

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 645**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/32** (2006.01)

**B29C 70/38** (2006.01)

**B29C 53/66** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.08.2004 E 04786540 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.06.2016 EP 1658172**

54 Título: **Máquina de laminado compuesta y automatizada de múltiples cabezales para la fabricación de grandes componentes de sección cilíndrica**

30 Prioridad:

**22.08.2003 US 646509**

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

**14.09.2016**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**JOHNSON, BRICE A.;  
SPOON, STEPHEN S. y  
DARRAS, RANDAL S.**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 582 645 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

Máquina de laminado compuesta y automatizada de múltiples cabezales para la fabricación de grandes componentes de sección cilíndrica

5

**Antecedentes de la invención**

La presente invención se refiere generalmente a la fabricación de grandes estructuras de escala que usan materiales compuestos y, más en particular, a la laminación compuesta y automatizada de grandes secciones de fuselaje de aeronave.

10

Las ventajas de rendimiento estructural de los compuestos, tales como epoxi de fibra de carbono y materiales de bismaleimida (BMI) de grafito, se conocen ampliamente en la industria aeroespacial. Los diseñadores de aeronaves se han visto atraídos hacia los compuestos debido a su rigidez superior, resistencia y menor peso, por ejemplo. Ya que ahora están disponibles materiales más avanzados y una mayor variedad de formas de material, el uso aeroespacial de los compuestos se ha incrementado. La tecnología de capa de cinta automatizada se ha desarrollado para convertirse en un proceso automatizado ampliamente usado para la fabricación de grandes estructuras compuestas tales como paneles de alas y empenaje. La tecnología actual de capa de cinta ha mejorado para ofrecer flexibilidad en las capacidades de proceso requeridas para una gran variedad de componentes aeroespaciales. Ya que las aplicaciones de acumulación de cinta de la industria aeroespacial logran índices de acumulación de material, por ejemplo, que pueden ayudar a controlar el coste de fabricación de grandes estructuras compuestas, pueden definirse nuevas e innovadoras aplicaciones para capas de cinta, tal como la acumulación de cinta automatizada de grandes secciones de fuselaje de aeronave, por ejemplo, 4,6 a 6,1 metros (15 a 20 pies) de diámetro.

15

20

25

Las máquinas de acumulación de cinta automatizadas normalmente son máquinas de tipo grúa apiladora que pueden tener, por ejemplo, 10 ejes de movimiento con 5 ejes de movimiento en la grúa apiladora y 5 ejes de movimiento en el cabezal de suministro. Una capa de cinta automatizada típica consiste en una estructura de grúa apiladora (carriles paralelos), una barra de alimentación transversal que se mueve en vías de suelo de precisión, una barra de pistón que eleva y hace descender el cabezal de suministro de material y el cabezal de suministro de material que se une al extremo inferior de la barra de pistón. Las capas de cinta comerciales se configuran generalmente de manera específica para acumular aplicaciones de laminado planas o ligeramente contorneadas usando máquinas de acumulación de cinta plana (FTLM) o máquinas de acumulación de cinta de contorno (CTLM). En una capa de cinta de estilo de grúa apiladora, el herramental (o una mesa plana) se enrolla normalmente bajo la estructura de grúa apiladora, se asegura al suelo y el cabezal de suministro de la máquina se inicia entonces en la superficie de acumulación.

30

35

La Figura 1A proporciona una ilustración de un cabezal de suministro de material 100 de una máquina de acumulación de cinta típica. Los cabezales de suministro para máquinas FTLM y CTLM tienen básicamente la misma configuración que el cabezal de suministro 100 mostrado en la Figura 1A. Los cabezales de suministro en capas de cinta automatizadas comerciales se configuran normalmente para aceptar anchuras de material de 75 mm (3 pulgadas), 150 mm (6 pulgadas) y 300 mm (12 pulgadas). Las capas de cinta planas usan normalmente material en 150 mm (6 pulgadas) y 300 mm (12 pulgadas) de ancho. Las capas de cinta de contorno usan normalmente material en 75 mm (3 pulgadas) y 150 mm (6 pulgadas) de ancho. Los sistemas CTLM usan normalmente el material de 75 mm (3 pulgadas) o 150 mm (6 pulgadas) de ancho cuando se acumulan superficies de contorno planas y llanas. El material 102 para las capas de cinta viene generalmente en bobinas de gran diámetro. El material de cinta 102 tiene un papel de refuerzo 106, que debe extraerse a medida que el prepreg (fibra de resina preimpregnada) se aplica a la superficie de herramienta 108. La bobina de material normalmente se carga en el carrete de alimentación 104 del cabezal de suministro y se enrolla a través del conducto de guía de cinta superior y más allá de las cuchillas 110. El material 102 pasa entonces a través de las guías de cinta inferior, bajo el zapato de compactación segmentado 112, y sobre un carrete de admisión 114 de papel de refuerzo. El papel de refuerzo se extrae y se enrolla en un rodillo de admisión del carrete de admisión de papel 114. El cabezal de suministro 100 hace contacto con la superficie de herramienta 108 y el material de cinta 102 se "coloca" sobre la superficie de herramienta 108 con presión de compactación. La máquina de acumulación de cinta acumula cinta normalmente en la superficie de herramienta 108 en una trayectoria informática programada (curso), corta el material 102 en una ubicación y ángulos precisos, extiende la cola, eleva el cabezal de suministro 100 de la superficie de herramienta 108, se retrae a la posición de inicio de curso y comienza a colocar el siguiente curso. El cabezal de suministro 100 puede tener un sistema de detección de defectos de cinta óptica que señala al control de la máquina que deje de acumular material de cinta 102 cuando se ha detectado un defecto. El cabezal de suministro 100 también tiene normalmente un sistema de calentamiento 116 que calienta los materiales de prepreg para incrementar los niveles de fijación para la adhesión de cinta con cinta. Las temperaturas de cinta calentada varían generalmente de 27 °C (80 °F) a 43 °C (110 °F).

40

45

50

55

60

Aunque los cabezales de suministro CTLM manejan una única pieza de cinta de prepreg ancha, los cabezales de colocación de fibra procesan múltiples tiras de cinta estrecha para formar una banda sólida de material similar a la cinta. Las fibras de prepreg individuales, llamadas estopas, tienen normalmente 3 mm (un octavo de pulgada) de

65

anchura. Las estopas 118 se muestran en las Figuras 1B, 1C y 1D. Las estopas 118 son normalmente bobinas arrancadas, tal como la bobina de *towpreg* 120, y suministradas a través de un sistema de suministro de fibras 122 en un cabezal de colocación de fibras 130, que se muestra esquemáticamente en la Figura 1C. El sistema de suministro de fibras 122 puede incluir, por ejemplo, un sistema tensor 124.

5 En el cabezal de colocación de fibras 130, las estopas 118 pueden colimarse en una única banda de fibras 126, tal como se muestra en la Figura 1B, y laminarse sobre una superficie de trabajo, tal como la superficie 140, que puede montarse entre un cabezal fijo y un contracabezal. Cuando se inicia una banda o curso de fibras, tal como el curso 128 mostrado en la Figura 1D, las estopas individuales 118 se suministran a través del cabezal 130 liberando las  
10 abrazaderas 139 y activando simultáneamente los rodillos de estricción 132 contra los rodillos de adición rotativos 134. Mientras el material se está colocando, este normalmente se compacta sobre una superficie, tal como la superficie 140 con un rodillo de compactación 136. Los rodillos de estricción se retraen una vez que las estopas se suministran bajo el rodillo de compactación, permitiendo que cada estopa se proporcione a través del cabezal tal como sea necesario mediante la trayectoria a lo largo de la herramienta. A medida que el curso 128 se establece, el  
15 cabezal 130 puede cortar o reiniciar cualquiera de las estopas individuales 118. La Figura 1C muestra una sección transversal esquemática de los mecanismos en el cabezal de colocación de fibras 130 para una trayectoria de fibras 119 superior 119a e inferior 119b. Cada trayectoria de estopa 119 tiene su propia cuchilla 138, rodillo de estricción 132 y abrazadera 139 que puede accionarse independientemente de todas las otras trayectorias de estopa 119. Esto permite que la anchura de la banda de fibras 126, o curso 128, se incremente o disminuya en incrementos  
20 iguales a una anchura de estopa tal como se muestra en la Figura 1D. Ajustar la anchura de la banda de fibras 126, o curso 128, elimina los huecos excesivos o superposiciones entre cursos 128 adyacentes. En el extremo del curso 128, las estopas 118 restantes pueden cortarse para coincidir con la forma del límite de lámina 142. Cuando las estopas se cortan, las abrazaderas 39 se accionan simultáneamente para evitar que se deslicen o se saquen del cabezal mediante la tensión. El cabezal 130 puede colocarse entonces en el comienzo del siguiente curso 128.  
25 Durante la colocación de un curso 128, cada estopa 118 se distribuye a su propia velocidad tal como se determina mediante la trayectoria de la máquina a lo largo de la superficie de la herramienta, permitiendo que cada estopa 118 se adapte independientemente a la superficie 140 de la pieza. Debido a esto, las fibras, es decir las estopas 118, no se limitan a trayectorias geodésicas. Estas pueden destinarse a cumplir objetivos de diseño específicos. Un dispositivo de compactación de rodillo, tal como el rodillo de compactación 136, combinado con calor para mejorar la fijación, lamina las estopas 118 sobre la superficie de acumulación 140. Esta acción de prensar las estopas 118 sobre la superficie de trabajo 140 (o una lámina previamente colocada) adhiere las estopas 118 a la superficie de acumulación 140 y elimina el aire atrapado, minimizando la necesidad de la reducción de vacío. Esto también permite que las fibras se coloquen sobre superficies cóncavas.

35 Un cabezal de colocación de fibras 130, como el cabezal de acumulación de cinta 100, puede estar provisto de varios ejes de movimiento, usando un mecanismo de brazo, por ejemplo, y puede tener un control numérico por ordenador. Los ejes de movimiento pueden ser necesarios para asegurarse de que el cabezal 100 o 130 es normal respecto a la superficie 108 o 140 a medida que la máquina lamina estopas. La máquina también puede tener un número de sensores de fibra electrónicos, tal como el sistema tensor 124, que pueden montarse, por ejemplo, en una  
40 fileta con aire acondicionado. Estos sensores pueden proporcionar un reparto individual de estopas y mantener una tensión precisa. El cabezal 100 o 130 puede distribuir, cortar, fijar y reiniciar con precisión las estopas de prepreg 118 individuales.

45 La fabricación de fuselaje que usa compuestos necesita la colocación automatizada de materiales compuestos a un ritmo lo suficientemente alto para hacer que el uso de compuestos sea económico en comparación con los métodos convencionales de fabricación de fuselaje. Para aprovecharse del peso ligero y la alta resistencia de los materiales compuestos para la construcción de fuselajes más grandes y más nuevos se necesitará realizar un incremento en los ritmos de estratificación de material compuesto. Los procesos actuales tales como acumulación de cinta y colocación de fibras son actualmente demasiado lentos para ser económicamente viables para cumplir ritmos de  
50 producción en nuevos programas de aeronaves de gran escala, tales como el Boeing 7E7. Se necesitan herramientas y procesos para la colocación automatizada de materiales compuestos que incrementan en gran medida los ritmos de estratificación sobre los del estado de la técnica, y que reducen el número de máquinas necesarias.

55 Por ejemplo, todo el revestimiento de un fuselaje grande de sección transversal constante de 18 metros (60 pies) de largo necesitaría normalmente de tres a cuatro semanas para colocarse en un mandril de acumulación usando tecnología existente. Donde los procesos de laminación automatizados estándar pueden colocar material de hasta 0,003 kg/s (20 libras por hora (lbs/h)) prolongado, es necesaria una máquina de colocación de compuesto automatizada que pueda acercarse al orden de 0,1 kg/s (1000 lbs/h) para que todo el revestimiento de un gran  
60 fuselaje de sección transversal constante, que normalmente puede ser de 18 metros (60 pies) de largo pero que puede variar su longitud, por ejemplo, desde aproximadamente 6 m (20 pies) a aproximadamente 34 m (110 pies) o más largo, pueda colocarse sobre un mandril de acumulación en un día o dos. La reducción del tiempo puede incrementar de manera significativa la practicabilidad y viabilidad económica de fabricación de grandes piezas de aeronave, tales como grandes revestimientos de fuselaje, usando materiales compuestos.

65

Tal como puede verse, existe la necesidad de una máquina de acumulación automatizada para la fabricación compuesta de grandes secciones de fuselaje. También existe la necesidad de fabricación de piezas compuestas usando una máquina de acumulación automatizada y un proceso que incremente en gran medida los ritmos de estratificación sobre el estado de la técnica. Además, existe la necesidad de una máquina de acumulación automatizada y un proceso que reducirá el número de máquinas necesarias, reduciendo el espacio de fábrica necesario y la inversión de capital general necesaria.

El documento WO 03/035380 describe un sistema para construir estructuras aerodinámicas usando un conjunto de mandril y robots colocados en una estructura de anillo que pueden moverse en relación con el mandril a medida que se forma la pala del rotor. Los robots se usan para acumular pilas compuestas en el mandril con direcciones de fibra preferentes, antes del curado en una matriz de resina.

**Sumario de la invención**

De acuerdo con un aspecto de la presente invención se proporciona un dispositivo y un método de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas. Un dispositivo para una laminación compuesta y automatizada en una superficie de mandril de una herramienta que tiene un eje de rotativo incluye una estructura de soporte mecánica que soporta múltiples cabezales de suministro de material. La herramienta puede moverse en relación con la estructura de soporte mecánica, y la estructura de soporte mecánica proporciona el movimiento de los cabezales de suministro de material en relación con la superficie de mandril. Cada uno de los cabezales de suministro de material tiene una posición ajustable individualmente en relación con la superficie de mandril.

Un dispositivo para laminación compuesta y automatizada en una superficie de mandril de una herramienta que tiene un eje rotativo incluye una estructura de soporte mecánica que soporta múltiples cabezales de suministro de material. La herramienta puede moverse y puede rotar en relación con la estructura de soporte mecánica. La estructura de soporte mecánica proporciona el traslado axial de los cabezales de suministro de material simultáneamente en relación con la superficie de mandril, y la posición de cada uno de los cabezales de suministro de material en relación con los otros cabezales de suministro de material puede ajustarse individualmente.

Un dispositivo para laminación compuesta y automatizada en una superficie de mandril de una herramienta que tiene un eje rotativo incluye una estructura de soporte mecánica que soporta múltiples cabezales de suministro de material por lo que están dispuestos alrededor de la herramienta. La herramienta puede moverse y puede rotar en relación con la estructura de soporte mecánica. La estructura de soporte mecánica proporciona el traslado axial de los cabezales de suministro de material simultáneamente en relación con la superficie de mandril. La posición de cada uno de la pluralidad de cabezales de suministro de material en relación con la estructura de soporte mecánica puede ajustarse individualmente.

Un dispositivo de fabricación de piezas de aeronave para laminación compuesta y automatizada en una superficie de mandril de una herramienta que tiene un eje rotativo incluye una estructura de soporte mecánica que soporta múltiples cabezales de suministro de material por lo que están dispuestos alrededor de la herramienta. La herramienta puede moverse y puede rotar en relación con la estructura de soporte mecánica. La estructura de soporte mecánica proporciona el traslado axial de los cabezales de suministro de material en relación con la superficie de mandril. La posición de cada uno de la pluralidad de cabezales de suministro de material en relación con la estructura de soporte mecánica puede ajustarse individualmente. Un mecanismo de brazo conecta cada cabezal de suministro de material con la estructura de soporte mecánica. Los mecanismos de brazo proporcionan el movimiento de cada cabezal de suministro de material en relación con la superficie de mandril en una dirección normal respecto a la superficie de mandril; proporcionan la rotación de cada cabezal de suministro de material en torno a un eje normal respecto a la superficie de mandril; proporcionan un ajuste de posición circunferencial de cada cabezal de suministro de material en una dirección de anilla en relación con la superficie de mandril; y proporcionan un ajuste de posición axial de cada cabezal de suministro de material en relación con la superficie de mandril.

Un dispositivo de fabricación de piezas de aeronave para laminación compuesta y automatizada en una superficie de mandril de una herramienta que tiene un eje rotativo incluye medios para soportar múltiples cabezales de suministro de material por lo que la herramienta puede moverse en relación con los múltiples cabezales de suministro de material. El dispositivo también incluye medios para proporcionar el movimiento de los múltiples cabezales de suministro de material en relación con la superficie de mandril; y medios para proporcionar un ajuste de posición individual en relación con la superficie de mandril para cada uno de los múltiples cabezales de suministro de material.

Un método de laminación compuesta y automatizada en una superficie de mandril de una herramienta que tiene un eje rotativo incluye las etapas de: soportar múltiples cabezales de suministro de material para que la herramienta pueda moverse en relación con los múltiples cabezales de suministro de material; proporcionar el movimiento de los múltiples cabezales de suministro de material en relación con la superficie de mandril; y proporcionar un ajuste de posición individual en relación con la superficie de mandril para cada uno de los múltiples cabezales de suministro de material.

Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor en referencia a los siguientes dibujos, descripción y reivindicaciones.

### Breve descripción de los dibujos

- 5 La Figura 1A es un diagrama de un cabezal de suministro de material de máquina de acumulación de cinta típica, tal como se conoce en la técnica;
- La Figura 1B es un diagrama de la banda colimada de estopas formadas mediante la convergencia de trayectorias de fibra superior e inferior (par e impar) separadas, tal como se conoce en la técnica;
- 10 La Figura 1C es un diagrama esquemático de un sistema de suministro de fibras típico y un cabezal de colocación de fibras, o cabezal de suministro de material de máquina de colocación de fibras, tal como se conoce en la técnica;
- La Figura 1D es un diagrama de una reducción de banda exceptuada mediante el corte de estopas de fibras de prepreg individuales, tal como se conoce en la técnica;
- 15 La Figura 2 es una ilustración en perspectiva de un dispositivo de fabricación de piezas de aeronave para laminación compuesta y automatizada en una configuración horizontal, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- la Figura 3 es una ilustración en perspectiva de un dispositivo de fabricación de piezas de aeronave para laminación compuesta y automatizada en una configuración vertical, de acuerdo con otra realización de la presente invención; y
- 20 la Figura 4 es una ilustración en perspectiva de un dispositivo de fabricación de piezas de aeronave para laminación compuesta y automatizada en una configuración vertical, de acuerdo con una realización de la presente invención.

### 25 Descripción detallada de la invención

La siguiente descripción detallada es de los mejores modos actualmente contemplados para llevar a cabo la invención. La descripción no debe tomarse en un sentido limitativo, sino que se realiza únicamente con el fin de ilustrar los principios generales de la invención, ya que el alcance de la invención se define mejor mediante las reivindicaciones adjuntas.

Ampliamente, una realización de la presente invención proporciona la fabricación de grandes piezas, tales como estructuras de fuselaje, realizadas de materiales compuestos, que pueden usarse, por ejemplo, en la fabricación de aeronaves comerciales y militares. En una realización, la presente invención permite la estratificación automatizada y compactación de grandes cantidades de materiales compuestos de alto rendimiento sobre grandes mandriles (normalmente mayores de 5 m (15 pies) de diámetro o máximo espesor), de sección transversal constante y de forma redonda, por ejemplo, sección transversal circular o elíptica, a ritmos muy altos en comparación con la técnica anterior. Por ejemplo, usando una realización, los ritmos de colocación, es decir estratificación, se estiman en aproximadamente 48 veces más rápidos que los procesos de colocación de compuestos de la técnica anterior tal como enrollamiento de filamento, colocación de fibras y acumulación de cinta automatizada. Los ritmos de estratificación bajos de la técnica anterior incrementan los flujos de fabricación e incrementan el número de máquinas necesarias para cumplir programaciones de ritmo para programas de producción de fabricación. Los ahorros asociados con el uso de una realización de la presente invención pueden reducir drásticamente el tiempo de flujo para acumular materiales compuestos, en comparación con la técnica anterior, y pueden reducir el capital y las instalaciones necesarias para construir secciones cilíndricas de fuselaje de producción a ritmos altos.

En una realización, la presente invención también puede usarse en la fabricación de materiales compuestos de grandes piezas, tales como estructuras de fuselaje, que no tienen una sección trasversal constante, tal como una sección delantera o una sección trasera de estructuras de fuselaje de aeronaves comerciales y militares.

En comparación con las máquinas de colocación de compuestos de único cabezal típicas de la técnica anterior, la configuración de múltiples cabezales de una realización permite ritmos de estratificación incrementados en comparación con la técnica anterior. En una realización, los ritmos de estratificación también pueden incrementarse, en comparación con la técnica anterior, en herramientas rectas de sección transversal constante mediante el uso de cinta compuesta preimpregnada y ancha y el suministro CTLM, en lugar de anchuras de material estrechas (3 mm (1/8 de pulgada)) usadas normalmente en los cabezales de colocación de fibras. El uso de cinta ancha puede limitar la complejidad de la herramienta de acumulación a una sección transversal constante. Si la superficie no es una sección transversal constante, los cabezales de colocación de fibras pueden necesitar colocar material adecuadamente sobre los contornos complejos. La simplicidad del cabezal de cinta, sin embargo, puede incrementar en gran medida el tiempo de funcionamiento de la máquina, para una realización, en comparación con el uso de los cabezales de suministro más complejos de tipo de colocación de fibras.

Por ejemplo, donde una máquina de colocación de fibras estándar puede colocar una única banda ancha de material de 0,1 m (4 pulgadas) a 0,5 m/s (1200 pulgadas por minuto) con aproximadamente un 40 % de factor de utilización debido a un tiempo muerto relacionado con la complejidad del cabezal, una realización de la presente invención, usando seis cabezales, puede colocar simultáneamente seis cursos de una banda ancha de 0,3 m (12 pulgadas) de

cinta a la misma velocidad (0,5 m/s (1200 pulgadas por minuto)) con un factor de utilización de máquina del 80 %, que se parece más al de una máquina de acumulación de cinta de contorno (CTLM) típica. Si la misma realización usa cintas más gruesas típicas de las CTLM (peso de área (AW) 190), en comparación con las formas de material más delgadas de colocación de fibras (140 AW), en este ejemplo, el ritmo de estratificación sería  $6 \times 80 \% / 40 \% \times (0,1 \text{ m (12 pulgadas)}) / 0,3 \text{ m (4 pulgadas)} \times 190 \text{ AW} / 140 \text{ AW} = 48$  veces más rápido que una máquina de colocación de fibras actual del estado de la técnica. Por ejemplo, se contempla que una realización, usando seis cabezales de acumulación de cinta, puede ser capaz de estratificar al menos 0,1 kg/s (700 libras por hora) (lbs/h) de material compuesto a un ritmo máximo. El ritmo máximo puede describirse como el ritmo de estratificación promedio sin incluir los tiempos muertos de proceso u otras interrupciones del proceso. El ritmo máximo no se consideraría generalmente un ritmo de producción prolongado donde las horas totales necesarias para construir una pieza se dividen por el peso total de la pieza. Un ritmo de producción prolongado incluiría las interrupciones, incluyendo tiempos muertos, mantenimiento, roturas y otras interrupciones.

Como otro ejemplo, un fuselaje de sección cilíndrica de 9 m (30 pies) de largo y 4 m (14 pies) de diámetro podría colocarse usando una configuración CTLM de 6 cabezales y 0,3 m (12 pulgadas) de ancho en 8 pasadas (a 0° desde el eje de la herramienta) en (9 m (30 pies) de largo  $\times$  0,3 m (12 pulgadas) por pie / 15,24 m (600 pulgadas) por minuto) (promediado para la aceleración y la deceleración sobre los 9 m (30 pies)) + 0,24 minutos por pasada de tiempo de entrega  $\times$  8 pasadas / 80 % de utilización = 8,4 minutos. En las mismas condiciones, una máquina de colocación de fibras de único cabezal necesitaría  $((30 \times 12) / 600 + 0,24) \times 132 / 40 \% = 277$  minutos o 4,6 horas y 132 pasadas, usando una cinta más delgada, lo que requeriría más láminas en el diseño. Incluso usando una cinta más gruesa (190 AW frente a 140 AW), la colocación de fibras de único cabezal necesitaría 204 minutos o 3,4 horas con las mismas suposiciones. Por ejemplo, se contempla que una realización usando seis cabezales de colocación de fibras, puede ser capaz de estratificar al menos 0,04 kg/s (300 lbs/h) de material compuesto a un ritmo máximo.

Una realización de la invención también aborda los problemas de manejar grandes herramientas de rotación orientando la herramienta y el mandril en una configuración vertical. Tanto el enrollamiento de filamento como la colocación de fibras utilizan normalmente el montaje de la herramienta en un huso horizontal. El hecho de que la inercia de la herramienta reaccione a través de un árbol de huso relativamente pequeño impone problemas de inestabilidad dinámica en el diseño de la herramienta. Además, la disposición horizontal provoca combaduras en las herramientas grandes. Cuanto más larga y más grande en diámetro es la herramienta, más severos se vuelven los problemas de combadura y estabilidad dinámica. La tecnología de labrado actual sugiere que la limitación a esta configuración horizontal puede estar bien por debajo de lo que es ideal para la producción de aeronaves comerciales. Al orientar la herramienta con un eje vertical de rotación, los problemas de la combadura pueden aliviarse, y la herramienta puede montarse en una plataforma giratoria horizontal por lo que la inercia de la herramienta no necesita reaccionar a través de un árbol de huso relativamente pequeño. Además, al abordar los problemas de combadura, una configuración vertical puede permitir formas de mandril más complejas que las formas rectas de sección transversal constante a las que se limita normalmente una configuración horizontal y puede ser más práctico para montar los cabezales de colocación de fibras y las filetas necesarias para estratificar en las formas más complejas.

En referencia ahora a la Figura 2, un dispositivo 200 de fabricación de piezas de aeronave para laminación compuesta y automatizada se ilustra de acuerdo con una realización. El dispositivo 200 facilita la laminación compuesta y automatizada usando una herramienta 202. La herramienta 202 tiene un eje 204, en torno o con respecto al que la herramienta 202 puede ser generalmente simétrica, que puede ser un eje longitudinal de la herramienta 202, y que se usa como un eje rotativo de la herramienta 202. El dispositivo 200, tal como se muestra en la Figura 2, exhibe una configuración horizontal en la que el eje 204 de la herramienta 202 puede orientarse horizontalmente. Unos contracabezales (o cabezales fijos) 205 pueden sujetar la herramienta 202 por lo que el eje 204 es horizontal y puede proporcionar la rotación de la herramienta 202 en torno al eje 204 por lo que el eje 204 puede ser un eje rotativo de la herramienta 202. La herramienta 202 puede ser desmontable respecto a los contracabezales 205, por ejemplo, ya que la herramienta 202 puede moverse de una fase de un proceso de fabricación a otra. La herramienta 202 tiene una superficie de mandril 206, que puede ser de una naturaleza generalmente cilíndrica, es decir, teniendo una sección transversal más o menos constante, que puede tener cualquier forma apropiada para fabricar materiales compuestos, por ejemplo, rectangular redondeada, circular, elíptica u otras formas. Por ejemplo, la superficie de mandril 206 puede adaptarse a una sección intermedia de un fuselaje de aeronave. La superficie de mandril 206 puede ser también de una naturaleza generalmente cónica, es decir, teniendo una sección transversal ahusada o decreciente, que puede tener cualquier forma apropiada para fabricar materiales compuestos, por ejemplo, rectangular redondeada, circular, elíptica u otras formas. Por ejemplo, la superficie de mandril 206 puede adaptarse a las formas complejas encontradas en una sección de nariz o sección de cono posterior de un fuselaje de aeronave. La superficie de mandril 206 puede ser aproximadamente simétrica en torno a un eje rotativo 204. Por el bien de la simplicidad de la ilustración, un mandril simple, redondo y recto se muestra en las figuras, pero se contempla que la superficie de mandril 206 puede estar provista de cualquier forma adecuada para fabricar piezas realizadas mediante la acumulación de materiales de fibra compuestos.

El dispositivo 200 incluye dos o más cabezales de distribución compuestos, es decir, cabezales de suministro de material 208. Los cabezales de suministro de material 208, por ejemplo, pueden ser similares al cabezal de suministro de material 100, tal como una máquina de acumulación de cinta plana o máquina de acumulación de cinta

de contorno, o cabezal de colocación de fibras 130. Los cabezales de suministro de material 208 pueden ser adaptaciones de cabezales de suministro existentes basados en cabezales de suministro de acumulación de cinta plana o de contorno, o cabezales de suministro de colocación de fibras, tal como sea necesario para cumplir los requisitos de contorno de superficie, ya que el contorno de la superficie de mandril 206 puede variar ampliamente dependiendo de qué dispositivo 200 de fabricación de piezas de aeronave se use para la fabricación. Por ejemplo, los cabezales de acumulación de cinta pueden usarse para cabezales de suministro de material 208 cuando las secciones transversales de la herramienta 202 y la superficie de mandril 206 permanecen constantes en su mayoría, tal como se ve en la Figura 2. Por la misma razón, los cabezales de colocación de fibras pueden usarse para cabezales de suministro de material 208 cuando las secciones transversales de la herramienta 202 y la superficie de mandril 206 cambian significativamente a lo largo de la longitud de la herramienta 202.

La herramienta 202 puede montarse horizontalmente, tal como se muestra en la Figura 2, o verticalmente, tal como se muestra en las Figuras 3 y 4. La Figura 2 muestra una configuración horizontal del dispositivo 200 en la que los cabezales de suministro de material 208 pueden ser cabezales de acumulación de cinta o cabezales de colocación de fibras. En general, la configuración horizontal del dispositivo 200 puede ser más adecuada para acumular superficies de mandril 206 de sección transversal constante usando cabezales de acumulación de cinta, tal como se ve en la Figura 2, que son normalmente menores y más compactos que los cabezales de colocación de fibras. Las Figuras 3 y 4 muestran dispositivos de fabricación de piezas de aeronave, tales como el dispositivo 200, de acuerdo con otras realizaciones que tienen una configuración vertical en las que los cabezales de suministro de material 208, tal como se ve en la Figura 3, pueden ser cabezales de acumulación de cinta, tal como el cabezal de suministro de material 100 o, como alternativa tal como se ve en la Figura 4, pueden ser cabezales de colocación de fibras, tal como el cabezal de colocación de fibras 130. En general, la configuración vertical del dispositivo 400, mostrado en la Figura 4, puede ser más adecuada para acumular superficies de mandril 206 de sección transversal cambiante, es decir, superficies con contornos más complejos, usando cabezales de colocación de fibras, que son normalmente más complejos que los cabezales de acumulación de cinta y necesitan un sistema de fileta 322 para suministrar material a los cabezales de suministro.

El dispositivo 200 incluye una estructura de soporte mecánica 210 que puede soportar cabezales de suministro de material 208 y proporcionar el movimiento de los cabezales de suministro de material 208 en relación con la superficie de mandril 206. La herramienta 202 puede moverse y rotar en relación con la estructura de soporte mecánica 210. La estructura de soporte mecánica 210 incluye un anillo, que puede ser un anillo 212 de traslado y rotación, en el que los cabezales de suministro de material 208 pueden montarse por lo que el anillo 212 y los cabezales de suministro 208 rodean la superficie de mandril 206. La estructura de soporte mecánica 210 incluye un andamio volante 214 del anillo que puede soportar el anillo 212 en una orientación vertical tal como se muestra en la Figura 2. El andamio volante 214 del anillo puede proporcionar la rotación del anillo 212 alrededor del eje 204. El andamio volante 214 del anillo puede montarse en carriles 216 por lo que el andamio volante 214 del anillo puede moverse a lo largo de la dirección del eje 204 de la herramienta 202. En otras palabras, la estructura de soporte mecánica 210, que puede incluir el anillo 212 y el andamio volante 214 del anillo, puede proporcionar el traslado axial de todos los cabezales de suministro 208 simultáneamente en relación con la superficie de mandril 206.

Durante el funcionamiento, el anillo 212 puede trasladarse a lo largo de toda la longitud de la herramienta 202 mientras que la herramienta 202 rota, permitiendo que los cabezales de suministro de material 208 coloquen material en los cursos 218 sobre toda la superficie de la herramienta, es decir, superficie de mandril 206. El anillo 212 también puede rotar a lo largo de toda la longitud de la herramienta 206, permitiendo también que los cabezales de suministro de material 208 coloquen material en los cursos 218 sobre toda la superficie de mandril 206. Aunque la rotación del anillo 212 puede no ser necesaria para la colocación de material en lugar de la rotación de la herramienta 202, el anillo 212 también puede rotar para poder colocarse para proporcionar un mantenimiento y revisión convenientes de los cabezales de suministro de material 208. Además, la herramienta 202 puede rotar independientemente del anillo 212 para permitir el acceso a la superficie de mandril 206 para operaciones de acumulación a mano.

El dispositivo 200 incluye mecanismos de brazo 220 que conectan los cabezales de suministro de material 208 con la estructura de soporte mecánica 210, es decir, el anillo 212. Los mecanismos de brazo 220 proporcionan el movimiento de los cabezales de suministro de material 208 en relación con la superficie de mandril 206.

Cada cabezal de suministro de material 208 individual tiene la capacidad, proporcionada mediante el mecanismo de brazo 220 que conecta el cabezal de suministro de material 208 individual con la estructura de soporte de mecánica 210, de moverse independientemente de los otros cabezales de suministro de material 208 en direcciones circunferenciales (de anilla) y axiales (en referencia a la herramienta 202) para permitir cierto ajuste del movimiento y la posición individual en relación con los otros cabezales de suministro de material 208 en relación con la superficie de mandril 206.

El ajuste de posición axial independiente sería útil, por ejemplo, al colocar láminas de material en la dirección circunferencial, o dirección de anilla del cilindro de la herramienta 202. En este caso, todos o algunos de los cabezales pueden volver a colocarse en relación entre sí axialmente, a lo largo de la longitud de la herramienta 202, para que las bandas, es decir, cursos 208, de material colocadas sean adyacentes entre sí sin superposiciones o

huecos, cuando se coloquen sobre la herramienta 202 o superficie de mandril 206.

Además, cada cabezal de suministro de material 208 individual tiene la capacidad, proporcionada mediante el mecanismo de brazo 220 que conecta el cabezal de suministro de material 208 individual con la estructura de soporte mecánica 210, de moverse independientemente de los otros cabezales de suministro de material 208 en una dirección normal a, es decir, perpendicular a, la superficie de mandril 206 y de rotar independientemente de los otros cabezales de suministro de material 208 en torno a un eje normal respecto a la superficie de mandril 206 (en referencia a la herramienta 202). De esta manera, cada cabezal de suministro de material 208 puede estar provisto de cierto ajuste de movimiento y posición individual hacia y lejos de la superficie de mandril 206, y puede estar provisto de cierto ajuste de rotación individual y posición angular en relación con la superficie de mandril 206.

Cada uno de los múltiples cabezales de suministro de material 208 se controla individualmente en coordinación con todos los otros cabezales de suministro 208, por ejemplo, mediante la expansión del software de programación existente de control numérico (NC) o control numérico informático (CNC) para controlar todos los cabezales de suministro de material 208 simultáneamente. Los múltiples cabezales de suministro de material 208 también pueden controlarse en coordinación con la rotación de la herramienta 202 y la superficie de mandril 206. Por ejemplo, la rotación de la herramienta 202 puede accionarse a través de contracabezales 205 usando control CNC coordinado con control CNC de los cabezales de suministro de material 208.

En referencia ahora a las Figuras 3 y 4, los dispositivos 300 y 400 de fabricación de piezas de aeronave para laminación compuesta y automatizada se ilustran de acuerdo con realizaciones alternativas. El dispositivo 300, mostrado en la Figura 3 y el dispositivo 400 mostrado en la Figura 4, exhiben una configuración vertical en la que la herramienta 202 tiene su eje rotativo 304 orientado verticalmente. La plataforma giratoria 316 horizontal puede sujetar la herramienta 202 para que el eje rotativo 204 sea vertical y puede proporcionar la rotación de la herramienta 202 en torno al eje rotativo 204. La herramienta 202 puede ser desmontable de la plataforma giratoria 316, por ejemplo, ya que la herramienta 202 puede moverse de una fase del proceso de fabricación a otra. Tal como se ha descrito antes, la herramienta 202 puede tener una superficie de mandril 206, que puede ser generalmente simétrica con respecto al eje 204, y que puede tener un contorno de superficie más complejo que el simple cilindro recto mostrado en las Figuras 3 y 4 por el bien de la simplicidad de la ilustración.

Al igual que con el dispositivo 200, el dispositivo 300 y el dispositivo 400 incluyen múltiples cabezales de suministro de material 208, que pueden ser, por ejemplo, cabezales de acumulación de cinta plana, cabezales de acumulación de cinta de contorno o cabezales de colocación de fibras. Las Figuras 3 y 4 muestran dispositivos 300 y 400 de fabricación de piezas de aeronave que tienen una configuración particular en la que los cabezales de suministro de material 208 pueden ser cabezales de acumulación de cinta, tal como se muestra en la Figura 3, o cabezales de colocación de fibras, tal como se muestra en la Figura 4. En general, el dispositivo 300, que ilustra el uso de cabezales de acumulación de cinta para cabezales de suministro de material 208, puede ser más adecuado para acumular superficies de mandril 206 de sección transversal constante. En general, el dispositivo 400, que ilustra el uso de cabezales de colocación de fibras para cabezales de suministro de material 208, puede ser más adecuado para acumular superficies de mandril 206 de sección transversal cambiante, es decir, superficies con contornos más complejos, usando cabezales de colocación de fibras, que son normalmente más complejos que los cabezales de acumulación de cinta y necesitan un sistema de fileta 322 para suministrar material a los cabezales de suministro.

Los dispositivos 300 y 400 incluyen una estructura de soporte mecánica 310 que soporta cabezales de suministro de material 208 y proporciona el movimiento de los cabezales de suministro de material 208 en relación con la superficie de mandril 206. La herramienta 202 puede moverse y rotar en relación con la estructura de soporte mecánica 310. La estructura de soporte mecánica 310 incluye un anillo, que puede ser un anillo 312 de traslado y rotación, en el que los cabezales de suministro de material 208 pueden montarse por lo que el anillo 312 y los cabezales de suministro 208 rodean la superficie de mandril 206. La estructura de soporte mecánica 310 puede incluir postes de soporte vertical 314 que pueden soportar el anillo 312 en una orientación horizontal tal como se muestran en las Figuras 3 y 4. (Para simplificar y clarificar los dibujos algunos de los postes de soporte 314 se han mostrado en transparencia en la Figura 3 y la Figura 4).

El anillo 312 puede conectarse con los postes de soporte vertical 314 para que los postes de soporte vertical 314 puedan proporcionar el movimiento vertical del anillo 312 a lo largo de la dirección del eje rotativo 204 de la herramienta 202. En otras palabras, la estructura de soporte mecánica 310, que puede incluir el anillo 312 y los postes de soporte vertical 314, puede proporcionar el traslado axial de todos los cabezales de suministro 208 simultáneamente en relación con la superficie de mandril 206. El anillo horizontal 312 puede también usarse para soportar sistemas de fileta 322. Los sistemas de fileta 322 pueden proporcionar material a los cabezales de colocación de fibras cuando los cabezales de colocación de fibras se usan para los cabezales de suministro de material 208. Los sistemas de fileta 322 pueden montarse en el anillo 312 tal como se muestra en la Figura 4.

Durante el funcionamiento, el anillo 312 puede trasladarse a lo largo de toda la longitud de la herramienta 202 mientras que la herramienta 202 rota en la plataforma giratoria 316, permitiendo que los cabezales de suministro de material 208 coloquen material en los cursos 218 sobre toda la superficie de la herramienta, es decir, la superficie de mandril 206. Tal como se ha descrito antes, cada uno de los múltiples cabezales de suministro de material 208 se

5 controla individualmente en coordinación con todos los otros cabezales de suministro 208, por ejemplo, usando NC o CNC para controlar todos los cabezales de suministro de material 208 simultáneamente. Los múltiples cabezales de suministro de material 208 pueden controlarse en coordinación con la rotación de la herramienta 202 y la superficie de mandril 206, usando también control CNC o NC. Por ejemplo, la rotación de la herramienta 202 puede accionarse a través de la plataforma giratoria 316 usando control CNC.

10 Los dispositivos 300 y 400 incluyen mecanismos de brazo 220 que conectan los cabezales de suministro de material 208 con la estructura de soporte mecánica 310, es decir, con el anillo 312. Los mecanismos de brazo 220 pueden proporcionar el movimiento de los cabezales de suministro de material 208 en relación con la superficie de mandril 206.

15 Cada cabezal de suministro de material 208 individual tiene la capacidad, proporcionada mediante el mecanismo de brazo 220, que conecta el cabezal de suministro de material 208 individual con la estructura de soporte mecánica 310, de moverse independientemente de los otros cabezales de suministro de material 208 en una dirección normal a, es decir perpendicular a, la superficie de mandril 206 y de rotar independientemente de los otros cabezales de suministro de material 208 en torno a un eje normal respecto a la superficie de mandril 206 (en referencia a la herramienta 202) para permitir cierto ajuste de movimiento y posición individual en relación con los otros cabezales de suministro de material 208 y en relación con la superficie de mandril 206.

20 Además, cada cabezal de suministro de material 208 individual tiene la capacidad, proporcionada mediante el mecanismo de brazo 220 que conecta el cabezal de suministro de material 208 individual con la estructura de soporte mecánica 310, de moverse independientemente de los otros cabezales de suministro de material 208 en una dirección normal a, es decir perpendicular a, la superficie de mandril 206 y de rotar independientemente de los otros cabezales de suministro de material 208 en torno a un eje normal respecto a la superficie de mandril 206 (en referencia a la herramienta 202). De esta manera, cada cabezal de suministro de material 208 está provisto de cierto ajuste de movimiento y posición individual hacia y lejos respecto a la superficie de mandril 206 y está provisto de cierto ajuste de rotación individual y posición angular en relación con la superficie de mandril 206.

30 Un método para laminación compuesta y automatizada en una superficie de mandril, tal como la superficie de mandril 206 de la herramienta 202, incluye soportar múltiples cabezales de suministro de material, tal como los cabezales de suministro 208, para que la herramienta y los cabezales de suministro de material puedan moverse en relación entre sí. Por ejemplo, la herramienta puede montarse horizontalmente, tal como usando contracabezales 205, puede montarse verticalmente, tal como usando una plataforma giratoria 316, mientras que los múltiples cabezales de suministro de material pueden soportarse independientemente de la herramienta, tal como usando la estructura de soporte mecánica 210 o la estructura de soporte mecánica 310.

35 El método también incluye proporcionar el movimiento de todos los cabezales de suministro de material en relación con la superficie de mandril mientras se proporciona el ajuste de posición individual en relación con la superficie de mandril para cada cabezal de suministro de material independientemente de los otros. Por ejemplo, la estructura de soporte mecánica 210 o 310 puede mover todos los cabezales de suministro de material juntos en relación con la superficie de mandril, por ejemplo, trasladar los cabezales de material axialmente, es decir, en una dirección paralela al eje 204 de la herramienta 202. Al mismo tiempo, se proporciona un ajuste de posición circunferencial de los cabezales de suministro de material en una dirección de anilla en relación con la superficie de mandril, un ajuste de posición axial de los cabezales de suministro de material en relación con la superficie de mandril, un movimiento de los cabezales de suministro de material en una dirección normal respecto a la superficie de mandril y una rotación de los cabezales de suministro de material en torno a un eje normal respecto a la superficie de mandril, por ejemplo, mediante mecanismos que conectan cada cabezal de suministro de material con la estructura de soporte mecánica, tal como mecanismos de brazo 220.

50 El método puede incluir además hacer rotar la herramienta en torno a un eje horizontal o vertical de rotación, tal como el eje 204 de la herramienta 202, y suministrar un material compuesto en cursos 218 desde los múltiples cabezales de suministro de material 208 simultáneamente. El proceso de suministro de material, colocación y movimiento de los cabezales de suministro de material y hacer rotar la herramienta puede controlarse usando técnicas NC o CNC para proporcionar un control coordinado para los múltiples cabezales de suministro de material simultáneamente.

55

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo (200) para fabricar una sección de una aeronave por medio de una laminación compuesta y automatizada en una superficie de mandril (206) de una herramienta (202), comprendiendo el dispositivo:

5 una herramienta que comprende un eje rotativo y una superficie de mandril;  
 una estructura de soporte mecánica (210) que puede moverse en relación con el mandril, donde la herramienta puede rotar en relación con dicha estructura de soporte mecánica;  
 10 una pluralidad de cabezales de suministro de material (208) soportados mediante dicha estructura de soporte mecánica;  
 dicha estructura de soporte mecánica comprende un anillo que rodea dicha superficie de mandril y dicho dispositivo comprende además un andamio volante del anillo, donde dicho andamio volante del anillo soporta dicho anillo, y dicho andamio volante del anillo se mueve a lo largo de la dirección del eje rotativo de la herramienta;  
 15 el dispositivo comprende además una pluralidad de mecanismos de brazo (220), conectando cada mecanismo de brazo uno de la pluralidad de los cabezales de suministro de material (130) con dicha estructura de soporte mecánica y proporcionando un movimiento del cabezal de suministro de material conectado en relación con la superficie de mandril en una dirección normal respecto a la superficie de mandril; y  
 20 donde la posición circunferencial de cada cabezal de suministro de material puede ajustarse en una dirección de anilla en relación con la superficie de mandril, y  
 donde la posición axial de cada cabezal de suministro de material puede ajustarse en relación con la superficie de mandril;

y caracterizado por que:

25 la superficie de mandril se adapta a la sección de fuselaje de aeronave;  
 cada mecanismo de brazo proporciona:  
 30 el ajuste de posición circunferencial del cabezal de suministro de material conectado en la dirección de anilla en relación con la superficie de mandril,  
 el ajuste de posición axial del cabezal de suministro de material conectado en relación con la superficie de mandril, y  
 una rotación del cabezal de suministro de material conectado en relación con la superficie de mandril en torno a un eje normal respecto a la superficie de mandril;  
 35 cada uno de dicha pluralidad de cabezales de suministro de material está dispuesto para controlarse mediante una aplicación de control numérico informática:  
 40 para controlar la pluralidad de los cabezales de suministro de material simultáneamente para aplicar material compuesto a lo largo de la superficie de mandril durante la fabricación de la sección de fuselaje de aeronave,  
 y  
 para ajustar la posición de cada uno de la pluralidad de cabezales de suministro de material individualmente en relación con la superficie de mandril y los otros cabezales de suministro del material durante la aplicación del material compuesto mediante los cabezales de material durante la fabricación de la sección del fuselaje de aeronave.  
 45

2. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende además:

50 un contracabezal (205) que sujeta la herramienta y proporciona la rotación de la herramienta en torno al eje rotativo de la herramienta.

3. El dispositivo de la reivindicación 1 o 2, donde al menos uno de dicha pluralidad de cabezales de suministro de material se basa en un cabezal de suministro de acumulación de cinta plana.

55 4. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, donde al menos uno de dicha pluralidad de cabezales de suministro de material se basa en un cabezal de suministro de acumulación de cinta de contorno.

60 5. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, donde dicha estructura de soporte mecánica comprende un anillo que rodea dicha superficie de mandril, estando dicho anillo conectado a al menos un poste de soporte vertical (314).

6. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, que comprende además una plataforma giratoria (316) horizontal que soporta la herramienta por lo que el eje rotativo de la herramienta es vertical.

65 7. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende además al menos un sistema de fileta montado en dicha estructura de soporte mecánica, donde dicho sistema de fileta (322) proporciona material a al

menos uno de dicha pluralidad de cabezales de suministro de material.

8. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-7, donde al menos uno de dicha pluralidad de cabezales de suministro de material es un cabezal de colocación de fibras.

5 9. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8, donde la herramienta puede rotar en relación con dicha estructura de soporte mecánica; y dicha estructura de soporte mecánica proporciona el traslado axial de dicha pluralidad de cabezales de suministro de material simultáneamente en relación con la superficie de mandril.

10 10. El dispositivo de la reivindicación 9, donde:

15 dicho andamio volante del anillo soporta dicho anillo en una orientación vertical; y dicho andamio volante del anillo se mueve a lo largo de la dirección del eje de la herramienta para proporcionar dicho traslado axial de dicha pluralidad de cabezales de suministro de material simultáneamente en relación con la superficie de mandril.

11. El dispositivo de la reivindicación 9 o 10, donde:

20 dicho mecanismo de brazo proporciona el movimiento de dicho al menos un cabezal de suministro de material en relación con la superficie de mandril; y dicho mecanismo de brazo proporciona un ajuste de posición axial de dicho al menos un cabezal de suministro de material en relación con la superficie de mandril.

25 12. El dispositivo de la reivindicación 9, 10 u 11, que comprende además:

un contracabezal que sujeta la herramienta por lo que el eje de la herramienta es horizontal y proporciona la rotación horizontal de la herramienta en torno al eje.

30 13. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-12, donde al menos uno de dicha pluralidad de cabezales de suministro de material se elige del grupo que consiste en: un cabezal de suministro de acumulación de cinta plana, un cabezal de suministro de acumulación de cinta de contorno y un cabezal de suministro de colocación de fibras.

35 14. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 9-13, que comprende además una plataforma giratoria horizontal y donde:

40 dicha estructura de soporte mecánica comprende un anillo alrededor de dicha superficie de mandril, dicho anillo se conecta a un poste de soporte vertical que proporciona el movimiento vertical de dicho anillo, y dicha plataforma giratoria horizontal soporta la herramienta por lo que el eje de la herramienta es vertical.

45 15. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 9-14, que comprende además al menos un sistema de fileta montado en dicha estructura de soporte mecánica, donde dicho sistema de fileta proporciona material a al menos uno de dicha pluralidad de cabezales de suministro de material y dicho al menos uno de dicha pluralidad de cabezales de suministro de material es un cabezal de colocación de fibras.

16. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-15, donde dicho dispositivo comprende además:

50 un contracabezal que sujeta la herramienta por lo que el eje rotativo de la herramienta es horizontal y proporciona la rotación horizontal de la herramienta; y donde:

55 dicho andamio volante del anillo soporta dicho anillo en una orientación vertical, dicho andamio volante del anillo se mueve a lo largo de la dirección del eje rotativo de la herramienta para proporcionar dicho traslado axial de dicha pluralidad de cabezales de suministro de material simultáneamente en relación con la superficie de mandril, al menos uno de dicha pluralidad de cabezales de suministro de material es un cabezal de suministro de acumulación de cinta; y dicha pluralidad de cabezales de suministro de material es capaz de estratificar al menos 0,0882 kg/s (700 lbs/h) de material compuesto.

60 17. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-16, que comprende además una plataforma giratoria horizontal y al menos un sistema de fileta, donde:

65 dicha plataforma giratoria horizontal soporta la herramienta por lo que el eje rotativo de la herramienta es vertical y hacer rotar la herramienta alrededor del eje rotativo de la herramienta,

## ES 2 582 645 T3

- dicha estructura de soporte mecánica comprende un anillo orientado horizontalmente y que rodea dicha superficie de mandril,  
dicho anillo se conecta a al menos un poste de soporte vertical que proporciona el movimiento vertical de dicho anillo,
- 5 dicho al menos un sistema de fileta se monta en dicho anillo,  
dicho sistema de fileta proporciona material a al menos uno de dicha pluralidad de cabezales de suministro de material,  
dicho al menos uno de dicha pluralidad de cabezales de suministro de material es un cabezal de colocación de fibras, y
- 10 dicha pluralidad de cabezales de suministro de material es capaz de estratificar al menos 0,0378 kg/s (300 lbs/h) de material compuesto.
18. El dispositivo de la reivindicación 16 o 17, donde cada uno de dicha pluralidad de cabezales de suministro de material puede controlarse individualmente en coordinación con dicha pluralidad de cabezales de suministro de material y en coordinación con la rotación de la superficie de mandril de la herramienta.
- 15
19. Un método para la fabricación de una sección de un fuselaje de aeronave mediante laminación compuesta y automatizada usando el dispositivo de cualquier reivindicación anterior.

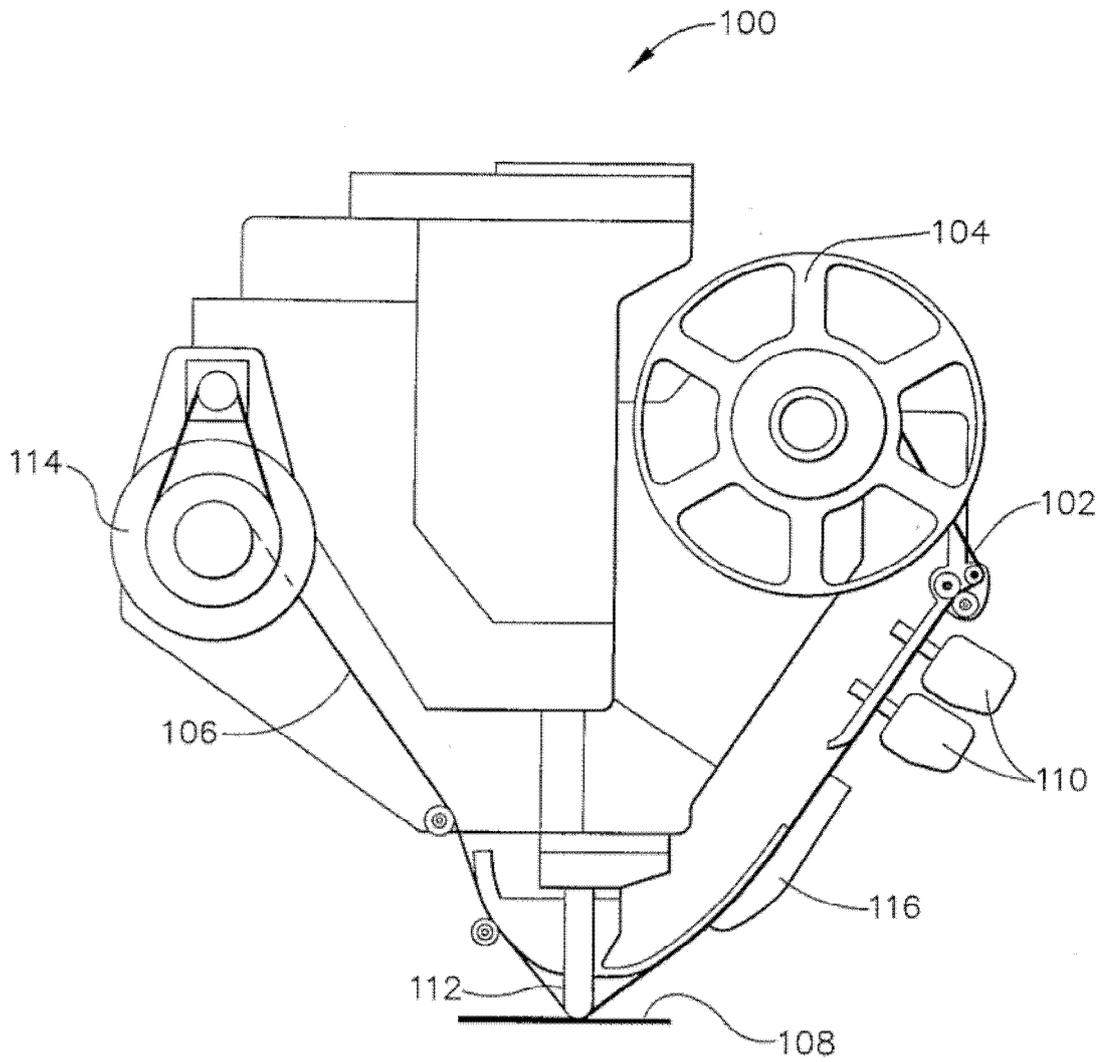


FIG. 1A (TÉCNICA ANTERIOR)

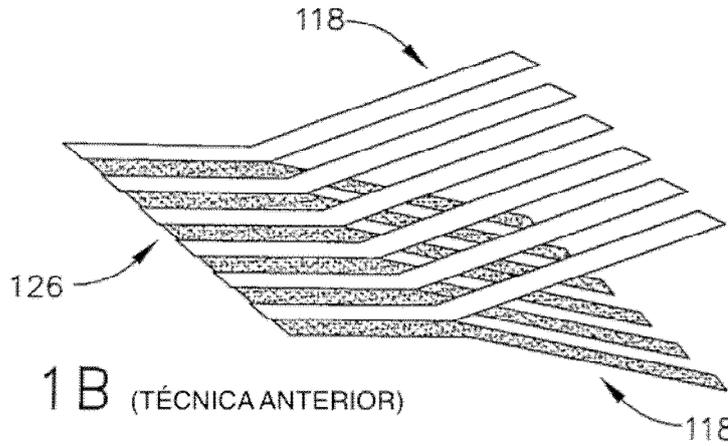


FIG. 1B (TÉCNICA ANTERIOR)

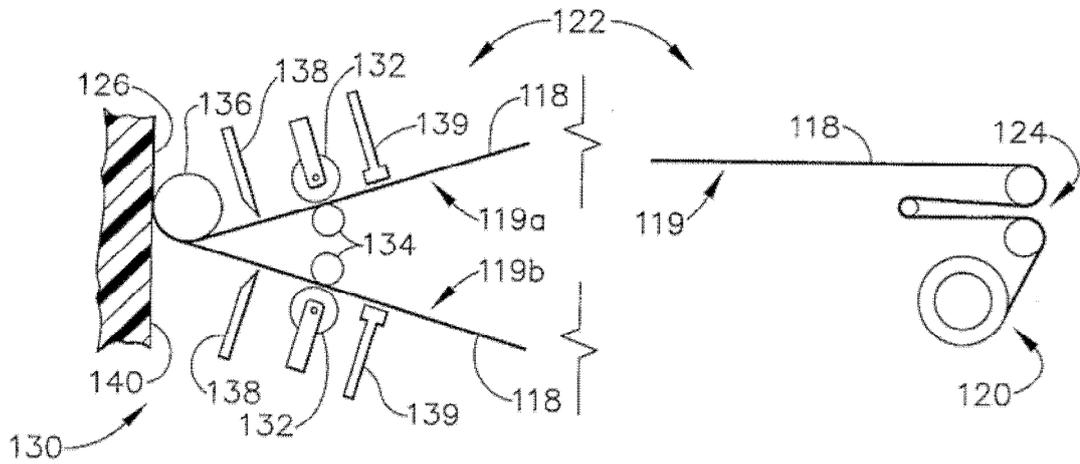


FIG. 1C (TÉCNICA ANTERIOR)

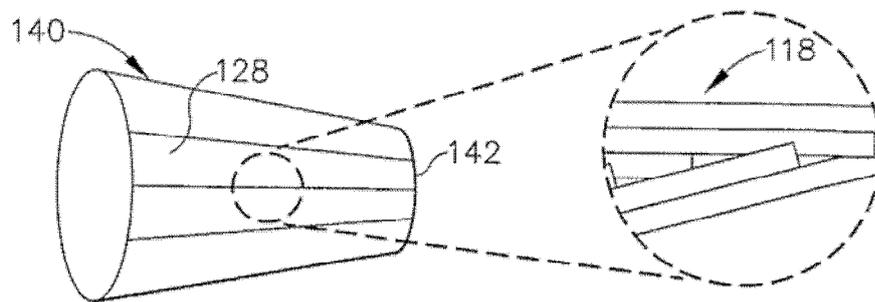


FIG. 1D (TÉCNICA ANTERIOR)



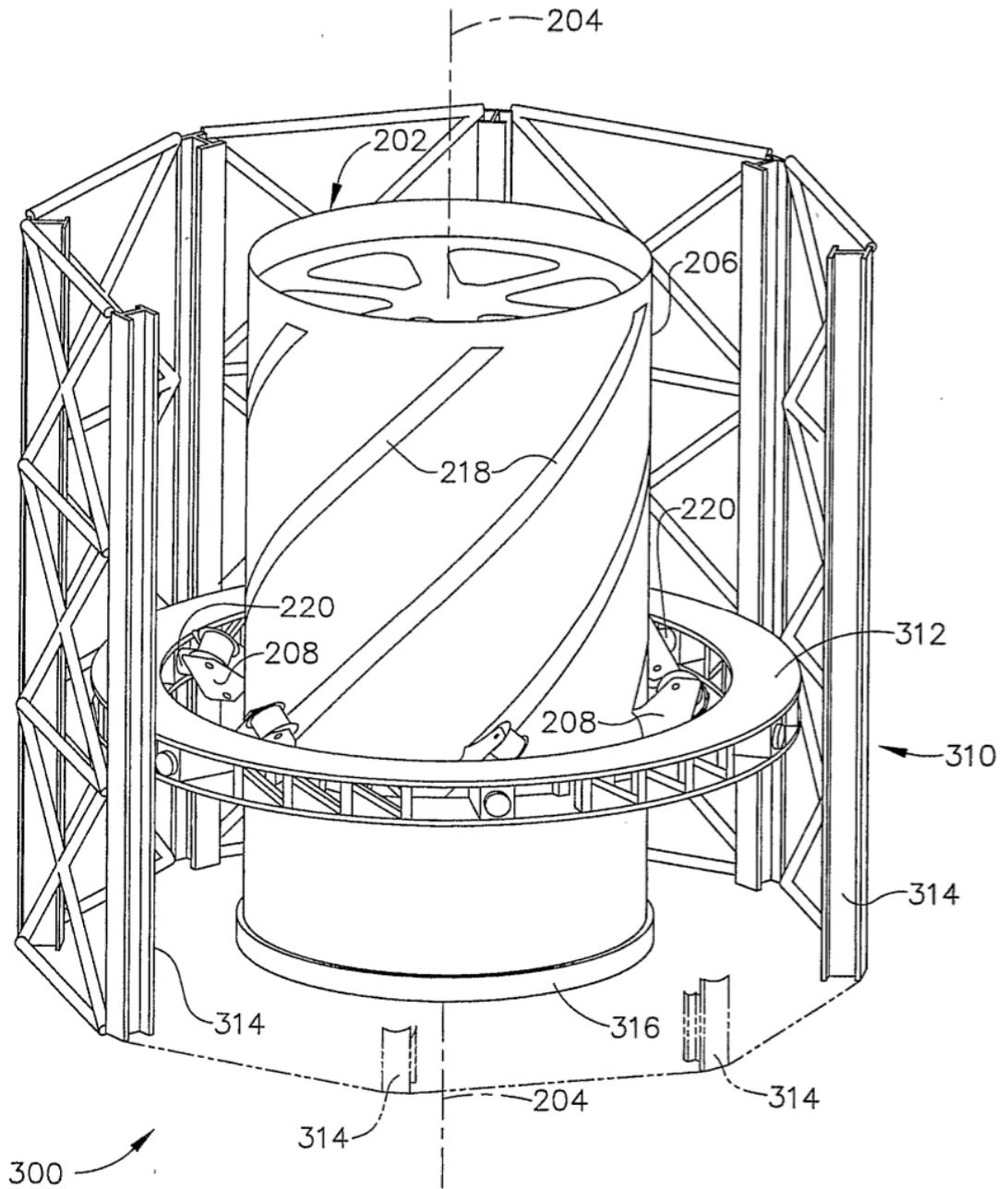


FIG. 3

