

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 108**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/32** (2006.01)

**B29C 70/38** (2006.01)

**B29L 31/30** (2006.01)

**B29C 33/48** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.02.2013 E 13155190 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2019 EP 2631062**

54 Título: **Colocación de fibra automatizada que incluye una herramienta de mandril de disposición en capas**

30 Prioridad:

**27.02.2012 US 201213406522**

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

**01.10.2019**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SENIBI, SIMON;  
RASSAIAN, MOSTAFA;  
HUIZENGA, RICHARD N.;  
LEWIS, GILBERT L.;  
WAUGH, JEFFERY L. y  
DONDLINGER, LEO E.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 726 108 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

Colocación de fibra automatizada que incluye una herramienta de mandril de disposición en capas

### Antecedentes

5 Los materiales compuestos de fibra ligeros son muy prometedores para la industria aeronáutica. Los materiales compuestos de fibra proporcionan una mejora significativa en resistencia y rigidez específica con respecto a aleaciones metálicas convencionales. Una mejor resistencia y rigidez específica se traduce en un ahorro de peso, que se traduce en ahorros de combustible y menores costes de funcionamiento.

10 Los materiales compuestos de fibra, tales como plástico reforzado con fibra de carbono, pueden usarse para fabricar fuselajes de aeronaves comerciales. Durante la fabricación por arrollamiento de filamento, se hace rotar una herramienta de mandril cilíndrica, y una cinta impregnada con resina se enrolla de manera continua sobre una superficie de disposición en capas de la herramienta de rotación. Se aplica capa tras capa de la cinta hasta que se forma una disposición en capas del fuselaje. La disposición en capas se cura entonces. Se cortan entonces en el fuselaje aberturas para ventanas, puertas de pasajero y puertas de carga.

15 La fabricación por colocación de fibra automatizada (AFP) es una alternativa al arrollamiento de filamento. Durante la AFP, una cabeza de colocación de fibra deposita haces de fibras ("estopas") sobre una herramienta de mandril de rotación. Las estopas son más estrechas y se manipulan más fácilmente que la cinta. La AFP es más efectiva cuando se coloca material en una superficie curva o contorneada.

20 Sería deseable usar la AFP para formar disposiciones en capas para fuselajes de grandes aeronaves comerciales. La AFP podría añadir capas adicionales a zonas de alta tensión y reducir las capas en zonas de baja tensión. Además, la AFP podría depositar estopas en diferentes longitudes y orientaciones para formar aberturas en la disposición en capas. Esto podría eliminar el tiempo y esfuerzo de cortar aberturas después de que se haya curado el fuselaje.

25 El documento WO-A2-2007148301 se refiere, según su título y resumen, a un aparato y un método para fabricar una sección de fuselaje. La sección de fuselaje se fabrica mediante la deposición de manera automática de cintas de fibra preimpregnadas con resina en una superficie externa de un mandril cilíndrico compuesto por sectores de mandril radialmente retráctiles.

### Sumario

La presente invención proporciona un sistema según la reivindicación 1 y un método según la reivindicación 11.

30 Según una realización en el presente documento, un sistema comprende una máquina de colocación de fibra automatizada (AFP) y una herramienta de mandril de disposición en capas soportada por la máquina de AFP. La herramienta de mandril incluye un núcleo de viga y una pluralidad de paneles de mandril unidos al núcleo de viga para formar una superficie de disposición en capas. La máquina de AFP incluye un cabezal y un contracabezal. La herramienta de mandril de disposición en capas incluye además un husillo que se extiende a través del núcleo de viga y se monta en el cabezal y el contracabezal. El husillo se configura para amortiguar vibraciones de la herramienta de mandril durante el establecimiento por una cabeza de AFP. Los elementos de montaje se montan en los extremos del husillo para amortiguar las vibraciones, estando los elementos de montaje diseñados según la frecuencia de torsión prevista y el desplazamiento y la tensión previstos debidos a la presión de la cabeza de AFP.

40 Según otra realización en el presente documento, una herramienta de mandril comprende un núcleo y una pluralidad de paneles de mandril que pueden unirse a y que pueden desunirse del núcleo. Cuando están unidos al núcleo, los paneles de mandril forman una superficie de disposición en capas de perfil completo para un barril de fuselaje de aeronave.

45 Según otra realización en el presente documento, un método comprende ensamblar una pluralidad de paneles de mandril a un núcleo para formar una herramienta de mandril de disposición en capas, y montar la herramienta de mandril de disposición en capas en una máquina de colocación de fibra automatizada (AFP). Los paneles de mandril ensamblados proporcionan una superficie de disposición en capas. La máquina de AFP incluye un cabezal y un contracabezal. La herramienta de mandril de disposición en capas incluye además un husillo que se extiende a través del núcleo de viga y se monta en el cabezal y el contracabezal. El husillo se configura para amortiguar vibraciones de la herramienta de mandril durante el establecimiento por una cabeza de AFP. Los elementos de montaje se montan en los extremos del husillo para amortiguar las vibraciones, estando los elementos de montaje diseñados según la frecuencia de torsión prevista y el desplazamiento y la tensión previstos debidos a la presión de la cabeza de AFP.

50 Estas características y funciones pueden lograrse de manera independiente en diversas realizaciones o pueden combinarse en otras realizaciones. Detalles adicionales de las realizaciones pueden verse con referencia a la descripción y los dibujos siguientes.

**Breve descripción de los dibujos**

- La figura 1 es una ilustración de un sistema de AFP para formar una disposición en capas de una estructura compuesta.
- 5 La figura 2 es una ilustración de una aeronave.
- Las figuras 3-5 son ilustraciones de una herramienta de mandril de disposición en capas.
- La figura 6 es una ilustración de un panel de mandril de la herramienta de mandril de disposición en capas.
- La figura 7 es una ilustración de una porción de un fuselaje producido por el panel de mandril de la figura 6.
- 10 La figura 8 es una ilustración de un método de uso de un sistema de AFP para formar una disposición en capas de una estructura compuesta.
- La figura 9a es una ilustración de una superficie de contacto entre la herramienta de mandril de disposición en capas y una máquina de AFP.
- Las figuras 9b y 9c son ilustraciones de un bloque de montaje de husillo para reducir la vibración de la herramienta de mandril durante la colocación de fibra.
- 15

**Descripción detallada**

- 20 Se hace referencia a la figura 1, que ilustra un sistema 100 de AFP que incluye una máquina 110 de AFP para depositar estopas de fibra en una superficie de disposición en capas de una herramienta 150 de mandril de disposición en capas. La máquina 110 de AFP incluye una cabeza 112 de colocación de fibra y un elemento 114 de cinemática. Un controlador 116 basado en procesador ordena al elemento 114 de cinemática mover la cabeza 112 de colocación de fibra en una dirección programada previamente, y ordena a la cabeza 112 de colocación de fibra depositar la cantidad requerida de estopas de fibra en una orientación y un grosor programados previamente. El elemento 114 de cinemática puede incluir una máquina grande de múltiples ejes. A modo de ejemplo, el elemento 114 de cinemática puede incluir una máquina de seis ejes que mueve un actuador de extremo y, por tanto, la cabeza 112 de colocación de fibra linealmente a lo largo de los ejes X, Y y Z y rotatoriamente alrededor de los ejes A, B y C. En algunas realizaciones, la cabeza 112 de colocación de fibra puede unirse al actuador de extremo. En otras realizaciones, la cabeza 112 de colocación de fibra puede ser parte del actuador de extremo.
- 25
- 30 El controlador 116 se programa para depositar la cantidad requerida de estopas de fibra en una orientación y un grosor requeridos. A modo de ejemplo, si la estructura que se está fabricando tiene diferentes zonas que portan diferentes niveles de carga, cada zona se diseña para cumplir un requerimiento de carga específico teniendo una cantidad específica de estopa en una orientación y un grosor específicos. La cantidad, la orientación y el grosor requeridos pueden determinarse a partir de una definición ingenieril de la estructura que está fabricándose. La definición ingenieril puede definir la geometría de superficie incluyendo contorno y características tales como agujeros, ubicaciones de corte, y bordes ingenieriles de la parte. La definición ingenieril puede también especificar los descensos de capa, la secuencia de apilamiento de límites de capa y las orientaciones de la fibra dentro de cada capa.
- 35
- Las estopas de fibra son haces de fibras reforzadas que tienen una anchura y un grosor estándar. Las estopas que están impregnadas previamente con resina pueden almacenarse en bobinas en un "alojamiento con cestas" refrigerado. La máquina 110 de AFP incluye una trayectoria 118 de estopa para el suministro de múltiples estopas a la cabeza 112 de colocación de fibra. En algunas realizaciones, las estopas impregnadas previamente se alimentan a un rodillo de compactación y calentador en la cabeza 112 de colocación de fibra y se depositan en hileras a lo largo de una superficie de disposición en capas
- 40
- La máquina 110 de AFP incluye además un soporte 120 de mandril. En algunas realizaciones, el soporte 120 de mandril incluye un cabezal y un contracabezal. La herramienta 150 de mandril de disposición en capas se monta para la rotación hacia el cabezal y el contracabezal.
- 45
- Durante el funcionamiento, la máquina 110 de AFP hace rotar la herramienta 150 de mandril de disposición en capas. A medida que se hace rotar la herramienta 150 de mandril de disposición en capas, el elemento 114 de cinemática mueve la cabeza 112 de colocación de fibra a lo largo de la herramienta 150 de mandril, y la cabeza 112 de colocación de fibra deposita estopas en la superficie de disposición en capas. Si se supera un umbral de vibración durante la colocación de fibra, un mecanismo 122 de parada automático para la máquina 110 de AFP para evitar la ruptura de la cabeza 112 de colocación de fibra.
- 50
- La herramienta 150 de mandril de disposición en capas incluye un núcleo 152 de viga y una pluralidad de paneles 154 de mandril unidos al núcleo 152 de viga para formar la superficie de disposición en capas. Un husillo 156 que se extiende a través del núcleo 152 de viga se monta al soporte 120 de mandril. En algunas realizaciones de la herramienta 150 de mandril de disposición en capas, los paneles 154 de mandril pueden fijarse al núcleo 152 de viga. En otras realizaciones, los paneles 154 de mandril pueden unirse al núcleo 152 de viga y desunirse del núcleo 152 de viga. Los paneles 154 de mandril desunidos proporcionan varias ventajas, que se comentarán a continuación.
- 55

Un sistema de AFP en el presente documento no está limitado a ninguna aplicación particular. Puede usarse para formar disposiciones en capas para grandes estructuras tales como cascos de submarinos, alas de aeronaves, y carrocerías de vehículos blindados y sus cañones. Sin embargo, un sistema de AFP en el presente documento es especialmente útil para formar disposiciones en capas de grandes fuselajes de aeronave compuesta.

5 Se hace referencia a la figura 2, que ilustra un ejemplo de una aeronave 200 compuesta. La aeronave 200 generalmente incluye un fuselaje 210, ensamblajes 220 de ala, y empenaje 230. En algunas realizaciones, el fuselaje 210 completo puede ser una sola sección compuesta de una pieza. En otras realizaciones, el fuselaje 210 puede formarse por múltiples secciones compuestas de una pieza. En el ejemplo ilustrado en la figura 2, el fuselaje 210 se forma a partir de las siguientes secciones de barril compuestas de una pieza: una sección de cabina delantera (sección 41), tres secciones medias (secciones 43, 44 y 46), y secciones de extremo (sección 47 y 48).

10 Un sistema de AFP en el presente documento puede formar una disposición en capas de revestimiento de fuselaje, que incluye aberturas para ventanas 240, puertas 250 de carga y puertas 260 de pasajero. Se pueden añadir capas adicionales en zonas de alta tensión y reducir las capas en zonas de baja tensión. Y, en algunas realizaciones, un sistema de AFP en el presente documento puede formar una disposición en capas que no solo incluye un revestimiento de fuselaje, sino también una subestructura de rigidización subyacente.

15 Se hace referencia ahora a las figuras 3-5, que ilustran una realización de una herramienta 310 de mandril de disposición en capas para un sistema de AFP en el presente documento. La herramienta 310 de mandril de disposición en capas incluye un husillo 315, un núcleo 320 de viga y cuatro paneles 330 de mandril. El núcleo 310 de viga se elonga con una sección transversal aproximadamente rectangular. El husillo 315 puede extenderse a través del núcleo 320 de viga.

20 El núcleo 320 de viga incluye largueros 322 longitudinales, vigas 324 longitudinales, y vigas 326 transversales. Las vigas 324 longitudinales se ubican en extremos opuestos del núcleo 320 de viga. Cada viga 324 longitudinal incluye un buje 324a y largueros 324b longitudinales que se extienden radialmente hacia fuera desde el buje 324a. Las vigas 324 transversales se conectan entre sí y se separan axialmente por los largueros 322 longitudinales. El husillo se monta de manera rotatoria dentro de los bujes 324a.

25 Cada una de las vigas 326 transversales incluye una red plana. Cada una de las vigas 326 transversales es adyacente a una viga 324 longitudinal. Estas vigas 326 transversales se conectan a sus vigas 324 longitudinales adyacentes. También están conectadas a los largueros 32 longitudinales. La red proporciona estabilidad reforzada para la herramienta 310 de mandril de disposición en capas. La combinación de las vigas 324 y 325 longitudinales y transversales proporciona una distribución de carga efectiva y uniforme.

30 El núcleo 320 de viga puede incluir al menos una viga transversal intermedia (es decir, una o más vigas 326 transversales entre las vigas 326 de extremo). En algunas realizaciones, puede proporcionarse una viga longitudinal intermedia para la viga transversal intermedia.

35 La herramienta 310 de mandril de disposición en capas puede tener su diámetro y longitud ajustados para adoptar diferentes tamaños y formas de fuselaje. La longitud de los elementos de viga puede ajustarse para ajustar el diámetro del núcleo 320 de viga. A modo de ejemplo, el diámetro puede aumentarse aumentando la longitud de los elementos de viga. La longitud de los largueros 322 longitudinales y el número de vigas 326 transversales puede variarse para ajustar la longitud del núcleo 320 de viga. A modo de ejemplo, el núcleo 320 de viga ilustrado en la figura 3a puede alargarse alargando los largueros 322 longitudinales y añadiendo una viga 326 transversal intermedia. En algunas realizaciones, los largueros 322 longitudinales pueden tener longitudes ajustables y ajustarse con elementos de sujeción de ajuste. En algunas realizaciones, los largueros 322 longitudinales pueden reemplazarse por largueros más largos.

40 En algunas realizaciones, los paneles de mandril en el presente documento proporcionan una superficie de disposición en capas para el revestimiento de fuselaje. En la herramienta 310 de disposición en capas de mandril de las figuras 3-5, los paneles 330 de mandril están configurados no solo para formar una disposición en capas de revestimiento de fuselaje, sino también una subestructura de rigidización subyacente.

45 Cada panel 330 de mandril incluye una lámina 332 de cara para proporcionar un segmento de una superficie de disposición en capas. Cuando se unen al núcleo 320 de viga, las láminas 332 de cara de los cuatro paneles 330 de mandril forman una superficie de disposición en capas de perfil completo de una sección de barril de fuselaje. Los paneles 330 de mandril proporcionan curvatura a la superficie de disposición en capas. La superficie de disposición en capas puede tener un diámetro grande (por ejemplo, al menos 5,79 m (19 pies)).

50 Cada panel 330 de mandril puede incluir además una estructura 334 de soporte de rigidización para garantizar que las láminas 332 de cara tienen la rigidez necesaria durante la colocación de fibra. La estructura 334 de soporte de rigidización mantiene un desplazamiento mínimo cuando la cabeza 112 de colocación de fibra entra en contacto con la lámina 332 de cara para evitar la formación de cavidades y arrugas. La estructura 334 de soporte de rigidización también entra en contacto con la lámina 332 de cara con el núcleo 310 de viga.

El diámetro total de la superficie de disposición en capas es en función de la profundidad de los paneles de mandril, así como del tamaño del núcleo de viga. El diámetro de la superficie de disposición en capas puede ajustarse según la altura de los paneles de mandril.

5 En la realización de la figura 3, los paneles 330 de mandril pueden unirse al núcleo 310 de viga y desunirse del núcleo 310 de viga. La herramienta 310 de mandril de disposición en capas incluye paneles 340 de transición en las esquinas del núcleo 310 de viga para unir los paneles 330 de mandril al núcleo 310 de viga y desunir los paneles 330 de mandril del núcleo 310 de viga. Los paneles 330 de mandril pueden montarse de manera deslizante y bloquearse dentro de hendiduras de fijación en los paneles 340 de transición. En algunas realizaciones, los paneles 330 de mandril pueden fijarse mediante perno a los paneles 340 de transición.

10 Se hace referencia ahora a la figura 6, que ilustra un panel 330 de mandril de la herramienta 310 de mandril de disposición en capas. La lámina 332 de cara tiene hendiduras 332a para formar larguerillos, que forman una parte de la subestructura de rigidización. La máquina 110 de AFP puede establecer pequeñas hileras de estopas para alinear las hendiduras 332a. Después, la máquina 110 de AFP establece hileras cortas para rellenar las hendiduras, establece hileras largas sobre la lámina 332 de cara para fabricar el revestimiento del fuselaje. Los cortes en la estructura 334 de rigidización reducen el peso de la estructura 334 de rigidización.

Se hace referencia adicional a la figura 7, que ilustra una porción 710 de un fuselaje producido por el panel 330 de la figura 6. La porción 710 incluye el revestimiento 720 de fuselaje integrado con los larguerillos 730. El revestimiento 720 y los larguerillos 730 se curan conjuntamente para formar una sección de barril de fuselaje de una pieza.

20 Las figuras 4 y 5 muestran la herramienta 310 de mandril de disposición en capas montada en la máquina de AFP. El husillo 315 se monta en el cabezal 520 y el contracabezal 530 de la máquina de AFP.

Se hace referencia ahora a la figura 9A, que proporciona un ejemplo de cómo el husillo 315 puede montarse en el cabezal 520 y el contracabezal 530. Una placa 910 de cara de mecanizado en el extremo del husillo 315 se sujeta a una placa 920 de cara de máquina de la máquina de AFP. La placa 910 de cara de mecanizado puede soldarse al husillo 315 y fijarse mediante perno a la placa 920 de cara de máquina. La placa 920 de cara de máquina se hace rotar mediante un husillo 930 de la máquina de AFP.

La herramienta 310 de mandril de disposición en capas puede también estar configurada para amortiguar vibraciones durante la colocación de fibra. Las vibraciones provienen de dos fuentes principales: la tensión y el desplazamiento debidos al contacto periódico de la cabeza de colocación de fibra; y la tensión y el desplazamiento de torsión debidos a la aceleración angular debida a la rotación de una estructura extremadamente grande de este tipo.

30 Pueden realizarse modelado de elementos finitos (FEM) y análisis de tensiones para predecir de manera precisa la frecuencia de torsión de la herramienta de disposición en capas cuando está rotando con una aceleración angular de trabajo. Puede realizarse FEM para predecir la tensión y el desplazamiento debidos a la presión de la cabeza de AFP.

35 Se hace referencia ahora a las figuras 9B y 9C. Las vibraciones pueden amortiguarse añadiendo elementos 940 de montaje de extremo ajustados por frecuencia a ambos extremos del husillo 315. Los elementos pueden incluir placas con forma. El tamaño, la forma y el grosor de los elementos 940 de montaje y la distancia relativa entre la viga 324 longitudinal y la placa 940 de cara puede basarse en la frecuencia, la tensión y el desplazamiento, de torsión previstos. Pueden usarse salientes 945 entre las placas 910 y 940 para proporcionar un ajuste de frecuencia adicional para amortiguar vibraciones.

40 El elemento 940 de montaje puede montarse en el husillo 315 entre la placa 910 de cara de mecanizado y el núcleo 310 de viga. A modo de ejemplo, el elemento 940 de montaje puede soldarse al husillo 315. Montar los elementos 940 en el husillo 315 es ventajoso para realizaciones en las que los paneles de mandril están desensamblados. Los elementos 940 montados en el husillo no afectan a la frecuencia de torsión del núcleo 320 de viga. No interfieren con el desensamblaje de los paneles 330 de mandril. Montar los elementos 940 en el husillo 315 en lugar de en el núcleo 320 de viga hace más fácil desensamblar el núcleo 320 de viga. También da como resultado un acceso más fácil a la cabeza 112 de colocación de fibra.

45 Se hace referencia ahora a la figura 8, que ilustra un método de uso de una máquina de AFP en el presente documento. En el bloque 810, un núcleo de viga se monta al cabezal y al contracabezal de una máquina de AFP. En el bloque 820, una pluralidad de paneles de mandril se unen al núcleo de viga para formar una superficie de disposición en capas. En el bloque 830, la máquina de AFP se usa para formar una disposición en capas en la superficie de disposición en capas.

50 En el bloque 840, se cura la disposición en capas. Como un primer ejemplo, la herramienta de mandril de disposición en capas puede moverse a una autoclave para su curado. Como un segundo ejemplo, la disposición en capas puede transferirse a una herramienta de línea de molde externa (que da a la superficie externa de la sección de fuselaje un acabado de calidad aerodinámica). La disposición en capas se cura en la herramienta de línea de molde externa. Después de que se haya curado la disposición en capas, se retira de la herramienta de mandril de disposición en capas.

## ES 2 726 108 T3

En el bloque 850, después de que se haya tomado una decisión de desensamblar la herramienta de mandril de disposición en capas, los paneles de mandril se desensamblan de la estructura de viga. En el bloque 860, los paneles de mandril y el núcleo de viga pueden colocarse en almacenamiento, o pueden enviarse de manera separada a otra ubicación.

- 5 En el bloque 850, después de que se haya tomado una decisión para desensamblar la herramienta de mandril de disposición en capas, los paneles de mandril se desensamblan de la estructura de viga. En el bloque 860, los paneles de mandril y el núcleo de viga pueden colocarse en un almacenamiento, o pueden enviarse separadamente a otra ubicación.

- 10 La capacidad de desensamblar la herramienta 310 de mandril de disposición en capas y después volver a ensamblarla es especialmente valiosa para la fabricación de grandes fuselajes de aeronave comercial. A modo de ejemplo, la herramienta 310 de mandril de disposición en capas puede desensamblarse en un sitio, los distintos componentes 320 y 330 pueden enviarse de manera separada a un segundo sitio, y los componentes 320 y 330 pueden volver a ensamblarse en el segundo sitio. El envío de los componentes en lugar de una sola estructura grande facilita la logística y los costes del transporte, y reduce los costes generales. En algunas realizaciones, los largueros 322 y las vigas 324 y 326 pueden conectarse con elementos de sujeción, que permiten al núcleo 320 de viga ensamblarse y desensamblarse para facilitar el transporte.

- 15 Aunque los componentes 320 y 330 no se envíen, el desensamblaje y el subsiguiente ensamblaje de nuevo de la herramienta 310 de mandril de disposición en capas puede dar como resultado un uso más efectivo del espacio de suelo. Una herramienta 310 de mandril de disposición en capas ensamblada puede tener un gran espacio ocupado en el suelo de una instalación de fabricación. La superficie puede dejarse libre mientras la herramienta 310 de mandril de disposición en capas no está en uso. La herramienta 310 de mandril de disposición en capas puede desensamblarse y sus componentes moverse al almacenamiento. Cuando se necesita la herramienta de mandril de disposición en capas, sus componentes se sacan del almacenamiento, se desempaquetan y se vuelven a ensamblar.

- 20 La posibilidad de desunión de los paneles 330 es ventajosa para la razón adicional de que reduce los costes de mecanizado. Un conjunto de paneles 330 puede unirse al núcleo 310 de viga para una sección de fuselaje que tiene una configuración, y otro conjunto de paneles 330 que puede unirse al núcleo 310 de viga para una sección de fuselaje que tiene otra configuración. Las diferentes configuraciones pueden incluir, sin limitación, configuraciones de diámetros diferentes y de superficies diferentes. A modo de ejemplo, los conjuntos diferentes de paneles 330 pueden usarse para formar diferentes disposiciones en capas para las secciones 43, 44 y 46 de la aeronave 200 de la figura 2. El núcleo 310 de viga se vuelve a usar con aquellos conjuntos diferentes de paneles 330.

- 25
- 30

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema que comprende:
- una máquina (110) de colocación de fibra automatizada (AFP); y
- 5 una herramienta (310) de mandril de disposición en capas soportada por la máquina (110) de AFP, incluyendo la herramienta de mandril un núcleo (320) de viga y una pluralidad de paneles (330) de mandril unida al núcleo (320) de viga para formar una superficie de disposición en capas, en el que:
- la máquina (110) de AFP incluye un cabezal (520) y un contracabezal (530);
- la herramienta (310) de mandril de disposición en capas incluye además un husillo (315) que se extiende a través del núcleo (320) de viga y se monta en el cabezal (520) y el contracabezal (530);
- 10 el husillo se configura para amortiguar vibraciones de la herramienta de mandril (310) durante el establecimiento por una cabeza (112) de AFP; y
- elementos (940) de montaje se montan en extremos del husillo (156) para amortiguar las vibraciones, estando los elementos (940) de montaje diseñados según la frecuencia de torsión prevista y el desplazamiento y la tensión previstas debidas a la presión de la cabeza de AFP.
- 15 2. Sistema según la reivindicación 1, en el que la máquina (110) de AFP incluye una cabeza (112) de colocación de fibra que es móvil en una dirección programada previamente para depositar estopas en la herramienta (310) de mandril en un grosor y orientación programados previamente.
3. Sistema según la reivindicación 1, en el que el núcleo (320) de viga incluye vigas (326) de extremo transversales que se extienden radialmente hacia fuera desde el husillo (315), y largueros longitudinales que unen a modo de puente las vigas (326) transversales.
- 20 4. Sistema según la reivindicación 1, que comprende además piezas de transición en las esquinas del núcleo (320) de viga para unir los paneles (330) de mandril al núcleo de viga y desunir los paneles (330) de mandril del núcleo (320) de viga.
5. Sistema según la reivindicación 1, en el que el núcleo (320) de viga se elonga con una sección transversal rectangular; y en el que los paneles (310) de mandril proporcionan curvatura a la superficie de disposición en capas.
- 25 6. Sistema según la reivindicación 1, en el que el núcleo (320) de viga es extensible en longitud y diámetro.
7. Sistema según la reivindicación 1, en el que cada panel (330) de mandril incluye una lámina (332) de cara y una estructura (334) de soporte de rigidización, estando la estructura de soporte adyacente al núcleo (320) de viga.
8. Sistema según la reivindicación 1, en el que la herramienta (310) de mandril de disposición en capas tiene un diámetro de al menos 5,79 m (19 pies).
- 30 9. Sistema según la reivindicación 1, en el que los paneles (330) de mandril se configuran para proporcionar una superficie de disposición en capas de perfil completo para una sección de fuselaje de aeronave.
10. Sistema según la reivindicación 9, en el que la superficie de disposición en capas tiene una porción para formar hendiduras y revestimiento de fuselaje para formar largueros.
- 35 11. Método que comprende:
- ensamblar una pluralidad de paneles (330) de mandril a un núcleo (320) de viga para formar una herramienta (310) de mandril de disposición en capas; proporcionando los paneles (330) de mandril ensamblados una superficie de disposición en capas; y
- 40 montar la herramienta (310) de mandril de disposición en capas en una máquina (110) de colocación de fibra automatizada (AFP), en el que:
- la máquina (110) de AFP incluye un cabezal (520) y un contracabezal (530);
- la herramienta (310) de mandril de disposición en capas incluye además un husillo (315) que se extiende a través del núcleo (320) de viga y se monta en el cabezal (520) y el contracabezal (530);
- 45 el husillo se configura para amortiguar vibraciones de la herramienta de mandril (310) durante el establecimiento por una cabeza (112) de AFP; y

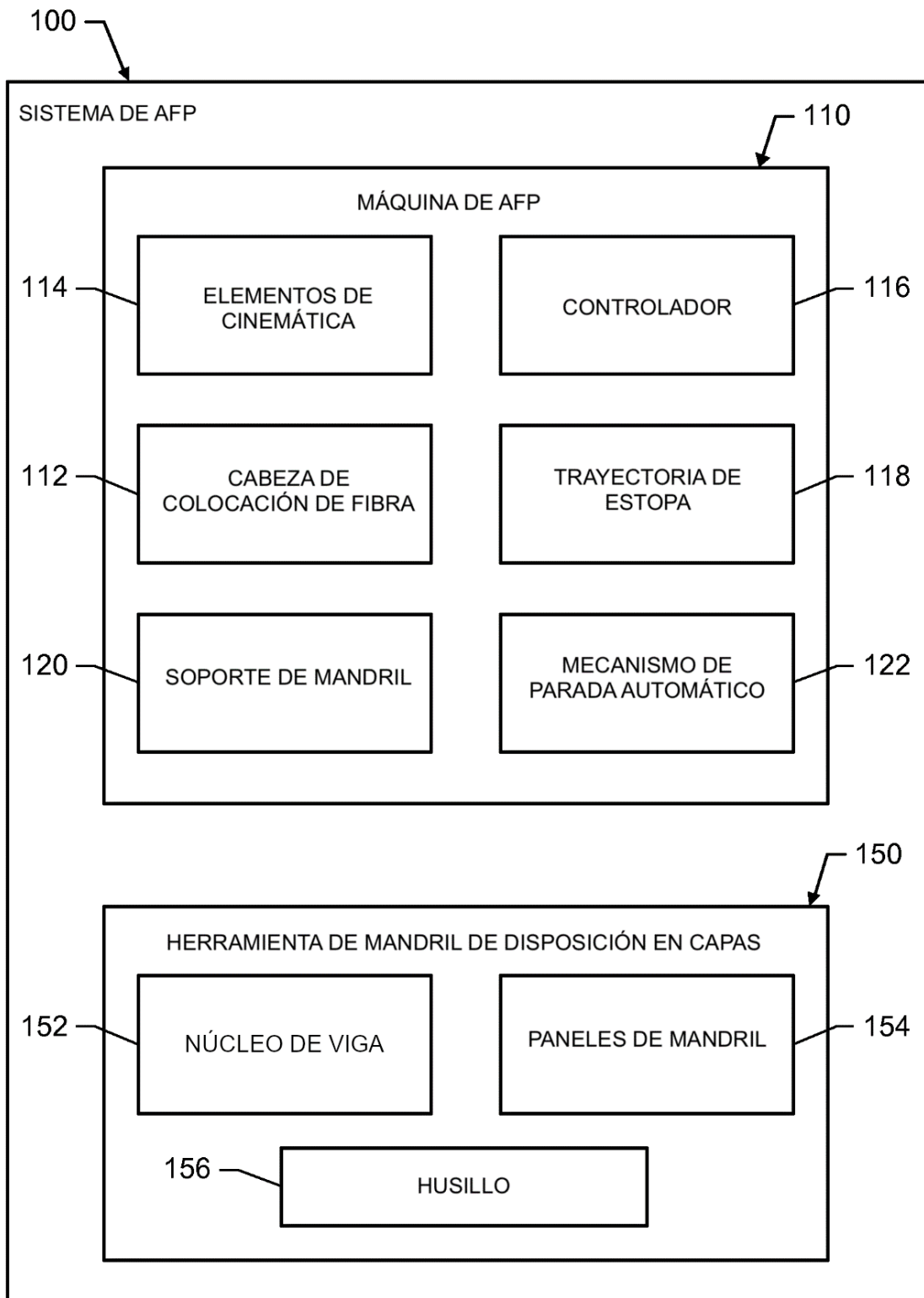
elementos (940) de montaje se montan en extremos del husillo (315) para amortiguar las vibraciones, estando los elementos de montaje (940) diseñados según la frecuencia de torsión prevista y el desplazamiento y la tensión previstas debidas a la presión de la cabeza (112) de AFP.

12. Método según la reivindicación 11, que comprende, además:

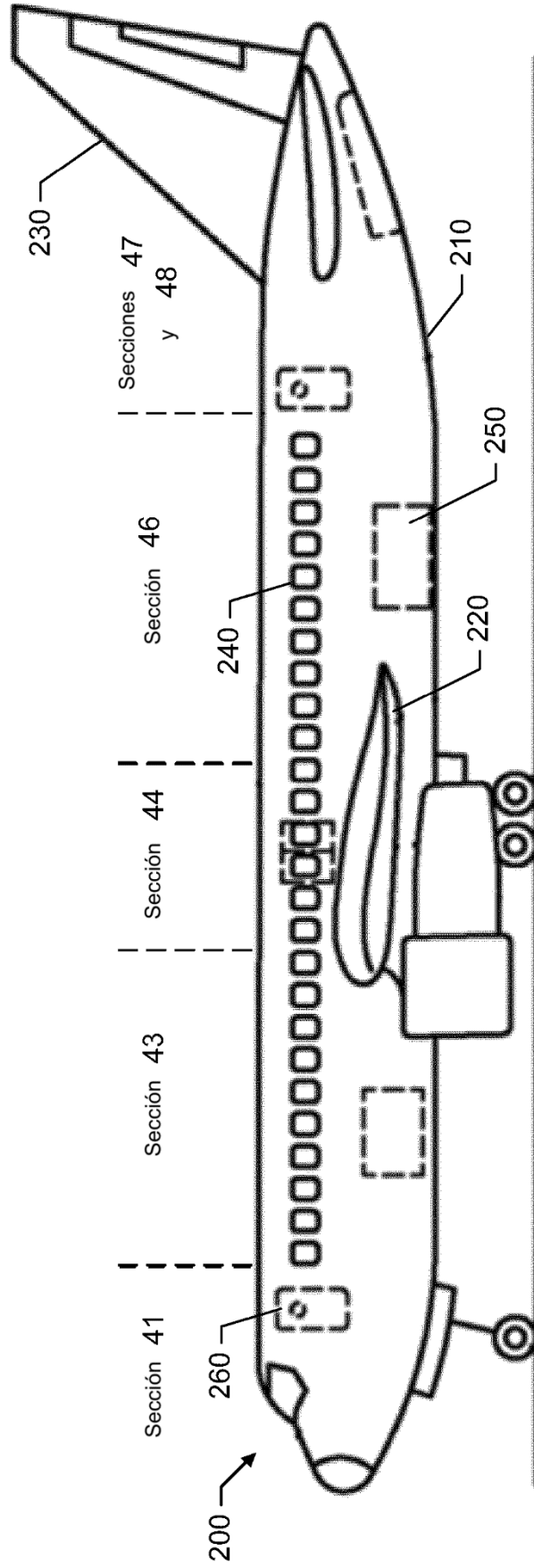
- 5 usar la máquina (110) de AFP para formar una disposición de capas en la superficie de disposición en capas;  
retirar la disposición de capa de la superficie de disposición en capas;  
desensamblar los paneles (330) de mandril del núcleo (320) de viga; y  
enviar o almacenar los paneles (330) de mandril y núcleo (320) de viga desensamblados.



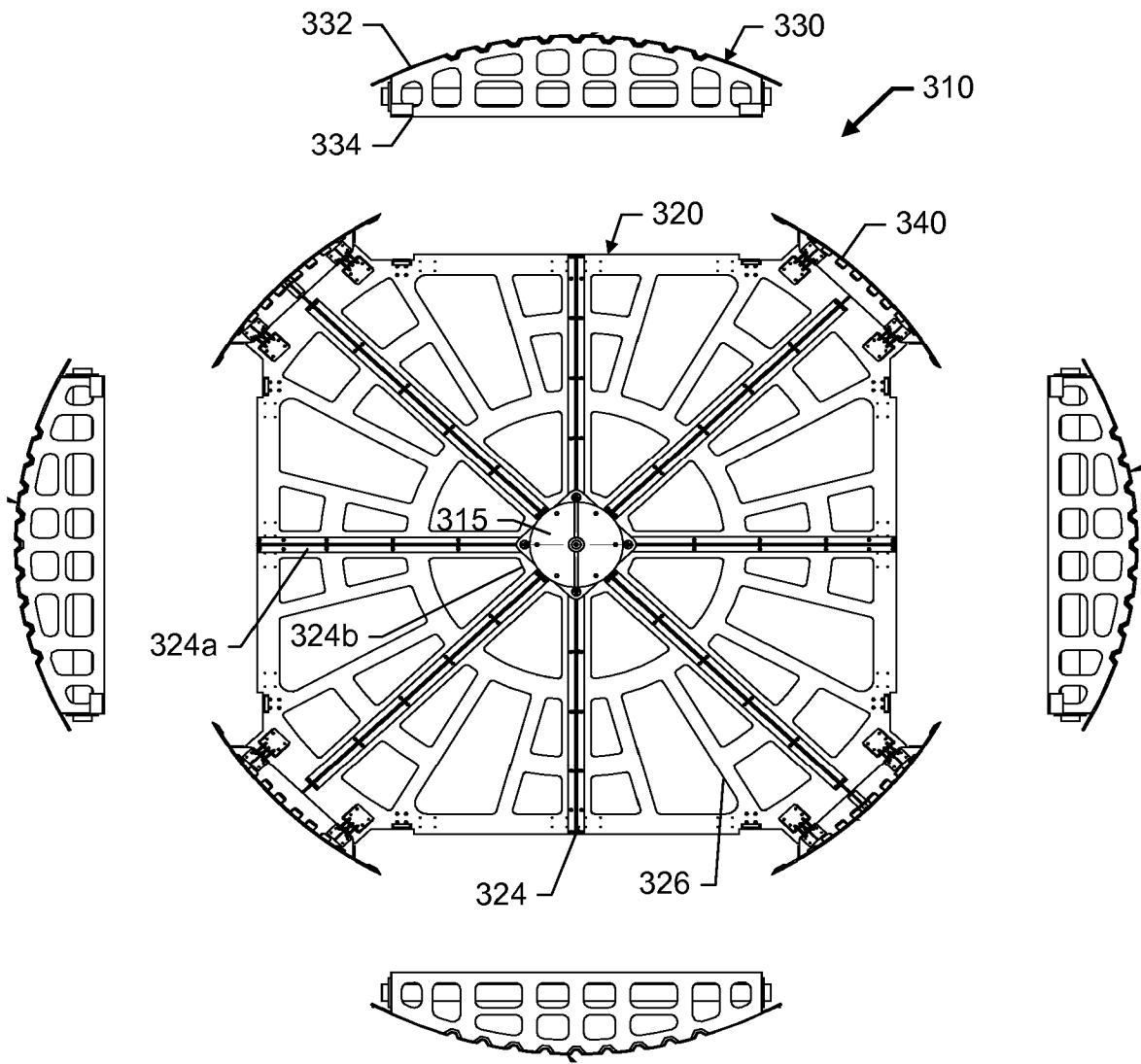
**FIG. 1**



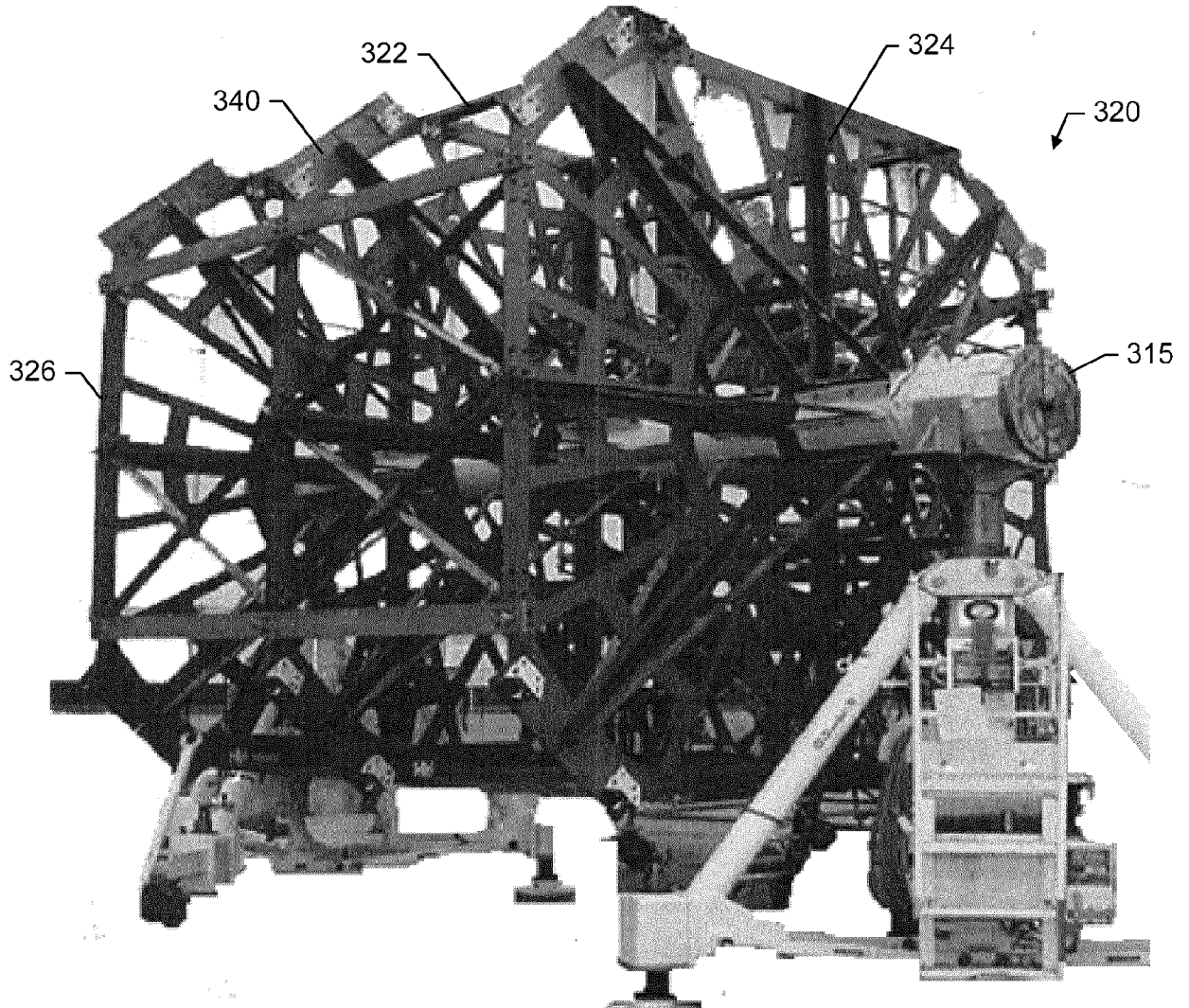
**FIG. 2**



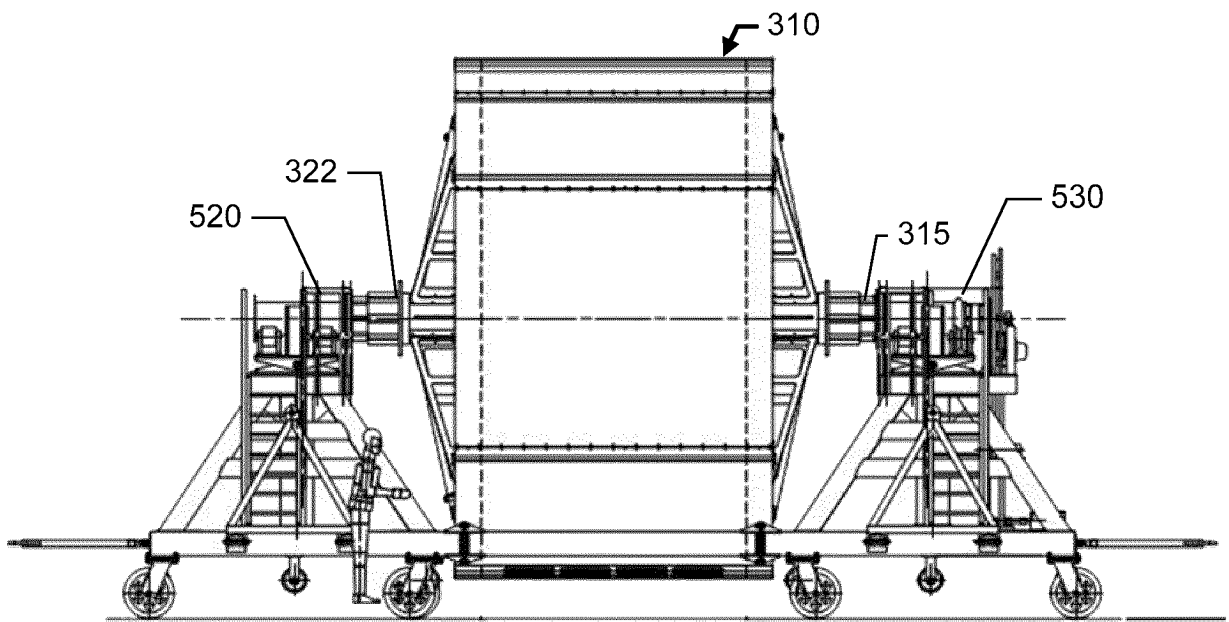
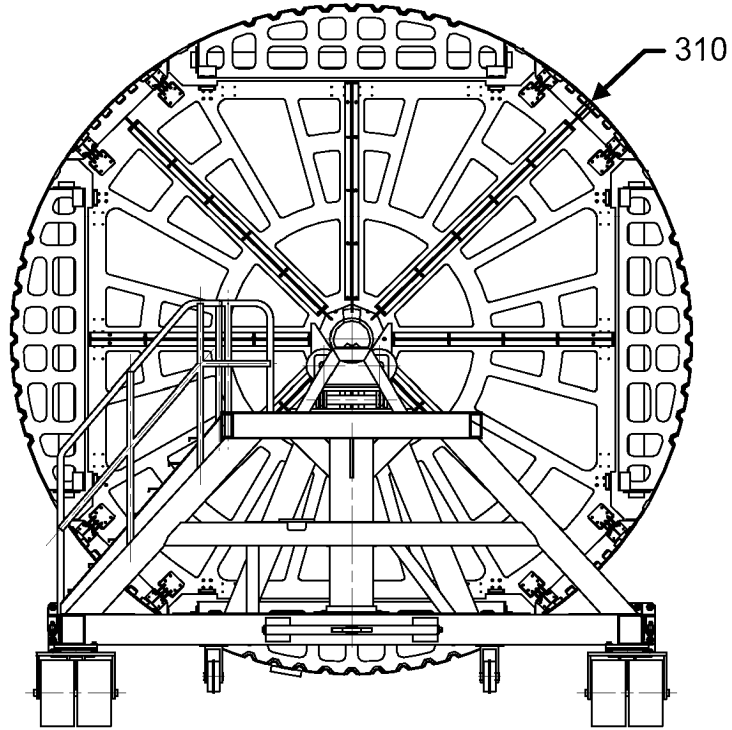
**FIG. 3**



**FIG. 3a**

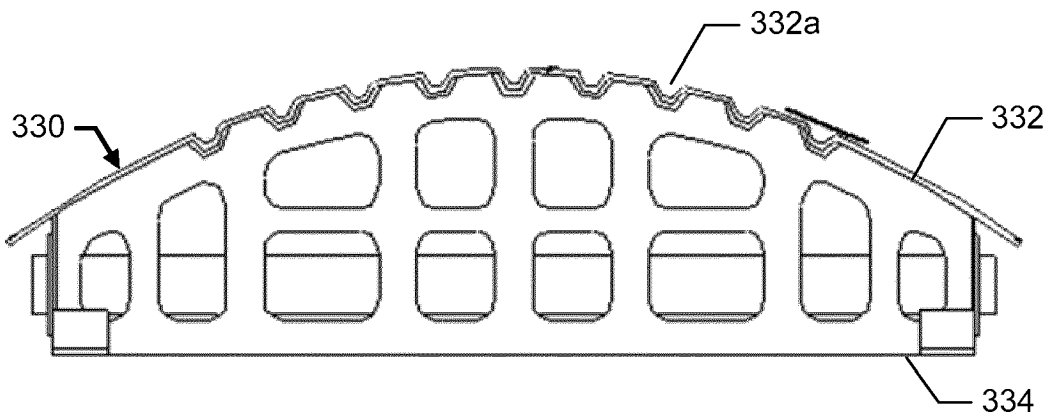
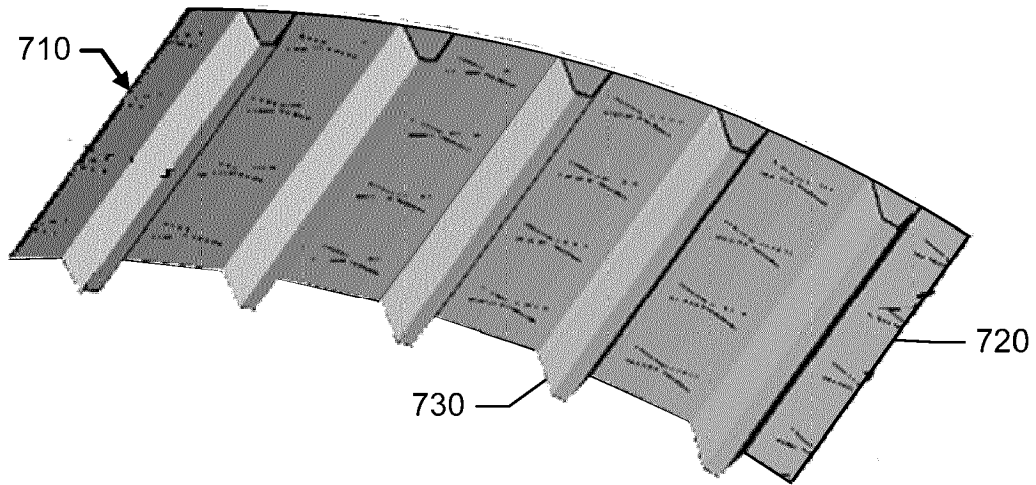


**FIG. 4**



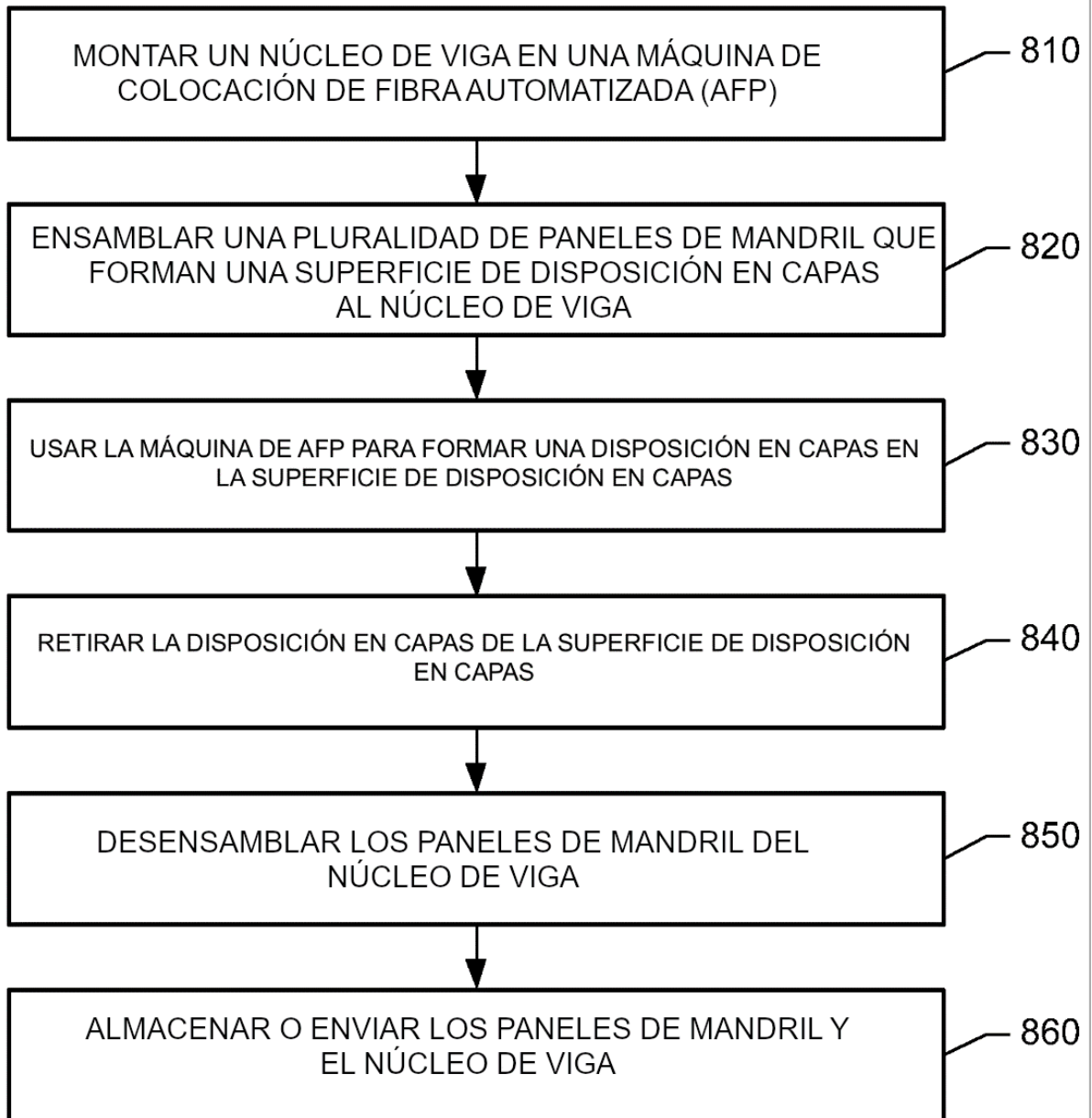
**FIG. 5**

**FIG. 7**

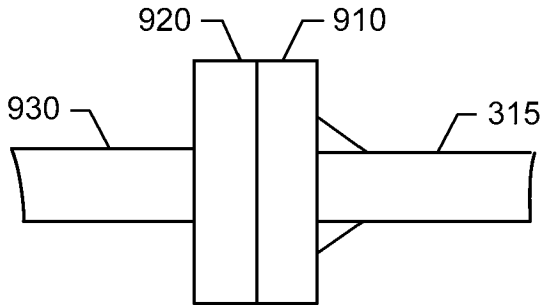


**FIG. 6**

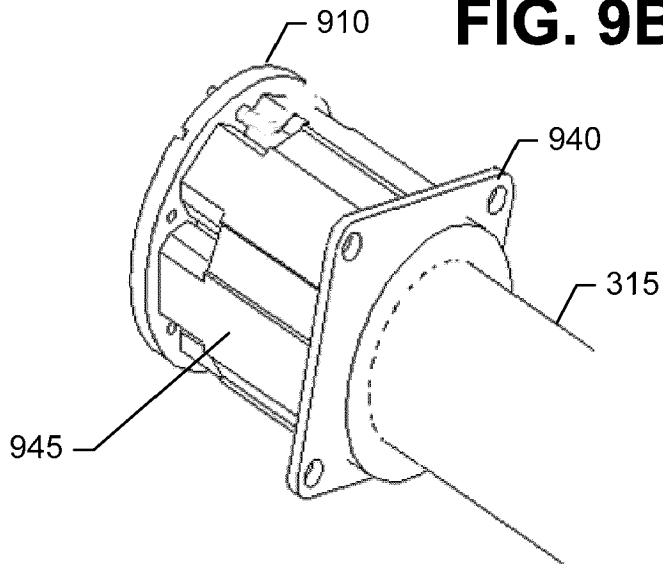
# FIG. 8



**FIG. 9A**



**FIG. 9B**



**FIG. 9c**

