

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 545 635**

51 Int. Cl.:

B29C 70/00 (2006.01)

B29C 73/04 (2006.01)

B29C 35/02 (2006.01)

B29C 70/32 (2006.01)

B29C 70/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2012 E 12741164 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.06.2015 EP 2731784**

54 Título: **Célula que incluye secciones limpia y sucia para fabricar piezas de material compuesto**

30 Prioridad:

12.07.2011 US 201161507115 P

06.10.2011 US 201113267876

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

14.09.2015

73 Titular/es:

THE BOEING COMPANY (100.0%)

**100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

MILLER, JEFFREY L.

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

Observaciones :

Véase nota informativa (Remarks) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes

ES 2 545 635 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

Célula que incluye secciones limpia y sucia para fabricar piezas de material compuesto

5 **ANTECEDENTES**

La aviación comercial puede ser dañada por choques con aves, equipo de mantenimiento en tierra, escombros, granizo y otros eventos imprevistos. Estos eventos pueden producir agujeros y desgarros en el revestimiento del avión, y daños en la subestructura de refuerzo subyacente (por ejemplo, cuadernas, refuerzos y almohadillados). Por ejemplo, una sección de la cabina del morro de un avión puede ser dañada por un choque con aves, un lóbulo inferior puede ser dañado debido al colapso del tren del morro, los alrededores de la puerta de la sección media pueden ser dañados debido a colisiones con los equipos de mantenimiento en tierra, y el lóbulo inferior de la sección del final puede ser dañado por un golpe de la cola, etc.

Es importante reparar un avión dañado y devolverlo al servicio lo antes posible. El tiempo de inactividad es muy costoso para una aerolínea, ya que un avión inactivo da como resultado una pérdida de ingresos.

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

La reparación de la aviación comercial de materiales compuestos no es tan sencilla, especialmente la reparación de una gran zona de de un componente de una pieza. Considérese un fuselaje compuesto de varias secciones del barril de material compuesto de una pieza. Cada sección del barril incluye revestimiento, cuadernas en aro, y refuerzos (por ejemplo, larguerillos). Los refuerzos pueden estar integrados con el revestimiento (por co-curado durante la fabricación). Las cuadernas en aro pueden fijarse mecánicamente al revestimiento. Si una gran zona de una sección del fuselaje resulta dañada, la retirada y la sustitución de toda la sección del barril sería prohibitivamente cara, perjudicial para la producción y requeriría mucho tiempo.

El documento GB 2.116.594 A muestra un entorno de sala limpia para fabricar cuerpos de plásticos moldeados, especialmente envases para la industria farmacéutica, comprende al menos dos entornos separados cerrados separados por una pared, manteniéndose uno de ellos a presión elevada mediante aire filtrado. La pared tiene una abertura en ella y una máquina de moldeo para fabricar los envases sobresale a través de la abertura y está sellada en ella pero puede moverse hacia dentro y hacia fuera de la abertura, por ejemplo, sobre raíles, estando los servicios para la máquina conectados a ella en el entorno, mientras que los cuerpos producidos emergen de esa parte de la máquina que, en uso, está en el entorno que está a una presión elevada.

El documento US 5.341.918 A muestra un dispositivo de transferencia de artículos desde una primera posición hasta una segunda posición que incluye un tornillo de transferencia, un sistema transportador, una placa de acumulación estacionaria y una pared de ajuste de la presión. El tornillo se construye a partir de un material flexible y es, esencialmente, una espiral helicoidal continua que tiene sus extremos conectados a una estructura de soporte. Debido a la naturaleza flexible del tornillo, pueden transferirse artículos de diferentes tamaños a través de la placa de acumulación sin que tenga que cambiarse el tornillo. El dispositivo de transferencia del artículo es útil en una aplicación de sala limpia y de sala menos limpia donde los artículos necesitan ser transferidos entre las salas sin que retorne ningún contaminante a la sala limpia. Ninguna pieza individual del dispositivo de transferencia se mueve desde la sala limpia a la sala menos limpia y viceversa, manteniendo de ese modo el entorno estéril en la sala limpia. Cuando se desea que un artículo de diferente tamaño sea transferido entre las salas, la pared de presión es ajustada de manera que el tornillo se ajuste a los artículos de diferente tamaño y transfiera los mismos. El tiempo de producción perdido y la mano de obra adicional son eliminados como resultado de la naturaleza del ajuste del dispositivo de transferencia de los artículos.

El documento US 2006/0180264 A1 muestra un artículo de material compuesto fabricado con un dispositivo. El dispositivo incluye un efector final y un dispositivo de posicionamiento. El efector final coloca una estopa. El efector final incluye un eje, un dispositivo de compactación y una ruta. El eje asegura de forma desmontable un carrito de estopa y la ruta está dispuesta desde el carrito hasta el dispositivo de compactación. El dispositivo de posicionamiento sitúa el efector final. El efector final es asegurado en el dispositivo de posicionamiento de forma desmontable.

Se necesita una infraestructura para la reparación de una gran superficie de componentes de aviones de material compuesto de una pieza.

60 **SUMARIO**

Según una realización en el presente documento, se proporciona un procedimiento de la utilización de una célula de fabricación para fabricar una pieza de material compuesto, comprendiendo la célula de fabricación una sección limpia para llevar a cabo operaciones limpias, que incluyen la laminación de fibras de refuerzo en una herramienta mandril, cumpliendo la sección limpia con los requisitos de sala limpia para el procesamiento de materiales compuestos no curados; una sección sucia adyacente para llevar a cabo operaciones sucias que incluyen mecanizar

el laminado después de curar; un sistema común de posicionamiento del efector final que puede moverse entre las secciones limpia y sucia; y medios para impedir que contaminantes de la sección sucia entren en la sección limpia; comprendiendo el procedimiento: usar el sistema de posicionamiento del efector final para construir una herramienta mandril en la sección sucia; mover la herramienta mandril y el sistema de posicionamiento del efector final a la sección limpia; usar el sistema de posicionamiento del efector final para depositar fibras de refuerzo sobre la herramienta; mover la herramienta a una sección de curado y llevar a cabo el curado; mover la herramienta mandril y el sistema de posicionamiento del efector final nuevamente a la sección sucia; mecanizar la pieza curada en la herramienta.

Según otra realización en el presente documento, una célula de fabricación incluye una sección limpia que incluye efectores finales intercambiables para llevar a cabo operaciones de laminación del material compuesto. La sección limpia satisface los requisitos de sala limpia para el procesamiento de materiales compuestos no curados. La célula de fabricación incluye además una sección sucia adyacente a la sección limpia, incluyendo la sección sucia efectores finales intercambiables para llevar a cabo operaciones de mecanizado; y un sistema de posicionamiento del efector final que puede moverse entre las secciones limpia y sucia, para la selección y el uso de los efectores finales para llevar a cabo las operaciones de laminación en la sección limpia y las operaciones de mecanizado en la sección sucia.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es una ilustración de una celda de fabricación que tiene secciones limpia y sucia adyacentes.

La Figura 2 es una ilustración de un procedimiento de uso de la célula de fabricación para fabricar una herramienta mandril de laminación y una pieza de material compuesto.

La Figura 3 es una ilustración de un avión que incluye un fuselaje de material compuesto.

La Figura 4 es una ilustración del revestimiento y de la subestructura de refuerzo subyacente de una sección del barril de material compuesto del fuselaje.

La Figura 5 es una ilustración de una zona dañada de una pieza del barril del fuselaje.

La Figura 6 es una ilustración de un panel de sustitución que está unido a un panel de revestimiento a través de un empalme atornillado.

La Figura 7 es una ilustración de un procedimiento para la reparación de un componente dañado de material compuesto de una pieza de un avión, que incluye el diseño y la fabricación de un panel de sustitución del material compuesto.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Se hace referencia a la Figura 1, que ilustra una célula 110 de fabricación para la fabricación de una pieza de material compuesto, que incluye capas o pliegues de fibras de refuerzo incrustadas en una matriz. Un ejemplo de un material compuesto es un plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP), donde los constituyentes pueden incluir fibras de carbono incrustadas en una matriz epoxi.

La célula 110 de fabricación incluye una sección 120 sucia y una sección 130 limpia. Las operaciones en la sección 120 sucia incluyen, pero no se limitan a, el montaje y mecanizado (por ejemplo, recorte, fresado y taladrado). Las operaciones se consideran sucias si pueden producir polvo o contaminantes que vulneren los requisitos de sala limpia para el procesamiento de materiales compuestos no curados. Para las operaciones "sucias" tal como el mecanizado, la sección 120 sucia puede incluir un sistema 122 de vacío que minimiza el polvo y los residuos para facilitar la limpieza. El sistema 122 de vacío puede tener hasta 98 % o mayor eficacia de eliminación de polvo.

Las operaciones de la sección 130 limpia incluyen la laminación del material compuesto sobre una herramienta mandril. En algunas realizaciones, las fibras se pueden depositar sobre una herramienta mandril de laminación que sea estática. En otras realizaciones, las fibras se pueden depositar sobre una herramienta mandril de laminación mientras la herramienta está girando.

Las operaciones de la sección 130 limpia incluyen además la instalación de chapas de prensado, el embolsado y el corte del material. Por ejemplo, la tela para la infusión o preimpregnación de resina podría ser cortada mediante una cuchilla por ultrasonidos u otro dispositivo, tal como un cortador de capas o una herramienta de mano. La infusión de resina también se puede llevar a cabo en la sección 130 limpia.

Las operaciones se consideran limpias si no vulneran los requisitos de las salas limpias y requieren ser realizadas en una sala limpia debido a problemas de contaminación (por ejemplo, los procesos que implican la manipulación de materiales compuestos no curados). La sección 130 limpia puede incluir un sistema 132 de filtración y de acondicionamiento del aire para mantener las condiciones ambientales dentro de las especificaciones. En general, las instalaciones de materiales compuestos requieren salas limpias de la clase 400.000 con temperatura, humedad, y recuento de partículas supervisados. El equipo y las herramientas deben satisfacer estos requisitos cuando se mueven desde la sección 120 sucia a la sección 130 limpia. Si la sección 130 limpia cae fuera de especificación, puede necesitarse un tiempo de espera para que los filtros de circulación de aire del sistema 132 eliminen el polvo del aire.

La célula 110 de fabricación incluye un sistema común 140 de posicionamiento del efector final, movable entre las

secciones 120 y 130, sucia y limpia, para llevar a cabo todas estas operaciones limpias y sucias. El sistema 140 de posicionamiento del efector final puede utilizar una pluralidad de efectores finales intercambiables para llevar a cabo las operaciones. Los efectores finales pueden estar situados en las estaciones 150 de efector final situadas en las secciones 120 y 130 sucia y limpia. Para cambiar los efectores finales en ambas secciones 120 y 130 sucia y limpia puede usarse un cambiador manual, semi-automático o automático.

Los efectores finales pueden incluir herramientas para mecanizar (por ejemplo, fresado, taladrado), herramientas para recortar, un cabezal de laminación para el extendido de la estopa en cinta o en cinta cortada de la lámina de panel o de cara, un cabezal de pulverización de pintura para pintar, una cortadora por ultrasonidos para el corte de material preimpregnado o seco, un cabezal de NDI (con las zapatas necesarias) para la inspección por ultrasonidos de la pieza de material compuesto, una laminadora de larguerillos para conformar piezas de material compuesto, un dispensador de material, y las sondas de inspección para la inspección geométrica y dimensional de la pieza de material compuesto.

En algunas realizaciones, el sistema 140 de posicionamiento del efector final puede incluir una sola máquina de posicionamiento tal como un pórtico 142 que tiene múltiples ejes de movimiento (por ejemplo, hasta siete ejes). En otras realizaciones, el sistema 140 de posicionamiento puede incluir un robot o múltiples robots para llevar a cabo las operaciones limpias y sucias. Un único robot puede tener efectores finales intercambiables. Múltiples robots pueden usar combinaciones de efectores finales especializados. Otros tipos de sistemas de posicionamiento del efector final pueden incluir combinaciones de plataformas lineales de ejes cartesianos, plataformas de eje rotatorio y plataformas de Stewart utilizando cinemática paralela. Los ejemplos específicos incluyen pórticos, robots, robots sobre raíles, plataformas de tipo post-fresado, y plataformas de Stewart (por ejemplo, hexápodos). En cada uno de estos ejemplos, el sistema 140 de posicionamiento del efector final está configurado para proporcionar un efector final seleccionado en una posición o a lo largo de una trayectoria para llevar a cabo su función, al tiempo que satisface los requisitos de comportamiento (por ejemplo, ángulos, velocidad, aceleración, rigidez, intervalo del recorrido, servicios, acoplamiento de liberación rápida).

El sistema 140 de posicionamiento del efector final es movable entre las secciones 120 y 130 sucia y limpia. En algunas realizaciones, el sistema 140 de posicionamiento del efector final puede ser movido por un sistema 160 de máquina sobre raíles. En otras realizaciones, el sistema 140 de posicionamiento del efector final puede ser movido por medio de colchones de aire o ruedas, y después posicionado de forma localizada.

Un soporte 170 de la herramienta mandril se proporciona para soportar la herramienta mandril durante la laminación. En algunas realizaciones, el soporte de la herramienta mandril puede incluir una mesa 170 que es movable entre las secciones 120 y 130 sucia y limpia. La mesa puede ser posicionable entre las patas de la máquina del pórtico 142.

El sistema 140 de posicionamiento del efector final puede estar cubierto con una lámina de metal u otro material que proporcione una superficie lisa para la limpieza. El sistema 140 de posicionamiento del efector final puede utilizar también plásticos de tipo polietileno como cubierta protectora. Tal plástico se puede retirar fácilmente para su limpieza antes de transferir el pórtico 142 desde la sección 120 sucia hasta la sección 130 limpia. Todo esto ayuda a mantener los requisitos de sala limpia.

En algunas realizaciones, una barrera 180 tal como una puerta rápida, una puerta de franjas o una puerta de congelador separa las secciones 120 y 130 sucia y limpia. Estas puertas están diseñadas para mantener los controles ambientales entre las zonas con diferentes condiciones. La sección 130 limpia puede ser de presurización positiva para impedir la entrada de polvo y otros contaminantes.

En algunas realizaciones, la barrera 180 puede incluir una esclusa de aire, que puede ser fija o portátil. La esclusa de aire puede incluir una cámara con dos puertas herméticas en serie que no se abren simultáneamente. En general, una esclusa de aire permite el paso de personas y objetos entre un recipiente a presión y su entorno mientras se minimiza el cambio de presión en el recipiente y la pérdida de aire del mismo. Una esclusa de aire que tiene un diseño de acordeón puede incluir una cámara sellada portátil que cubre el sistema 140 de posicionamiento del efector final como sus transiciones entre las secciones 120 y 130 para mantener cualquier contaminante fuera de la sección 130 limpia.

Para el movimiento desde la sección 130 limpia hasta la sección 120 sucia, la puerta de la sección limpia se abre, el sistema 140 de posicionamiento del efector final (que ya está limpio) se mueve a la esclusa de aire, la puerta de la sección limpia se cierra, la puerta de la sección sucia se abre, y el sistema 140 de posicionamiento del efector final se mueve a la sección 120 sucia. Después, se cierra la puerta de la sección sucia. Para el movimiento desde la sección 120 sucia hasta la sección 130 limpia, la sección de la puerta sucia se abre, el sistema 140 de posicionamiento del efector final (que ya está sucio) se mueve a la esclusa de aire, y la puerta de la sección sucia se cierra (la puerta de la sección limpia está ya cerrada). El sistema 140 de posicionamiento del efector final es limpiado (por ejemplo, se quitan las cubiertas protectoras, y el sistema es limpiado). Después de que el entorno dentro de la esclusa de aire es validado como limpio, la puerta de la sección limpia se abre, y el sistema 140 de posicionamiento del efector final se mueve a la sección 130 limpia.

5 La célula 110 de fabricación también puede incluir una sección 190 de curado cercana para el curado de la pieza de material compuesto. En algunas realizaciones, la sección 190 de curado puede incluir un autoclave 192 para el curado de preimpregnados bajo calor y presión. En otras realizaciones, la sección 190 de curado puede incluir un horno 194 para el curado de tela infundida con resina bajo calor o de material preimpregnado diseñado para el procesamiento fuera del autoclave.

10 La sección 190 de curado está preferiblemente adyacente a la sección 130 limpia. La estrecha proximidad simplifica la logística de la manipulación. La pieza de material compuesto puede ser trasladada al autoclave sobre rodillos o ruedas adecuadas en caliente en la parte inferior de la herramienta mandril o sobre una plataforma rodante diseñada para soportar el curado en autoclave.

15 La inspección no destructiva de la pieza de material compuesto curado se puede llevar a cabo en la sección 120 sucia, siempre que el polvo no interfiera con la operación de inspección no destructiva. La inspección no destructiva se puede llevar a cabo en la sección 130 limpia, a condición de que el acoplamiento (por ejemplo, agua) sea controlado a fin de no vulnerar los requisitos de sala limpia.

20 El sistema 140 de posicionamiento del efector final puede incluir también un controlador común 144 para mover el sistema 140 de posicionamiento del efector final (por ejemplo, pórtico 142) a lo largo del sistema 160 de raíles y el mando del sistema 140 de posicionamiento del efector final para llevar a cabo las operaciones limpia y sucia. El controlador 144 puede ser alimentado con programas a partir de una herramienta de programación y simulación. Esta herramienta de programación y simulación puede ser diseñada para proporcionar las instrucciones necesarias para todos los tipos de efectores finales utilizados dentro de la célula 110 de fabricación.

25 La célula 110 de fabricación puede ser utilizada para fabricar más que la pieza de material compuesto. También puede ser utilizada para fabricar la herramienta mandril sobre el cual se forma la pieza de material compuesto. La célula 610 de fabricación puede estar equipada con efectores finales para la fabricación de herramientas mandril de laminación. Como un primer ejemplo, la célula 610 de fabricación puede estar equipada con efectores finales para producir una herramienta maestra (por ejemplo, material compuesto), que a su vez puede ser utilizada para moldear herramientas de producción de material compuesto. Como un segundo ejemplo, la célula 610 de fabricación puede estar equipada con efectores finales que tienen capacidades de fresado y taladrado para la producción de una herramienta de laminación de metal.

35 A continuación, se hace referencia a la Figura 2, que ilustra un procedimiento de utilización de la célula 110 de fabricación para fabricar tanto una herramienta mandril de laminación como una pieza de material compuesto. En la Figura 2, se fabrica un tipo particular de herramienta de laminación: una herramienta no maestra que incluye una estructura celular rellena de espuma y cubierta con una lámina de cara de material compuesto, que proporciona una superficie de laminación con uniformidad aeronáutica. En la Figura 7, la pieza de material compuesto no se limita a ningún tipo o aplicación particular. Puede ser una pieza de producción, un panel de sustitución, un elemento de sujeción (por ejemplo, un doblador), etc. La pieza de material compuesto puede ser para un vehículo (por ejemplo, avión, nave espacial, barco, coche, camión), para un aerogenerador (por ejemplo, una pala), o para una estructura de ingeniería civil (por ejemplo, un elemento de puente para refuerzo).

45 En el bloque 200, el controlador 144 recibe instrucciones para la fabricación de la herramienta y la pieza. Las instrucciones proporcionan los comandos para el sistema 140 de posicionamiento del efector final para seleccionar los efectores finales y utilizar los efectores finales seleccionados para llevar a cabo sus funciones deseadas. Para un efector final de perforación de un agujero, las instrucciones pueden incluir la posición y el ángulo del taladro, velocidad de avance, velocidad de rotación y las instrucciones del ciclo de perforación. Para el fresado de una herramienta o recorte de un borde de una pieza, las instrucciones del efector final de fresado pueden incluir la ruta para el cortador, la posición angular, la velocidad de rotación y la velocidad de avance. Para un efector final de colocación de fibras, las instrucciones pueden incluir la ruta para el cabezal, la posición angular, y los comandos de corte y añadido para las diferentes estopas. Las instrucciones pueden ser producidas por un módulo de programación y simulación, que está diseñado para la célula 110 de fabricación. El módulo de programación y simulación deriva las instrucciones de modelos de ingeniería asociados con la pieza de material compuesto y la herramienta. Los modelos identifican la geometría de la superficie y características tales como orificios, lugares de recorte, y los límites de las capas. Los modelos de ingeniería definen los requisitos de piezas y herramientas. El módulo de programación y simulación toma estos requisitos a partir de los modelos de ingeniería y los transforma en instrucciones que pueden ser procesadas por la célula 110 de fabricación. El controlador 144 ejecuta a continuación las instrucciones para llevar a cabo lo siguiente.

60 En el bloque 210, se construye una estructura celular de la herramienta mandril de laminación en la sección 120 sucia. La herramienta mandril de laminación puede ser construida con tableros delanteros de material compuesto, que pueden ser cortados con una herramienta de corte por chorro de agua o una herramienta enrutadora. En algunas realizaciones, los tableros delanteros pueden ser montados sobre y fijados a una mesa móvil, por lo que la mesa móvil "se transforma en" una pieza de la herramienta mandril.

65 La estructura celular resultante se monta y se rellena con espuma, usando líquido dispensado y mezclado, bloques

de material pre-moldeado, o una combinación de los mismos. Por ejemplo, el sistema 140 de posicionamiento del efector final selecciona un dispensador de material de espuma o un efector final de manipulación desde la estación 150 de efector final. El dispensador se selecciona para conducir la aplicación de espuma tal como un sistema de poliisocianurato de 2 partes. El efector final de manipulación se selecciona para colocar bloques de utillaje de espuma precurada en los tableros delanteros de la herramienta.

Después de construido, el sistema 140 de posicionamiento del efector final selecciona un efector final de fresado de la estación 150 de efector final, carga el efector final fresado, y mecaniza la espuma y el tablero delantero. El sistema 140 de posicionamiento del efector final selecciona y carga, a continuación, un cabezal de sonda, y utiliza el cabezal de sonda para la verificación o inspección de la ubicación para validar la geometría.

En el bloque 220, se colocan fibras de refuerzo para una lámina de cara sobre la estructura celular mecanizada en la sección 130 limpia. En algunas realizaciones, la tela puede dispensarse mediante un efector final de dispensación de tela, y la tela dispensada puede ser cortada mediante un efector final de cuchilla de corte por ultrasonidos. La tela puede ser depositada por un efector final que lleva a cabo la colocación automática de la fibra (AFP) o la laminación de cinta automatizada (ATL). En otras realizaciones, la laminación se puede llevar a cabo de forma manual.

En el bloque 230, el material compuesto es curado en la sección 190 de curado. La laminación por infusión de resina se cura en el horno, o una laminación de la preimpregnación se cura en autoclave, o un sistema fuera del autoclave se cura en un horno. La infusión de resina puede incluir un post-curado a aproximadamente 176,67°C (350 °F) para materiales epoxi, y mayor para los materiales BMI. Antes del post-curado, el material similar a la espuma puede ser retirado de la herramienta mandril, especialmente para herramientas que tienen tableros delanteros más altos.

En el bloque 240, la lámina de cara se mecaniza en la sección 120 sucia. Cualquier acabado a mano necesario también se lleva a cabo en la sección sucia. Para la recogida del polvo se utiliza un apropiado vacío. El sellado de la herramienta también se puede llevar a cabo utilizando un efector final automatizado (spray de rodillo) o proceso manual. Una herramienta mandril de laminación de acabado se limpia y se transfiere después a la sección limpia para la laminación del panel.

En el bloque 250, material compuesto para la pieza de material compuesto se coloca sobre la herramienta mandril en la sección limpia. La laminación de la pieza puede realizarse automáticamente mediante el sistema 140 de posicionamiento del efector final (por ejemplo, con un efector final que lleve a cabo AFP o ATL) o la laminación del panel se puede llevar a cabo de forma manual.

Después, pueden colocarse chapas de prensado sobre el laminado de la pieza (dependiendo de los requisitos de acabado). El laminado de la pieza es entonces embolsado, y movido a la sección de curado.

En el bloque 260, la pieza de material compuesto es curada en la sección 190 de curado. En el bloque 270, la pieza curada se transfiere a la sección 120 sucia, donde se llevan a cabo el recorte y la perforación.

En el bloque 280, después del recorte y de la perforación, la pieza terminada se retira de la herramienta de laminación. Una pieza relativamente grande puede ser retirada con un accesorio de levantamiento. La pieza acabada se coloca en un accesorio de NDI para permitir la inspección por ultrasonidos. El sistema 140 de posicionamiento del efector final puede llevar a cabo el NDI mediante la selección de los efectores finales (zapatas) de NDI que sean aplicables a la geometría de la pieza.

En el bloque 290, después del NDI, la pieza es trasladada a la sección sucia, donde es pintada (en otras realizaciones, el pintado se puede llevar a cabo en una instalación separada). El pórtico puede usar un efector final para pintar. Puede proporcionarse alguna ventilación adicional (conductos portátiles, etc.) para facilitar el pintado en la sección sucia.

La herramienta mandril de laminación y el sistema 140 de posicionamiento del efector final son limpiados antes de trasladarlos desde la sección 120 sucia a la sección 130 limpia. Si se cortan espuma o fibra de carbono, puede desplegarse un sistema 122 de recogida en vacío de alto rendimiento para minimizar el polvo, posiblemente con un poco de líquido refrigerante para mantener al mínimo las partículas suspendidas en el aire.

Una célula 110 de fabricación en el presente documento ofrece ventajas sobre las instalaciones de fabricación convencionales. Los sistemas de posicionamiento del efector final tienden a ser muy caros, por lo que la inversión de capital en equipos se reduce significativamente mediante el uso de un sistema de posicionamiento del efector final común en lugar de sistemas especializados para diferentes funciones.

Una célula de fabricación en el presente documento puede fabricar piezas más rápidamente que las instalaciones que llevan a cabo operaciones limpias y sucias en una sola sección. El único elemento que necesita ser limpiado entre las operaciones limpia y sucia es el sistema 140 de posicionamiento del efector final. No se gasta tiempo en esperar que el recuento de partículas se estabilice antes de que se lleven a cabo las operaciones limpias.

Una célula de fabricación en el presente documento tiene un impacto relativamente pequeño. Considérese el ejemplo de una célula de fabricación para la fabricación de piezas tan grandes como 13,72 metros (45 pies) de largo, 6,10 metros (20 pies) de ancho y 3,66 metros (12 pies) de alto. Dicha célula puede tener una superficie de suelo de aproximadamente 464,52 metros cuadrados (5.000 pies cuadrados) y una altura del techo de unos 7,62 metros (25 pies). El suelo de la celda de fabricación puede ser plano, con una base suficiente para el peso y la carga del sistema 140 de posicionamiento del efector final. El impacto relativamente pequeño permite la construcción de múltiples células de fabricación en diferentes lugares en lugar de una sola célula grande que sea construida en una gran instalación central.

Estas ventajas serán especialmente útiles para la reparación de una nueva clase de aviones comerciales. Esta nueva clase de aviones incluye secciones de una sola pieza grandes fabricadas de material compuesto.

Se hace referencia a la Figura 3, que ilustra un ejemplo de un avión 300 de material compuesto. El avión 300 incluye generalmente un fuselaje 310, los montajes 320 de las alas y el conjunto 330 de cola. Una o más unidades 340 de propulsión están acopladas al fuselaje 310, a los montajes 320 de las alas o a otras partes del avión 300. Los montajes 350 del tren de aterrizaje están acoplados al fuselaje 310.

En algunas realizaciones, todo el fuselaje 310 puede estar fabricado de una sección de material compuesto de una sola pieza. En otras realizaciones, el fuselaje 310 puede estar formado por múltiples secciones de material compuesto de una pieza. En el ejemplo ilustrado en la Figura 3, el fuselaje 310 está formado de las siguientes secciones del barril de material compuesto de una pieza: una sección de la cabina del morro (sección 41), tres secciones del tramo medio (secciones 43, 44 y 46), y secciones del extremo (sección 47 y 48).

Las puertas 360 de pasajeros y de carga están formadas en cinco secciones. Así, todas las secciones son susceptibles al daño de los equipos de mantenimiento en tierra. Todas las secciones también son susceptibles al daño de los escombros en tierra. La sección de la cabina del morro también es susceptible a los daños causados por los choques con aves, que son impactos de alta energía. Un lóbulo inferior de la sección de la cabina del morro es susceptible al daño debido al colapso del tren del morro. Un lóbulo inferior de la sección del extremo es susceptible a daños por los choques de la cola.

En un avión comercial grande, es mucho más deseable sustituir la zona dañada que sustituir todo el barril como una pieza. Aún así, la zona dañada será, por lo general, aleatoria. Es decir, la ubicación, el tamaño exacto, y la extensión del daño pueden variar de un incidente a otro incidente. En consecuencia, un panel prefabricado no podría encajar bien, o del todo, en una zona dañada. Ventajosamente, una célula de fabricación en el presente documento puede ser utilizada para fabricar herramientas y paneles que pueden personalizarse para sustituir las zonas dañadas.

Una célula de fabricación en el presente documento se puede utilizar también para producir piezas de producción de material compuesto y herramientas para las piezas. Ejemplos de piezas de producción incluyen, pero no se limitan a, góndolas, costillas de ala, estructuras de la caja central y estructuras de las puertas.

A continuación, se hace referencia a las Figuras 4 y 5, que ilustran una zona 510 dañada al azar del fuselaje 110. Además de dañar el revestimiento 410, también puede ser dañada la subestructura 420 de refuerzo integrada subyacente. La subestructura de refuerzo puede incluir largueros 420 que se extienden longitudinalmente, que son co-curados con el revestimiento 410.

Se hace referencia a la Figura 6, que ilustra un panel 610 de sustitución que está unido a un panel 620 de revestimiento a través de un empalme atornillado. El empalme atornillado incluye un doblador 630 que se une tanto al panel de sustitución 610 como al panel 620 del revestimiento mediante pernos 640. Puede utilizarse relleno 650 no estructural para llenar los huecos entre el doblador 630 y el panel 610 de sustitución o el panel 620 de revestimiento. Los empalmes tienen, en general, configuraciones circunferencial, longitudinal y de esquina.

Los paneles de sustitución pueden variar en tamaño. Los paneles de sustitución pueden variar desde aproximadamente 0,91 m x 0,91 m (3' x 3') hasta aproximadamente 12,80 m x 6,10 m (42' x 20').

A continuación, se hace referencia a la Figura 7, que ilustra un procedimiento de utilización de la célula de fabricación para producir un panel de sustitución de una sola pieza personalizado. En el bloque 710, se recibe un diseño de un panel de sustitución de material compuesto personalizado para sustituir la zona dañada del componente de material compuesto. El diseño incluye una definición de detalle del panel para el revestimiento y la subestructura de refuerzo integrada. Esto puede incluir la creación de una definición de detalle del panel basada en el 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 encajar en la abertura y coincida con el contorno del componente. La creación de la definición del panel incluye la creación de una geometría de ingeniería que incluye límites de capas, secuencia de apilado, composición de la fibra y orientaciones, y anchuras de cinta dentro de cada límite.

En algunas realizaciones, la definición de detalle del panel especifica un panel de sustitución de una pieza. Es decir,

toda la estructura de refuerzo subyacente es co-curada con el revestimiento. En otras realizaciones, la definición de detalle del panel no especifica un panel de sustitución de una sola pieza, sino más bien un híbrido que incluye revestimiento integrado y subestructura de refuerzo personalizados junto con otros elementos.

5 El diseño incluye también una definición de detalle del panel para los elementos de sujeción mecánica (por ejemplo, dobladores de empalme y rellenos), que se utilizarán para sujetar mecánicamente el panel de sustitución al componente. Ya que la ubicación exacta del material dañado y la extensión exacta del daño es aleatoria e impredecible, la configuración de la configuración de la unión de empalmes y los detalles para la reparación es probable que no existan ni necesiten ser creados. El número de paneles de detalle depende del tamaño y
10 complejidad de la reparación. En una reparación compleja podrían estar involucrados, por ejemplo, docenas de dobladores de empalmes y miles de elementos de sujeción. Esta fase de diseño es única para cada daño.

15 El diseño puede incluir también una definición del montaje del panel y una definición de la instalación. Estas definiciones describen cómo unir el panel de sustitución al componente utilizando los elementos de sujeción (por ejemplo, dobladores de empalmes, rellenos y elementos de sujeción).

20 En el bloque 720, el panel de sustitución se fabrica de acuerdo con el diseño en una celda de fabricación. En algunas realizaciones, los diversos elementos (por ejemplo, el revestimiento y los refuerzos) son co-curados como se hace en la producción. En otras realizaciones, algunos de los elementos del panel de sustitución pueden estar sujetos mecánicamente juntos (por ejemplo, largueros cortados atornillados juntos y al revestimiento). Sin embargo, es preferible el co-curado, especialmente si el panel co-curado coincide con la configuración existente.

25 El corte adicional se puede llevar a cabo después de que se haya fabricado el panel de sustitución. Por ejemplo, puede llevarse a cabo un corte adicional si el panel de sustitución es mayor que la abertura. Puede llevarse a cabo un recorte adicional para garantizar que se cumplen las tolerancias de separación de ingeniería. Este ajuste final que garantiza que se cumplen las tolerancias de separación de ingeniería, se puede llevar a cabo en el lugar de la reparación. Los paneles de sustitución pueden tener, de forma deliberada, un exceso utilizable que se recorta en el lugar de la reparación.

30 En el bloque 730, el panel de sustitución es enviado al lugar de la reparación, donde se instala en la abertura. La instalación puede incluir fijar mecánicamente el panel de sustitución al componente. Por ejemplo, pueden utilizarse numerosos dobladores de empalme (material compuesto y/o titanio), rellenos y soportes para fijar el panel de sustitución a la sección.

35 Pueden usarse técnicas convencionales de fabricación de material compuesto y metal (por ejemplo, titanio) para fabricar dobladores de empalmes y otros elementos para la fijación del panel de sustitución. En algunas realizaciones, puede usarse sólo la fijación con titanio, o sólo con elementos de material compuesto, o una combinación de elementos de fijación de titanio y de material compuesto. Los elementos hechos de titanio pueden ser fabricados mediante procesos convencionales de fabricación de titanio, tales como la conformación en caliente y el mecanizado. Los elementos de fijación de material compuesto se pueden fabricar por técnicas convencionales de fabricación de preimpregnado de material compuesto tal como la laminación a mano, bolsa, el curado, el recorte y la inspección no destructiva por ultrasonidos. Puede usarse Colocación Automatizada de la Fibra (AFP) en lugar de la laminación a mano cuando lo permita la ingeniería. En algunas realizaciones, los dobladores de material compuesto, los rellenos y los empalmes podrían construirse utilizando el mismo lugar de producción siguiendo los mismos o
40 similares procesos que el panel de sustitución.
45

50 Así, la célula de fabricación y el procedimiento de la Figura 7 pueden utilizarse para reparar una nueva clase de aviones comerciales que tengan uno o más componentes de materiales compuestos de una pieza. Una sección dañada de una sola se repara rápidamente (mucho más rápido que la sustitución de una sección entera), lo que permite que el avión esté de nuevo en servicio rápidamente. En consecuencia, se reduce el tiempo de inactividad del avión.

55 Una ventaja de la célula de producción es que puede estar situada de forma remota de las instalaciones de producción principales del fabricante del avión. Por ejemplo, una célula de fabricación puede estar situada más cerca de un aeropuerto u otro lugar donde será reparado el avión. La situación más cercana ahorra costes logísticos significativos (por ejemplo, embalaje y transporte) y reduce el tiempo de flujo. Esto reduce aún más el tiempo de inactividad.

60 La fabricación de la herramienta mandril y su uso en el mismo lugar también ahorra costes logísticos significativos y reduce el tiempo de flujo. Por el contrario, la construcción de la herramienta mandril de laminación en un lugar y usarla en otro lugar puede implicar medidas adicionales, tales como el envío de la herramienta mandril al lugar de construcción, y el desembalaje de la herramienta y la instalación de la herramienta en el lugar de construcción.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento de uso de una célula (110) de fabricación para fabricar una pieza de material compuesto, comprendiendo la célula de fabricación una sección (130) limpia para llevar a cabo operaciones limpias que incluyen la laminación de fibras de refuerzo en una herramienta mandril, cumpliendo la sección limpia con los requisitos de sala limpia para procesar materiales compuestos no curados; una sección (120) sucia adyacente para llevar a cabo operaciones sucias que incluyen mecanizar el laminado después de curar; un sistema (140) de posicionamiento del efector final común que puede moverse entre las secciones limpia y sucia; y medios (180) para impedir que los contaminantes en la sección (120) sucia entren en la sección (130) limpia; comprendiendo el procedimiento:
- 10 utilizar el sistema (110) de posicionamiento del efector final para construir una herramienta mandril en la sección (120) sucia;
mover la herramienta mandril y el sistema (140) de posicionamiento del efector final a la sección (130) limpia;
15 utilizar el sistema (140) de posicionamiento del efector final para depositar fibras de refuerzo en la herramienta;
mover la herramienta a una sección (190) de curado y llevar a cabo el curado;
mover la herramienta mandril y el sistema de posicionamiento del efector de nuevo a la sección sucia;
mecanizar la pieza curada en la herramienta.
- 20 2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además la limpieza del sistema de posicionamiento del efector final antes de que sea trasladado a la sección limpia.
3. Una célula (110) de fabricación que comprende:
- 25 una sección (130) limpia que incluye efectores finales intercambiables para llevar a cabo operaciones de laminación del material compuesto, satisfaciendo la sección (150) limpia los requisitos de sala limpia para el procesamiento de materiales compuestos no curados;
una sección (120) sucia adyacente a la sección (130) limpia, incluyendo la sección (120) sucia efectores
30 finales intercambiables para llevar a cabo operaciones de mecanizado; y
un sistema (140) de posicionamiento del efector final, que puede moverse entre las secciones limpia y sucia, para la selección y uso de efectores finales para llevar a cabo las operaciones de laminación en la sección (130) limpia y operaciones de mecanizado en la sección (120) sucia.
- 35 4. La célula de fabricación de la reivindicación 3, que comprende además medios (180) para evitar que contaminantes de la sección sucia entren en la sección limpia.
5. La célula de fabricación de cualquiera de las reivindicaciones 3 o 4, que comprende además medios (160) para mover el sistema de posicionamiento del efector final entre las secciones limpia y sucia.
- 40 6. La célula de fabricación de cualquiera de las reivindicaciones 3-5, que comprende además medios para mantener la temperatura, la humedad y el recuento de partículas en la sección limpia para satisfacer los requisitos del proceso del material compuesto.
- 45 7. La célula de fabricación de cualquiera de las reivindicaciones 3-6, que comprende además un controlador (144) común para controlar el sistema (140) de posicionamiento del efector final y efectores finales seleccionados tanto en la sección limpia como en la sucia.

FIG. 1

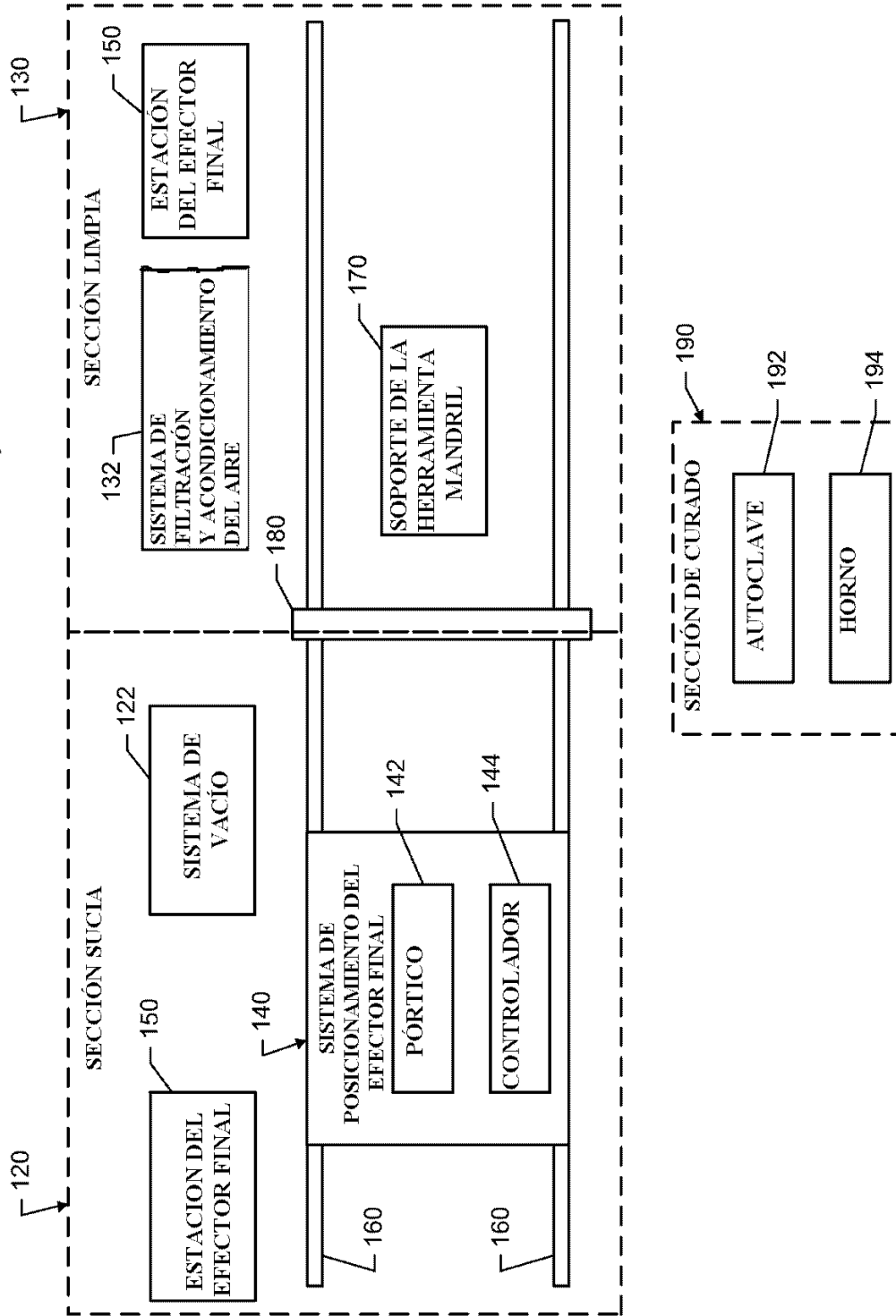


FIG. 2

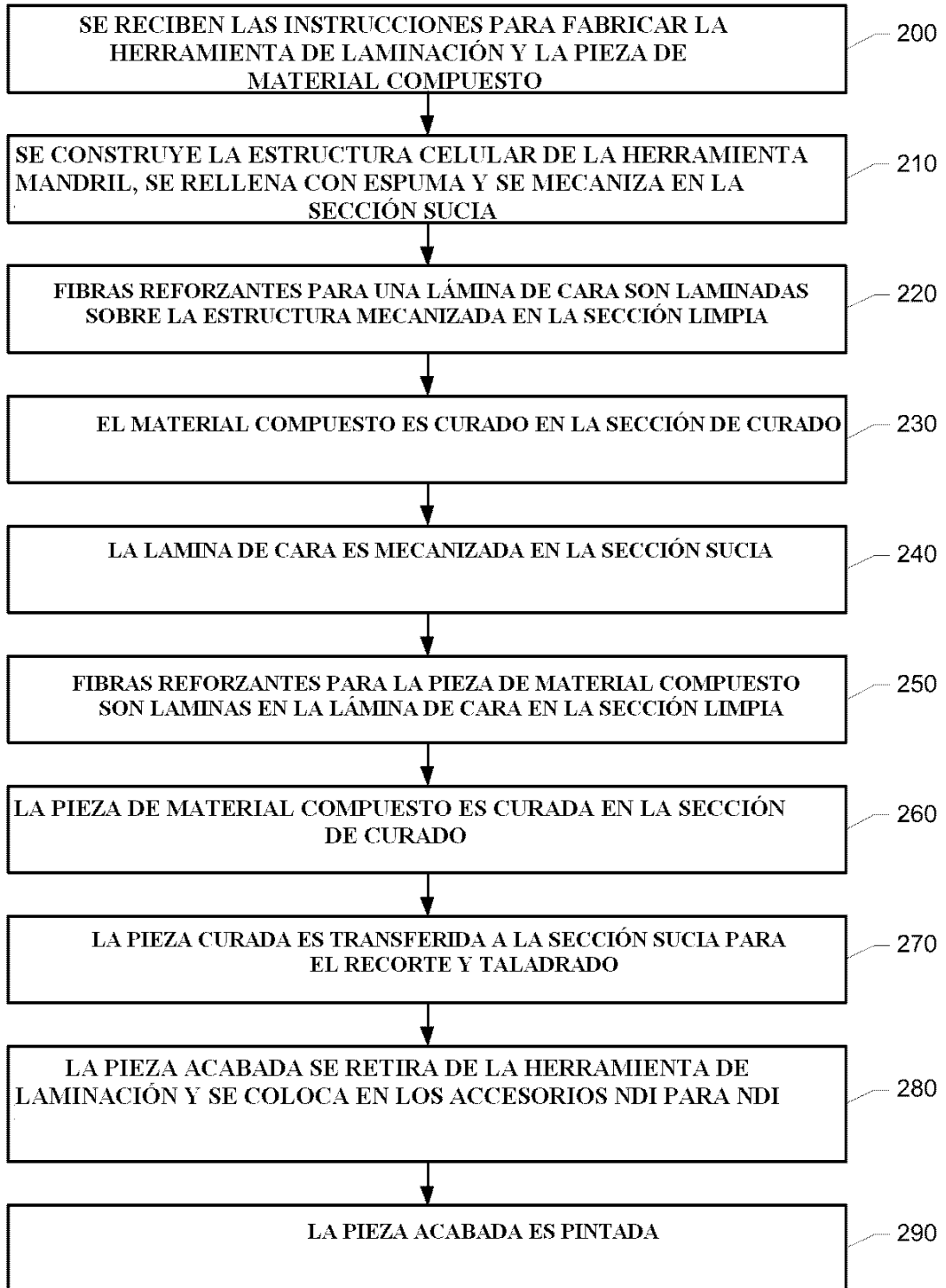


FIG. 3

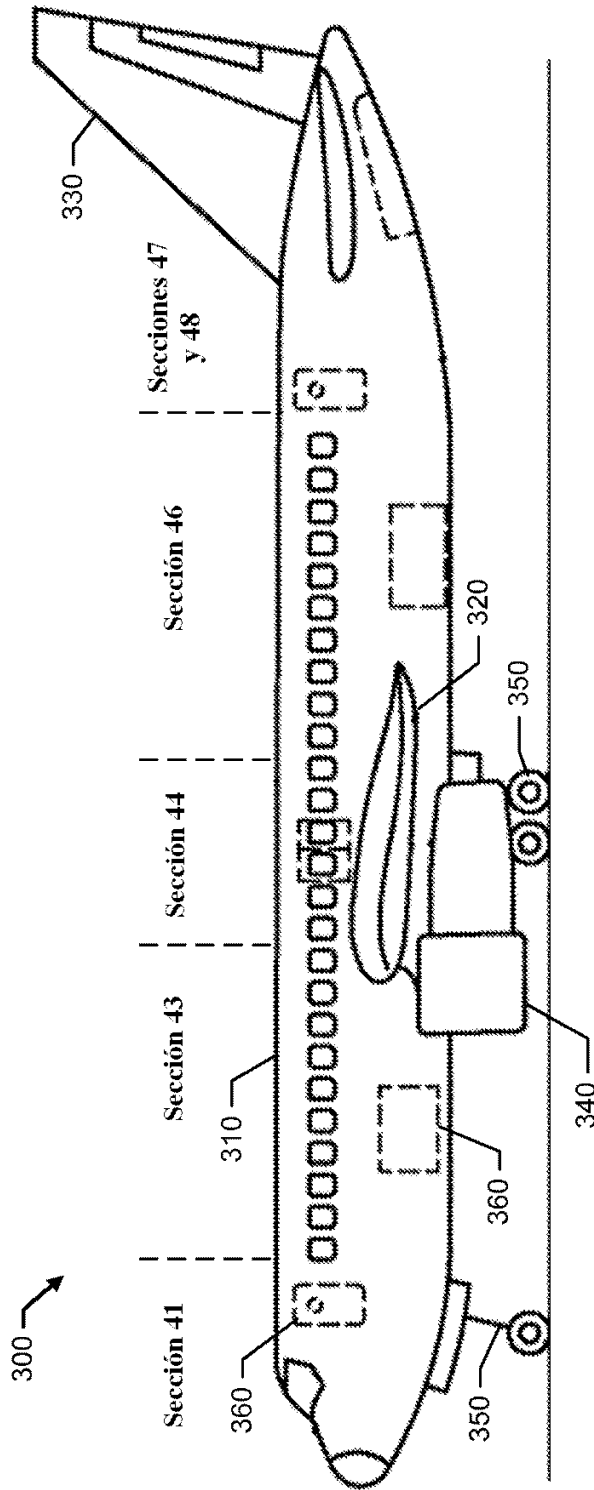


FIG. 4

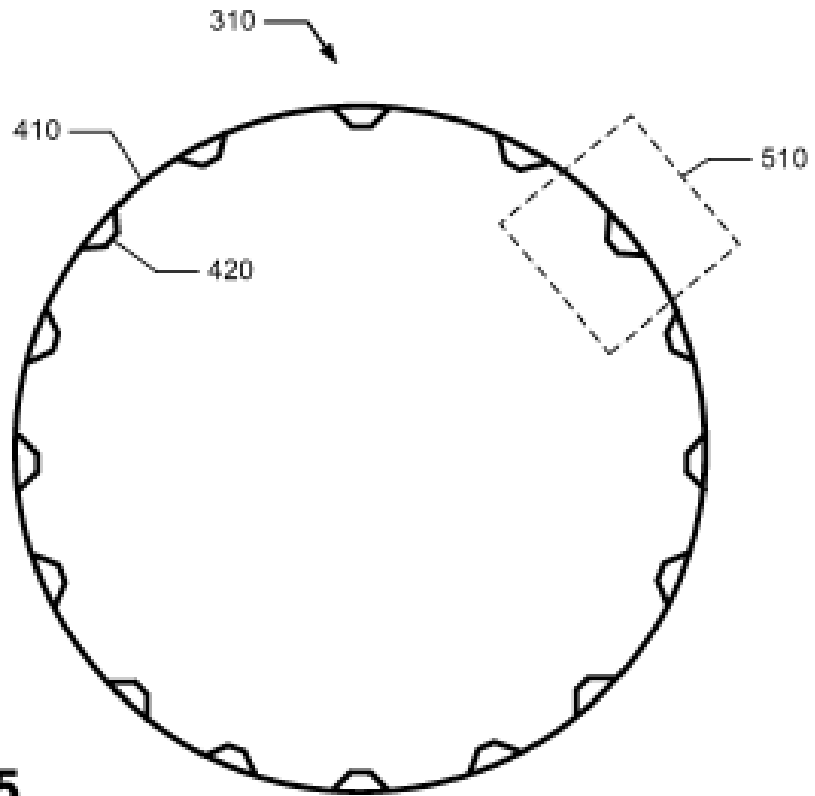
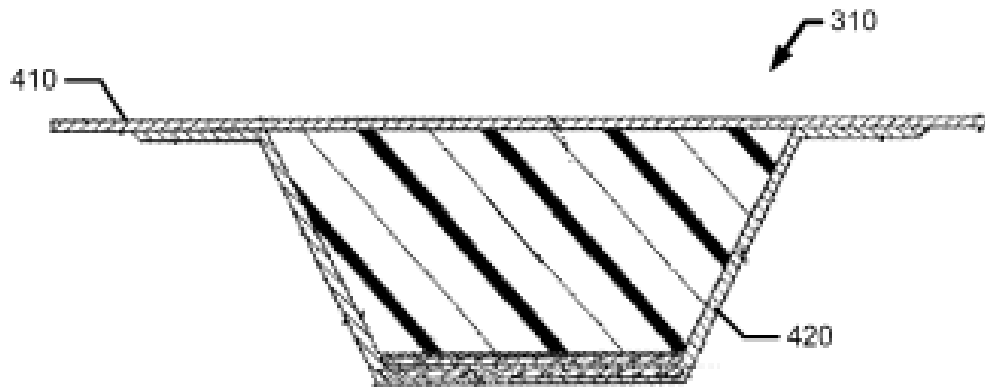


FIG. 5

FIG. 6

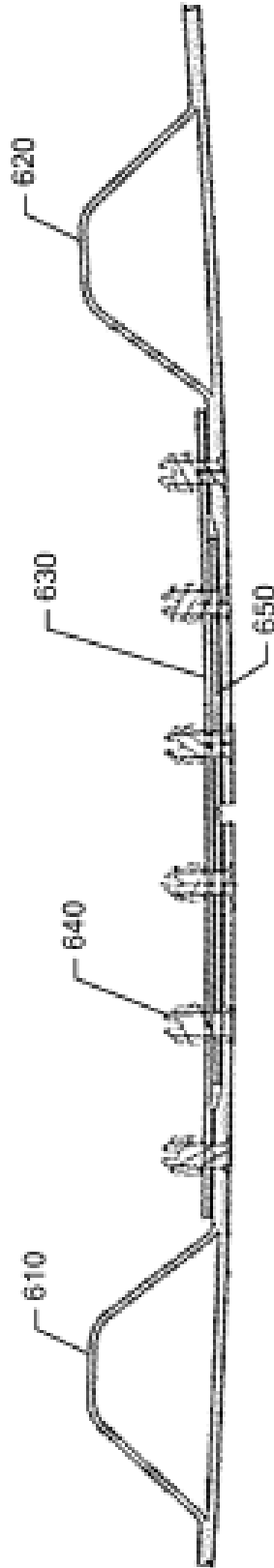


FIG. 7

