

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 837 353**

51 Int. Cl.:

B64C 1/00 (2006.01)

B29C 65/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.03.2009** **PCT/US2009/037073**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.10.2009** **WO09129007**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.03.2009** **E 09733246 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.10.2020** **EP 2285670**

54 Título: **Método para producir estructuras compuestas contorneadas**

30 Prioridad:

17.04.2008 US 104529

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

30.06.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

MCCARVILLE, DOUGLAS, A.;
STICKLER, PATRICK, B.;
GUZMAN, JUAN, C.;
NOEL, JENNIFER, S. y
SWEETIN, JOSEPH, L.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 837 353 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

Método para producir estructuras compuestas contorneadas

Campo técnico

5 Esta divulgación se refiere, en general, a técnicas para fabricar piezas compuestas y aborda más particularmente un método para producir estructuras compuestas de coordenadas no cartesianas altamente contorneadas usando materiales compuestos preimpregnados unidireccionales, especialmente estructuras tales como secciones de bastidor que tienen múltiples patas.

Antecedentes

10 Los componentes altamente contorneados usados en la industria aeroespacial que incluyen, pero no se limitan a, bastidores, largueros, costillas y larguerillos se hacen normalmente de metal ligero, tal como aluminio. Los procedimientos de fabricación de metal tales como, sin limitación, fundición, formación, compactación con rodillo y mecanizado se adaptan bien a la fabricación de componentes compuestos altamente contorneados con formas complejas. A pesar de la tendencia hacia el reemplazo de componentes metálicos por materiales compuestos, existen pocos métodos para fabricar formas con múltiples patas continuas con contornos complejos que son necesarias para aviones militares y de transporte grandes.

15 Los métodos existentes para hacer componentes compuestos altamente contorneados se limitan generalmente a técnicas de apilamiento manual, fabricación por infusión de resina/malla y al uso de máquinas de colocación de fibras automática (AFP), sin embargo cada una de estas técnicas tiene desventajas. Por ejemplo, el apilamiento manual que requiere la colocación manual de bandas estrechas de material para dar formas de múltiples patas es tanto costosa como larga y, por tanto, puede ser adecuada únicamente para actividades de prototipación y pequeños lotes de producción. De manera similar, una técnica conocida en la que se trenzan fibras para formar formas contorneadas y después se infunden con resina también es larga y puede producir componentes que muestran cualidades que no se ajustan a aplicaciones de alto rendimiento, incluyendo peso añadido. Por último, el uso de máquinas de AFP puede no ser eficiente para su uso en la producción de componentes con múltiples patas altamente contorneados con radios estrechos, ya que estas características estructurales requieren que la máquina arranque y se pare y cambie de dirección con relativa frecuencia.

20 Además, determinadas configuraciones de componentes tales como las que contienen una sección transversal en Z o en J pueden no fabricarse usando máquinas de AFP porque puede que no sean capaces de poner material en las esquinas interiores de estos componentes.

Por consiguiente, existe una necesidad de un método de fabricación de estructuras compuestas continuas, contorneadas y especialmente altamente contorneadas que contiene características de múltiples patas que cumplen con especificaciones de alto rendimiento en un entorno de producción de alto volumen.

30 El documento EP1800840, según su resumen, declara un método para fabricar un elemento de rigidización de material compuesto, cuyo elemento de rigidización se proporciona para su unión a una superficie de cubierta curva, dicho elemento de rigidización comprende un alma y al menos un saliente, cuya superficie externa tiene un radio de curvatura que corresponde con la curvatura de dicha superficie de cubierta curva.

Sumario

35 Las realizaciones dadas a conocer proporcionan un método de fabricación de estructuras compuestas continuas altamente contorneadas usando materiales compuestos preimpregnados unidireccionales. El método proporciona orientación ilimitada de capas con baja deformación, contenido en resina/fibra consistente y superficies lisas. Las estructuras compuestas resultantes son ligeras y muestran una colocación de característica precisa que facilita una mejor colocación de las partes entre sí durante los procedimientos de montaje de aviones. Los métodos dados a conocer pueden emplearse para fabricar una amplia variedad de estructuras que incluyen, pero no se limitan a tirantes de cizalladura, larguerillos, largueros y costillas de aeronaves y otros vehículos.

40 Pueden fabricarse estructuras compuestas contorneadas continuas en las que se colocan, se alinean y se forman estopas de fibras y bandas de cinta estrechas de manera que se mantiene la orientación de la fibra polar durante la fabricación de estructuras compuestas de múltiples patas, altamente curvadas, tales como bastidores, largueros, costillas y larguerillos. El método emplea formación de drapeado a temperatura ambiente, dirección de fibras, colocación de cinta y estopa de fibras avanzada y formación de drapeado en caliente controlado por tracción. El uso de colocación de fibras de alta precisión y preimpregnadas unidireccionales sin deformación da como resultado estructuras que son inferiores en peso en comparación con estructuras fabricadas usando métodos alternativos.

45 En el presente documento se describe un método de formación de una pieza compuesta contorneada a lo largo de su longitud y que tiene al menos una pata, que comprende: formar una pila de capas preimpregnadas reforzadas con fibra disponiendo segmentos individuales de fibras unidireccionales en cada capa, incluyendo colocar cada uno de los segmentos en una orientación preseleccionada en relación con el contorno de la pieza; colocar la pila sobre una superficie plana superior de un mandril de formación de manera que un borde exterior de la pila se extiende pasado un borde curvo del mandril de formación y se soporta por un estante de apilamiento; mover posteriormente el estante de apilamiento de

manera que ya no soporta el borde exterior de la pila; y formar la al menos una pata curvando el borde exterior de la pila sobre el mandril de formación.

5 En un ejemplo, los segmentos son de sección decreciente, y colocar cada uno de los segmentos incluye orientar un eje longitudinal de cada uno de los segmentos de sección decreciente generalmente paralelo a una coordenada radial que define el contorno de la pieza.

En un ejemplo, formar la pila incluye además disponer fibras unidireccionales que se extienden generalmente perpendiculares a la dirección de las fibras en los segmentos individuales.

10 En un ejemplo, la disposición de los segmentos individuales se realiza mediante una máquina de colocación de fibras automática. Opcionalmente, formar la pila incluye además disponer fibras unidireccionales a lo largo de la longitud de la pieza, generalmente transversales a la orientación de fibras de los segmentos individuales.

En un ejemplo, curvar el borde exterior de la pila sobre el mandril de formación se realiza mediante formación de drapeado.

En un ejemplo, el método comprende además compactar y curar la pila formada.

Breve descripción de las ilustraciones

La figura 1 es una vista en perspectiva de una sección de cilindro de un fuselaje de aeronave.

15 La figura 2 es una vista en perspectiva de una sección de bastidor compuesta altamente contorneada usada en el fuselaje mostrado en la figura 1.

La figura 3 es una vista en sección tomada a lo largo de la línea 3-3 en la figura 1.

La figura 4 es una vista en sección que muestra una acumulación de capas para la sección de bastidor mostrada en la figura 2.

20 La figura 5 es una vista en perspectiva de una pila de capas plana usada en la fabricación de la sección de bastidor mostrada en la figura 2.

La figura 6 es una vista en perspectiva de una máquina robótica de AFP usada para colocar la pila de capas.

La figura 7 es una vista en perspectiva de una máquina de AFP utilizada como un deflector de extremo en el robot mostrado en la figura 6.

25 La figura 8 es una vista esquemática que ilustra los sistemas de coordenadas cartesianas y polares usados para definir orientaciones de capas en la sección del bastidor de la figura 2.

La figura 9 es una vista en planta de una capa que contiene fibras orientadas a 0 grados.

La figura 10 es una vista esquemática que ilustra capas que contienen respectivamente fibras orientadas a 45 y 90 grados, y que ilustra el uso de cuñas de cinta y estopa.

30 La figura 11 es una vista en perspectiva de una pila plana de capas.

La figura 12 es una vista en perspectiva similar a la figura 11, pero que muestra muescas que se han formado a lo largo de un borde de la pila de capas.

La figura 13 es una vista en sección transversal que muestra un aparato de formación de drapeado usado para formar mediante drapeado una cuerda interior de la sección de bastidor.

35 La figura 14 es una vista en perspectiva de una pila de capas plana colocada sobre un mandril de formación que comprende parte del aparato de formación de drapeado de la figura 13.

La figura 15 es una vista similar a la figura 14, pero que muestra la cuerda interior que se ha formado completamente alrededor del mandril de formación.

40 La figura 16 es una vista en perspectiva de un aparato de formación de drapeado con una membrana flexible girada a una posición abierta.

La figura 17 es una vista similar a la figura 16, pero que muestra la membrana flexible que se ha cerrado y colocado hacia abajo alrededor del conjunto de herramienta.

La figura 18 es una vista en sección de un aparato de formación de drapeado en caliente para formar mediante drapeado la cuerda exterior de la sección de bastidor.

45 La figura 19 es una vista en perspectiva del aparato de formación de drapeado en caliente mostrado en la figura 18.

La figura 20 es una vista en perspectiva de un mandril de formación/curado que comprende parte del conjunto de herramienta de formación de drapeado de la figura 18 y que representa la sección de bastidor parcialmente formada situada sobre el mismo.

La figura 21 es una vista similar a la figura 20, pero que muestra la cuerda exterior que se ha formado completamente sobre el mandril de formación/curado.

La figura 22 es una vista en sección de un conjunto de bolsa de mandril de formación/curado utilizado para curar la sección de bastidor.

La figura 23 es un diagrama de flujo que ilustra un método para fabricar estructuras compuestas contorneadas continuas.

La figura 24 ilustra geometrías en sección transversal de estructuras compuestas continuas que pueden formarse según las realizaciones dadas a conocer.

La figura 25 es un diagrama de flujo de producción de aeronave y metodología de servicio.

La figura 26 es un diagrama de bloques de una aeronave.

Descripción detallada

Haciendo referencia en primer lugar a las figuras 1 a 3, una sección de fuselaje en forma de cilindro 30 comprende un revestimiento exterior 34 formado sobre y sujetado a una estructura de bastidor 32. La estructura de bastidor 32 comprende una pluralidad de bastidores de cilindro longitudinalmente separados 32a y larguerillos que se extienden longitudinalmente 32b que pasan a través de los bastidores de cilindro 32a. Cada uno de los bastidores de cilindro 32a puede comprender múltiples secciones de bastidor 36 que se empalman entre sí usando cualquier medio adecuado, tales como, sin limitación, placas de empalme (no mostradas) y elementos de sujeción (no mostrados). Sin embargo, en algunas aplicaciones, pueden ser posibles secciones de medio bastidor y de bastidor completo (no mostradas).

Tal como puede verse mejor en la figura 3, la sección de bastidor 36 puede tener una sección transversal generalmente en forma de Z e incluye una cuerda exterior 38 conectada a una cuerda interior 40 por un alma 42. Cuando se ven en sección transversal (figura 3), las cuerdas exterior e interior 38, 40 forman de manera eficaz "patas" que se extienden transversales al alma 42. Por tanto, tal como se usan en el presente documento, los términos "pata" y "patas" se refieren a una o más características estructurales tales como, sin limitación, tapas o salientes que se extienden transversales a otras características de una estructura contorneada tal como, sin limitación, un alma. En la realización ilustrada, el alma 42 puede incluir una almohadilla de refuerzo opcional 44. La cuerda exterior 38 forma un tirante de cizalladura al que puede acoplarse y/o sujetarse el revestimiento 34. La cuerda exterior 38, así como un borde del alma 42, pueden incluir una pluralidad de muescas con forma de ratonera separadas 53 a través de las cuales se extienden los larguerillos 32b. Tal como se comentará a continuación, la sección de bastidor 36 se forma a partir de capas laminadas de una resina sintética reforzada con fibra, tal como epoxi de fibra de carbono. Tal como se muestra en la figura 4, la sección de bastidor 36 puede incluir una acumulación de capas que comprende capas completas 46 y capas parciales 48 que están dispuestas y orientadas para proporcionar el máximo rendimiento estructural mientras se facilita el uso de un método de fabricación comentado posteriormente que es tanto eficiente como repetible.

Haciendo ahora referencia a las figuras 5 a 7, puede usarse una máquina de AFP 58 como un efector de extremo en un robot 60 para disponer estopas de fibras o tiras de cinta preimpregnada de fibra para formar una pila de capas plana 50. La máquina de AFP 58 puede incluir peines 64 que reciben estopas preimpregnadas entrantes 62 que pasan a través de una máquina formadora de cinta 66 antes de cortarse mediante un cortador de estopas 68. Las estopas cortadas 72 pasan por debajo de un rodillo adaptable 70 que pone y compacta las estopas 62 sobre un sustrato (no mostrado) o un estrato de capa subyacente (no mostrado). Tal como puede verse mejor en la figura 5, la máquina de AFP 58 puede usarse para disponer estopas de fibras 62 o cintas en las que las fibras se orientan en ángulos preseleccionados en un sistema de coordenadas cartesianas 47. En el ejemplo ilustrado, la pila de capas 50 incluye estopas de fibras 52 orientadas a 0 grados, estopas de fibras 56 orientadas a +45 grados y estopas de fibras 54 orientadas a -45 grados. No se muestra, pero en la pila de capas 50 hay incrustadas estopas de fibras orientadas a 90 grados.

La figura 8 ilustra mejor la relación entre la orientación de un sistema de coordenadas cartesianas 47 en el que las estopas de fibras unidireccionales o cintas dispuestas en una pila de capas 50, y un sistema de coordenadas polares que define el contorno de la sección de bastidor 36. El contorno de la sección de bastidor 36, designado mediante el número 37, puede definirse por una coordenada radial "r" que se origina desde un polo 39 y que forma un ángulo polar θ con respecto a una coordenada de referencia indicada por 0 grados. Por tanto, cada característica contorneada por la sección de bastidor 30 puede definirse mediante un valor "r" (coordenada radial) en un ángulo θ . Aquí debe observarse que, a pesar de que la sección de bastidor ilustrada 36 tiene un radio constante (curvatura) y el alma 42 tiene un calibre constante (grosor), la curvatura de la sección de bastidor 36, el calibre del alma 42, el calibre de la cuerda interior 40 y el calibre de la cuerda exterior 38 pueden variar, cada uno, a lo largo de la longitud de la sección de bastidor 36.

En el ejemplo ilustrado, la pila de capas 50 está formada por múltiples capas en las que las fibras preimpregnadas unidireccionales se orientan dentro de un sistema de coordenadas cartesianas 47 que se alinea de manera tangencial con la coordenada radial "r". Tal como se comentará a continuación en mayor detalle, en el ejemplo ilustrado, se emplean

orientaciones de fibra de 0 grados, -45 grados, +45 grados y +90 grados, sin embargo son posibles otras orientaciones angulares, dependiendo de una variedad de factores, incluyendo la aplicación particular y la geometría de la sección de bastidor 36.

Ahora la atención se dirige a las figuras 9 a 12 que ilustran la orientación de las fibras en varias capas de una pila de capas plana 50. La figura 9 ilustra una capa 52 en la que las estopas o las tiras de cinta se disponen mediante la máquina de AFP 58 con una orientación de 0 grados, que se extiende en toda la longitud de la sección de bastidor 36. Tal como se usa en el presente documento, "cinta" hace referencia a fibras unidireccionales preimpregnadas, y "estopas" puede comprender cinta que se corta a lo largo de su longitud en bandas estrechas que pueden tener, por ejemplo y sin limitación, una anchura de 0,125, 0,25 o 0,5 pulgadas. Una "trayectoria" hace referencia a estopas puestas como una banda por la máquina de AFP 58. "Caídas" hacen referencia a la máquina de AFP 58 que interrumpe una o más estopas, y puede comprender la distancia entre estopas o cinta adyacentes. Una zona convergente de corte/adición significa que una trayectoria termina en una trayectoria de diferente orientación dentro de la misma capa, creando de ese modo zonas de huecos y superposiciones.

Pueden formarse las capas de grado 0 52 usando la máquina de AFP 58 para "dirigir" la disposición de cinta cortada en la que la conformabilidad y las caídas determinan la anchura de la capa 52. En la figura 9 se ilustra una capa completa 52, sin embargo también es posible una capa parcial o una capa con caídas. Las secciones de la capa 52 que se formarán posteriormente dando lugar a la cuerda exterior, la cuerda interior y el alma se designan respectivamente mediante los números 38, 40 y 42. Las capas que forman la cuerda exterior 38 se forman usando una banda de estopas separada o capa de cinta que se corta previamente para dar una anchura y se coloca sobre una herramienta comentada posteriormente, en lugar de disponerse usando la máquina de AFP 58.

Las capas que contienen estopas o cinta orientadas en ángulos distintos de 0 grados se forman por grupos o segmentos uno al lado del otro 55, 74 de las estopas/cintas que tienen, cada una, una forma de cuña de sección decreciente. Los segmentos 55, 74 pueden formarse usando cinta con permiso de ángulo ascendente y caída que determina los lados. Por ejemplo, la figura 10 ilustra una capa 54 formada por segmentos 55 en los que la orientación de fibra en cada uno de los segmentos 55 es generalmente de +45 grados.

La figura 11 ilustra una capa 76 formada por segmentos 74 dispuestos uno al lado del otro, en la que las fibras en cada segmento 74 se orientan generalmente a 90 grados, alineadas sustancialmente con el ángulo de la coordenada radial "r" que define el contorno 37 (figura 8) de la sección de bastidor 36. Cuando las estopas 72 se disponen para formar los segmentos 74, las estopas individuales se inclinan en la dirección de la curvatura de la capa 76. Las estopas oblicuas 72 se colocan de manera individual en relación una al lado de la otra entre sí. De manera alternativa, los segmentos pueden formarse mediante cuñas de sección decreciente 75 de cinta de fibras que se disponen en relación una al lado de la otra entre sí por la máquina de AFP 58 o un aparato similar.

Haciendo referencia ahora a la figura 12, después de que la pila de capas plana 50 haya sido colocada por completo, pueden crearse muescas de ratonera 53 a lo largo de un borde 51 de la pila de capas 50. Las muescas 53 pueden crearse usando cualquiera de diversas técnicas, tales como, a modo de ejemplo y sin limitación, usando un cortador ultrasónico controlado por NC (no mostrado).

En el ejemplo ilustrado, las muescas 53 proporcionan aberturas a través de las cuales se extienden los larguerillos 32b (figura 1). Sin embargo, en otras aplicaciones puede ser deseable proporcionar muescas 53 similares para reducir el peso y/o reducir la posibilidad de arrugamiento de las capas durante procedimientos de fabricación posteriores.

Ahora se dirige la atención a las figuras 13 a 17 que ilustran la formación de la cuerda interior 40 usando un procedimiento de formación de drapeado. La pila de capas 50 se coloca sobre la superficie plana superior 80a de un mandril de formación 80. El mandril de formación 80 incluye una superficie curvada o contorneada 80b que, en el ejemplo ilustrado, forma un ángulo de sustancialmente 90 grados en relación con la superficie plana superior 80a. Se coloca cualquier capa de 0 grados que puede usarse para formar la cuerda exterior 38 directamente sobre la superficie contorneada 80b. Un borde exterior 50a de la pila de capas 50 se extiende pasado el borde curvado 80b y puede soportarse durante la colocación de capas por un estante de apilamiento 86 que se mueve posteriormente a la posición mostrada en la figura 13. El mandril de formación 80 se soporta sobre una herramienta de bolsa de vacío 84, separada mediante un respiradero de fibra de vidrio 82. Se coloca una bolsa de vacío 88 sobre la pila de capas 50 y el mandril de formación 80. Pueden colocarse un respiradero 90 y una capa 92 de FEP (etileno propileno fluorado) entre la bolsa 88 y la pila de capas 50. La bolsa 88 también puede tener canales (no mostrados) en su superficie interior, en cuyo caso no se requiere el respiradero 90.

Con el borde 50a de la pila de capas 50 cubierto con el borde de la herramienta 80b, se genera un vacío en la bolsa 88 que aplica presión a la pila de capas 50, provocando que el borde 50a se doble hacia abajo en la dirección de la flecha 94 en la figura 13 hasta que el borde 50a se deje sustancialmente plano contra y adopte sustancialmente el contorno de la cara delantera 80b del mandril de formación 80. Por tanto, se forma un borde de pila de capas 50a en la cuerda interior 40 que tiene un radio sustancialmente idéntico al radio R de la cara de la herramienta delantera 80b.

El procedimiento de formación descrito anteriormente puede realizarse en un aparato de formación de drapeado 96 mostrado en las figuras 16 y 17. La bolsa 88 puede comprender una membrana impermeable al gas formada, por ejemplo y sin limitación, por silicona que se monta en un bastidor 102 que se une de manera pivotante a una mesa de vacío 98

soportada sobre las patas 100. La mesa de vacío 98 incluye orificios o perforaciones (no mostrados) que permiten generar aire a través de la mesa 98. El mandril de formación 80 junto con la pila de capas 50 y el estante de apilamiento 86 pueden colocarse sobre la mesa de vacío 98 estando el bastidor 102 cerrado contra la mesa de vacío 98.

5 Tal como se muestra en la figura 17, puede usarse un sistema de vacío (no mostrado) para evacuar el aire en la cavidad sellada formada por el bastidor 102 y la mesa 98. La evacuación de esta cavidad da como resultado que la membrana 88 se coloque hacia abajo sobre el mandril de formación 80, formando así el borde 50a hacia abajo sobre la cara delantera 80b del mandril de formación 80. El estante de apilamiento 86 soporta parcialmente la membrana 88 durante el procedimiento de formación, controlando y dirigiendo de ese modo la fuerza aplicada al borde 50a de la membrana 88.

10 Tras haberse formado por completo la cuerda interior 40, se ilustra la siguiente etapa en el método de fabricación en las figuras 18 a 21 en la que se forma la cuerda exterior 38. La cuerda exterior 38 puede fabricarse mediante formación de drapeado en caliente por tracción usando, por ejemplo y sin limitación, el aparato de formación de drapeado 124 mostrado en la figura 19. El aparato de formación de drapeado 124 incluye una mesa de vacío calentada 130 mantenida en un bastidor inferior 128 soportada por las patas 134. Un bastidor de giro superior 126 incluye una membrana impermeable al gas 132 que puede comprender silicona, por ejemplo. Sobre la mesa de vacío 130 se soportan una herramienta en forma de un mandril de formación/curado 106 y un bloque contorneado 112 y se cubren por la membrana 132 cuando el bastidor 126 está cerrado y sellado contra el bastidor inferior 128.

20 Tal como puede verse mejor en la figura 18, el mandril de formación/curado 106 incluye una superficie de herramienta superior plana 106a que soporta la pila de capas 50. La segunda superficie plana 106b sobre el mandril de formación/curado 106 se extiende hacia arriba desde la superficie de herramienta 106a y ajusta la cuerda interior 40. El mandril de formación/curado 106 incluye además una tercera superficie 106c que se extiende hacia abajo desde la superficie de herramienta 106a y se usa para formar la cuerda exterior 38.

25 El mandril de formación/curado 106 se soporta sobre la mesa de vacío 130. Puede colocarse un respiradero opcional 110 formado a partir de fibra de vidrio u otro material adecuado entre la mesa de vacío 130 y el mandril de formación/curado 106. Un intensificador contorneado 120 puede colocarse sobre la pila de capas 50 con el fin de asegurar que el radio 122 se mantenga completamente adyacente a la cuerda interior 40. Una capa 116 de un material de este tipo, pero sin limitarse a Teflón®, así como un respiradero 118 pueden colocarse entre el intensificador y la pila de capas 50. Puede colocarse una capa adicional 123 de FEP entre un borde del mandril de formación/curado y la pila de capas 50. La capa de FEP 123 se cubre con el bloque 112, que en combinación, funciona para controlar el ángulo en el que la membrana de bolsa 132 aplica presión al borde exterior 50b de la pila de capas 50 durante el procedimiento de formación de drapeado.

30 La cuerda exterior 38 puede formarse mediante drapeado en caliente sobre el mandril de formación/curado 106 que puede calentarse entonces dentro de un horno o por otros medios, tales como lámparas de infrarrojos, a una temperatura preseleccionada, por ejemplo, de aproximadamente 60°C (140 grados F). Se genera un vacío en la membrana de la bolsa 132 y se mantiene durante períodos de tiempo preseleccionados. Durante el procedimiento de formación de drapeado en caliente controlado por tracción, las fibras pueden deslizarse dentro de una capa como resultado del descenso de viscosidad de la resina de la matriz debido al calentamiento. Esto permite que las fibras se agrupen o se diseminen, o se reorganicen de otra manera por sí mismas, según sea necesario. Mantener la tracción bajo la pila 50 minimiza el arrugamiento. El intensificador de radio 120 mantiene el radio de la cuerda interior 122 (40a en la figura 3) mientras forma la cuerda exterior 38.

40 La figura 20 ilustra la pila de capas parcialmente formada 50 situada sobre el mandril de formación/curado 106 con la cuerda interior formada 40 mantenida contra la superficie de herramienta 106a. El borde exterior 50b de la pila de capas 50 está en voladizo sobre la superficie de herramienta 106b. Tal como se muestra en la figura 21, cuando la membrana 132 se coloca hacia abajo sobre el mandril de formación/curado 106, la membrana 132 aplica presión al borde exterior 50b en un ángulo que se controla parcialmente por el bloque 112. El borde 50b de la pila de capas 50 se dobla entonces hacia abajo en la dirección de la flecha 114 hasta que se forma por completo contra la superficie de herramienta 106c y forma la cuerda exterior 38.

45 Cuando las cuerdas interior y exterior 38, 40 de la sección de bastidor 36 han sido formadas, entonces es necesario curar la sección de bastidor 36, y, con respecto a esto, la atención se dirige a la figura 22. La sección de bastidor formada 36 y el mandril de formación/curado 106 se retiran del aparato de formación de drapeado en caliente 124. Puede colocarse una placa de prensado 139 sobre la cuerda exterior 38 con el fin de ayudar a la compactación del radio 141. De manera similar, puede instalarse un intensificador 142 con el fin de ayudar a la compactación del radio 122. Se coloca una bolsa de vacío convencional 138 sobre la sección de bastidor 36 y se sella mediante un sello 140 al mandril de curado 136. También pueden colocarse un respiradero (no mostrado) y una capa desprendible (no mostrada) de FEP entre el mandril de formación/curado 106 y la bolsa 138.

55 Ahora la atención se dirige a la figura 23, que ilustra las etapas generales usadas en el método para producir estructuras compuestas contorneadas. Se reciben e inspeccionan las materias primas, incluyendo estopas de fibras preimpregnadas y/o cinta, en 144. En 146, el mandril de formación previamente comentado 80 y el mandril de formación/curado 106 se limpian y preparan. A continuación, en 148, puede colocarse una capa de fibra de vidrio exterior sobre el mandril de formación 80.

En la etapa 150, todas de las diversas capas en la pila 50 se disponen usando una o más máquinas de AFP 52. Habiéndose formado la pila de capas plana 50, las muescas de ratonera 53 se ponen entonces en la pila de capas 50, tal como se requiere en la etapa 152. A continuación, en la etapa 154, la pila de capas 50 se coloca sobre el mandril de formación 80 y el estante de apilamiento 86. Entonces, en 156, el estante de apilamiento 86 se mueve a una posición en la que se usa en el procedimiento de formación posterior. En la etapa 158, la cuerda interior 40 se forma usando la técnica de formación de drapeado descrita anteriormente.

En la etapa 160, la pila de capas parcialmente formada 50 se coloca en el mandril de formación/curado 106. En 162 la cuerda exterior 38 se forma mediante drapeado en caliente sobre el mandril de formación/curado 106. A continuación, en la etapa 164, la sección de bastidor formada 36 se transfiere a la herramienta de curado 136 y se coloca una capa de fibra de vidrio interior sobre el bastidor. A continuación, en 166, la placa de prensado 139 y el intensificador 142 se instalan, tras lo cual el conjunto se embolsa al vacío en la preparación para su curado en autoclave. En 168 la sección de bastidor 36 se cura en un autoclave (no mostrado) tras lo cual, en 170, la sección de bastidor completamente formada curada 36 se desembolsa y se rebaba. La sección de bastidor 36 puede recortarse en 172 usando un cortador de control numérico y la sección de bastidor cortada 36 puede inspeccionarse entonces en 174 usando técnicas de evaluación no destructiva convencionales.

Aunque las realizaciones dadas a conocer ilustran el uso del método para fabricar una estructura compuesta contorneada que tiene una sección transversal en forma de Z, son posibles otras estructuras contorneadas diversas en las que una o más patas se extienden hacia fuera desde una característica estructural tal como un alma. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 24, las realizaciones dadas a conocer pueden emplearse para fabricar estructuras continuas contorneadas que tienen otras configuraciones de pata o formas en sección transversal, tales como, sin limitación, una forma de C 176, una forma de J 178, una forma de L 180, una forma de I 182, una forma modificada de J 184 y una o más formas de una forma de U 186.

Las realizaciones de la divulgación pueden hallar su uso en una variedad de aplicaciones posibles, particularmente en la industria del transporte, incluyendo, por ejemplo, aplicaciones aeroespaciales, marítimas y en la automoción. Por tanto, haciendo referencia ahora a las figuras 25 y 26, las realizaciones de la divulgación pueden usarse en el contexto de un método de fabricación y servicio de aeronave 200, tal como se muestra en la figura 25, y una aeronave 202, tal como se muestra en la figura 26. Las aplicaciones de aeronave de las realizaciones dadas a conocer pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, elementos rigidizados compuestos tales como revestimientos de fuselaje, revestimientos de alas, superficies de control, escotillas, paneles de suelo, paneles de puerta, paneles de acceso y empenajes, por nombrar algunos. Durante la producción previa, el método a modo de ejemplo 200 puede incluir la especificación y el diseño 204 de la aeronave 202 y la adquisición de material 206. Durante la producción, tiene lugar la fabricación de componentes y subconjuntos 208 y la integración de sistemas 210 de la aeronave 202. A continuación, la aeronave 202 puede someterse a certificación y entrega 212 con el fin de ponerse en servicio 214. Al tiempo que se encuentra en servicio por un usuario, la aeronave 202 se programa para mantenimiento y servicio rutinarios 216 (que también puede incluir modificación, reconfiguración, restauración y así sucesivamente).

Cada uno de los procedimientos del método 200 puede realizarse o llevarse a cabo mediante un integrador de sistemas, un tercero y/o un operario (por ejemplo, un cliente). Con los fines de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir sin limitación cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir sin limitación cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operario puede ser una aerolínea, empresa de alquiler, entidad militar, organización de servicio y así sucesivamente.

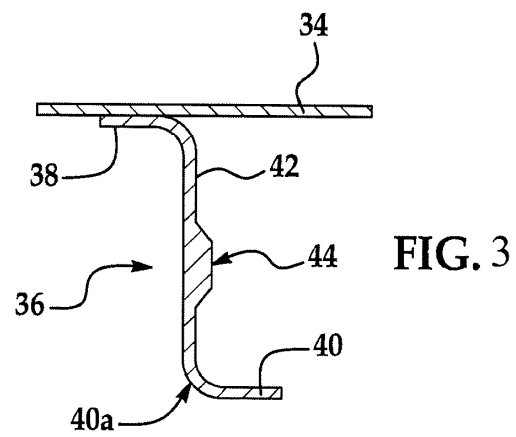
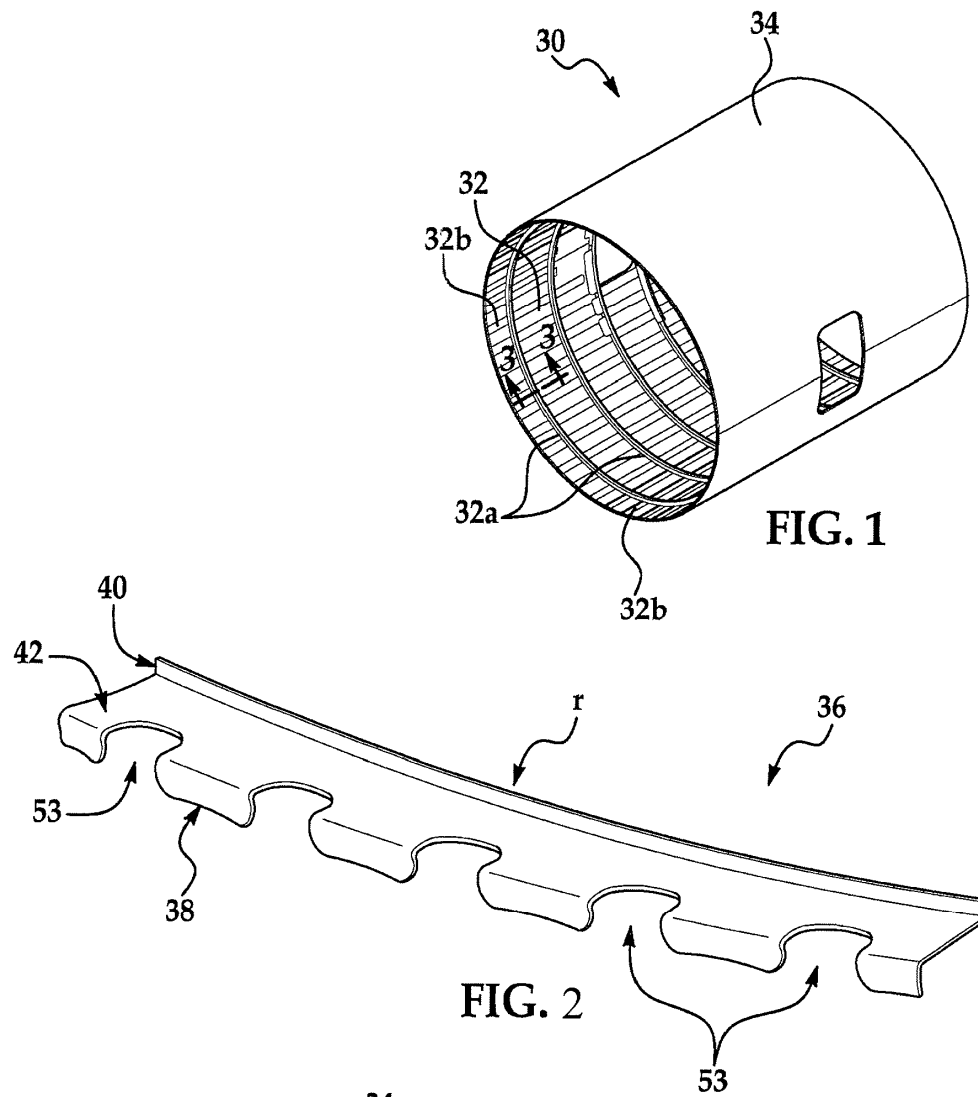
Tal como se muestra en la figura 26, la aeronave 202 fabricada mediante el método 200 a modo de ejemplo puede incluir un fuselaje 218 con una pluralidad de sistemas 220 y un interior 222. Los ejemplos de sistemas de alto nivel 220 incluyen uno o más de un sistema de propulsión 224, un sistema eléctrico 226, un sistema hidráulico 228 y un sistema ambiental 230. Puede incluirse cualquier número de sistemas adicionales. Aunque se muestra un ejemplo en la industria aeroespacial, los principios de la divulgación pueden aplicarse a otras industrias, tales como las industrias marítima y de la automoción.

Los sistemas y métodos realizados en el presente documento pueden emplearse durante una cualquiera o más de las fases del método de producción y servicio 200. Por ejemplo, pueden fabricarse o realizarse componentes o subconjuntos correspondientes al procedimiento de producción 208 de manera similar a componentes o subconjuntos producidos mientras que la aeronave 202 está en servicio. Además, puede utilizarse una o más realizaciones del aparato, realizaciones del método o una combinación de las mismas durante las fases de producción 208 y 210, por ejemplo, acelerando sustancialmente el ensamblaje de o reduciendo el coste de una aeronave 202. De manera similar, puede utilizarse una o más de realizaciones del aparato, realizaciones del método o una combinación de las mismas mientras la aeronave 202 se encuentra en servicio, por ejemplo y sin limitación, para el mantenimiento y servicio 216.

Aunque las realizaciones de esta divulgación se han descrito con respecto a determinadas realizaciones a modo de ejemplo, debe entenderse que las realizaciones específicas tienen fines ilustrativos y no limitativos, dado que otras variaciones serán evidentes para los expertos en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Método de formación de una pieza compuesta (36) contorneada a lo largo de su longitud y que tiene al menos una pata, que comprende:
5 formar una pila (50) de capas preimpregnadas reforzadas con fibra (52, 54, 76) disponiendo segmentos individuales (55, 74) de fibras unidireccionales en cada capa, incluyendo colocar cada uno de los segmentos en una orientación preseleccionada en relación con el contorno de la pieza;
colocar la pila sobre una superficie plana superior (80a) de un mandril de formación (80) de manera que un borde exterior (50a) de la pila se extiende pasado un borde curvado (80b) del mandril de formación y se soporta mediante un estante de apilamiento (86);
10 mover posteriormente el estante de apilamiento de manera que ya no soporte el borde exterior de la pila; y
formar la al menos una pata (38, 40) curvando el borde exterior de la pila sobre el mandril de formación.
2. Método según la reivindicación 1, en el que:
los segmentos son de sección decreciente (75), y
15 colocar cada uno de los segmentos incluye orientar un eje longitudinal de cada uno de los segmentos de sección decreciente generalmente paralelo a una coordenada radial que define el contorno de la pieza.
3. Método según la reivindicación 1, en el que formar la pila incluye además disponer fibras unidireccionales que se extienden generalmente perpendiculares a la dirección de las fibras en los segmentos individuales.
4. Método según la reivindicación 1, en el que la disposición de los segmentos individuales se realiza mediante una máquina de colocación de fibras automática (58).
- 20 5. Método según la reivindicación 4, en el que formar la pila incluye además disponer fibras unidireccionales a lo largo de la longitud de la pieza, generalmente transversales a la orientación de fibras de los segmentos individuales.
6. Método según la reivindicación 1, en el que curvar el borde exterior de la pila sobre el mandril de formación se realiza mediante formación de drapeado.
7. Método según la reivindicación 1, que comprende además compactar y curar la pila formada.
- 25 8. Método según la reivindicación 1, que comprende además formar una pluralidad de muescas separadas (53) a lo largo de un borde (51) de la pila.
9. Método según la reivindicación 1, en el que el borde curvado (80b) del mandril de formación forma un ángulo de sustancialmente 90 grados en relación con la superficie plana superior (80a) del mandril de formación, y el método comprende además formar la al menos una pata para que tenga un radio sustancialmente idéntico al radio del borde curvado del mandril de formación.
- 30 10. Método según la reivindicación 1, en el que al menos una pata es una primera pata (40), comprendiendo el método además:
situar la pila en un mandril de formación/curado (106) con la primera pata mantenida contra una superficie de herramienta de superficie superior plana (106a) del mandril de formación/curado y el borde exterior (50b) de la pila en voladizo sobre una segunda superficie plana (106b) del mandril de formación/curado; y
35 formar una segunda pata (38) curvando el borde exterior de la pila sobre una tercera superficie (106c) del mandril de formación/curado, en el que la tercera superficie del mandril de formación/curado se extiende hacia fuera desde la superficie superior plana del mandril de formación/curado.
11. Método según la reivindicación 10, en el que la pieza compuesta tiene una sección transversal generalmente en forma de Z e incluye la primera pata conectada a la segunda pata mediante un alma (42).
- 40 12. Método según la reivindicación 10, en el que la segunda pata se forma mediante formación de drapeado en caliente.
13. Método según la reivindicación 10, que comprende además curar la pieza compuesta.
14. Método según la reivindicación 10, en el que la pieza compuesta tiene una configuración de pata o una sección transversal que comprende una de una forma de Z, una forma de C (176), una forma de J (178), una forma de L (180), una forma de I (182), una forma modificada de J (184) y una forma de U (186).
- 45 15. Método según la reivindicación 1, en el que la pieza compuesta comprende una sección de bastidor para una aeronave.



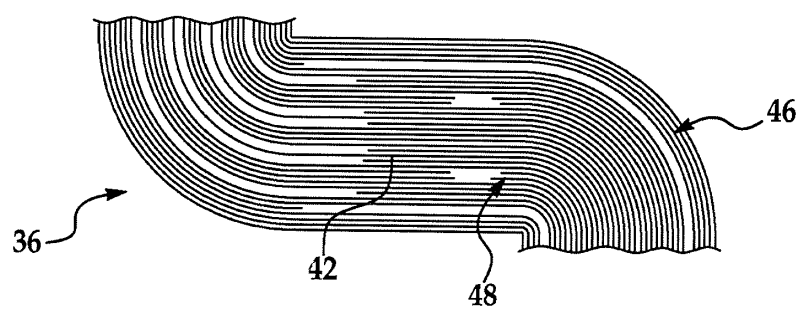


FIG. 4

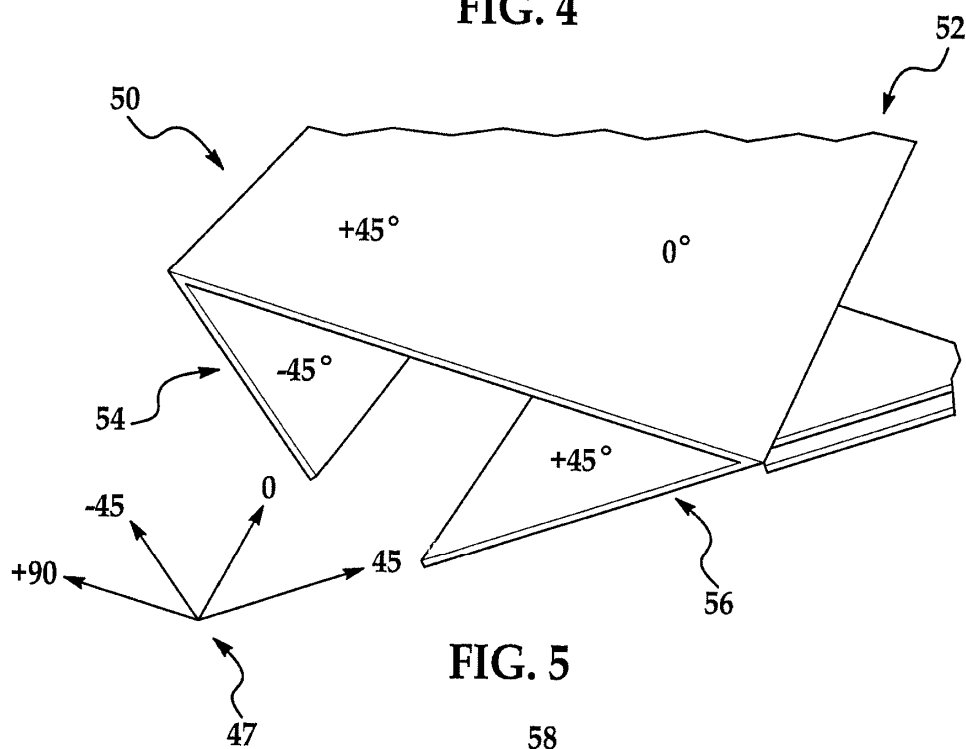


FIG. 5

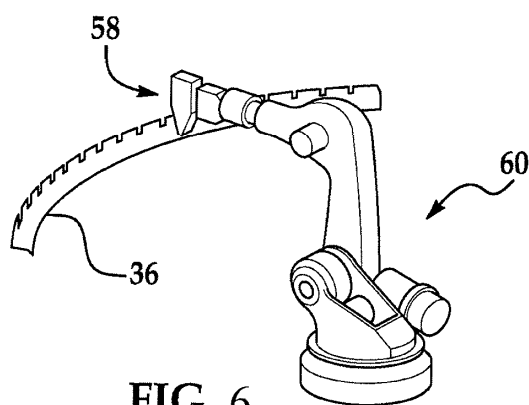


FIG. 6

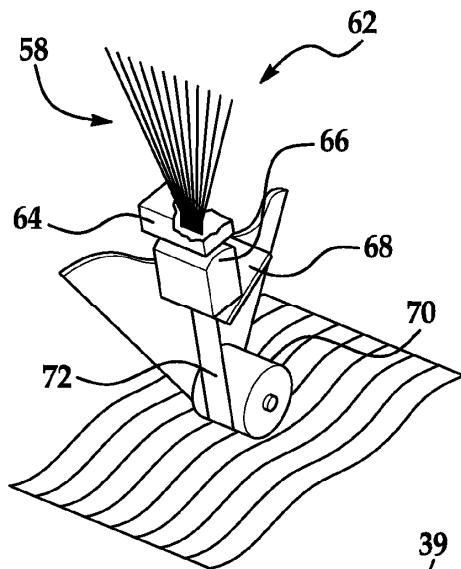


FIG. 7

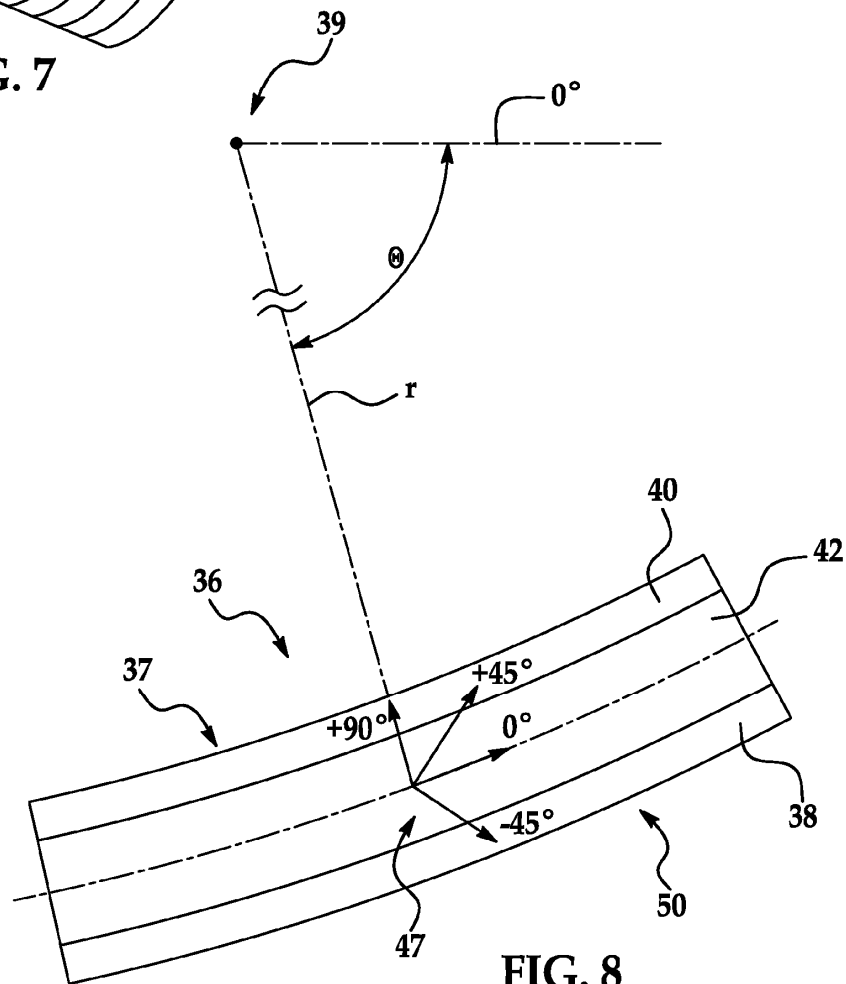
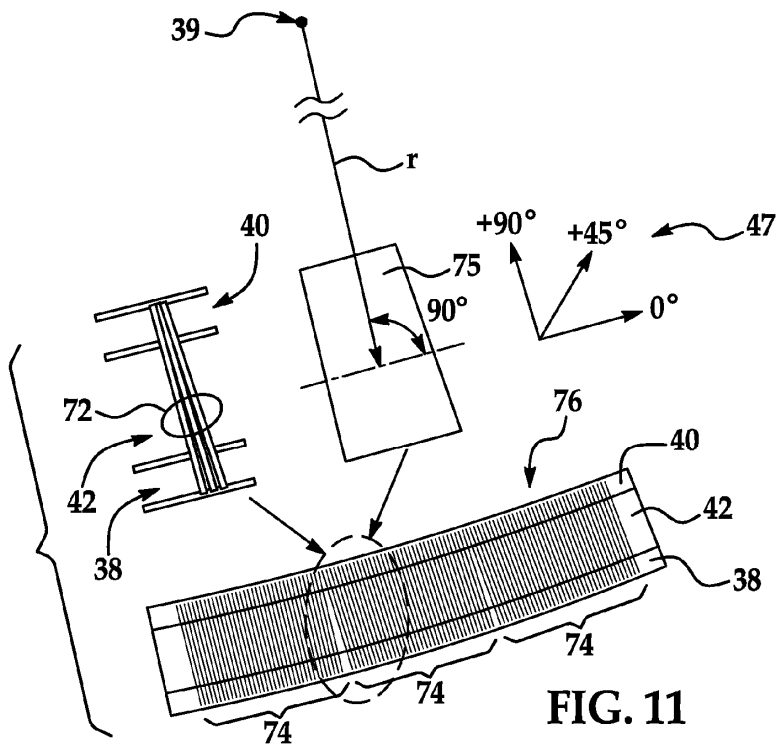
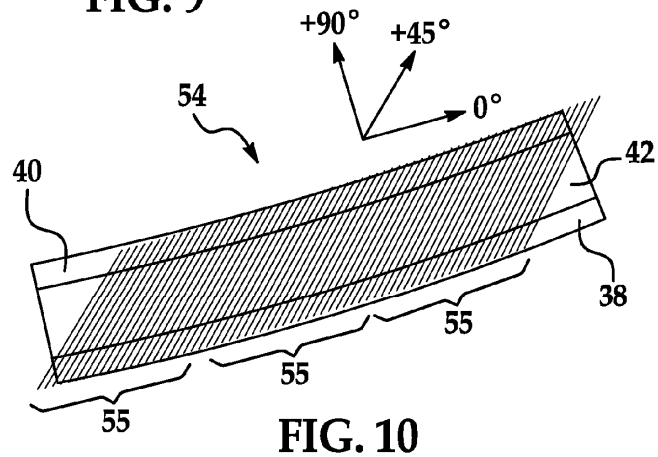
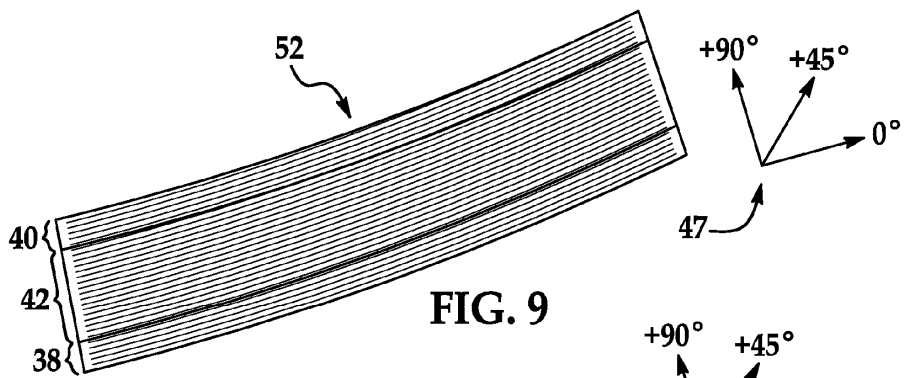


FIG. 8



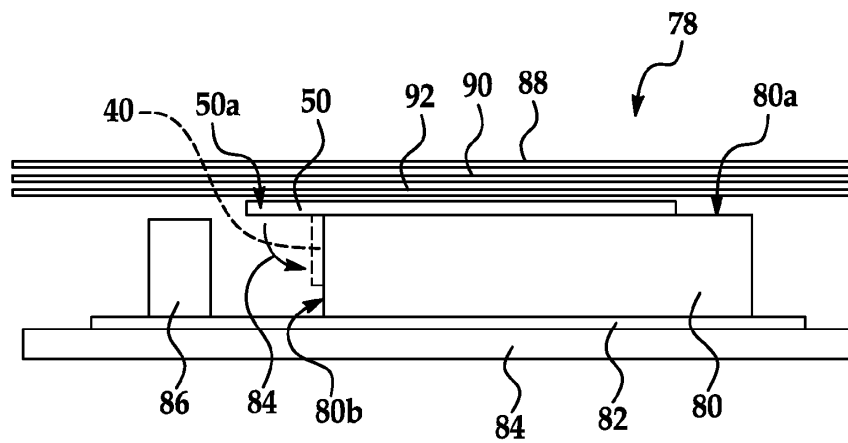
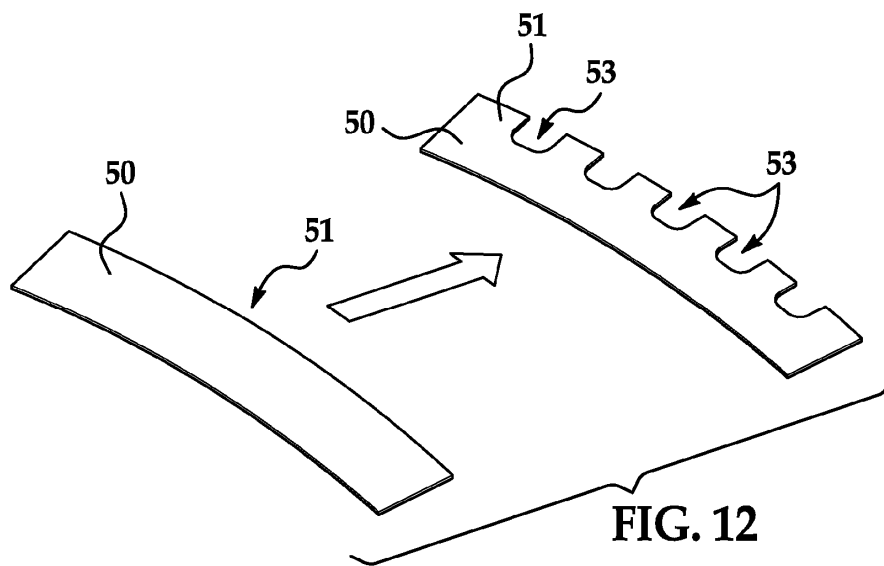


FIG. 13

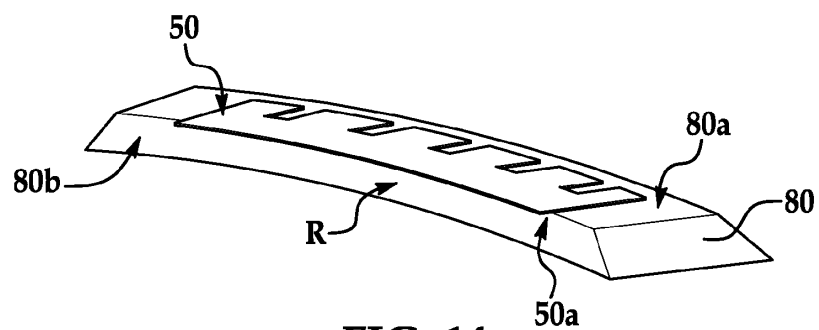


FIG. 14

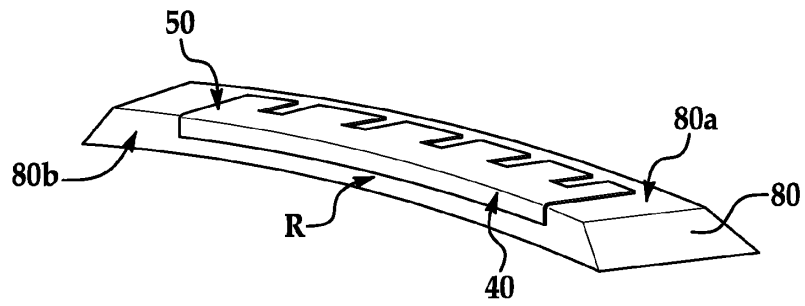


FIG. 15

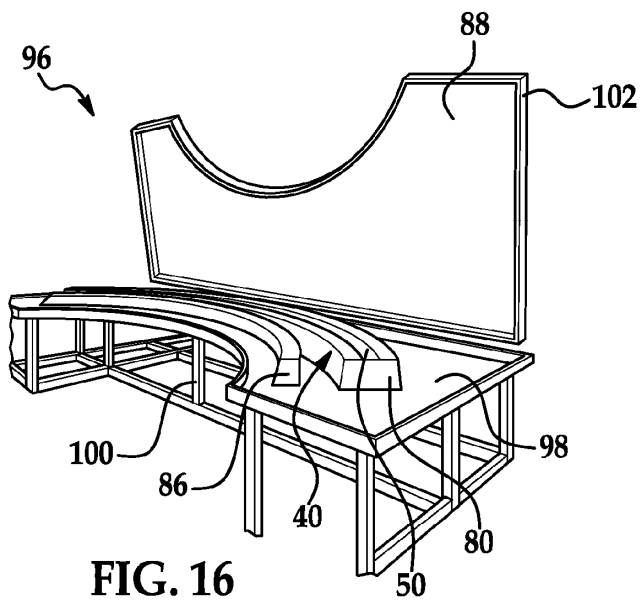


FIG. 16

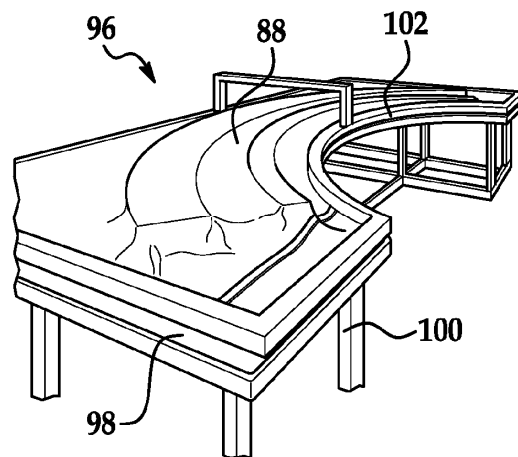


FIG. 17

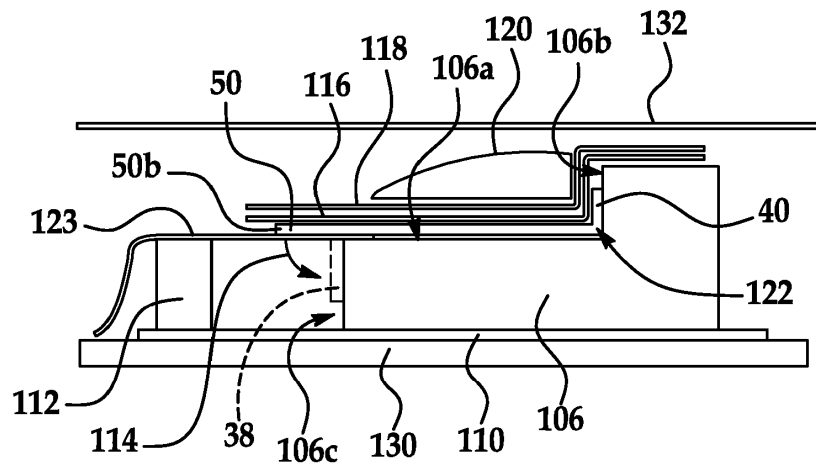


FIG. 18

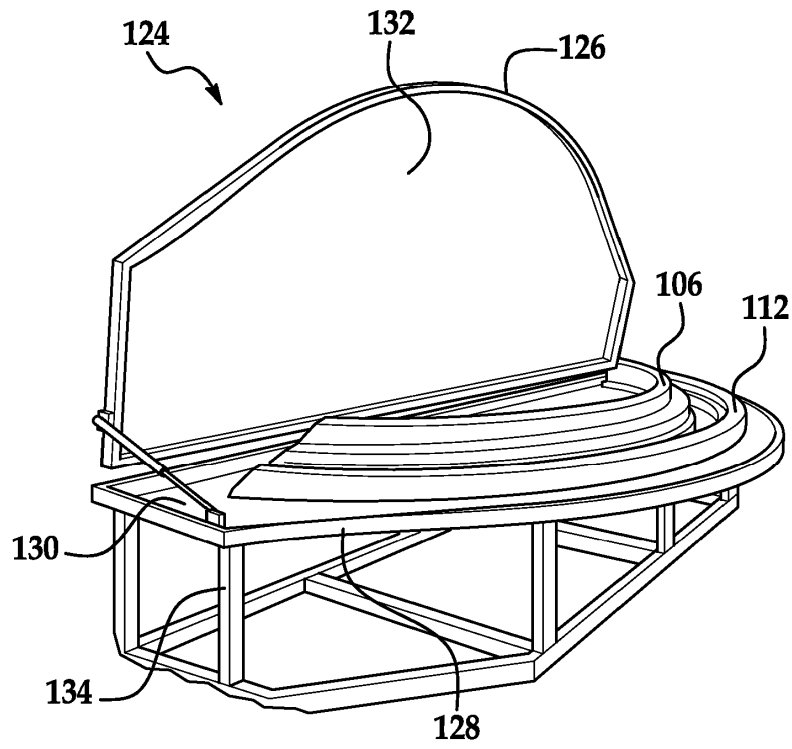


FIG. 19

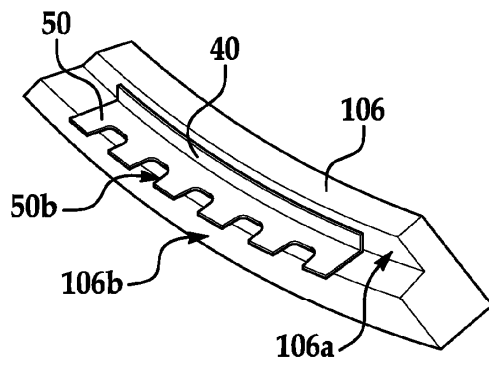


FIG. 20

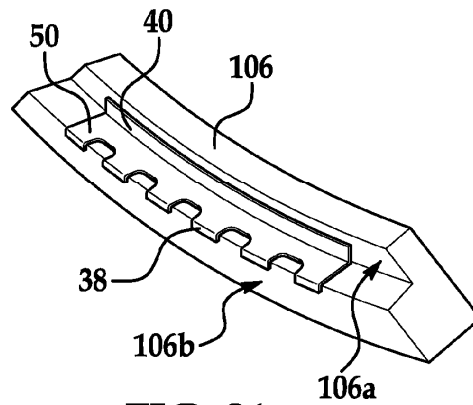


FIG. 21

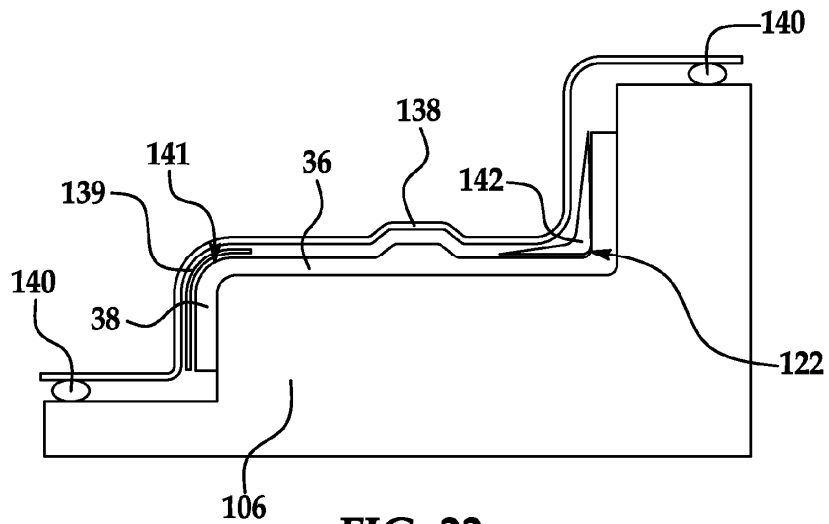


FIG. 22

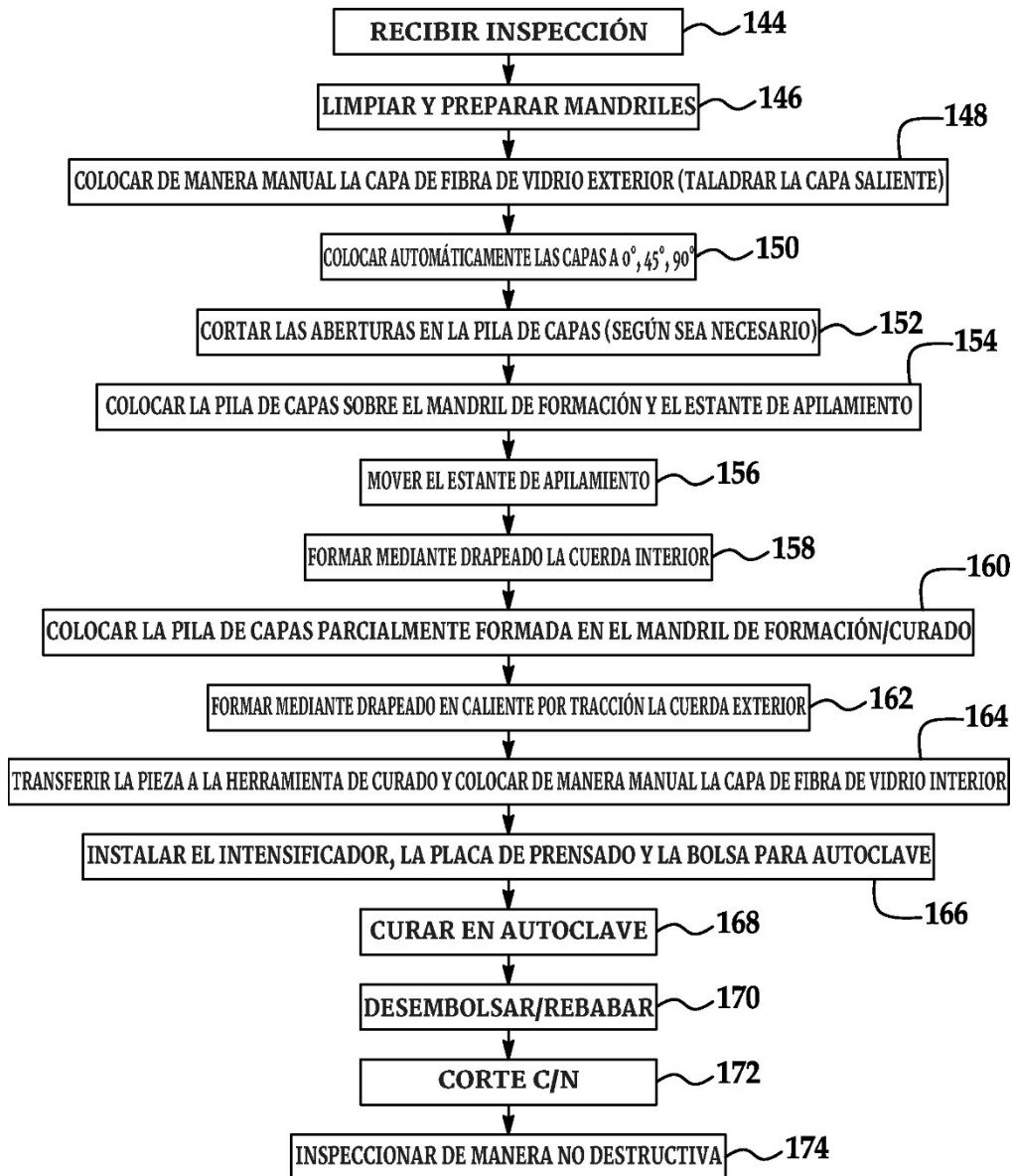


FIG. 23

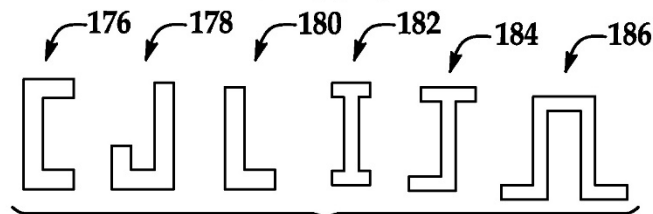


FIG. 24

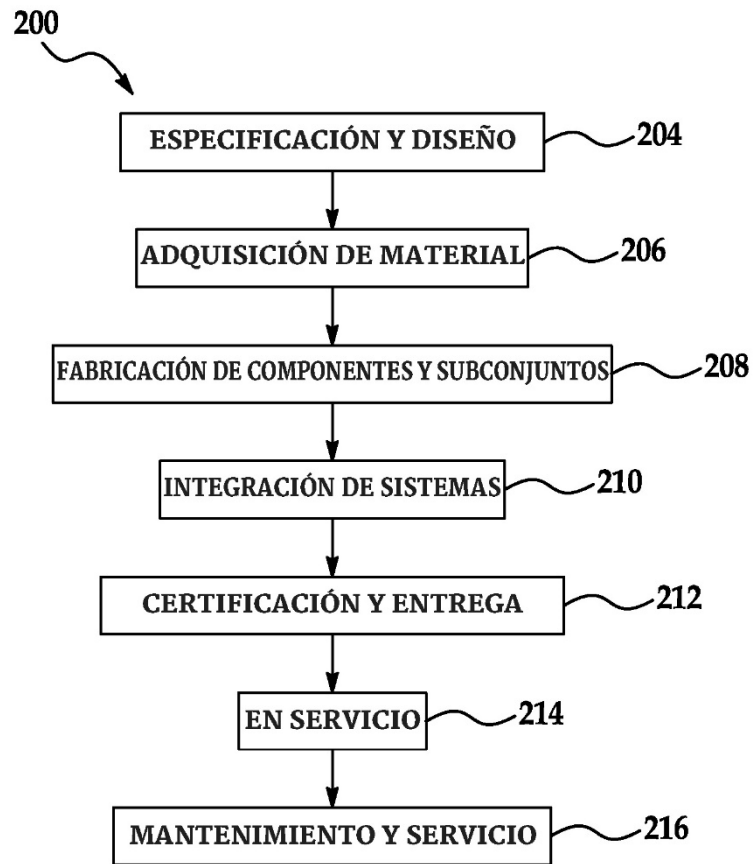


FIG. 25

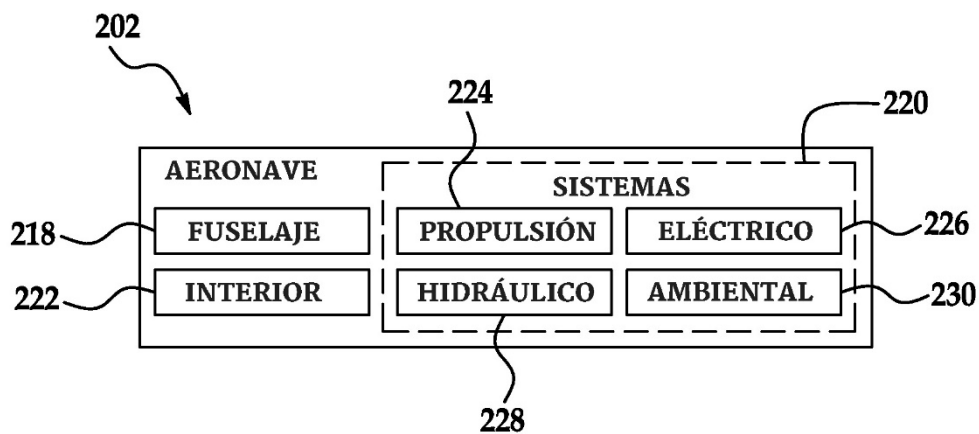


FIG. 26