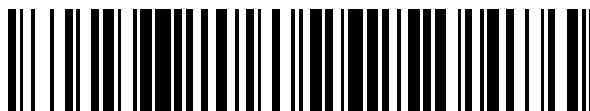


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 164**

51 Int. Cl.:

B29C 70/32 (2006.01)

B29C 70/44 (2006.01)

B29C 33/48 (2006.01)

B64C 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.04.2013 PCT/IB2013/052928**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.10.2013 WO13153537**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.04.2013 E 13725785 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.05.2017 EP 2747987**

54 Título: **Un procedimiento de fabricación de cuerpos cilíndricos de fuselaje de una sola pieza en un material compuesto**

30 Prioridad:
12.04.2012 IT TO20120317

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.10.2017

73 Titular/es:
**LEONARDO S.P.A. (100.0%)
Piazza Monte Grappa 4
00195 Roma, IT**

72 Inventor/es:
**INSERRA IMPARATO, SABATO y
CERRETA, PIETRANTONIO**

74 Agente/Representante:
LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 638 164 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

Un procedimiento de fabricación de cuerpos cilíndricos de fuselaje de una sola pieza en un material compuesto

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de cuerpos cilíndricos de fuselaje en material compuesto rigidizado por largueros. Más particularmente, la invención se refiere a la fabricación de cuerpos cilíndricos de fuselaje realizados en una sola pieza en material compuesto, incluyendo un revestimiento de forma cónica tubular, cilíndrica o truncada completa, y una serie de largueros longitudinales que sobresalen sobre la superficie interior del cuerpo cilíndrico.

10 El estado de la técnica incluye varios procedimientos para fabricar cuerpos cilíndricos de fuselaje completos en material compuesto. En general, algunos procedimientos requieren curar el cuerpo cilíndrico alrededor de un mandril interno o herramienta conformadora interna, que proporciona la superficie de conformación interior del cuerpo cilíndrico (la denominada "línea interior de molde" (IML) o "superficie interior de molde"). En otros casos, el curado tiene lugar en una herramienta de conformación hueca que proporciona la superficie de conformación exterior del cuerpo cilíndrico ("línea exterior del molde" (OML) o "superficie exterior de molde").

20 Un primer procedimiento conocido incluye laminar el cuerpo cilíndrico y su posterior curado sobre un mandril que tiene una forma correspondiente a la superficie interior ("línea interior del molde") del cuerpo cilíndrico del fuselaje. De acuerdo con esta técnica, los largueros aún no curados se alojan en ranuras longitudinales correspondientes conformadas en la superficie exterior del mandril. Un elemento inflable (o "cámara de aire") se coloca dentro de cada larguero, y después se coloca una capa de tejido preimpregnado con resina curable duroplástica sobre los largueros para retener los largueros y los elementos inflables durante la siguiente etapa de rotación. La capa exterior se deposita entonces utilizando la técnica conocida de colocación de fibras. A continuación se colocan láminas flexibles de metal o carbono (denominadas "placas camisa") sobre el conjunto; su función es suavizar la superficie exterior del cuerpo cilíndrico durante el curado en el autoclave. Finalmente, todo el conjunto se cubre con una bolsa de vacío fabricada mediante una técnica conocida usando una película de nylon, después de preparar vías para extraer el aire y los gases (tejido de respiración y válvulas de vacío). Todo el conjunto se coloca entonces en un autoclave para el proceso de curado / compactación por medio de calor y temperatura.

30 Este procedimiento tiene la ventaja de asegurar una superficie interior precisa que simplifica el montaje de los elementos estructurales interiores (marcos de largueros, etc.) pero que potencialmente conlleva algunos inconvenientes:

35 - Para poder ser extraído del cuerpo cilíndrico después del curado, el mandril, que tiene la forma del IML, es desmontable en una multiplicidad de sectores plegables (típicamente seis sectores). Este requisito implica la presencia de juntas de sellado entre los sectores que, como tienen que resistir la temperatura y presión del autoclave, deben mantenerse con frecuencia para evitar el riesgo de pérdidas de sellado con porosidad inaceptable consecuente sobre el cuerpo cilíndrico producido.

40 - La ruptura del mandril en sectores radialmente retráctiles requiere mecanismos de accionamiento. Estos últimos se ven afectados negativamente por la temperatura y la presión del autoclave, y por esta razón también están sujetos a frecuentes operaciones de mantenimiento.

45 - Los sectores del mandril deben estar acoplados con precisión para evitar la formación de pasos y arrugas inaceptables en el cuerpo cilíndrico. Para los cuerpos cilíndricos de fuselaje de gran tamaño, el acoplamiento preciso de los sectores es muy complejo y requiere ajustes frecuentes.

50 - Un mecanismo de compactación empuja la superficie exterior del cuerpo cilíndrico contra la superficie de IML del mandril de conformación, reduciendo la longitud circunferencial del material no curado para llevarlo al espesor curado. La acción del mecanismo de compactación, combinada con la reducción de la longitud circunferencial, genera arrugas longitudinales sobre la superficie exterior del cuerpo cilíndrico, que debe caracterizarse por un complejo y costoso plan de ensayos estructurales para verificar la aceptabilidad.

55 Se usa otro procedimiento conocido para producir cuerpos cilíndricos de fuselaje de pequeño diámetro, con una estructura en sándwich y un refuerzo en panales. En este procedimiento se usa un mandril auxiliar de forma correspondiente a la forma interior del cuerpo cilíndrico (IML), sobre el que está dispuesta una película de nylon que constituirá la bolsa de vacío final. El revestimiento interior se deposita entonces por medio de la técnica conocida de colocación de fibras. Posteriormente, se coloca dicho material en forma de panales y se deposita la capa externa de resina reforzada con carbono, utilizando de nuevo la técnica de colocación de fibras. En este punto se coloca una herramienta de curado con una superficie igual a la superficie exterior del cuerpo cilíndrico (línea de molde exterior, OML) alrededor del cuerpo cilíndrico. La bolsa de vacío, ya instalada en el mandril auxiliar de IML, se sella incluyendo la herramienta de curado exterior de OML. Cuando se aplica el vacío, el cuerpo cilíndrico tiende a separarse del mandril auxiliar de IML para unirse a la superficie del mandril de OML. Se genera de este modo un hueco que hace posible retirar el mandril auxiliar de IML y enviar el cuerpo cilíndrico en la herramienta de OML al autoclave para curado / compactación. Este procedimiento supera los problemas del procedimiento anterior, pero es

aplicable con procedimientos conocidos solo para estructuras en sándwich, mientras que el riesgo sigue siendo que extraer el mandril de IML del cuerpo cilíndrico antes del curado, que se realiza con un espacio limitado, podría dañar la bolsa de curado.

5 En la industria aeronáutica se da actualmente la necesidad de fabricar cuerpos cilíndricos rigidizados por largueros.

10 El documento US 2009/0139641 A1 proporciona la aplicación del material compuesto al interior de una superficie hueca, que constituye la superficie OML, de un mandril hueco, para formar un revestimiento que se extiende 360° alrededor de un eje. Los largueros se colocan entonces sobre una superficie interior del revestimiento, por medio de un posicionador que entra en el interior del mandril de OML y empuja las pestañas o alas de los largueros contra el revestimiento. Se instala una bolsa de vacío sobre los largueros y se aplica un vacío para presionar los largueros y el revestimiento hacia fuera y contra la superficie interior de la herramienta. El conjunto del revestimiento y los largueros se curan en conjunto a continuación para fijar los largueros al revestimiento y reforzar la estructura. Para la laminación, se requiere una máquina especial de colocación de fibras, capaz de laminar dentro del mandril de OML, así como un complejo aparato para posicionar los largueros de refuerzo y la bolsa de vacío.

15 El documento DE 10 2009 056978 A1 describe un procedimiento de fabricación de una carcasa de fuselaje realizada en una sola pieza de material compuesto, comprendiendo la carcasa del fuselaje un revestimiento de forma tubular global y una pluralidad de largueros longitudinales que sobresalen radialmente de una superficie interior del revestimiento, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

20 proporcionar un mandril de conformación interior que tiene sectores que se pueden retraer radialmente con respecto a un eje longitudinal central, pudiendo los sectores alcanzar posiciones extendidas radialmente para definir una superficie de moldeo interior que proporciona una pluralidad de ranuras longitudinales espaciadas angularmente alrededor del eje;

25 colocación de una bolsa de vacío principal alrededor de la superficie de moldeo interna y aplicación de vacío para hacer que la bolsa de vacío principal se adhiera a la superficie de conformación interior;

30 posicionamiento de una pluralidad de largueros de material compuesto en las ranuras;

colocación de un dispositivo de unión laminado exterior junto con un revestimiento que se extiende alrededor de los largueros y la superficie interior de moldeo;

35 extensión de los sectores para provocar el prensado de la superficie interior de moldeo y, por lo tanto, de los largueros contra una contra-superficie conformada de forma correspondiente del dispositivo de unión laminar con un revestimiento, obteniendo así una envoltura de fuselaje sin curar que incluye el revestimiento y los largueros;

40 aplicación de un vacío en el lado de la superficie interior de moldeo y aplicación después de un vacío sobre la contra-superficie opuesta en el lado del dispositivo de unión por laminado, como resultado de lo cual los largueros y materiales de material auxiliar dispuestos entre los largueros son empujados por la presión atmosférica contra el dispositivo de unión por laminación exterior y, por lo tanto, se transfieren al dispositivo de unión por laminación exterior;

45 retraer radialmente los sectores del mandril interior, para retirar el mandril interior de la carcasa del fuselaje.

Se conocen otros procedimientos de fabricación de cuerpos cilíndricos compuestos o secciones reforzadas de fuselaje a partir de los documentos DE 10 2007 060029 A1, DE 10 2007 027113 A1 y WO 00/61464 A1.

50 Es un objeto de la invención proponer un procedimiento simplificado para fabricar cuerpos cilíndricos de fuselaje completos rigidizados por largueros que tienen una superficie exterior particularmente precisa, que en uso es la superficie aerodinámica. Otros objetos de la invención son evitar dañar el material compuesto no curado, la bolsa de vacío y las herramientas de conformación.

55 Estos y otros propósitos y ventajas, que se entenderán a continuación en el presente documento, se logran, de acuerdo con la presente invención, mediante un procedimiento de fabricación como se define en las reivindicaciones adjuntas.

60 Otras características y ventajas de la invención quedarán claras a partir de la siguiente descripción detallada, que se da meramente a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista parcial esquemática, en sección vertical, de un mandril con sectores retráctiles;

65 la figura 2 es una vista en perspectiva esquemática de una planta para formar cuerpos cilíndricos de fuselaje en material compuesto no curado, rigidizado por largueros;

la figura 3 es una vista en perspectiva en sección esquemática de una parte periférica del mandril de la figura 1 en una etapa preliminar del procedimiento de fabricación;

la figura 4 es una vista esquemática en perspectiva seccionada de un soporte cubierto para conformar los largueros;

la figura 5 es una vista lateral esquemática del mandril de la figura 1, en una etapa preliminar de su preparación antes de colocar el material compuesto;

las figuras 6 a 12 son vistas esquemáticas en perspectiva que ilustran la planta de la figura 2 durante diversas etapas de preparación del cuerpo cilíndrico que se va a curar;

la figura 13 es una vista parcial esquemática, en sección vertical, de un tramo de cuerpo cilíndrico comprendido entre un molde exterior y el mandril interior del aparato de conformación;

la figura 14 indica esquemáticamente las líneas de sellado entre las partes del aparato de formación y varias envolturas de película impermeable utilizadas en el procedimiento; y

la figura 15 es una vista lateral esquemática del mandril, del cuerpo cilíndrico, del molde exterior y de las envolturas de película que pueden usarse en el procedimiento.

Haciendo referencia inicialmente a las figuras 1 y 2, el número 10 designa en su conjunto un mandril interior plegable (o mandril auxiliar), cuya superficie exterior está definida por un conjunto de sectores de mandriles 11, radialmente retráctiles con respecto a un eje horizontal central x. Los sectores de mandril son operables en direcciones radiales para asumir una posición radialmente extendida en la que están situados circunferencialmente uno al lado del otro para definir juntos una superficie externa circunferencialmente continua sobre la que se depositan las tiras de fibra preimpregnadas a curar para fabricación del cuerpo del fuselaje. En el ejemplo ilustrado en los dibujos, la superficie exterior del mandril es casi cilíndrica para fabricar un cuerpo o una sección mediana del fuselaje de un avión; sin embargo, el presente procedimiento es igualmente aplicable a la fabricación de cuerpos cilíndricos (o cuerpos) fuselados cónicos, por ejemplo de forma cónica truncada, de acuerdo con la posición longitudinal que se pretende que ocupe el cuerpo cilíndrico a lo largo del fuselaje. El procedimiento no se limita a fabricar cuerpos cilíndricos que tengan formas de sólidos de revolución o superficies gobernadas.

El mandril 10 incluye una estructura de soporte interior reticular 12, en este ejemplo configurada como un prisma hexagonal, montada giratoriamente alrededor del eje x en un eje giratorio central 13. De una manera conocida per se, los sectores del mandril están divididos en dos conjuntos 11a y 11b, dispuestos de forma alternativa en la dirección circunferencial. Un ejemplo de un mandril interior de tipo apropiado se conoce, por ejemplo, en el documento WO 2007/148301 A2. El eje giratorio 13 está soportado por tres soportes: dos soportes de extremo 14, 15 y un soporte intermedio 16, preferentemente dispuesto a la mitad de la distancia entre los soportes de extremo, de tal manera que el mandril interior 10 permanece apoyado en una posición de trabajo entre uno de los dos soportes de extremo (en este ejemplo el soporte 15) y el soporte intermedio 16, por razones que se explicarán a continuación.

En la superficie exterior de los sectores 11a, 11b, se forman ranuras longitudinales paralelas 17 (figura 4), en este ejemplo de forma de trapecio, en las que están situados los elementos longitudinales de refuerzo 30, llamados largueros. Los largueros 30, vistos en una sección transversal, tienen un perfil que coincide sustancialmente con la forma de la sección transversal de las ranuras 17, en este ejemplo de forma de trapecio. Cuando los sectores están en su posición radialmente extendida (figura 1), el mandril interior define la denominada "línea interior del molde" (IML) o "superficie interior del molde", es decir, la superficie de conformación interior para el cuerpo cilíndrico.

Se pueden ajustar dos bolsas internas anulares de terminal 182a, 182b hechas de nylon para la bolsa de vacío (figura 5) sobre los dos extremos axiales opuestos del mandril interior 10. Cada bolsa interna anular 182a, 182b está sellada al mandril interior 10 a lo largo de una respectiva línea de sellado circunferencial 18a, 18b en proximidad de cada uno de los dos extremos axiales opuestos de la superficie exterior del mandril. Subsiguientemente, la superficie del mandril 10 y parte de las bolsas internas 182a, 182b de terminal anular puede cubrirse con un tejido de respiración 190. Particularmente, el tejido de respiración 190 puede colocarse sobre la parte radialmente externa de la superficie del mandril interior 10 comprendida entre las primeras 18a y las segundas 18b líneas circunferenciales de sellado.

Una película de nylon tubular para la bolsa de vacío 18, denominada en este caso bolsa principal, se posiciona entonces sobre el mandril interior 10, preferentemente con una longitud axial que supera la del mandril interior 10. Los extremos axiales opuestos de la bolsa de vacío principal 18 están sellados a lo largo de dos líneas de sellado circunferenciales 18c, 18d sobre las superficies exteriores de las dos bolsas terminales interiores anulares 182a, 182b, respectivamente.

A continuación se aplica el vacío para hacer que la bolsa de vacío principal 18 se adhiera a la superficie exterior del mandril 10, teniendo cuidado de minimizar las arrugas, de tal manera que haga que la bolsa de vacío principal 18

copie la forma de la superficie exterior del mandril 10.

A continuación, se aplica a la bolsa de vacío principal 18 un tejido de respiración 19 (o capa de pelado u otro material "de respiración"). Sobre esto se aplica una capa separadora (FEP o película de separación) 20, preparada en forma tubular, por ejemplo mediante encolado longitudinal con cinta adhesiva adecuada para altas temperaturas (Permacel®) o mediante soldadura longitudinal.

La película de separación tubular 20 está sellada a las dos bolsas terminales interiores anulares 182a, 182b a lo largo de dos líneas de sellado circunferenciales 18e, 18f, en este ejemplo en extremos axialmente exteriores de las bolsas terminales interiores anulares 182a, 182b, en posiciones respectivas que son axialmente exteriores con respecto a las líneas de sellado circunferenciales 18a, 18b y 18c, 18d de la bolsa de vacío principal 18.

El procedimiento continúa con la colocación de los largueros 30 uno tras otro en las ranuras periféricas 17 del mandril, mientras que el último se hace girar para presentar al operador la cavidad siguiente en la que depositar el larguero. Para cada larguero, se prepara previamente un elemento inflable 35 ilustrado en la figura 4. Se proporciona un soporte interior o "tapón" 31 para cada larguero, alargado en una dirección aquí definida como longitudinal, que tiene una sección transversal de una forma correspondiente a la del larguero, en este ejemplo de forma de trapecio. El soporte interno se puede fabricar a partir de cualquier material resistente a la temperatura de curado y puede estar relleno (por ejemplo, con caucho o espuma) o hueco, con el requisito de que no se aplaste cuando se aplique el vacío durante la preparación del soporte. El soporte 31 se envuelve con una serie de capas, de las que la primera es una bolsa de película tubular impermeable 32, preferentemente fabricada a partir de nylon, que está claramente cerrada en torno al soporte interior 31.

La longitud de la bolsa tubular 32 es preferentemente mayor que la del soporte en al menos 50 mm por lado. Este exceso de material se plegará de nuevo en los dos extremos y se mantendrá en posición mediante cinta adhesiva. La bolsa tubular 32 debería cubrir y permanecer adherida al soporte 31.

A continuación se aplica una capa de respiración delgada 33 (capa de pelado), preferentemente de fibra de poliéster o de vidrio, alrededor de la bolsa tubular 32. Se aplica una película separadora tubular 34, preferentemente hecha de FEP, alrededor de la capa o bolsa de respiración 33. La película tubular 34 puede estar sellada en sus dos extremos con una cinta adhesiva adecuada para altas temperaturas. Se aplica el vacío, por ejemplo, por medio de un tubo con una válvula de cierre rápido (no ilustrada), haciendo que la bolsa tubular 32 y las otras capas de material de película tubular se adhieran al soporte 31, minimizando así las arrugas.

Los soportes 31 cubiertos por las bolsas tubulares 32 (y las otras capas mencionadas) proporcionan elementos inflables que están situados cada uno en una ranura respectiva 17 del mandril interior 10.

En primer lugar, los elementos inflables 35 están situados en las cavidades orientadas hacia arriba de los largueros 30. A continuación, sobre la parte superior de los elementos inflables 35, se puede colocar, por ejemplo manualmente, una capa de tejido pre-impregnado no curado de material duroplástico curable reforzado con fibras. Se puede colocar una bolsa de pre-vacío (no ilustrada). De esta manera, a medida que la rotación subsiguiente del mandril prosigue, los elementos inflables no caen fuera de las ranuras. Como alternativa o además, para retener los elementos inflables 35 temporalmente en posición en los largueros, puede disponerse un apoyo radial respectivo 38 (figura 15), en ambos extremos del mandril interior 10, capaz de soportar uno de los dos extremos de cada soporte interior 31. Preferentemente, los apoyos radiales 38 están asegurados para girar con el mandril interior 10 alrededor del eje de rotación x. En este ejemplo, cada extremo de un soporte interior 31 se aloja en una abertura 39 proporcionada por el apoyo radial respectivo 38. La figura 15 ilustra esquemáticamente solo los apoyos radiales 38 para uno de los elementos inflables 35. De acuerdo con un modo de realización, los apoyos radiales 38 para todos los elementos inflables 35 del cuerpo cilíndrico pueden estar hechos de dos elementos en forma de una rueda, cada uno dispuesto en un extremo del mandril interior y teniendo cada uno una pluralidad de aberturas 39 para que alojen extremos respectivos de los soportes interiores 31. De acuerdo con un posible modo de realización, las aberturas 39 pueden estar hechas en forma de ranuras radialmente alargadas para permitir movimientos limitados en una dirección radial, pero no en una dirección circunferencial, de los elementos inflables 35.

Los largueros que se colocan pueden ser largueros pre-curado o frescos (aún no curados). En el caso de largueros frescos, tal como se ilustra esquemáticamente en la figura 13, puede disponerse un elemento de conformado (placa camisa 36) entre el elemento inflable 35 y el larguero sin curar para dar forma al larguero.

Una vez completada la colocación de los elementos inflables, se retira la bolsa de pre-vacío (no ilustrada) y se realiza la laminación de las capas del revestimiento de acuerdo con procedimientos manuales automáticos o asistidos.

En el proceso automatizado, el mandril puede girar alrededor del eje x por medio de un mecanismo de accionamiento (no ilustrado), mientras que las cabezas de la máquina anterior se accionan simultáneamente de manera que la máquina deposita el material de cinta de fibra preimpregnada alrededor del mandril. En esta fase, pueden colocarse automáticamente tiras de fibra preimpregnadas con resina, tales como fibras de carbono con

resinas epoxi y grafito con resina de bismaleimida, por medio de uno o más cabezales de suministro de una máquina de colocación (máquina de colocación de fibras). Los cabezales de suministro de la máquina y el mandril pueden ser desplazados uno con respecto al otro de tal manera que las cabezas aplican la cinta sobre el mandril tras un movimiento relativo de traslación y rotación con respecto al eje del mandril. Las máquinas para la colocación automatizada de cintas de material compuesto se conocen, por ejemplo, en las publicaciones de patente WO 2005/082604 A2, WO 2005/018918 A1 y WO 2005/018917 A2.

En el proceso manual, las cintas preimpregnadas se pueden desenrollar a partir de los rodillos 40 (figura 2) montados por ejemplo sobre una barra 41 dispuesta paralela al eje del mandril. Dependiendo de las necesidades específicas, las cintas se pueden aplicar a ángulos de 0°, 45° o 90°, como es conocido por los expertos en la materia. De esta manera, el "revestimiento" 37 del cuerpo o cuerpo cilíndrico del fuselaje en laminado compuesto se forma sobre la superficie exterior del mandril interior.

Cuando se completa la laminación del revestimiento, se monta una herramienta de polimerización exterior (o "curado") alrededor del mandril interior 10, definiendo una cavidad que tiene una superficie adecuada para formar la llamada línea exterior del molde (OML), es decir, la superficie radialmente más externa del cuerpo cilíndrico de fuselaje. La herramienta exterior OML está formada por la unión de dos semi-moldes complementarios o complementarios, uno inferior 50 y uno superior 51, cada uno definiendo una mitad, respectivamente superior e inferior, de la superficie OML. Los dos semi-moldes acoplados 50, 51 rodean completamente el revestimiento 37 mediante un ángulo de 360°.

El eje de rotación 13 tiene una longitud 13' que en la fase de laminación se extiende hacia el exterior de la estructura del mandril 10; preferentemente la longitud exterior 13' tiene una longitud correspondiente o comparable al extremo del mandril.

En primer lugar (figuras 6 - 8), el semi-molde exterior inferior 50 se coloca debajo del mandril 10 sobre el que está situado el cuerpo cilíndrico aún no curado. El eje 13 está suspendido en un punto intermedio a lo largo de su longitud desde un pórtico 53 (figura 6), por ejemplo por medio de un gancho suspendido 52. Entonces (figura 7), el semi-molde inferior 50 se coloca debajo de la longitud exterior 13' del eje, en línea con el eje del mandril. Se retira entonces el soporte intermedio 16 (figura 8) y el semi-molde inferior 50 se desliza longitudinalmente, con su parte de superficie OML con la concavidad dirigida hacia arriba, llevándola bajo el mandril 10 y mirando hacia el cuerpo cilíndrico a curar, sin tocarlo.

Posteriormente (figura 9), el soporte intermedio 16 del eje de rotación 16 es reposicionado y se retira el gancho de suspensión 52 para dicho eje.

El semi-molde superior 51, suspendido del pórtico 53 con su propia parte cóncava de superficie OML orientada hacia abajo, se coloca sobre el semi-molde inferior 50 y se acopla con precisión a este último, para rodear el tambor aún no curado sin tocarlo (figura 10). Como se muestra esquemáticamente en la figura 13, las superficies OML enfrentadas mutuamente de los semi-moldes superior 51 e inferior 50 están dimensionadas de tal manera que entre la superficie OML de la herramienta y la superficie exterior del revestimiento 37 del cuerpo cilíndrico aún no curado debe haber, en esta etapa, un juego radial o espacio anular G, preferentemente de aproximadamente 2-4 mm (figura 13).

Los semi-moldes superior 51 e inferior 50 se unen entonces mecánicamente, por ejemplo utilizando tornillos; las juntas entre los semi-moldes están selladas, preferentemente con tiras de película de nylon (no ilustradas).

Posteriormente, se abren los extremos opuestos de las bolsas tubulares 32 dispuestas alrededor de cada uno de los elementos inflables.

La bolsa de vacío principal 18 debe entonces ser sellada, habiéndose previamente dispuesto en el mandril interno de IML 10, hasta los bordes circulares en los dos extremos axiales opuestos de la herramienta de OML, excepto en la región de los largueros 30 (figuras 14 y 15).

En la figura 14, L indica dos segmentos de sellado de la bolsa 18 con la herramienta exterior de OML 50 (o 51, dependiendo de la posición angular considerada). Los segmentos de sellado L se extienden sobre las longitudes perimetrales entre dos ranuras consecutivas 17 del mandril 10. Dicha bolsa de vacío principal 18 está sellada también con las tiras de bolsa (no ilustradas) dispuestas en las juntas entre el semi-molde inferior 50 y el semi-molde superior 51 de la herramienta exterior de OML. Las dos aberturas u orificios en los extremos opuestos de cada bolsa tubular 32 se sellan continuamente, a lo largo de líneas de sellado que forman un bucle cerrado (figura 14), a la herramienta externa de OML y a la bolsa de vacío principal 18. Estas líneas de sellado incluyen una longitud exterior M' que forma un sellado con la superficie de la herramienta exterior de OML correspondiente, 50 o 51, y una longitud M" que forma un sellado con la bolsa de vacío principal 18 que encierra el mandril interior 10.

La figura 15 muestra esquemáticamente la conexión de la bolsa de vacío principal 18 con la herramienta exterior de OML 50, 51. La bolsa 18 de vacío principal está desconectada de las bolsas terminales internas anulares 182a, 182b

ES 2 638 164 T3

y está conectada a otras dos bolsas terminales externas anulares 181a, 181b dispuestas adecuadamente sobre la herramienta exterior de OML 50, 51, por medio de dos líneas circunferenciales respectivas de sellado 200a y 200b.

5 Se aplica el vacío a través de una o más válvulas 48, conectadas en este ejemplo a las bolsas terminales exteriores anulares 181a, 181b, al volumen encerrado entre la bolsa de vacío principal 18 y la herramienta exterior de OML 50, 51. Las capas de respiración 183, 184 pueden estar dispuestas entre las bolsas terminales exteriores anulares 181a, 181b y la herramienta exterior 50, 51.

10 La depresión en el espacio comprendido entre la bolsa de vacío principal 18 y la herramienta exterior de OML 50, 51 genera fuerzas directas en direcciones radialmente externas que son eficaces para agrandar el diámetro del cuerpo cilíndrico sin curar, haciendo que se adhiera a la superficie interior de la herramienta de OML y se separe del mandril interior 10.

15 De acuerdo con los procedimientos conocidos per se, los sectores 11 del mandril interior pueden ser retirados, es decir, retraídos radialmente, hasta que los sectores estén espaciados radialmente a 10-15 cm de distancia de la superficie de IML del cuerpo cilíndrico no curado. El soporte intermedio 16 del eje de rotación del mandril de IML puede entonces ser retirado. Sin el soporte intermedio, el mandril interno 10 inevitablemente se desvía hacia abajo. La separación o juego radial G mencionado anteriormente, entre el cuerpo cilíndrico y la superficie de OML de la herramienta externa 50, 51, debe asegurar que no haya interferencia entre la superficie del mandril interior 10
20 radialmente retraído y la superficie de IML del cuerpo cilíndrico no curado.

25 Posteriormente (figura 11), la herramienta exterior 50, 51 puede moverse, trasladándola longitudinalmente, paralela al eje de rotación, desplazándola hacia fuera del mandril interior 10. Después de esto, se puede volver a montar el soporte intermedio 16 para el eje de rotación y, a continuación, se puede retirar el soporte de extremo 14 (no motorizado) del eje de rotación (figura 12), para permitir una extracción longitudinal completa de la herramienta de OML desde el eje de rotación. Finalmente, la herramienta externa 50, 51, que contiene el cuerpo cilíndrico a curar, se transfiere al autoclave.

30 Se han descrito varios aspectos y formas de modo de realización del procedimiento. Debe entenderse que cada modo de realización puede combinarse con cualquier otro modo de realización descrita y/o ilustrada. La invención, además, no está limitada a los modos de realización descritos, pero puede variarse dentro del alcance definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para fabricar un cuerpo cilíndrico de fuselaje hecho en una sola pieza de material compuesto, comprendiendo el cuerpo cilíndrico un revestimiento de forma tubular global y una pluralidad de largueros longitudinales que sobresalen radialmente de una superficie interna del revestimiento, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- 5
- a) proporcionar un mandril de conformación interior (10) que tiene sectores (11a, 11b) radialmente retráctiles con respecto a un eje longitudinal central (x), siendo los sectores capaces de alcanzar posiciones extendidas radialmente para definir una superficie interior de moldeo (IML) que proporciona una pluralidad de ranuras longitudinales (17) espaciadas angularmente alrededor del eje (x);
- 10
- b) colocar una bolsa de vacío principal (18) alrededor de la superficie interior de moldeo (IML) y aplicar vacío para hacer que la bolsa de vacío principal (18) se adhiera a la superficie interior de conformación (IML), en la que la colocación de la bolsa de vacío principal en la superficie interior de conformación (IML) comprende las etapas de
- 15
- insertar, en dos extremos axiales opuestos del mandril interior (10), dos bolsas terminales interiores anulares (182a, 182b) hechas de nylon para bolsas de vacío,
- 20
- sellado de las bolsas terminales interiores anulares (182a, 182b) al mandril interior (10) a lo largo de una primera y segunda respectivas líneas circunferenciales de sellado (18a, 18b), dispuestas próximas a dos extremos axiales opuestos respectivos de la superficie exterior del mandril (10);
- 25
- sellado de los extremos axiales opuestos de la bolsa de vacío principal (18) a lo largo de una tercera y una cuarta línea de sellado circunferencial (18c, 18d) sobre superficies externas de las dos bolsas terminales interiores anulares (182a, 182b), respectivamente;
- 30
- aplicación sobre la bolsa de vacío principal (18) de un tejido de respiración (19) y sobre esta una capa separadora tubular (20);
- 35
- sellado de la capa separadora tubular (20) a las dos bolsas terminales interiores anulares (182a, 182b) a lo largo de una quinta y una sexta líneas de sellado circunferenciales (18e, 18f);
- 40
- c) posicionamiento de una pluralidad de largueros (30) de material compuesto en las ranuras (17);
- 45
- d) colocación y retención, en cada larguero (30), de un soporte interior respectivo (31) que tiene una forma en sección transversal que concuerda al menos parcialmente con un contorno del larguero, una extensión longitudinal correspondiente a la longitud longitudinal del larguero y al menos un revestimiento de bolsa tubular impermeable exterior (32);
- 50
- e) aplicación de un material compuesto para formar un revestimiento laminado (37) que se extiende 360° alrededor de los largueros (30), los soportes recubiertos (31, 32) y la superficie interior de moldeo (IML), obteniendo así un cuerpo cilíndrico no curado que incluye el revestimiento (37) y los largueros (30);
- 55
- f) cierre de una herramienta de curado exterior alrededor del revestimiento laminado (37), comprendiendo la herramienta al menos dos semi-moldes complementarios (50, 51) que definen conjuntamente una cavidad que proporciona una superficie exterior de moldeo (OML) para el cuerpo cilíndrico del fuselaje, dejando un espacio anular (G) de anchura radial predeterminada entre la superficie exterior del revestimiento (37) y la superficie exterior de moldeo (OML);
- 60
- g) sellado de la bolsa de vacío principal (18) a lo largo de los segmentos de junta (L) que se extienden a lo largo de bordes circulares en dos extremos axiales opuestos de la herramienta exterior (50, 51), excepto en las posiciones donde están situados los largueros (30);
- 65
- h) sellando con continuidad, a lo largo de respectivas líneas de sellado en bucle cerrado, dos extremos abiertos opuestos de cada bolsa tubular (32) tanto al correspondiente semi-molde (50 o 51) de la herramienta externa como a la bolsa de vacío principal (18), comprendiendo cada línea de sellado en bucle cerrado una primera longitud (M') de sellado exterior radialmente unida a la herramienta exterior (50 o 51), y una segunda longitud de sellado (M'') unida para sellar la bolsa de vacío principal (18);
- i) aplicación de un vacío a un volumen encerrado entre la bolsa de vacío principal (18) y la herramienta exterior (50, 51), ensanchando de este modo el diámetro del cuerpo cilíndrico sin curar, haciendo que el cuerpo cilíndrico se libere del mandril interior (10) y haciendo que la superficie del revestimiento (37) entre en contacto con la superficie exterior de moldeo (OML) de la herramienta exterior (50, 51);
- j) retraer radialmente los sectores (11a, 11b) del mandril interior (10), retirar la herramienta externa (50, 51) del

cuerpo cilíndrico del mandril interior (10) y transferir la herramienta externa que contiene el cuerpo cilíndrico sin curar en un autoclave para curar el cuerpo cilíndrico.

5 2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el espacio (G) tiene una dimensión radial de aproximadamente 2-4 mm.

3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

10 la herramienta exterior está compuesta por la unión de dos semi-moldes complementarios: uno inferior (50) y uno superior (51), definiendo cada uno una mitad, respectivamente una mitad superior y una mitad inferior, de la superficie exterior de moldeo (OML);

15 el mandril interior (10) puede girar alrededor del eje (x) sobre un eje giratorio central (13) que tiene una porción (13') que durante la etapa de laminación se extiende fuera del mandril (10), en la que la porción exterior (13') tiene una longitud igual o comparable a la longitud axial del mandril (10);

y en el que la etapa f) de cierre de la herramienta de curado exterior está precedida por las etapas de:

20 f1) colocación del semi-molde inferior (50) por debajo del mandril (10) sobre el que se coloca el cuerpo cilíndrico sin curar;

f2) suspensión del eje (13) en un punto intermedio;

25 f3) colocación del semi-molde inferior (50) bajo la porción exterior (13') del eje, alineado con el eje del mandril;

f4) deslizamiento longitudinalmente del semi-molde inferior (50), con la parte exterior de su superficie de moldeo presentando su concavidad orientada hacia arriba, llevando el semi-molde por debajo del mandril (10) para hacer frente al cuerpo de moldeo a curar;

30 f5) extensión desde arriba del troquel superior (51), con su porción exterior de superficie cóncava de moldeo hacia abajo, sobre el semi-molde inferior (50).

35 4. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que en las etapas f2) -f4) el eje (13) se suspende desde arriba para permitir que el semi-molde inferior (50) se deslice bajo el mandril interior (10).

5. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el eje (13) está suspendido por medio de un gancho (52) desde un pórtico (53).

40 6. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de retención, en cada larguero (30), de un soporte interno respectivo (31), comprende la etapa de

d1) colocar, sobre los elementos inflables (35), una capa de tejido pre-impregnada no curada de material duroplástico curable reforzado con fibra,

45 y en el que la etapa d1) es seguida por la etapa de establecer una bolsa de pre-vacío que se retira antes de la etapa e) de laminación del revestimiento (37).

50 7. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de retención, en cada larguero (30), de un soporte interno respectivo (31), comprende la etapa de soportar temporalmente extremos opuestos de los soportes revestidos (31, 32) en los largueros (30) mediante apoyos (38) solidarios en rotación con el mandril interior (10).

55 8. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la capa separadora tubular (20) está sellada a las dos bolsas terminales interiores anulares (182a, 182b) a lo largo de la quinta y sexta líneas de sellado circunferenciales (18e, 18f), en los extremos axiales exteriores de las bolsas terminales interiores anulares (182a, 182b), en posiciones respectivas axialmente externas con respecto a la primera y segunda líneas de sellado circunferenciales (18a, 18b) a la bolsa de vacío principal (18).

60 9. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa h) comprende conectar la bolsa de vacío principal (18) a la herramienta exterior de OML (50, 51) de acuerdo con las siguientes etapas:

desconectar la bolsa de vacío principal (18) de las bolsas terminales interiores anulares (182a, 182b);

65 insertar, en dos extremos axiales opuestos de la herramienta de OML exterior (50, 51), dos bolsas terminales exteriores anulares (181a, 181b) hechas de nylon para bolsas de vacío;

ES 2 638 164 T3

sellar las bolsas terminales exteriores (181a, 181b) a la herramienta de OML exterior (50, 51) a lo largo de una séptima y una octava (18g, 18h) línea de sellado circunferencial;

5 sellar los extremos axiales opuestos de la bolsa de vacío principal (18) a las dos bolsas terminales exteriores anulares (181a, 181b) a lo largo de una respectiva novena (200a) y décima (200b) línea de sellado circunferencial.

10. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que en la etapa i) se aplica vacío a través de una o más válvulas (48) conectadas a las bolsas terminales exteriores anulares (181a, 181b).

10 11. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que después de sellar las bolsas terminales internas anulares (182a, 182b) al mandril interior (10) a lo largo de la primera y segunda línea de sellado circunferencial (18a, 18b), se coloca un tejido de respiración (190) alrededor de una parte de la superficie radialmente externa del mandril interior (10) comprendida entre la primera (18a) y la segunda (18b) línea de sellado circunferencial.

15 12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el tejido de respiración (190) también cubre partes de las bolsas terminales interiores anulares (182a, 182b).

13. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la bolsa de vacío principal (18) tiene una longitud axial que excede la del mandril interior (10).

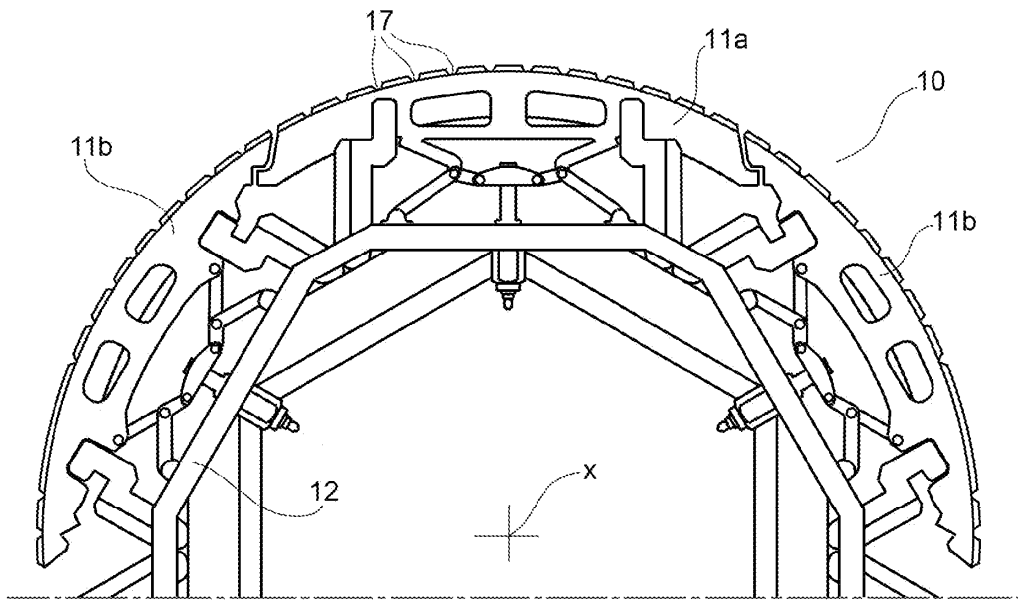


FIG. 1

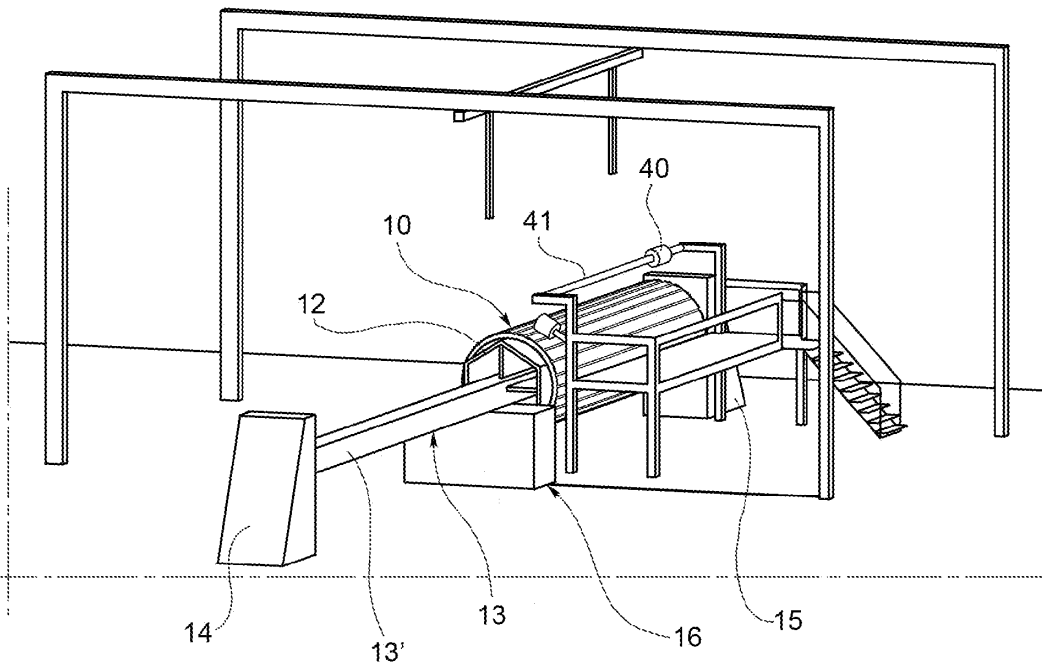


FIG. 2

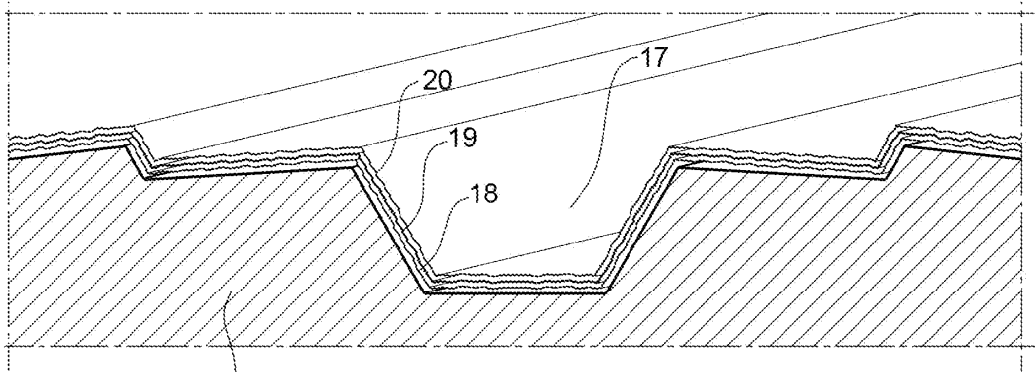


FIG. 3 11

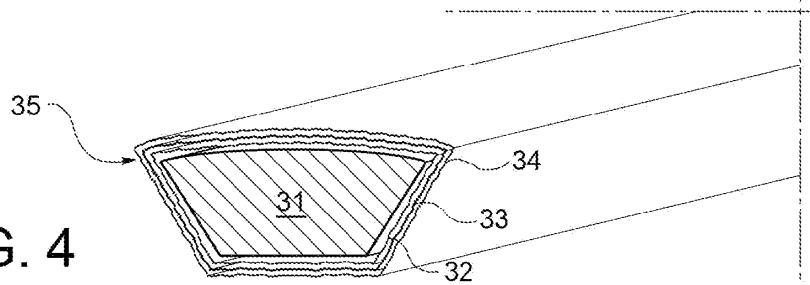


FIG. 4

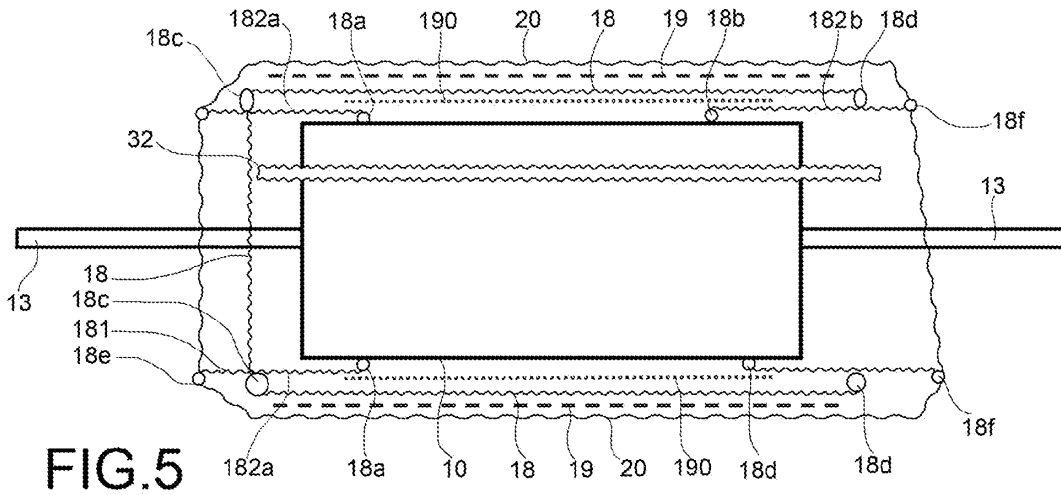


FIG. 5

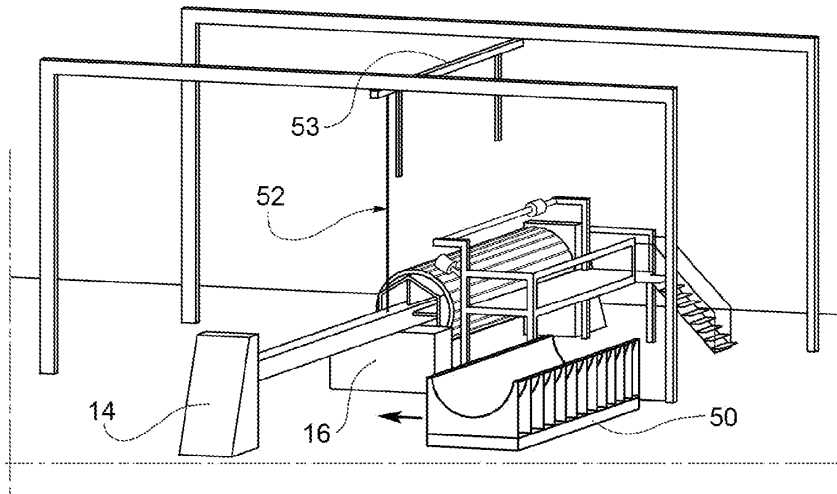


FIG. 6

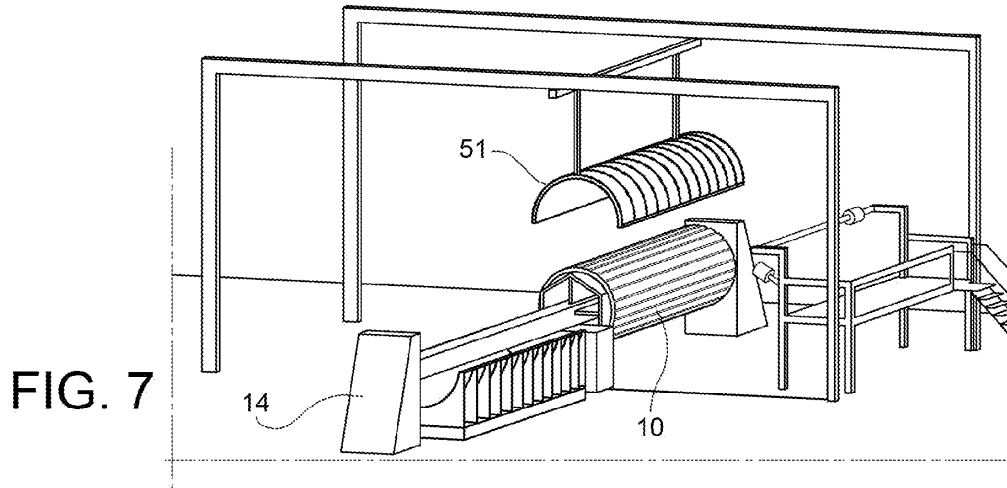


FIG. 7

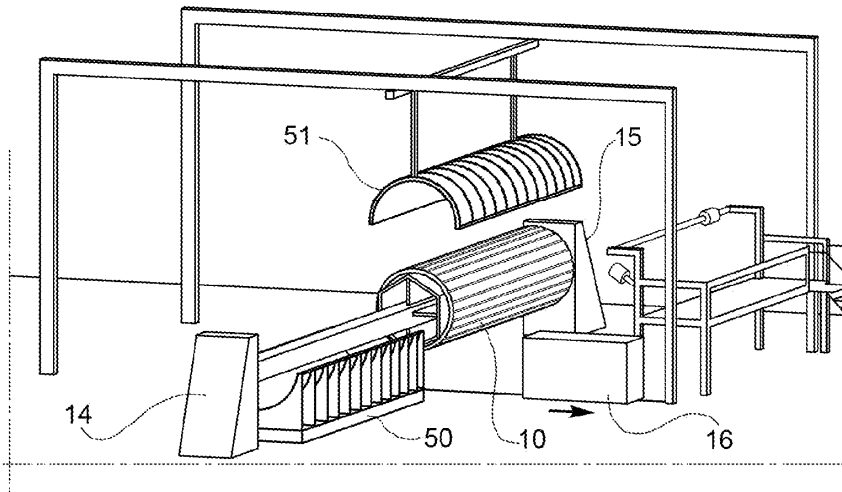


FIG. 8

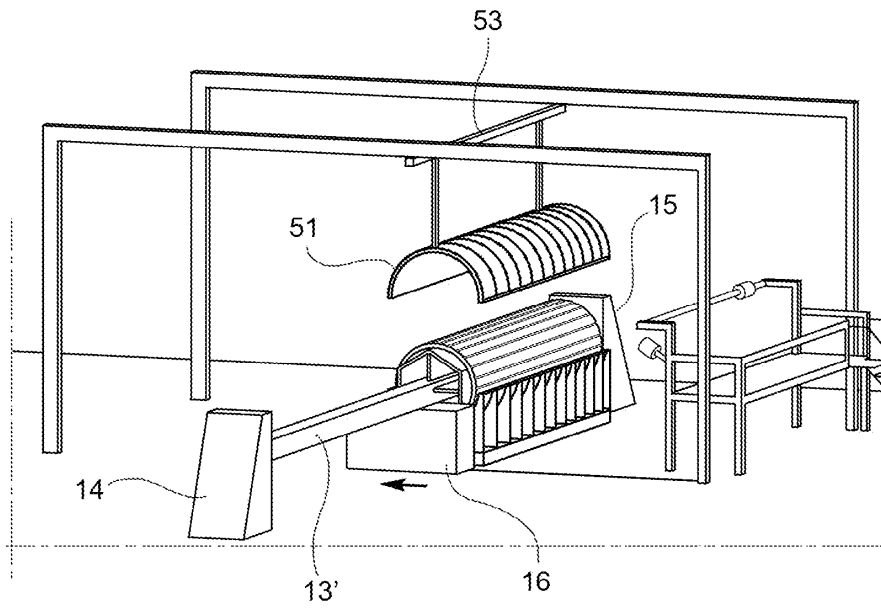


FIG. 9

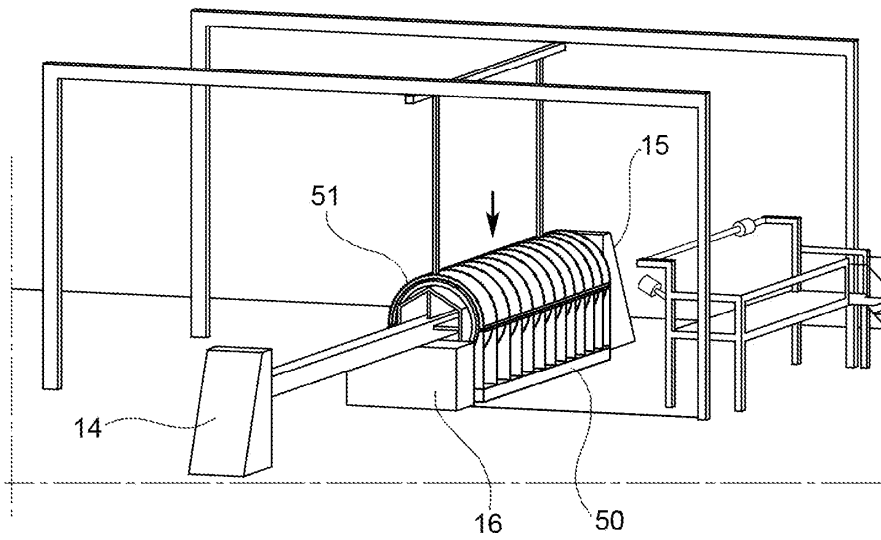


FIG. 10

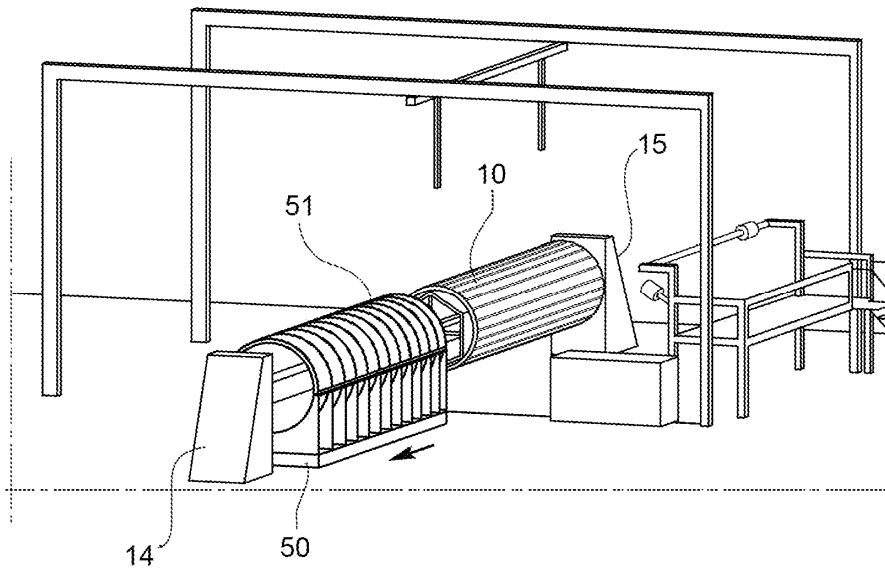


FIG. 11

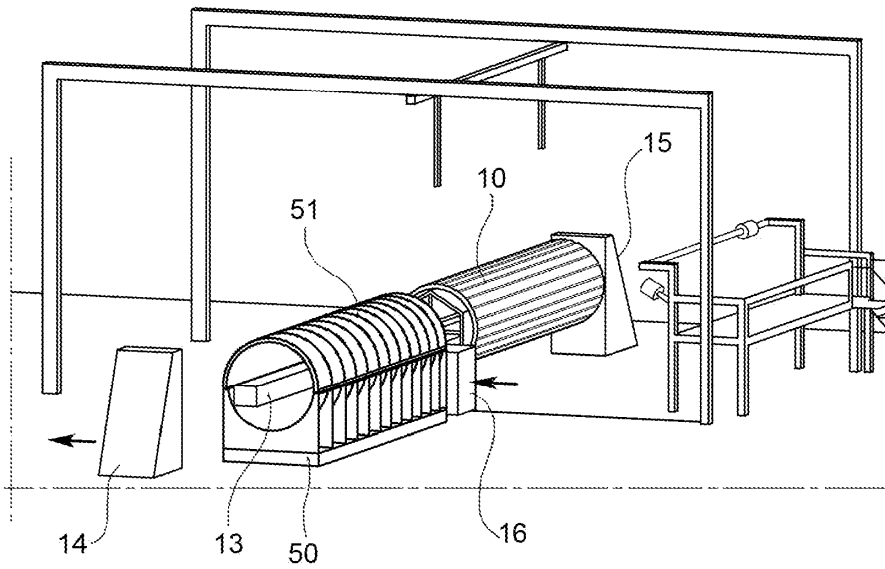


FIG. 12

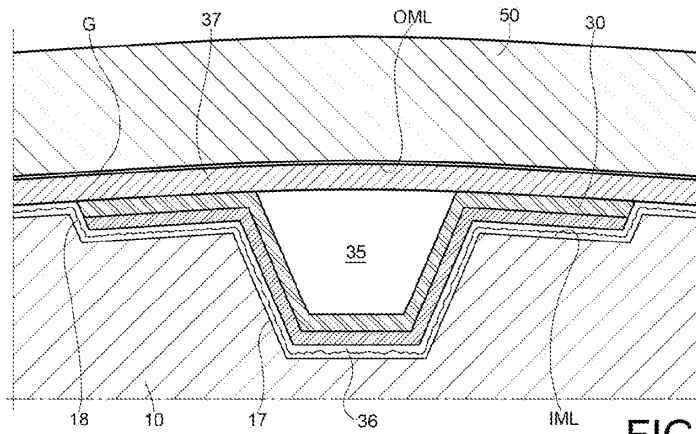


FIG. 13

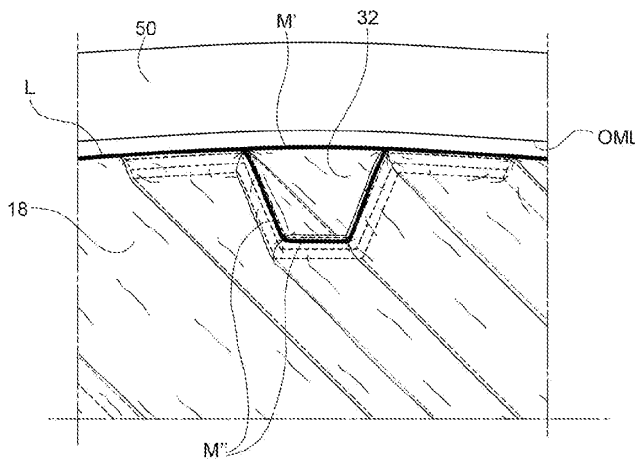


FIG. 14

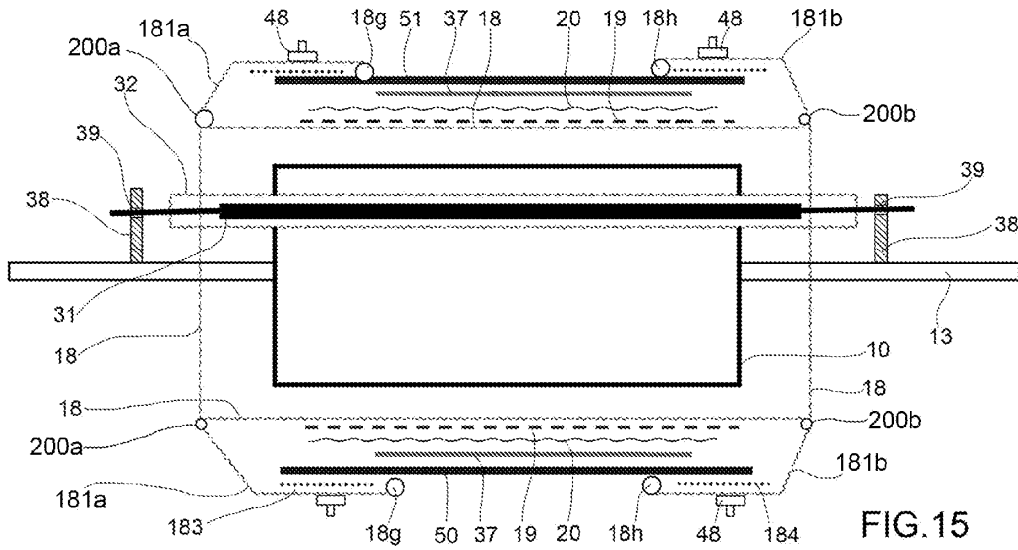


FIG. 15