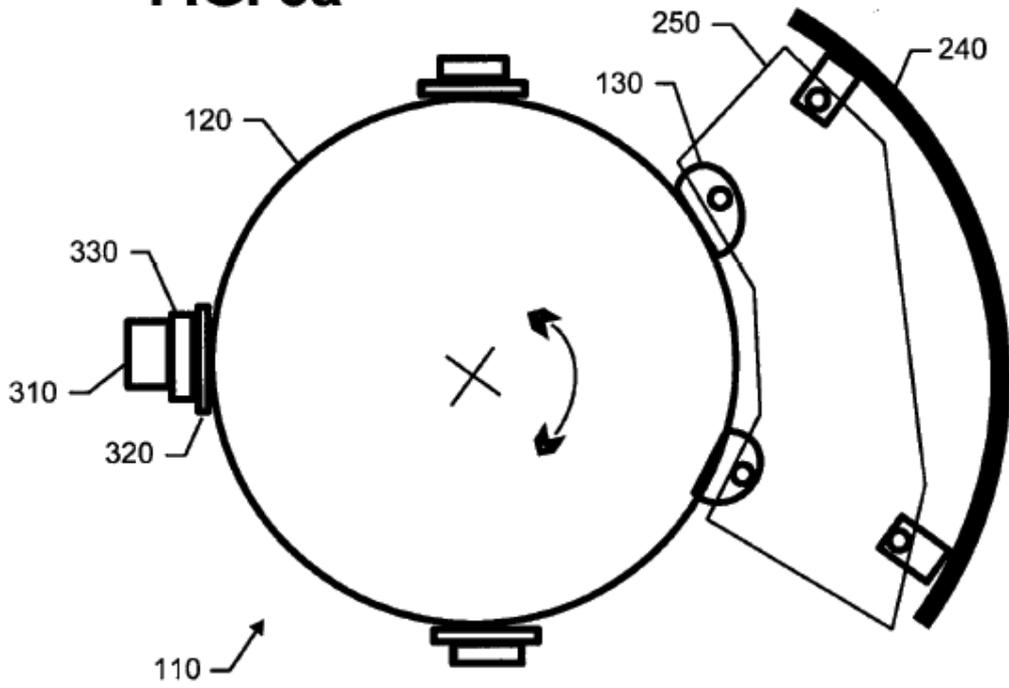
**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3a**



**FIG. 3b**

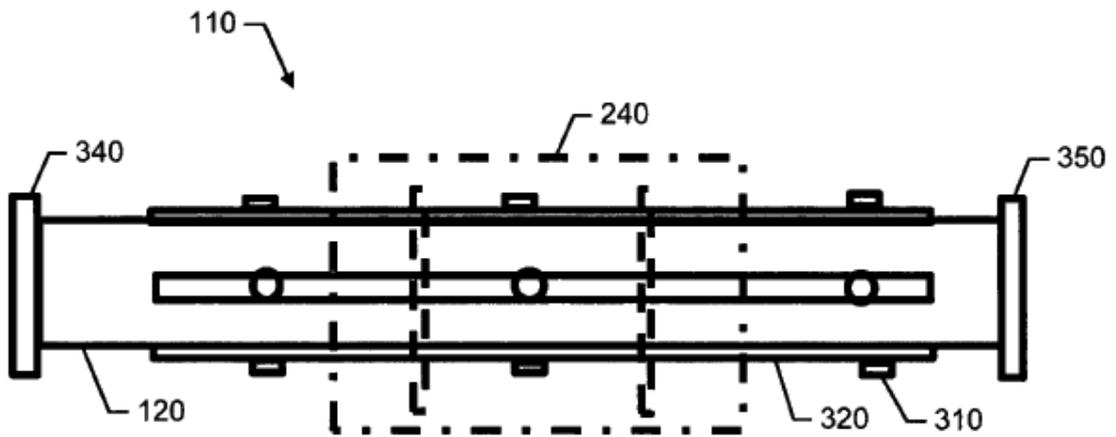
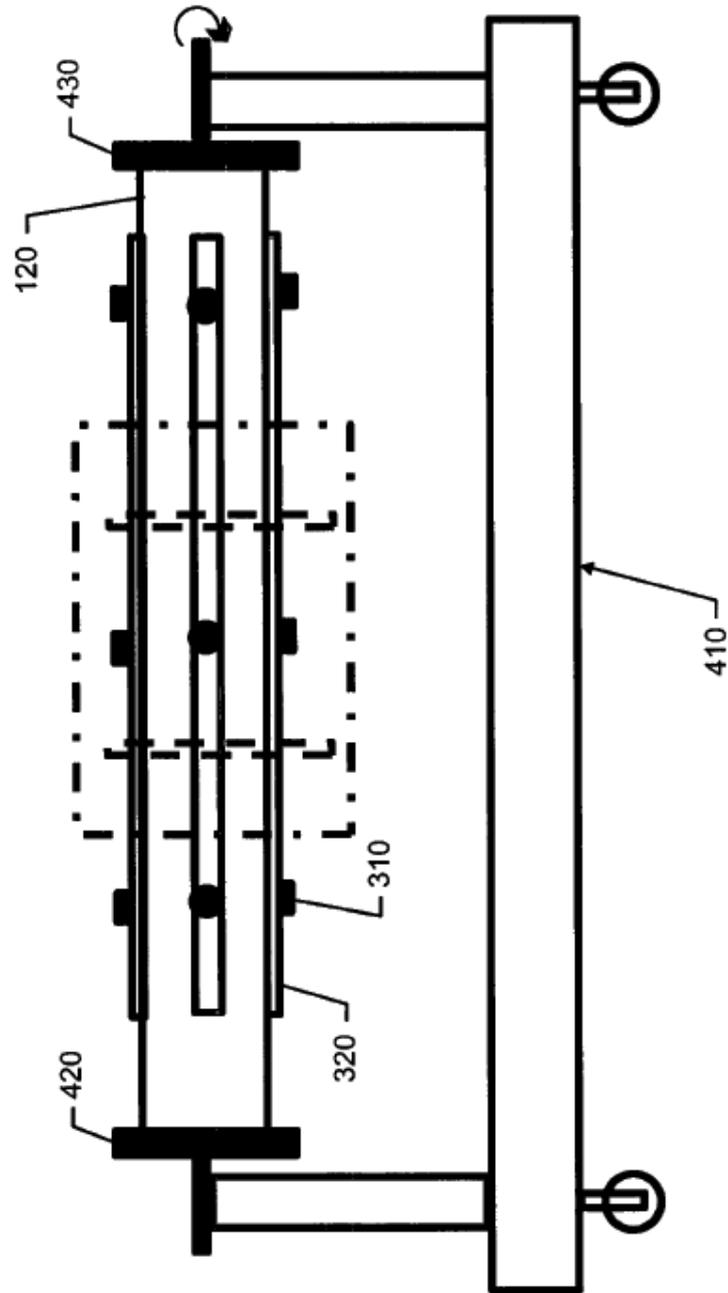
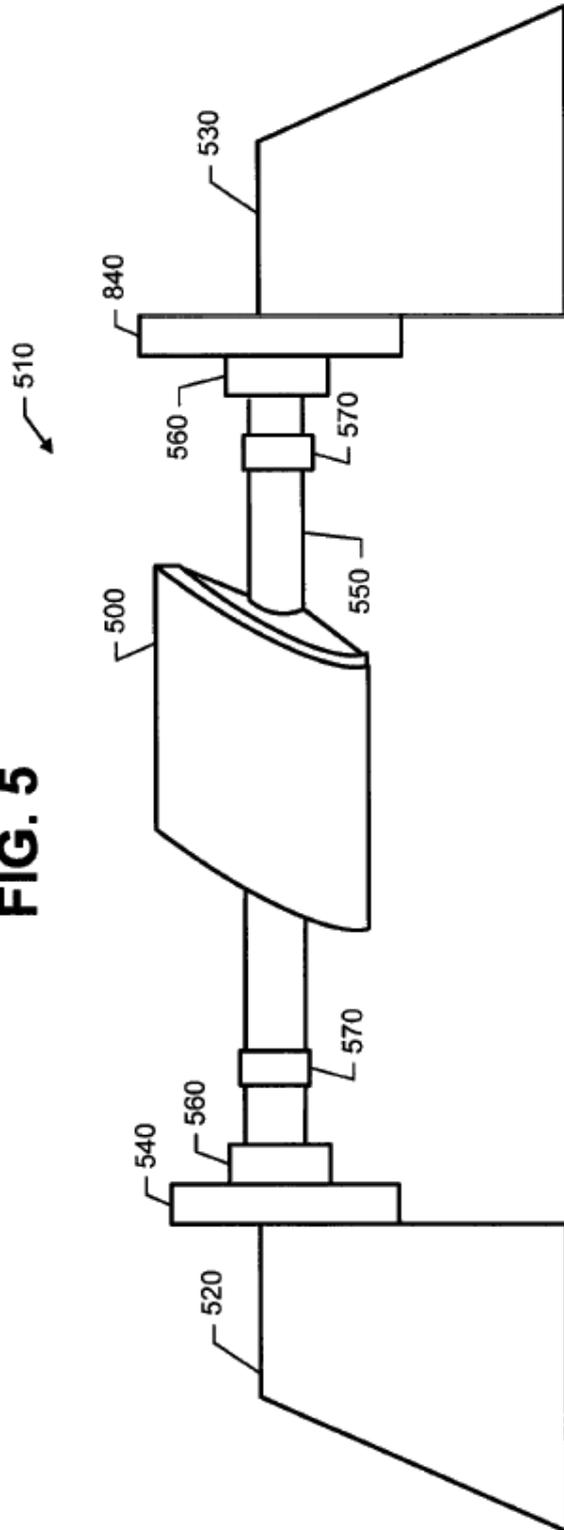


FIG. 4



**FIG. 5**



**FIG. 6**

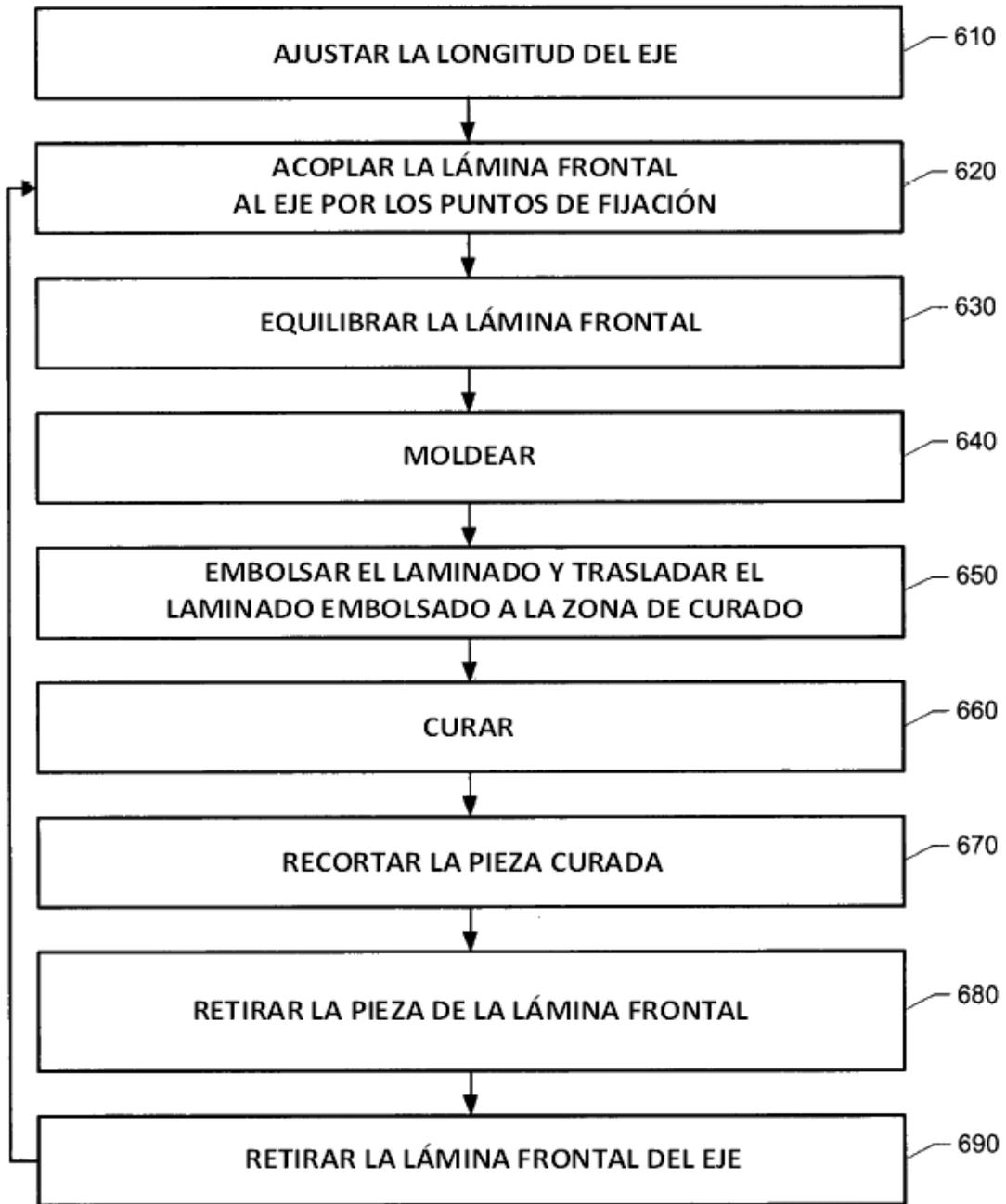
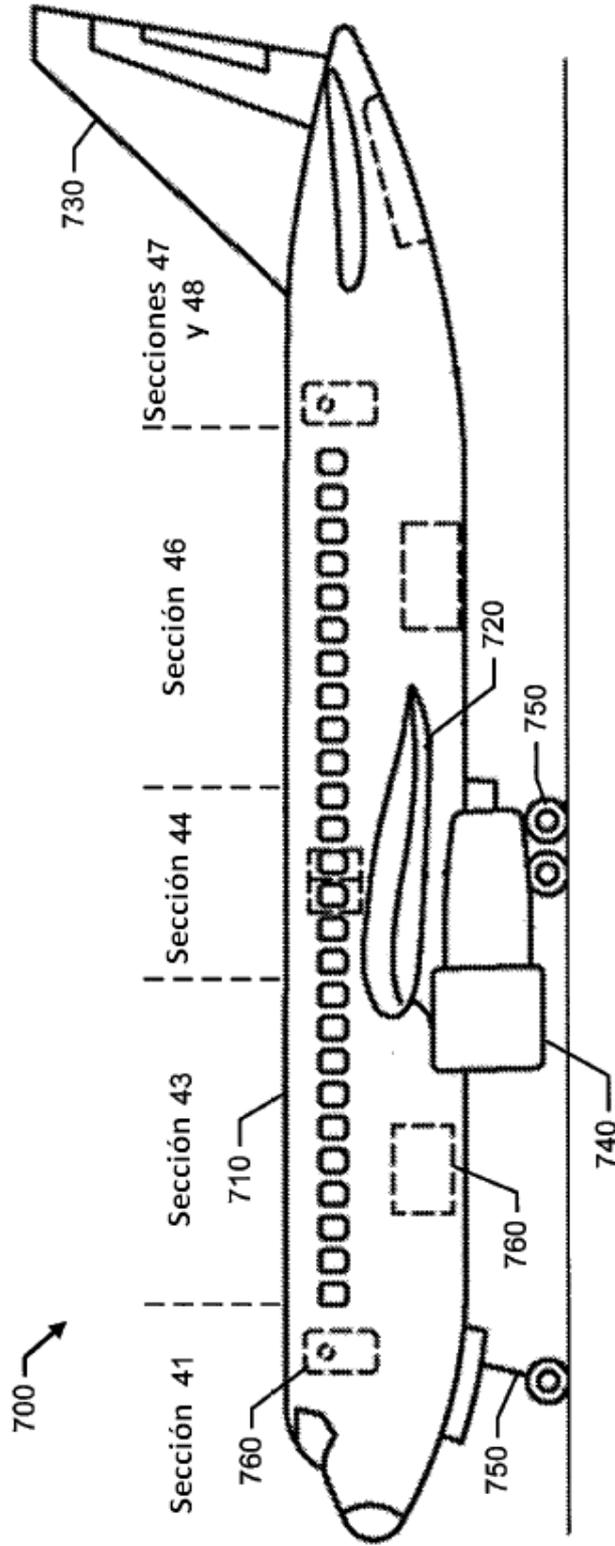
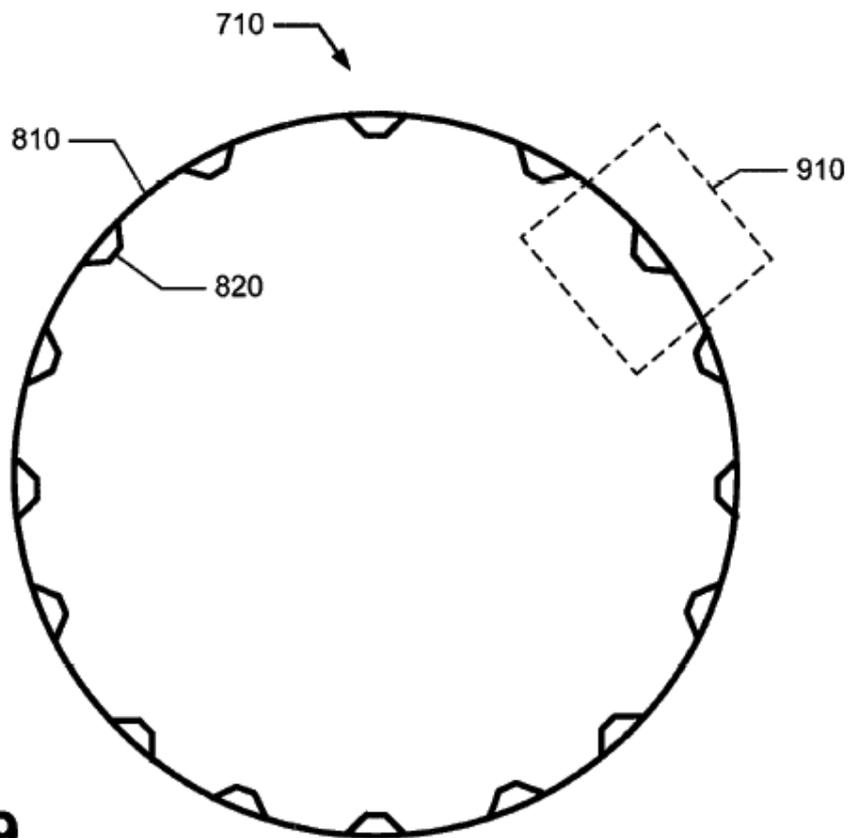
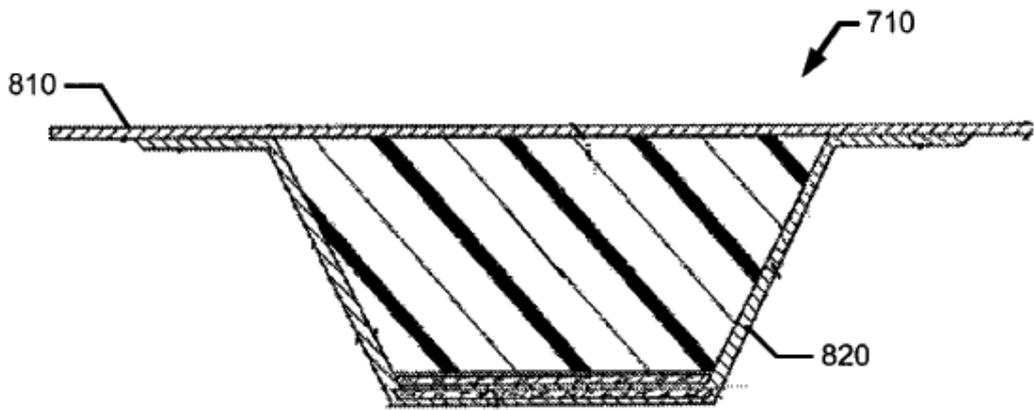


FIG. 7

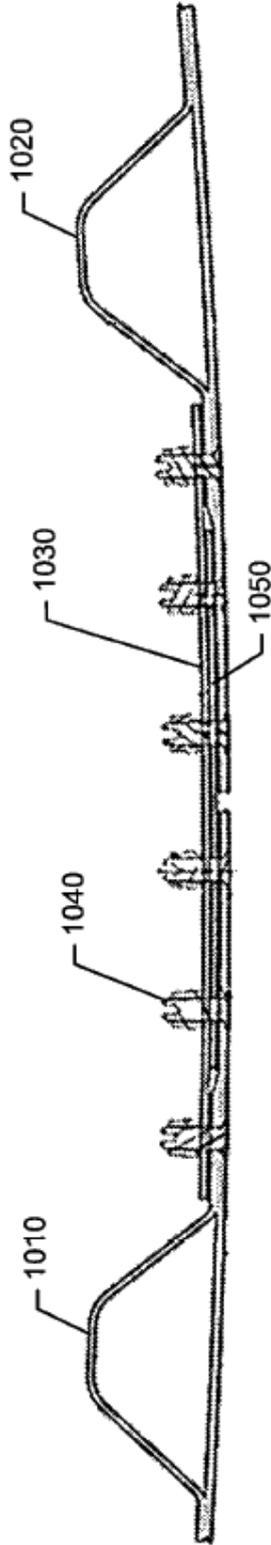


**FIG. 8**



**FIG. 9**

**FIG. 10**



**FIG. 11**

