

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 495 415**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.02.2010** **E 10706435 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.08.2014** **EP 2403706**

54 Título: **Procedimiento para producir estructuras compuestas perfiladas**

30 Prioridad:

**02.03.2009 US 396418**

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

**17.09.2014**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

**MCCARVILLE, DOUGLAS A.;  
SWEETIN, JOSEPH L. y  
GUZMAN, JUAN C.**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 495 415 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

Procedimiento para producir estructuras compuestas perfiladas

5 **Campo técnico**

Esta divulgación se refiere en general a técnicas para la fabricación de piezas compuestas, y trata más particularmente con un procedimiento para producir estructuras compuestas de coordenadas cartesianas no muy perfiladas usando cinta compuesta preimpregnada unidireccional y equipo de colocación de cintas automatizado.

10

**Antecedentes**

Las estructuras de múltiples patas muy perfiladas que tienen alta resistencia y peso ligero se pueden utilizar en diversas aplicaciones, tales como en vehículos aeroespaciales. Por ejemplo, bastidores aeroespaciales, largueros, nervios, tirantes y estructuras similares, pueden tener múltiples patas que están perfiladas a lo largo de la longitud de la estructura. La fabricación de tales estructuras muy perfiladas a partir de materiales compuestos es difícil y, por lo tanto, en gran parte está limitada a técnicas de colocación manual que no sólo son de mano de obra intensiva, sino que pueden no ser muy adecuadas para aplicaciones de alto volumen de producción.

15

20

El documento US 2007/0029038 divulga un procedimiento de fabricación de artículos compuestos de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1; donde un dispositivo coloca una capa compuesta en una forma curva a aproximadamente 0° respecto a un eje longitudinal de la forma. La forma incluye una superficie de banda y una superficie de tapa. El dispositivo incluye un rodillo de compactación de banda y un conjunto de guías. El rodillo de compactación de banda compacta un material compuesto sobre la superficie de banda y genera una capa de banda. El conjunto de rodillos de guía empuja contra la superficie de la tapa. El rodillo de compactación se dirige a lo largo de la forma de los rodillos de guía. En otros procedimientos, una disposición de capa en diagonal o capa transversal se puede utilizar para colocarse sobre un mandril y, para formar un reborde, lateral o tapa, la capa se puede cortar más ancha que la superficie de banda de un mandril sobre el que se coloca el material para que al menos uno de los bordes del material se pueda plegar sobre el lado del mandril.

25

30

Pueden utilizarse máquinas de colocación de fibra automáticas (AFP) para fabricar algunas formas de estructuras compuestas, sin embargo, estas máquinas pueden no ser eficientes para producir estructuras de múltiples patas muy perfiladas con radios estrechos, en parte porque las más complicadas características estructurales de estas estructuras pueden requerir que la máquina arranque y se detenga, así como direcciones de cambio con relativa frecuencia. Además, ciertas configuraciones de estructura, tales como las que contienen una sección transversal en Z o J, no se pueden fabricar utilizando máquinas de AFP porque pueden no ser capaces de cargar el material en las esquinas interiores de estas estructuras.

35

40

Por consiguiente, existe una necesidad de un procedimiento de fabricación de estructuras compuestas perfiladas, y especialmente muy perfiladas, continua que contiene características de múltiples patas que cumplen con las especificaciones de alto rendimiento en un entorno de producción de alto volumen.

**Sumario**

45

Según la presente invención, se proporciona un procedimiento de fabricación de una estructura compuesta perfilada, y una estructura fabricada utilizando el procedimiento, como se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.

50

Las realizaciones descritas proporcionan un procedimiento de fabricación de estructuras compuestas continuas muy perfiladas usando materiales compuestos unidireccionales, tales como cinta de fibra preimpregnada. El procedimiento puede proporcionar una orientación casi ilimitada de capas con baja distorsión, contenido de resina/fibra consistente y superficies lisas. Las estructuras compuestas resultantes son ligeras y presentan una colocación de característica precisa que facilita un ajuste superior durante los procesos de montaje de aviones. El procedimiento divulgado se puede emplear para fabricar una amplia variedad de estructuras, incluyendo, pero no limitado a tirantes de cizallamiento, largueros, bastidores, tirantes y nervios de aeronaves y otros vehículos.

55

60

Pueden fabricarse estructuras compuestas perfiladas continuas en las que segmentos de cinta de anchura constante están colocados y alineados de una manera para mantener la orientación de la fibra polar durante la fabricación de estructuras compuestas de múltiples patas muy curvadas, tales como bastidores, largueros, nervios y tirantes. El procedimiento puede realizarse usando un equipo automático de colocación de cinta de fibra para alinear de forma rápida y colocar segmentos de cinta con un mínimo de movimientos de la cabeza de la máquina. El uso de la cinta unidireccional preimpregnada y la colocación de fibras de alta precisión sin distorsión puede resultar en estructuras que son más bajas en peso en comparación con estructuras fabricadas utilizando procedimientos alternativos. El procedimiento incluye colocar una carga compuesta, incluyendo al menos una capa de fibra unidireccional, segmentos de capas preimpregnadas que tienen anchuras sustancialmente constantes. Los segmentos de capa se colocan en una relación solapada uno al lado del otro con las líneas centrales longitudinales de los segmentos de capas alineados en una orientación polar que está relacionada con el contorno de la estructura. La carga compuesta

65

está formada sustancialmente en la forma de la estructura, y entonces se cura la carga conformada. Los segmentos de capa se colocan en una manera que mantenga una cantidad sustancialmente constante de solapamiento entre los segmentos de capa. Los segmentos de capa se pueden formar mediante el corte de una longitud de cinta compuesta.

5 La carga compuesta se puede producir usando un cabezal de colocación de cinta controlado automáticamente. El cabezal se utiliza para colocar cada uno de una pluralidad de segmentos de cinta preimpregnados de anchura sustancialmente constante en una relación superpuesta uno al lado del otro en un sustrato. El cabezal también se utiliza para alinear los segmentos de cinta en una orientación polar que está relacionada con el contorno de la estructura. La carga se forma sustancialmente en la forma de la estructura, y después se cura. Los segmentos de capa se colocan moviendo el cabezal a través de un sustrato y cortando una longitud de cinta compuesta en segmentos que son colocados a continuación mediante el cabezal sobre el sustrato.

15 El procedimiento incluye la formación de una pila plana de capas preimpregnadas de fibra reforzada, que incluye la colocación individual de los segmentos de cinta de fibra compuesta de anchura sustancialmente constante en relación superpuesta uno al lado del otro, y en una orientación polar que está relacionada con el contorno de la estructura. El procedimiento puede incluir la formación de una primera y segunda patas de la sección de bastidor, y la compactación y el curado de la pila formada.

20 El procedimiento de la invención se define en la reivindicación 1.

Las realizaciones divulgadas satisfacen la necesidad de un procedimiento de fabricación de estructuras compuestas muy perfiladas, en particular las que tienen múltiples patas, que es muy adecuado para su uso con máquinas automatizadas de colocación de cinta en entornos de producción más alta.

25 Otras características, beneficios y ventajas de las realizaciones divulgadas serán evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones, cuando se ven de acuerdo con los dibujos adjuntos y las reivindicaciones adjuntas.

**Breve descripción de las ilustraciones**

30 La figura 1 es una ilustración en perspectiva de una sección de barril de un fuselaje de aeronave.  
 La figura 2 es una ilustración en perspectiva de una sección de bastidor compuesta muy perfilada utilizada en el fuselaje mostrado en la figura 1.  
 La figura 3 es una ilustración en sección tomada a lo largo de la línea 3-3 en la figura 1.  
 35 La figura 4 es una ilustración en sección que muestra una formación de capas para la sección de bastidor mostrada en la figura 2.  
 La figura 5 es una ilustración en perspectiva de una pila plana de capas utilizada en la fabricación de la sección de bastidor mostrada en la figura 2.  
 La figura 6 es una ilustración en perspectiva de una máquina robótica de AFP utilizada para colocar la pila de capas.  
 40 La figura 7 es una ilustración en perspectiva de una máquina de AFP utilizada como un deflector de extremo en el robot mostrado en la figura 6.  
 La figura 8 es una ilustración esquemática que muestra los sistemas de coordenadas cartesianas y polares utilizados para definir las orientaciones de capas en la sección del bastidor de la figura 2.  
 45 La figura 9 es una ilustración en planta de una capa que contiene fibras orientadas a 0 grados.  
 La figura 10 es una ilustración esquemática que muestra capas que contienen fibras orientadas respectivamente a 45 y 90 grados, y que ilustran el uso de cuñas de cable y de cinta.  
 La figura 11 es una ilustración en perspectiva de una pila plana de capas.  
 50 La figura 12 es una ilustración en perspectiva similar a la figura 11, pero que muestra cortes de han sido formados a lo largo de un borde de la pila de capas.  
 La figura 13 es una ilustración en sección transversal que muestra un aparato de formación de drapeado utilizado para formar una cuerda interior de la sección de bastidor.  
 La figura 14 es una ilustración en perspectiva de una pila de capas plana colocada en un mandril de formación que comprende parte del aparato de formación de cortina de la figura 13.  
 55 La figura 15 es una ilustración similar a la figura 14, pero que muestra la cuerda interior que se ha formado totalmente alrededor del mandril de formación.  
 La figura 16 es una ilustración en perspectiva de aparato de formación de drapeado con una membrana flexible girada a una posición abierta.  
 La figura 17 es una ilustración similar a la figura 16, pero que muestra la membrana flexible que ha sido cerrada y retirada hacia el conjunto de herramienta.  
 60 La figura 18 es una ilustración en sección de un aparato de formación de drapeado en caliente para la formación de drapeado de la cuerda exterior de la sección de bastidor.  
 La figura 19 es una ilustración en perspectiva del aparato de formación de drapeado en caliente que se muestra en la figura 18.  
 65 La figura 20 es una ilustración 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

formada parcialmente situada sobre el mismo.

La figura 21 es una ilustración similar a la figura 20, pero que muestra la cuerda exterior que se ha formado totalmente mediante la formación/curado del mandril.

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

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

La figura 24 ilustra geometrías en sección transversal de estructuras compuestas continuas que pueden formarse de acuerdo con las realizaciones descritas.

La figura 25 ilustra una vista en planta de segmentos de cinta que se colocan sobre un sustrato en relación a su alineación en un sistema de coordenadas polares.

La figura 26 es una ilustración ampliada del área designada como "A" en la figura 25.

La figura 27 es una ilustración vista en planta de un único segmento de cinta que muestra un corte de extremo alternativo.

La figura 28 es una ilustración en perspectiva de una máquina de colocación de cinta automática.

La figura 29 ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento de fabricación de una estructura compuesta perfilada usando segmentos de cinta de anchura constante.

La figura 30 ilustra un diagrama de flujo de la producción de aviones y la metodología de servicio.

La figura 31 ilustra un diagrama de bloques de una aeronave.

### Descripción detallada

Haciendo referencia primero a las figuras 1 a 3, una sección de fuselaje 30 en forma de barril comprende un revestimiento exterior 34 formado sobre y fijado a una estructura de bastidor 32. La estructura del bastidor 32 comprende una pluralidad de bastidores de barril 32a separados longitudinalmente y largueros 32b que se extienden longitudinalmente que pasan a través de los bastidores de barril 32a. Cada uno de los bastidores de barril 32a puede comprender múltiples secciones de bastidor 36 que se empalman juntas utilizando cualquier medio adecuado, tales como, sin limitación, placas de empalme (no mostradas) y elementos de fijación (no mostrados). En algunas aplicaciones, sin embargo, secciones de bastidor medias y completas (no mostradas) pueden ser posibles.

Como se ve 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 generalmente mediante una banda 42. Las cuerdas exterior e interior 38, 40, cuando se ven en sección transversal (figura 3), forman efectivamente "patas" que se extienden transversales a la banda 42. Así, tal como se utiliza en este documento, los términos "pata" y "patas" se refieren a una o más características estructurales, tales como, sin limitación, tapas o rebordes que se extienden transversales a otras características de una estructura perfilada, tal como, sin limitación, una banda. En la realización ilustrada, la banda 42 puede incluir una almohadilla de refuerzo 44 opcional. La cuerda exterior 38 forma un lazo de cizallamiento al que el revestimiento 34 puede acoplarse y/o fijarse. La cuerda exterior 38, así como un borde de la banda 42, pueden incluir una pluralidad de recortes 53 en forma de ratonera separados, a través de los cuales se extienden los largueros 32b. Como se describirá más adelante, la sección de bastidor 36 está formada a partir de capas laminadas de una resina sintética reforzada con fibra, tal como fibra de carbono epoxi. Como se muestra en la figura 4, la sección del 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, al tiempo que facilita el uso de un procedimiento de fabricación que se describirá más adelante que es a la vez eficiente y repetible.

Haciendo referencia ahora a las figuras 5 a 7, una máquina de AFP 58 se puede utilizar como un efector de extremo en un robot 60 para colocar estopas de fibras o tiras de cinta de fibra preimpregnadas para formar una pila plana 50 de capas. La máquina de AFP 58 puede incluir peines 64 que reciben las estopas preimpregnadas entrantes 62 que pasan a través de una encintadora 66 antes de cortarse mediante un cortador de estopas 68. Las estopas 72 cortadas pasan por debajo de un rodillo 70 correspondiente que se aplica y compacta las estopas 62 sobre un sustrato (no mostrado) o una capa de tela subyacente (no mostrada). Como se ve mejor en la figura 5, la máquina de AFP 58 se pueden usar para colocar estopas de fibras 62 o cintas, donde las fibras están orientadas 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 incrustadas en la pila de capas 50 hay estopas de fibras orientadas a 90 grados.

La figura 8 ilustra mejor la relación entre la orientación de un sistema de coordenadas cartesianas 47 donde las estopas de fibras unidireccionales o cintas se colocan 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 por el número 37, puede estar definido por una coordenada radial "r" que se origina desde un polo 39 y forma un ángulo polar  $\theta$  respecto a una referencia de coordenadas indicada por 0 grados. Por lo tanto, cada característica perfilada por la sección de bastidor 36 puede estar definida por un valor "r" (coordenada radial) en un ángulo  $\theta$ . Debe indicarse aquí que aunque la sección de bastidor 36 ilustrada tiene un radio constante (curvatura) y la banda 42 tiene un calibre constante (espesor), cada uno de la curvatura de la sección de bastidor 36, el calibre de la banda 42,

el calibre de la cuerda interior 40 y el calibre de la cuerda exterior 38, pueden ser variables 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 52 donde las fibras preimpregnadas unidireccionales están orientadas dentro de un sistema de coordenadas cartesianas 47 que está tangencialmente alineado con la coordenada radial "r". Como se describirá más adelante con más detalle, en el ejemplo ilustrado, se emplean orientaciones de las fibras de 0 grados, -45 grados, +45 grados y +90 grados, sin embargo, otras orientaciones angulares son posibles, dependiendo de una variedad de factores, incluyendo la aplicación particular y la geometría de la sección de bastidor 36.

La atención se dirige ahora a las figuras 9 a 12, que ilustran la orientación de la fibra en varias capas de una pila de capas plana 50. La figura 9 ilustra una capa 52 en la que las estopas o tiras de cinta se colocan mediante la máquina de AFP 58 con una orientación de 0 grados, que se extiende en toda la longitud de la sección del bastidor 36. Como se usa aquí, "cinta" se refiere a fibras unidireccionales preimpregnadas, y "estopa" puede comprender cinta que se corta a lo largo de su longitud en bandas estrechas que pueden ser, por ejemplo y sin limitación, 0,318, 0,635 ó 1,27 cm (0,125, 0,25 ó 0,5 pulgadas) de ancho. Una "trayectoria" se refiere a las estopas aplicadas como una banda mediante la de máquina AFP 58. "Bajadas" se refieren a la máquina de AFP 58 que discontinúa una o varias estopas, y puede comprender la distancia entre estopas o cintas adyacentes. Una zona convergente de corte/adición significa que una trayectoria termina en una trayectoria de orientación diferente dentro de la misma capa, creando así áreas de huecos y superposiciones.

Las capas 52 de grado 0 pueden formarse mediante el uso de la máquina de AFP 58 para "dirigir" la disposición de la cinta cortada donde la capacidad de conformación y las bajadas determinan la anchura de la capa 52. Una capa completa 52 se ilustra en la figura 9, sin embargo, una capa parcial o una capa con bajadas también es posible. Las secciones de la capa 52 que más tarde se forman en la cuerda exterior, la cuerda interior y la banda están designadas respectivamente por los números 38, 40 y 42. Cabe señalar aquí que en algunas aplicaciones, las capas que forman la cuerda exterior 40 pueden formarse utilizando una banda separada de estopas o capa de cinta que se corta previamente a la anchura y se coloca sobre unas herramientas descritas más adelante, en lugar colocarse usando la máquina de AFP 58.

Las capas que contienen las estopas o cinta orientada en ángulos distintos de 0 grados están formadas por grupos o segmentos 55, 74 uno al lado del otro de las estopas/cintas, que cada una tiene una forma de cuña afilada. Los segmentos 55, 74 se pueden formar usando la cinta con una permisibilidad de ángulo hacia arriba y bajada que determina los lados. Por ejemplo, la figura 10 ilustra una capa 54 formada por segmentos 55 donde la orientación de la 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, donde las fibras de cada segmento 74 están orientadas generalmente a 90 grados, sustancialmente alineadas 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 colocan para formar los segmentos 74, las estopas individuales están anguladas en la dirección de la curvatura de la capa 76. Las estopas en ángulo 72 se colocan individualmente en una relación una al lado de la otra entre sí. Alternativamente, los segmentos pueden estar formados mediante cuñas afiladas 75 de cinta de fibra que se colocan en una relación una al lado de la otra entre sí mediante la máquina de AFP 58 o un aparato similar.

Haciendo referencia ahora a la figura 12, después de la pila de capas plana 50 haya sido colocada en su totalidad, se pueden crear recortes de ratonera 53 a lo largo de un borde 51 de la pila de capas 50. Los recortes 53 pueden crearse utilizando cualquiera de diversas técnicas, tales como, a modo de ejemplo y sin limitación, usando un cortador de ultrasonidos controlada por NC (no mostrado).

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

La atención se dirige ahora a las figuras 13 a 17, que ilustran la formación de la cuerda interior 40 usando un proceso 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 perfilada 80b que, en el ejemplo ilustrado, una forma sustancialmente ángulo de 90 grados con relación a la parte superior 80a de la superficie plana. Cualquier capa de 0 grados que se pueden usar para formar la cuerda exterior 40 se coloca directamente sobre la superficie perfilada 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 las capas mediante un estante de colocación 86 que se mueve posteriormente a la posición mostrada en la figura 13. El mandril de formación 80 está soportado en una herramienta de bolsa de vacío 84, separado por un respiradero de fibra de vidrio 82. Una bolsa de vacío 88 se coloca sobre la pila de capas 50 y el mandril de conformado 80. Un respiradero 90 y una capa 92 de FEP (propileno etileno fluorado) pueden colocarse entre la bolsa 88 y la pila de capas 50. La bolsa 88 también puede tener canales (no mostrados) en su superficie interna, en cuyo caso no se requiere el respiradero 90.

5 Con el borde 50a de la pila de capas 50 cubierto sobre el borde 80b de la herramienta, se hace el vacío en la bolsa 88, que aplica presión a la pila de capas 50, haciendo que el borde 50a se doble hacia abajo en la dirección de la flecha 94 en la figura 13 hasta que el borde 50a está colocado sustancialmente plano y sustancialmente asume el contorno de la cara delantera 80b del mandril de formación 80. Un borde 50a de la pila de capas se forma así en la cuerda interior 40, que tiene un radio sustancialmente idéntico al radio R de la cara 80b de la herramienta delantera.

10 El proceso de formación descrito anteriormente se puede realizar en un aparato de formación de drapeado 96 que se muestra en las figuras 16 y 17. La bolsa 88 puede comprender una membrana impermeable a los gases, formada, por ejemplo y sin limitación, de silicona, que está montada en un bastidor 102 que está unido de forma pivotante a una mesa de vacío 98 soportada sobre patas 100. La mesa de vacío 98 incluye puertos o perforaciones (no mostradas) que permiten que el aire sea aspirado a través de la mesa 98. El mandril de formación 80, junto con la pila de capas 50 y el estante de capas 86 puede colocarse en la mesa de vacío 98 con el bastidor 102 cerrado contra la mesa de vacío 98.

15 Como se muestra en la figura 17, un sistema de vacío (no mostrado) puede utilizarse para evacuar el aire en la cavidad sellada formada por el bastidor 102 y la mesa 98. La evacuación de esta cavidad provoca que la membrana 88 baje sobre el mandril de formación 80, formando así el borde 50a hacia abajo sobre la cara frontal 80b del mandril de formación 80. El estante de capas 86 soporta parcialmente la membrana 88 durante el proceso de formación, controlando de este modo y dirigiendo la fuerza aplicada al borde 50a de la membrana 88.

20 Después de haberse formado completamente la cuerda interior 40, la siguiente etapa en el procedimiento de fabricación se ilustra en las figuras 18 a 21, donde se forma la cuerda exterior 38. La cuerda exterior 38 puede fabricarse mediante conformado de drapeado en caliente en tensión utilizando, 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 con patas 134. Un bastidor giratorio superior 126 incluye una membrana impermeable al gas 132 que puede comprender silicona, por ejemplo. Una herramienta en forma de mandril de formación/curado 106 y un bloque perfilado 112 están soportados en la mesa de vacío 130 y están cubiertos por la membrana 132 cuando el bastidor 126 se cierra y se sella contra el bastidor inferior 128.

25 Como se ve 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 la herramienta 106a y se acopla con 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 la herramienta 106a y se utiliza para formar la cuerda exterior 38.

30 El mandril 106 de formación/curado está soportado en la mesa de vacío 130. Un respiradero 110 opcional formado a partir de fibra de vidrio o de otro material adecuado puede colocarse entre la mesa de vacío 130 y el mandril de formación/curado 106. Un intensificador perfilado 120 puede colocarse sobre la pila de capas 50 para asegurar que el radio 122 se mantiene por completo adyacente a la cuerda interior 40. Una capa 116 de un material tal, pero no limitado a Teflon®, así como un respiradero 118, se pueden colocar entre el intensificador y la pila de capas 50. Una capa adicional 123 de FEP puede colocarse entre un borde del mandril de formación/curado y la pila de capas 50. La capa de FEP 123 está montada sobre el bloque 112, que en combinación, funciona para controlar el ángulo en el que la membrana 132 de la bolsa aplica presión al borde exterior 50b de la pila de capas 50 durante el proceso de formación de drapeado.

35 La cuerda exterior 38 puede formarse por drapeado en caliente sobre el mandril de formación/curado 106 que puede después calentarse dentro de un horno o por otros medios, tales como lámparas de infrarrojos, a una temperatura preseleccionada, por ejemplo, de aproximadamente 60 grados C (140 grados F). Se forma un vacío en la membrana 132 de la bolsa y se mantiene durante períodos de tiempo preseleccionados. Durante el proceso de formación de drapeado en caliente con tensión controlada, las fibras pueden deslizarse dentro de una capa como resultado de la viscosidad de la resina de la matriz, disminuyendo debido al calentamiento. Esto permite que las fibras se agrupen o se extiendan, o de lo contrario se reorganicen por sí mismas, según sea necesario. El mantenimiento de la tensión bajo la pila 50 minimiza la formación de arrugas. El intensificador de radio 120 mantiene el radio 122 de la cuerda interior (40a en la figura 3), mientras se forma la cuerda exterior 38.

40 La figura 20 ilustra la pila de capas 50 parcialmente formada colocada en el mandril de formación/curado 106 con la cuerda interior 40 formada mantenida contra la superficie de la herramienta 106a. El borde exterior 50b de la pila de capas 50 está en voladizo sobre la superficie de la herramienta 106b. 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 está parcialmente controlado por el bloque 112. El borde 50b de la pila de capas 50 entonces se dobla hacia abajo en la dirección de la flecha 114 hasta que está completamente formado contra de la superficie de la herramienta 106c y forma la cuerda exterior 38.

45 Cuando se han formado las cuerdas interior y exterior 38, 40 de la sección de bastidor 36, entonces es necesario

curar la sección de bastidor 36, y en este respecto, se dirige la atención a la figura 22. La sección de bastidor 36 formada y el mandril de formación/curado 106 se retiran del aparato 124 de formación de drapeado en caliente. Una placa de presión 139 se puede colocar sobre la cuerda exterior 38 para ayudar en la compactación del radio 141. Del mismo modo, un intensificador 142 puede instalarse para ayudar en la compactación del radio 122. Una bolsa de vacío 138 convencional se coloca sobre la sección de bastidor 36 y se sella mediante un sello 140 al mandril de curado 136. Un respiradero (no mostrado) y una capa de pelado (no mostrada) de FEP también se pueden colocar entre el mandril de formación/curado 106 y la bolsa 138.

La atención se dirige ahora a la figura 23, que ilustra las etapas generales utilizadas en el procedimiento para producir estructuras compuestas perfiladas. Las materias primas, incluidos las estopas de fibras preimpregnadas y/o la cinta se reciben y se inspeccionan en 144. En 146, el mandril de formación 80 descrito anteriormente, y el mandril de formación/curado 106 se limpiarán y se prepararán. A continuación, en 148, una capa de fibra de vidrio exterior puede colocarse sobre el mandril de formación 80.

En la etapa 150, todas las diversas capas en la pila 50 se colocan usando una o más máquinas de AFP 58. Al formarse la pila de capas plana 50, a continuación se realizan los recortes de ratonera 53 en la pila de capas 50, como se requiere en la etapa 152. A continuación, en la etapa 154, la pila de capas 50 se coloca en el mandril de formación 80 y el estante de colocación 86. A continuación, en 156, el estante de colocación 86 se mueve a una posición donde se utiliza en el proceso 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 50 parcialmente formada se coloca en el mandril de formación/curado 106. En 162, la cuerda exterior 38 se formada por drapeado en caliente en el mandril de formación/curado 106. A continuación, en la etapa 164, la sección de bastidor 36 formada se transfiere a la herramienta de curado 136 y una capa de fibra de vidrio interior se coloca sobre el bastidor. A continuación, en 166, la placa de presión 139 y el intensificador 142 se instalan, después de lo cual el conjunto es empaquetado en vacío en la preparación para su curado en una autoclave. En 168, la sección de bastidor 36 se cura en una autoclave (no mostrada), después de lo cual, en 170, la sección de bastidor 36 curada y completamente formada se retira de la bolsa y se retiran las rebabas. La sección de bastidor 36 puede recortarse en 172 usando un cortador de control numérico y la sección de bastidor 36 recortada puede entonces ser inspeccionado en 174 utilizando técnicas de evaluación no destructiva convencionales.

Aunque las realizaciones divulgadas ilustran el uso del procedimiento para fabricar una estructura compuesta perfilada que tiene una sección transversal en forma de Z, varias otras estructuras perfiladas son posibles, en las que una o más patas se extienden hacia el exterior desde una característica estructural, tal como una banda. Por ejemplo, como se muestra en la figura 24, las realizaciones divulgadas se pueden emplear para fabricar estructuras continuas perfiladas que tienen otras configuraciones de pata o formas de 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, un forma de J modificada 184 y una o más formas de una forma de U 186.

La atención se dirige ahora a las figuras 25 y 26, que ilustran otro procedimiento para la colocación de una capa perfilada 201 utilizando segmentos de capas superpuestas 188 formadas de cinta de fibra preimpregnada unidireccional de anchura sustancialmente constante. Los segmentos de capa de anchura constante 188 se pueden cortar de la cinta retirada de un carrete (no mostrado) de cinta de anchura estándar o no estándar. En el ejemplo mostrado en las figuras 25 y 26, los segmentos de capas 188 son de forma sustancialmente rectangular, sin embargo, pueden tener otras formas, siempre que los segmentos de capas 188 tengan sustancialmente las mismas anchuras. Los segmentos de capas 188 se colocan sobre un sustrato (no mostrado) y están dispuestos a lo largo de la línea central 192 perfilada de una capa perfilada 201 colocada sobre la misma. Cada uno de los segmentos de capas 188 se extiende radialmente más allá de las cuerdas interior y exterior 38, 40, respectivamente, para formar extensiones 200 que posteriormente se recortan, de modo que la capa completa 201 formada por los segmentos de capas 188 coincide sustancialmente con el contorno de la estructura 36 (figura 2).

Cada uno de los segmentos de capas 188 incluye una línea central longitudinal 194 que está alineada durante el proceso de colocación con una coordenada radial "r" que se origina desde un polo 39 en un sistema de coordenadas polares 190. Cada una de las líneas centrales 194 forma un ángulo  $\theta$  con relación a una línea de referencia que se muestra como "0°" en la figura 25. El sistema de coordenadas polares 190 se utiliza para definir uno o más contornos de la estructura 36 (figura 2). De acuerdo con las realizaciones divulgadas, los segmentos de cinta de anchura constante 188 se colocan en relación de solapamiento 191 entre sí, de tal manera que la cantidad de solapamiento preferiblemente se mantiene sustancialmente constante. Cuando se coloca cada segmento de capa 188, está orientado en un ligero ángulo 193 (figura 26) respecto al segmento 188 adyacente colocado previamente. La colocación de los segmentos de capas 188 en relación de solapamiento 191 resultan en adyacentes de los segmentos de capas 188a, 188b que forman una vuelta en forma de pastel 196 cerca de la cuerda interior 38, y un hueco en forma de pastel 198 junto a la cuerda exterior 40. Las vueltas 196 y los huecos 198 se pueden ajustar para satisfacer los requisitos estructurales de una aplicación particular, cambiando la anchura de los segmentos de cinta 188. El procedimiento de colocación de cinta de anchura constante descrito anteriormente permite la colocación de capas no cero a una velocidad relativamente rápida, incluso en pequeñas estructuras compuestas muy perfiladas.

- Como se ve mejor en la figura 26, la vuelta 196 generalmente se extiende desde la línea central 192 de la capa 201 en la que la anchura 204 de la vuelta 204 crece progresivamente mayor al aumentar la distancia desde la línea central 192. Del mismo modo, la anchura 202 del hueco 198 entre segmentos de capas 188a, 188b adyacentes que se hace más grande al aumentar la distancia desde la línea central 192. De acuerdo con las realizaciones descritas,
- 5 las vueltas 196 y los huecos 198 se minimizan sustancialmente. En contraste con los segmentos de cinta 74 cortados en la periferia utilizados en la realización mostrada en la figura 11, el uso de segmentos de capas 188 de corte extremo simple de anchura constante facilitan el uso del equipo automatizado (descrito posteriormente) para colocar los segmentos de capas 188 de una manera predeterminada que minimiza las vueltas 196 y los huecos 198.
- 10 La colocación de la superposición de los segmentos de capas 188 de anchura constante como se describe anteriormente resulta en una capa 201 que tiene discontinuidades desplazadas de manera sustancialmente uniforme definidas por las vueltas 196 y los huecos 198.
- 15 La anchura elegida para los segmentos de cinta 188 variará con la aplicación. Segmentos de cinta 188 más estrechos se pueden utilizar para reducir la vuelta 196 y/o el hueco 198. Del mismo modo, anchuras de cinta más amplias se pueden emplear para aumentar la velocidad de colocación. La vueltas 196 y los huecos 199 para capas 201 de 45 grados se pueden reducir cambiando los segmentos de capas 188 a unas orientaciones de +/- 60 grados.
- 20 Haciendo referencia a la figura 27, los extremos superpuestos 200 de cada segmento de cinta 188 pueden cortarse en 206, en un ángulo  $\Phi$  para coincidir sustancialmente con los contornos exteriores de la cuerda interior 38 y la cuerda exterior 40, respectivamente. Los extremos cortados 206 de los segmentos 188, por lo tanto, pueden seguir sustancialmente el contorno de la estructura 36 (figura 2), resultando en el segmento 188 que tiene una forma generalmente trapezoidal.
- 25 De acuerdo con las realizaciones divulgadas, cada uno de los segmentos de capas 188 pueden colocarse sobre un sustrato (no mostrado) usando equipo de colocación de cinta automático 208 que se muestra en la figura 28, que alinea las líneas centrales 194 (figuras 25 y 26) en orientaciones polares relacionadas con el contorno de la estructura 36 (figura 2). Haciendo referencia a la figura 28, el equipo de colocación de cinta automático 208 incluye cabezales de colocación de cinta pivotantes 210, 212 montados en un pórtico 214 para el movimiento pivotante en
- 30 relación con el contorno de un sustrato 214, que puede ser una herramienta. Cada uno de los cabezales 210, 212 incluye un suministro de cinta compuesta (no mostrada) junto con mecanismos de corte y colocación (no mostrados) que cortan la cinta a la longitud y colocan las longitudes cortadas de cinta en el sustrato 214. Los cabezales de cinta 210, 212 y/o el sustrato 214 se mueven uno respecto al otro, de modo que los cabezales de la cinta 210, 212 atraviesan a través del sustrato 214 y colocan la cinta compuesta de forma automática, típicamente bajo el control
- 35 de un controlador CNC (no mostrado). Detalles adicionales de una máquina automática de colocación de cintas 208 adecuada se divulgan en la patente número US 7.137.182, publicada el 21 de noviembre de 2006, todo el contenido de la cual se incorpora aquí por referencia.
- 40 La atención se dirige ahora a la figura 29, que ilustra las etapas generales del procedimiento para fabricar una estructura compuesta perfilada que tiene una o más patas. Una capa 201 se coloca en una serie de etapas 216 que comienzan en 218, con la producción de los segmentos de capas 188 mediante el corte de la cinta de fibra preimpregnada unidireccional de anchura constante a las longitudes deseadas. A continuación, en 220, los segmentos de capas 188 se colocan sobre un sustrato en relación uno al lado del otro, que sigue el contorno de la estructura compuesta superpuesta. Durante el proceso de colocación, las líneas centrales longitudinales 194 de los
- 45 segmentos de capas 188 están alineados en una orientación polar, relacionada con el contorno de la estructura. En 222, se controla el solapamiento 196 y los huecos 198 entre segmentos de capas 188a, 188b adyacentes. Normalmente, este control se realiza automáticamente cuando se utiliza un equipo automatizado de colocación de cinta, del tipo mostrado en la figura 28.
- 50 En 224, cada capa completa 201, o una pila de capas 201 a continuación puede recortarse a la forma final, según se requiera. En 226, la pila de capas 50 completada (figura 8) puede formarse para conformarse usando las técnicas previamente descritas en el presente documento, que pueden incluir la formación de una o más patas. Finalmente, en 228, la pila de capas conformada 50 puede compactarse y curarse.
- 55 Las realizaciones de la divulgación pueden encontrar uso en una variedad de aplicaciones potenciales, particularmente en la industria del transporte, incluyendo, por ejemplo, aplicaciones de automoción, aeroespacial, y marina. Así, con referencia ahora a las figuras 30 y 31, las realizaciones de la divulgación pueden usarse en el contexto de un procedimiento de fabricación y servicio de aeronaves 230, como se muestra en la figura 30 y una aeronave 232, como se muestra en la figura 31. Aplicaciones de aeronaves de las realizaciones divulgadas pueden
- 60 incluir, por ejemplo, sin limitación, elementos rígidos compuestos tales como refuerzos, vigas y largueros, para nombrar sólo unos pocos. Durante la preproducción, el procedimiento 230 de ejemplo puede incluir la especificación y el diseño 234 de la aeronave 230 y la adquisición del material 236, en el que se especifican las estructuras perfiladas descritas para su uso en la aeronave 232. Durante la producción, se realizan la fabricación de los componentes y de los subconjuntos 238 y la integración del sistema 240 de la aeronave 230, donde varios componentes y subconjuntos se fabrican usando el procedimiento descrito. A continuación, la aeronave 232 puede
- 65 pasar a la certificación y a la entrega 242 para ponerse en servicio 244. Mientras está en servicio por parte de un



cliente, la aeronave 232 está programada para mantenimiento de rutina y servicio 246 (que también puede incluir la modificación, la reconfiguración, la remodelación, y así sucesivamente), que pueden incluir el uso de las estructuras perfiladas divulgadas.

5 Cada uno de los procesos del procedimiento 230 se puede realizar mediante un integrador de sistemas, una tercera parte, y/o un operador (por ejemplo, un cliente). A los efectos de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas principales del sistema; una tercera parte puede incluir, sin limitación, cualquier número de proveedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una línea aérea, compañía de arrendamiento financiero, entidad militar, organización de servicio, y así sucesivamente.

10 Como se muestra en la figura 31, la aeronave 232 producida mediante el procedimiento 230 de ejemplo puede incluir un fuselaje 248 con una pluralidad de sistemas 250 y un interior 252. Ejemplos de sistemas de alto nivel 250 incluyen uno o más de un sistema de propulsión 254, un sistema eléctrico 256, un sistema hidráulico 258, y un sistema ambiental 260. Cualquier número de otros sistemas puede incluirse. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la divulgación pueden aplicarse a otras industrias, tales como las industrias de automoción y marina.

15 Los sistemas y procedimientos incorporados en este documento pueden ser empleados durante una cualquiera o más de las etapas del procedimiento de producción y servicio 230. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al proceso de producción 208 se pueden fabricar de una manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 232 está en servicio. Además, una o más realizaciones de aparatos, realizaciones del procedimiento, o una combinación de los mismos, pueden ser utilizadas durante las etapas de producción 238 y 240, por ejemplo, mediante la aceleración substancial del montaje o la reducción del coste de una aeronave 232. Del mismo modo, una o más realizaciones del aparato, realizaciones del procedimiento, o una combinación de los mismos, puede utilizarse mientras la aeronave 232 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para el mantenimiento y el servicio 246.

20 Aunque las realizaciones de esta divulgación se han descrito respecto a ciertas realizaciones de ejemplo, debe entenderse que las realizaciones específicas son para propósitos de ilustración y no de limitación, ya que otras variaciones se les ocurrirán a los expertos en la técnica dentro del alcance de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de fabricación de una estructura compuesta perfilada, que comprende:

5 situar una carga compuesto para formar una pila de capas (50), incluyendo la colocación de al menos una capa de segmentos de capas preimpregnadas de fibra unidireccional (118) que tienen anchuras sustancialmente constantes, incluyendo la colocación de los segmentos de capas en relación de superposición uno al lado del otro y alineando las líneas centrales longitudinales (194) de los segmentos de capa (118) en una orientación polar, relacionada con el contorno de la estructura;

10 formar la carga compuesta sustancialmente en la forma de la estructura mediante un proceso de formación de drapeado, estando el proceso de formación de drapeado **caracterizado** por incluir:

proporcionar un estante de colocación (86);

15 colocar la pila de capas (50) sobre un mandril de formación (80), teniendo el mandril de formación una superficie superior (80a) y una superficie perfilada (80b) que tiene un radio (R), de tal manera que un borde exterior (50a) de la pila de capas (50) se extiende más allá de la superficie perfilada (80b); soportar el borde exterior (50a) de la pila de capas (50), cuando se extiende más allá de la superficie perfilada, con el estante de colocación (86) cuando la pila de capas se coloca sobre el mandril de formación (80);

20 mover la estantería de colocación (86) alejándose del mandril y de la pila de capas (50), de tal manera que ya no soporta dicho borde exterior de la pila de capas después de dicha colocación de las capas;

colocar una bolsa de vacío (88) sobre la pila de capas (50) y el mandril de formación (80); y haciendo el vacío en la bolsa de vacío (88) aplicando de este modo la presión a la pila de capas (50), haciendo que el borde (50a) se doble hasta que quede sustancialmente plano contra la superficie perfilada (80b) para formar la

25 forma de la estructura con un radio sustancialmente idéntico al radio (R) de la superficie perfilada; y curar la carga conformada.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, donde después de mover el estante de colocación (86), soporta parcialmente la bolsa de vacío (88) durante la etapa de hacer el vacío.

30

3. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, que comprende además una segunda etapa de formación que incluye:

colocar de la estructura previamente formada sobre un segundo mandril de formación (106) que tiene una superficie superior plana (106a), una segunda superficie plana (106b) para soportar la estructura previamente formada y una

35 tercera superficie (106c) que se extiende hacia abajo desde la superficie superior (106a) en el extremo opuesto a la segunda superficie, de manera que un borde exterior (50b) de la pila de capas se extiende más allá de la tercera superficie (106c); y drapear en caliente el borde exterior (50b) sobre el mandril de formación (106) para formar una cuerda exterior (38).

4. El procedimiento de la reivindicación 3, donde una capa de propileno etileno fluorado (FEP) (123) se coloca entre un borde del mandril de formación (106) y la pila de capas (50) y se monta sobre un bloque (112) separado del extremo del borde exterior (50b) de la pila de capas.

40

5. El procedimiento de la reivindicación 3 o la reivindicación 4, que incluye además:

45

colocar un intensificador perfilado (120) sobre la pila de capas (50) para mantener el radio de la estructura previamente formada.

6. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, donde la colocación de los segmentos de capas (188) en relación uno al lado del otro incluye mantener una cantidad sustancialmente constante de solapamiento entre los segmentos de capas a medida que se colocan los segmentos de capas.

50

7. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, donde la colocación de la capa incluye el corte de los segmentos de capas (188) a partir de una longitud de la cinta compuesta.

55

8. El procedimiento de la reivindicación 7, donde el corte de la cinta incluye el corte de la longitud de la cinta en un ángulo que generalmente coincide con el contorno de la estructura.

9. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, donde se crean unos huecos (198) entre adyacentes de los segmentos de capas (188) debido a la orientación polar de los segmentos de capas, y la colocación de la capa también incluye minimizar sustancialmente los huecos (198).

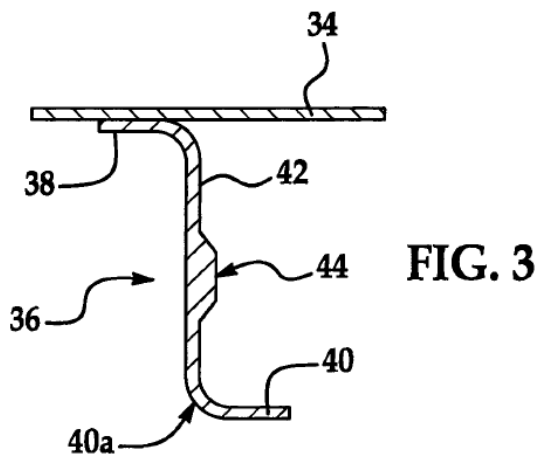
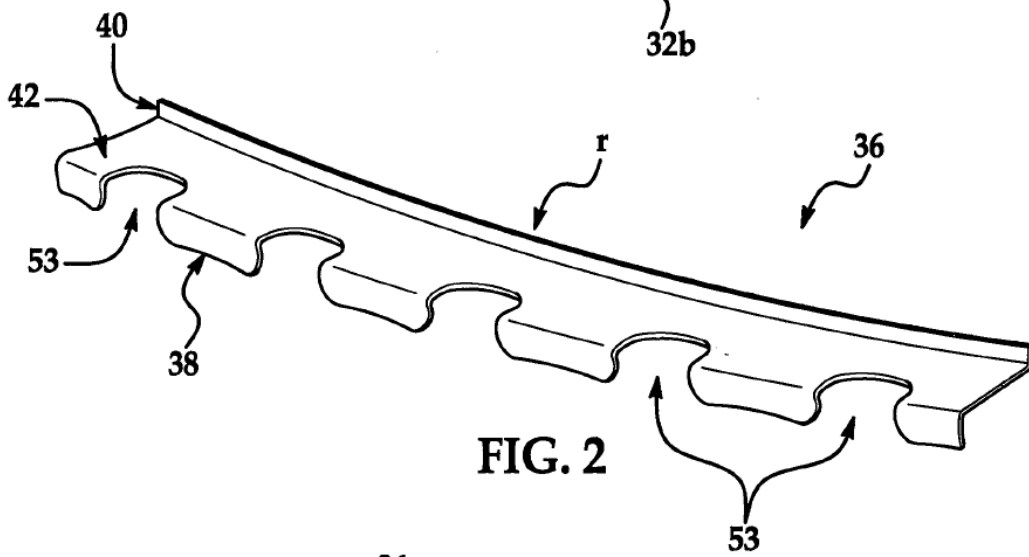
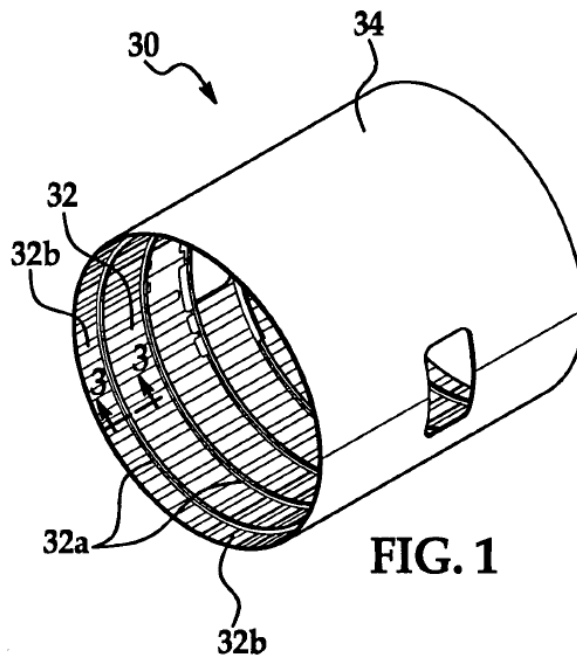
60

10. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, que comprende además cortar los bordes de los segmentos de capas (188) para que coincida generalmente con el contorno de la estructura.

65

11. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, donde la colocación de los segmentos de capas y la

alineación de sus líneas centrales (194) se realiza mediante un cabezal de aplicación de cinta controlado automáticamente (210, 212).



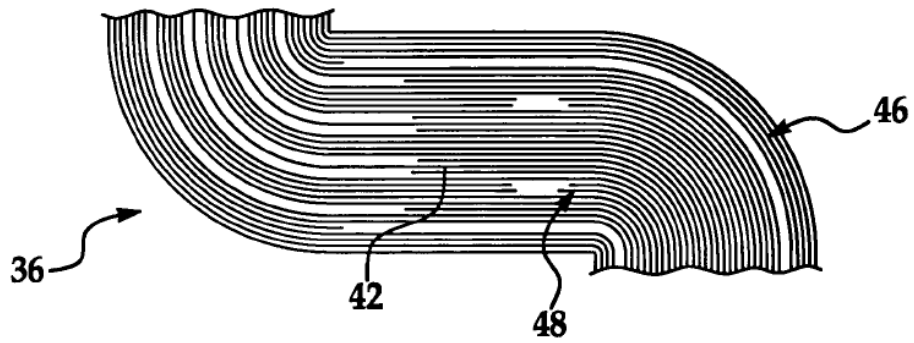


FIG. 4

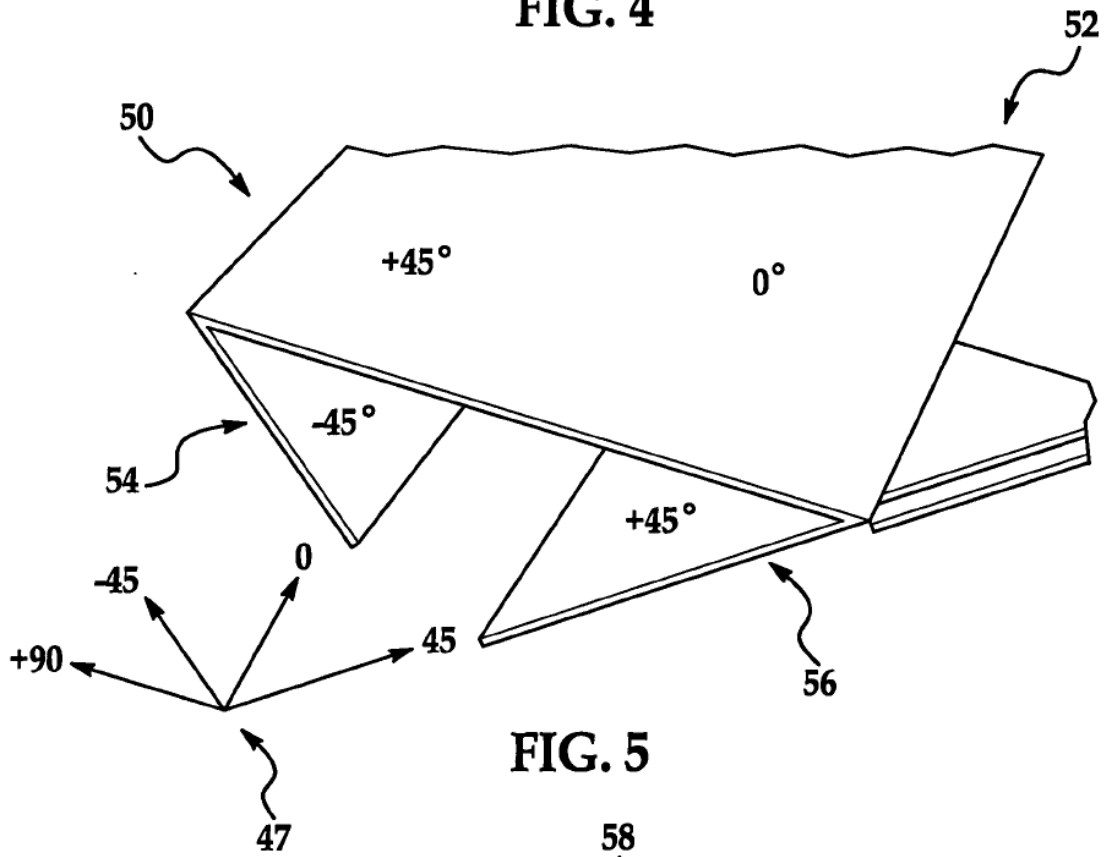


FIG. 5

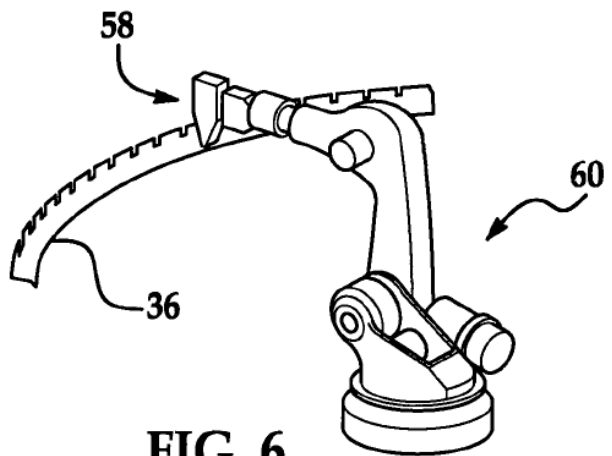


FIG. 6

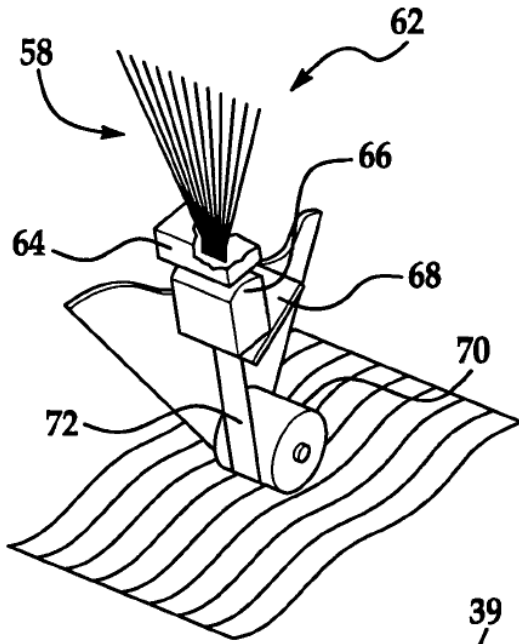


FIG. 7

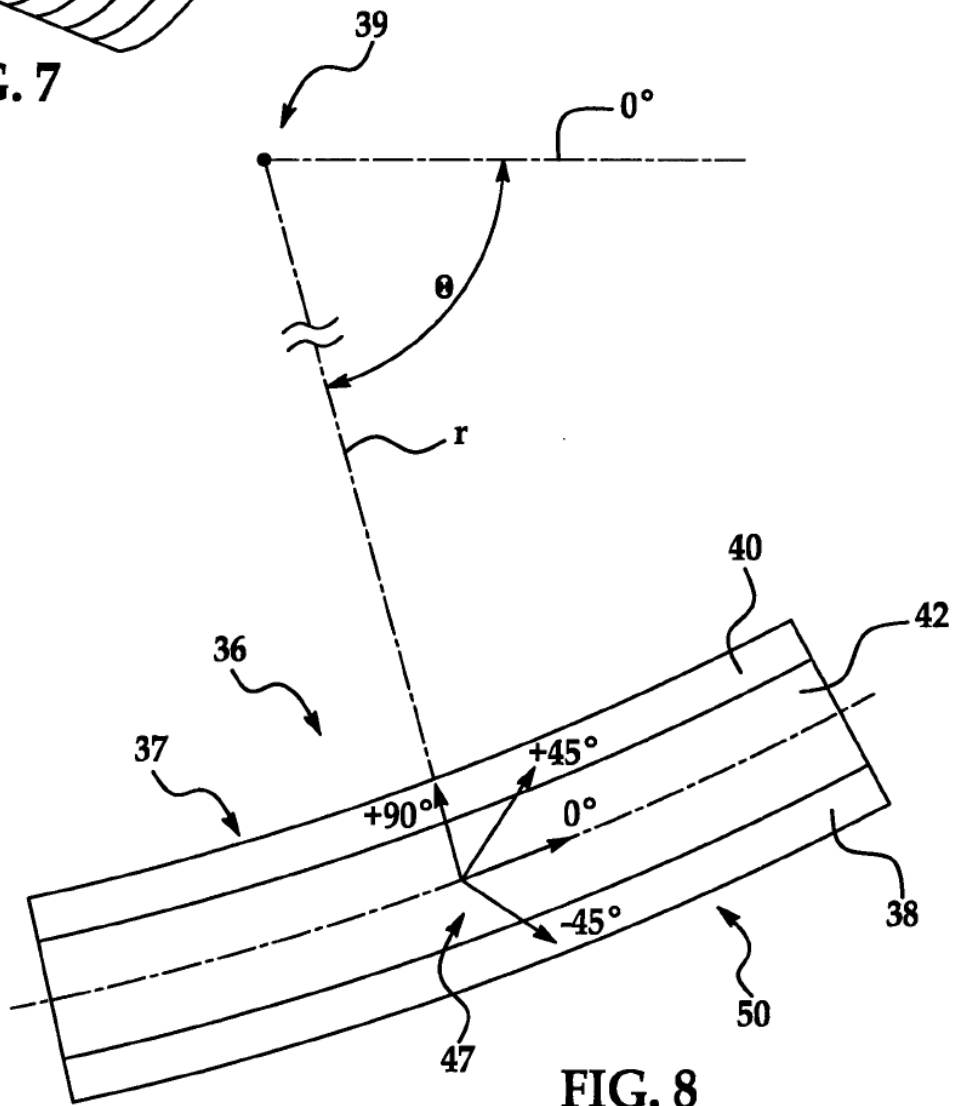
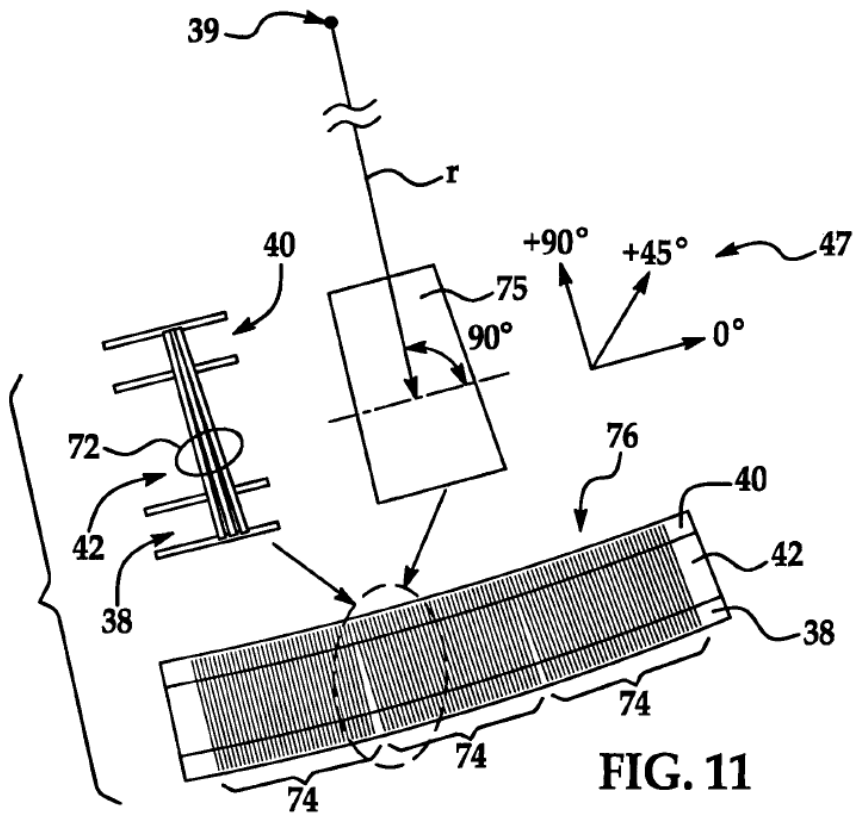
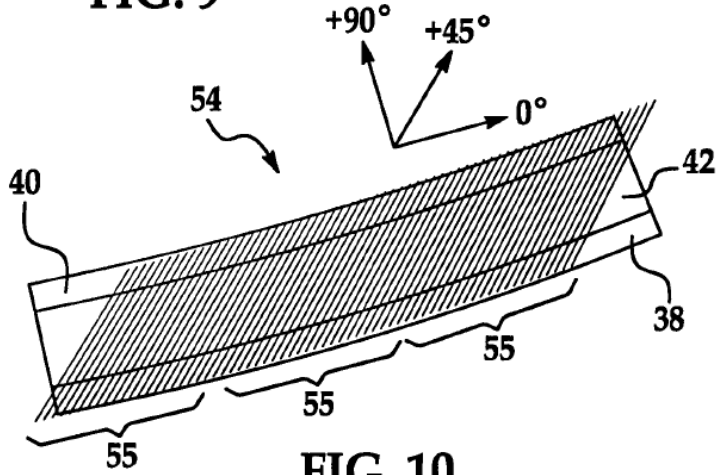
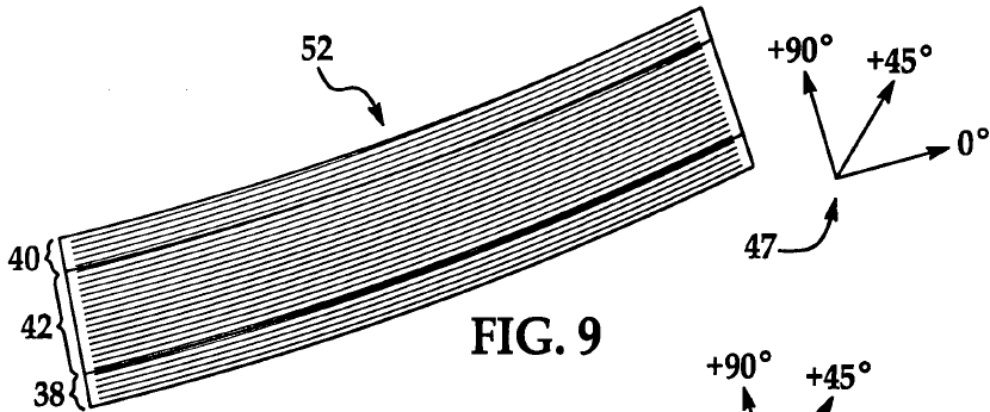
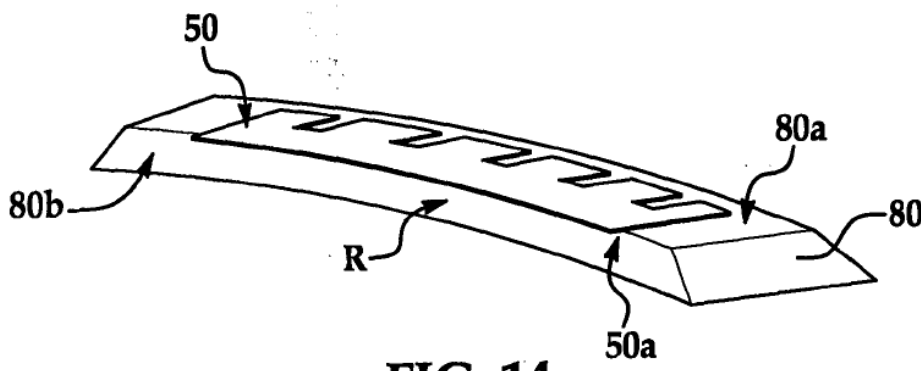
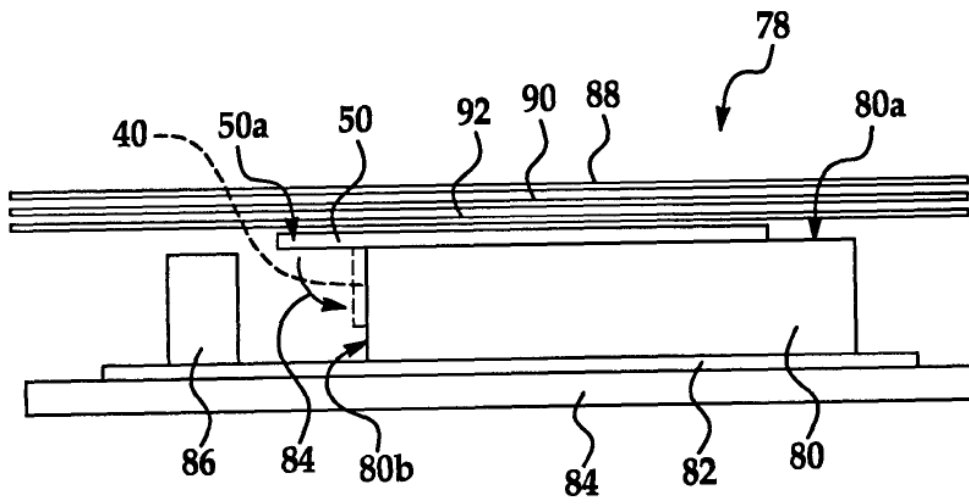
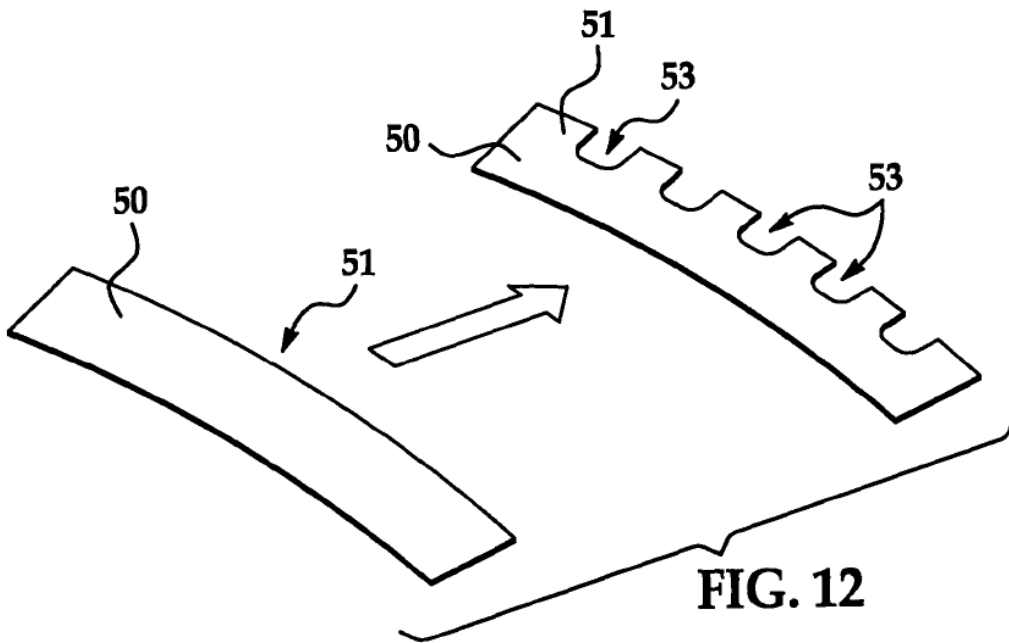


FIG. 8







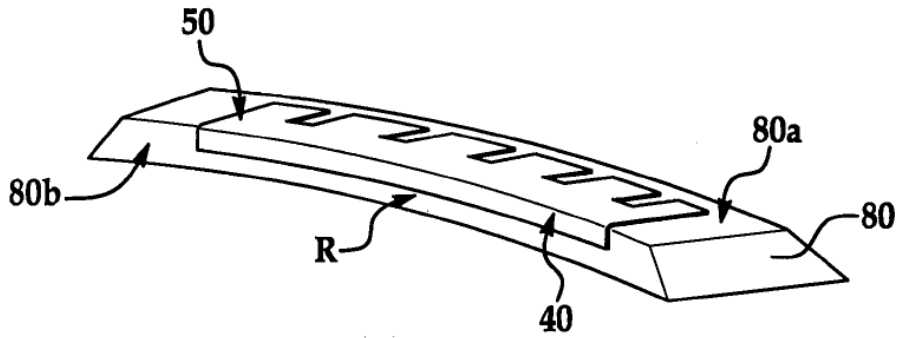


FIG. 15

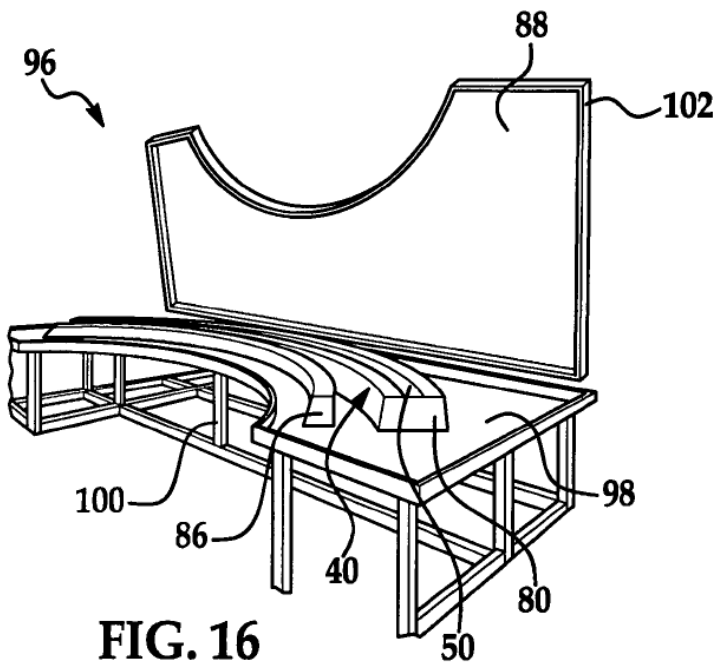


FIG. 16

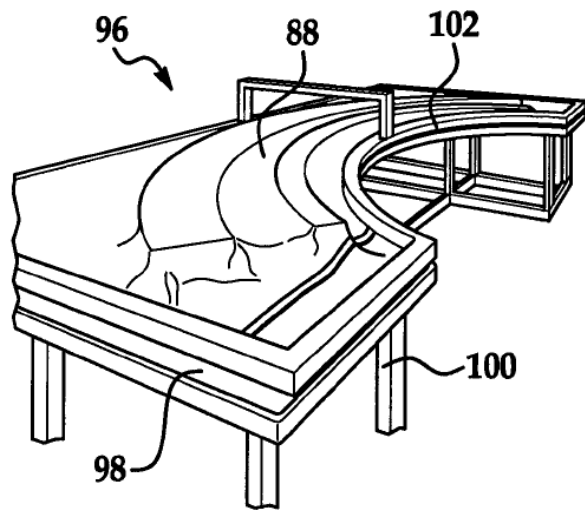
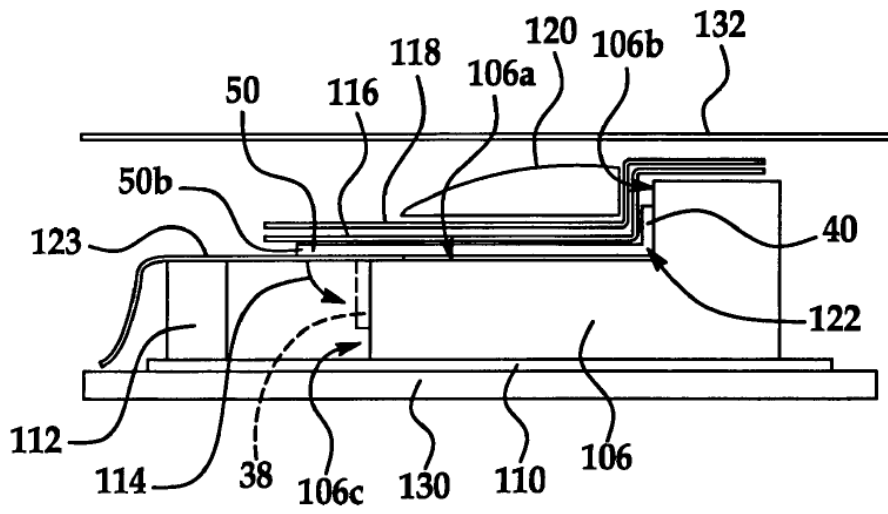
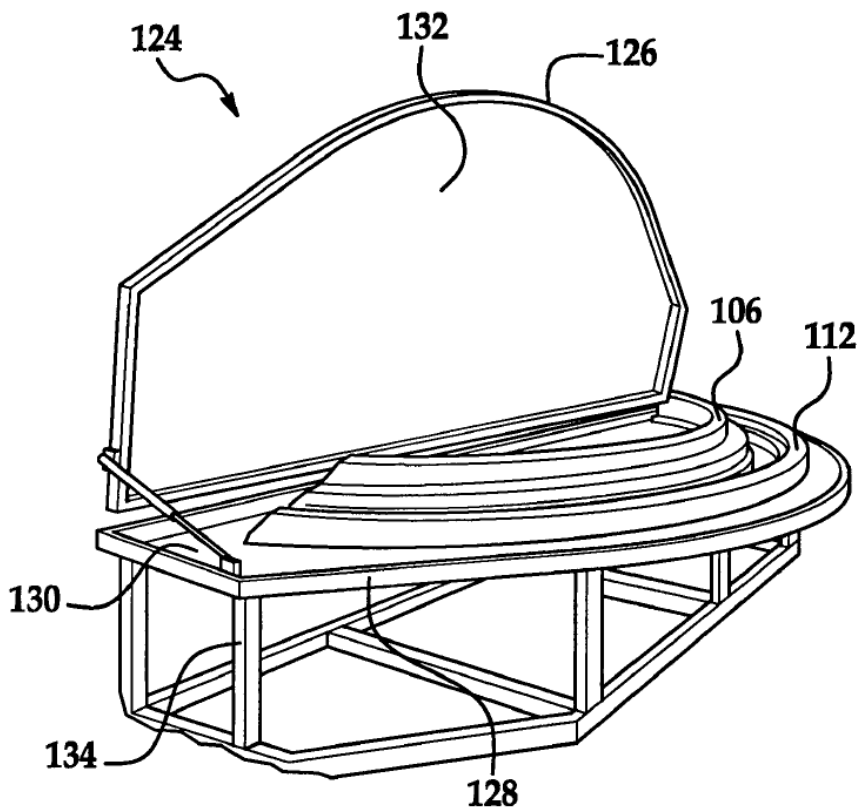


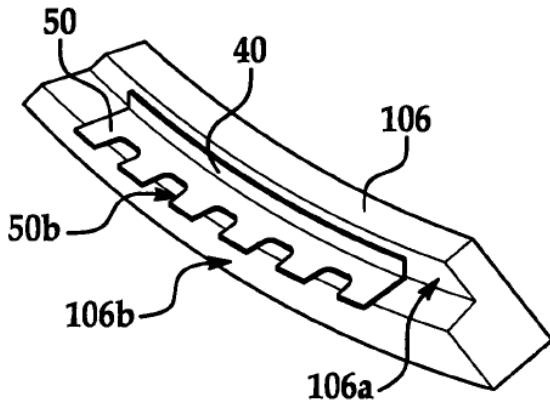
FIG. 17



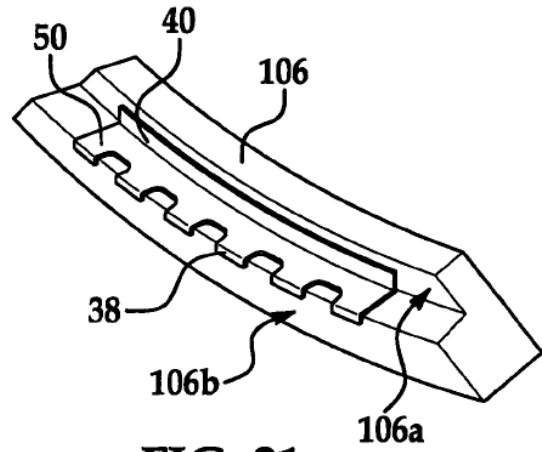
**FIG. 18**



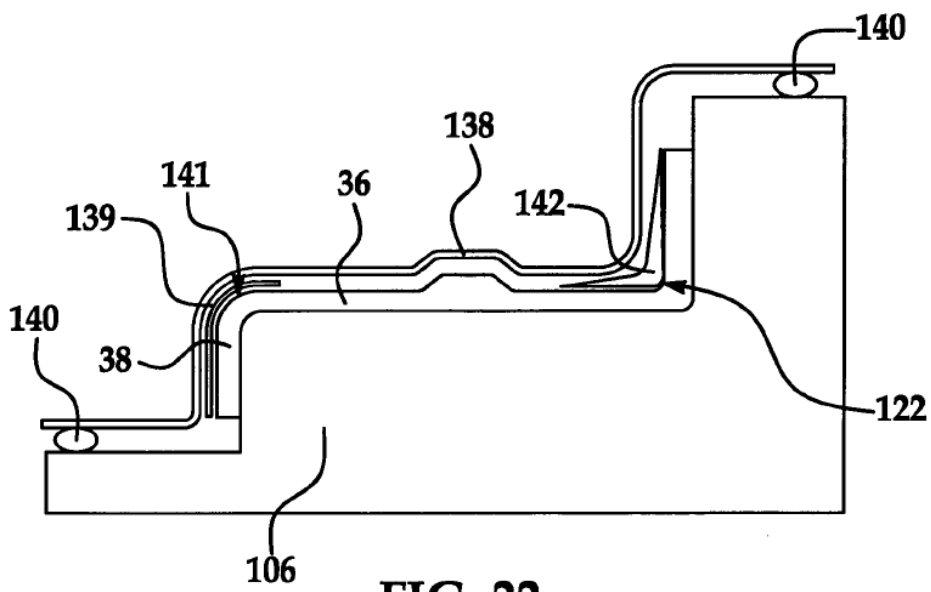
**FIG. 19**



**FIG. 20**



**FIG. 21**



**FIG. 22**

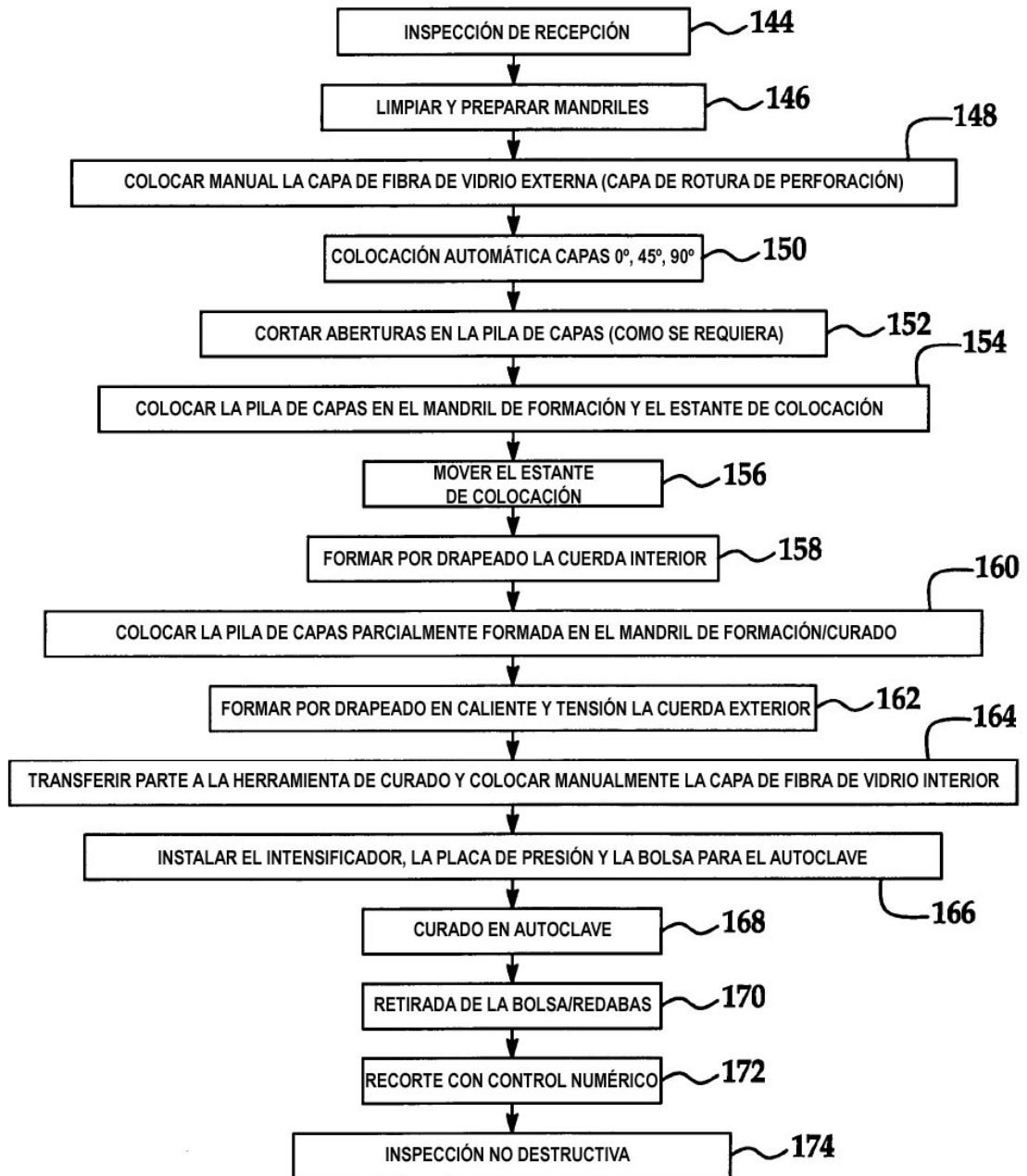


FIG. 23

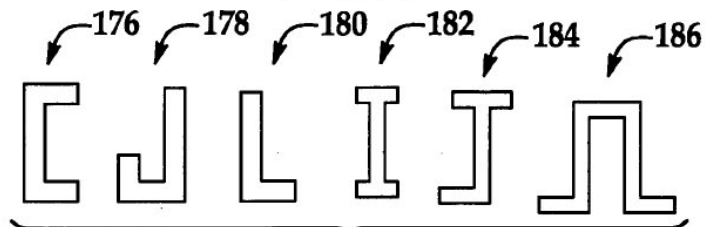


FIG. 24

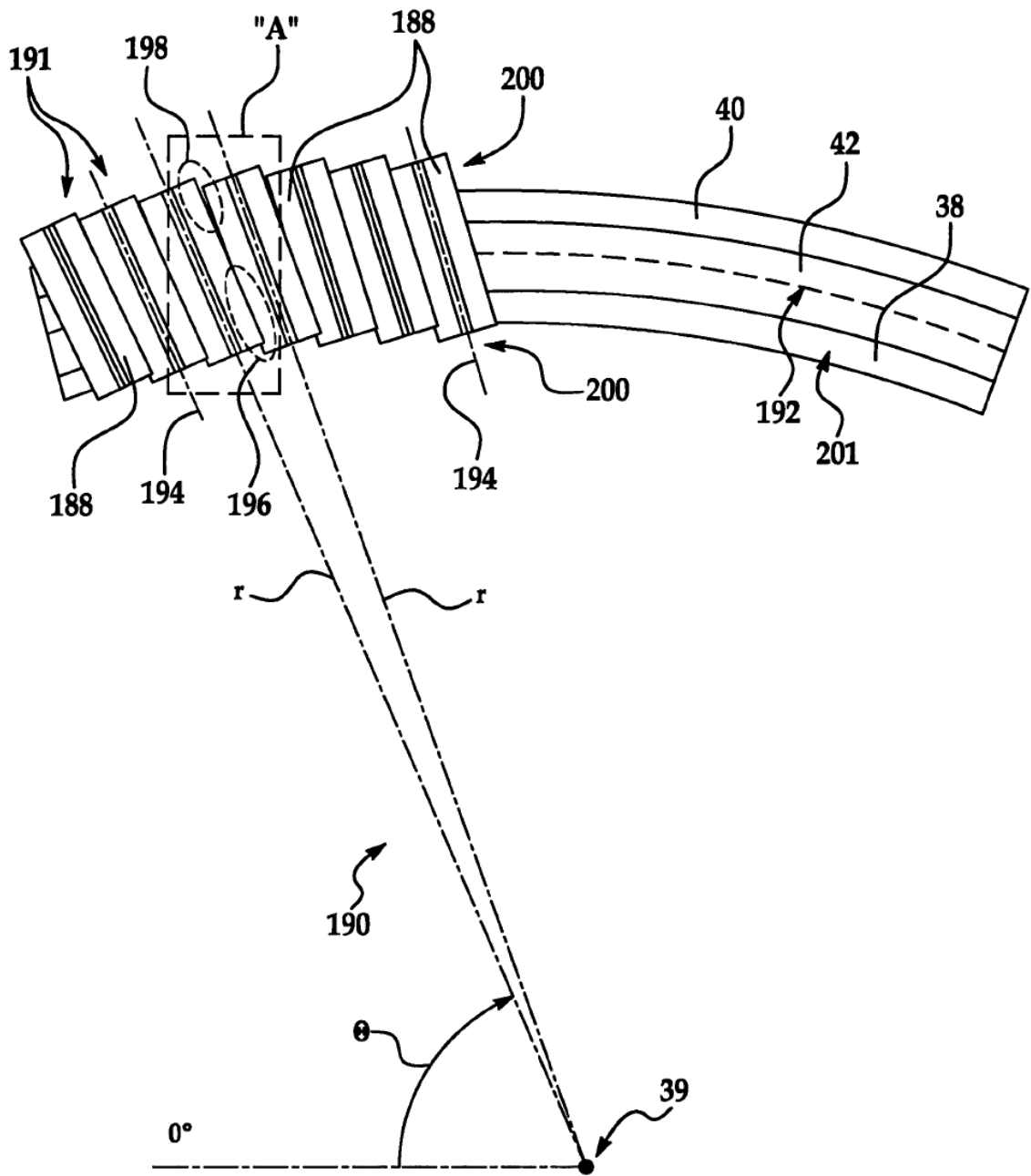
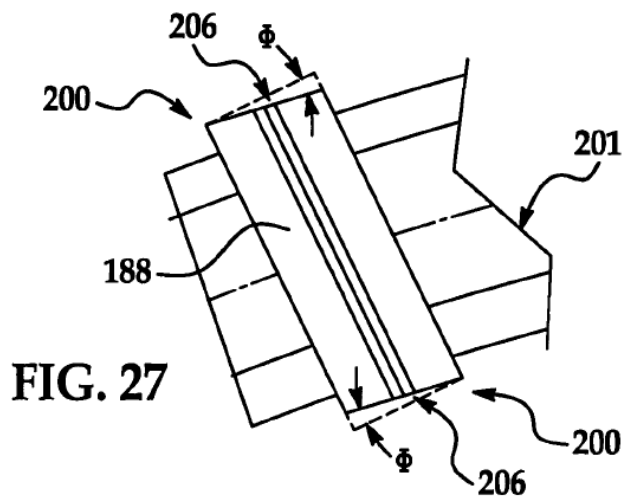
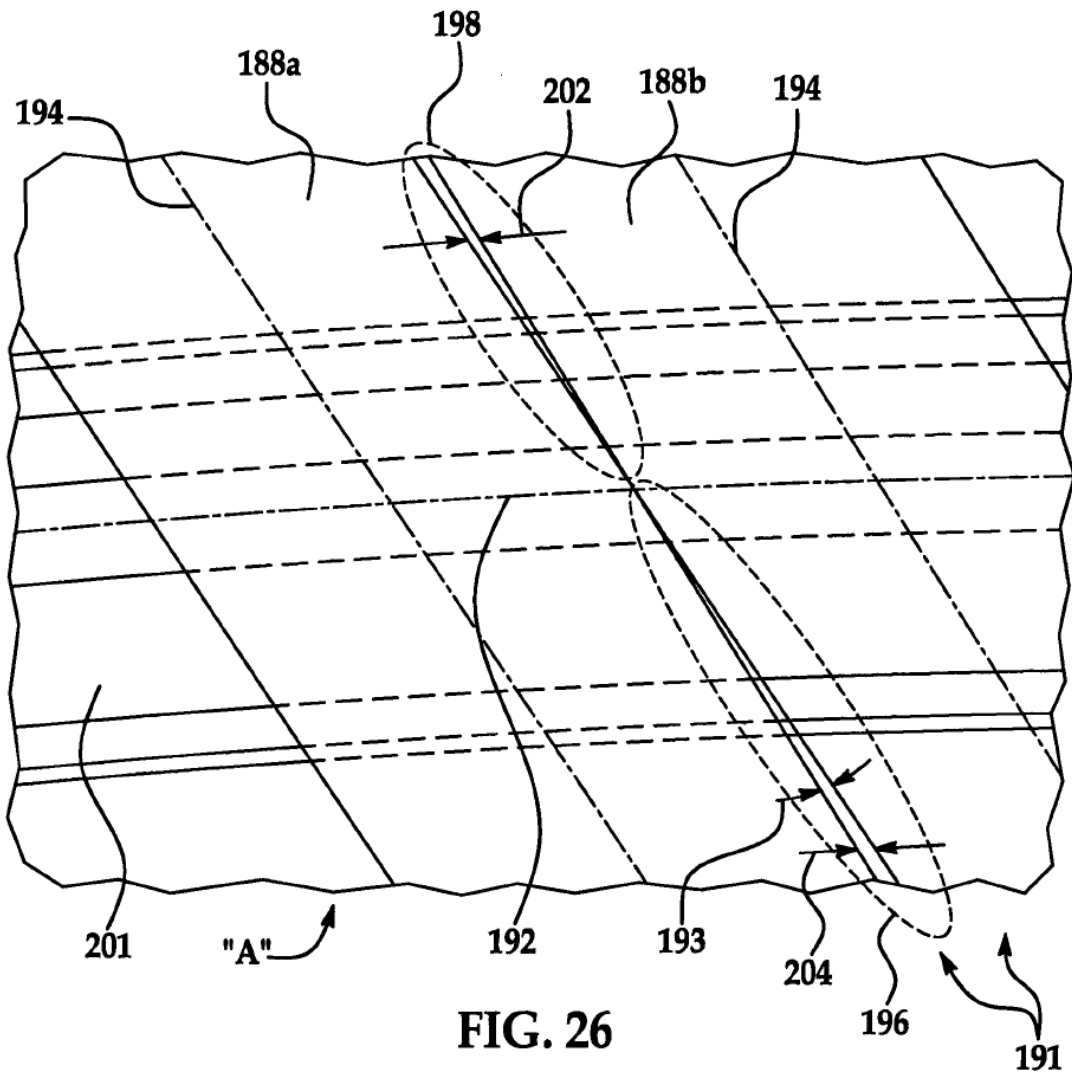


FIG. 25



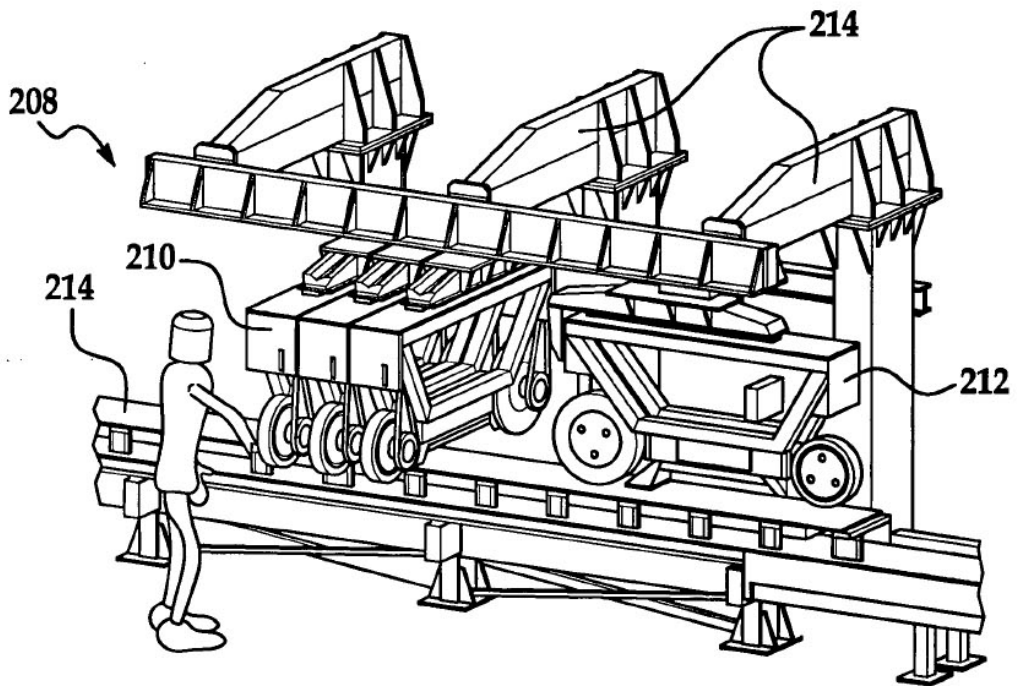


FIG. 28

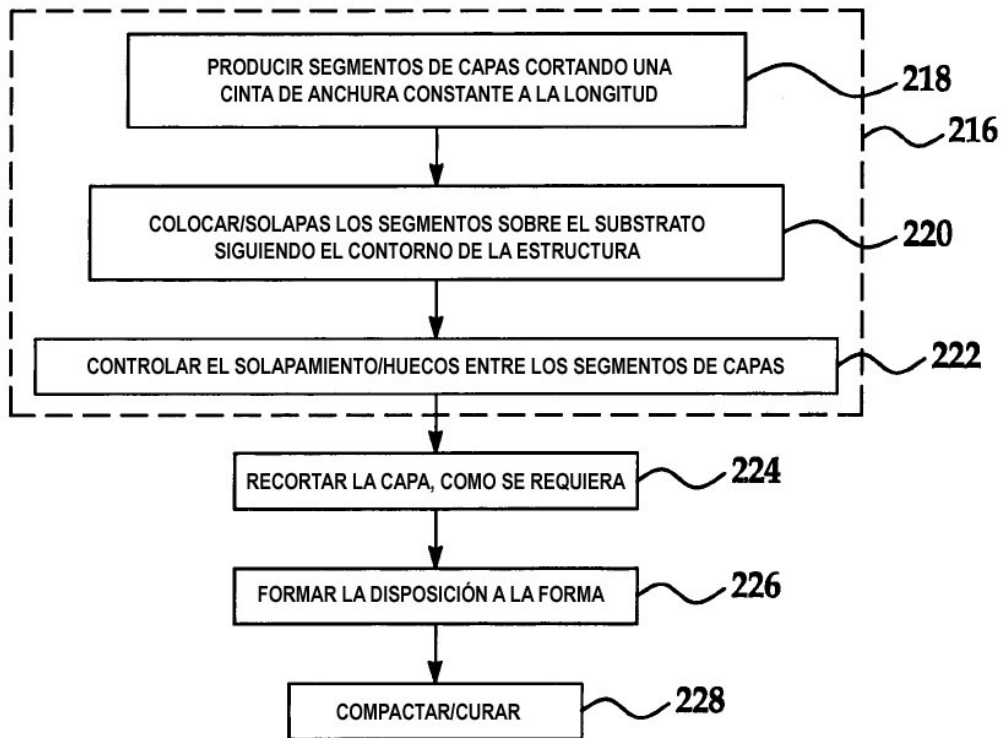


FIG. 29

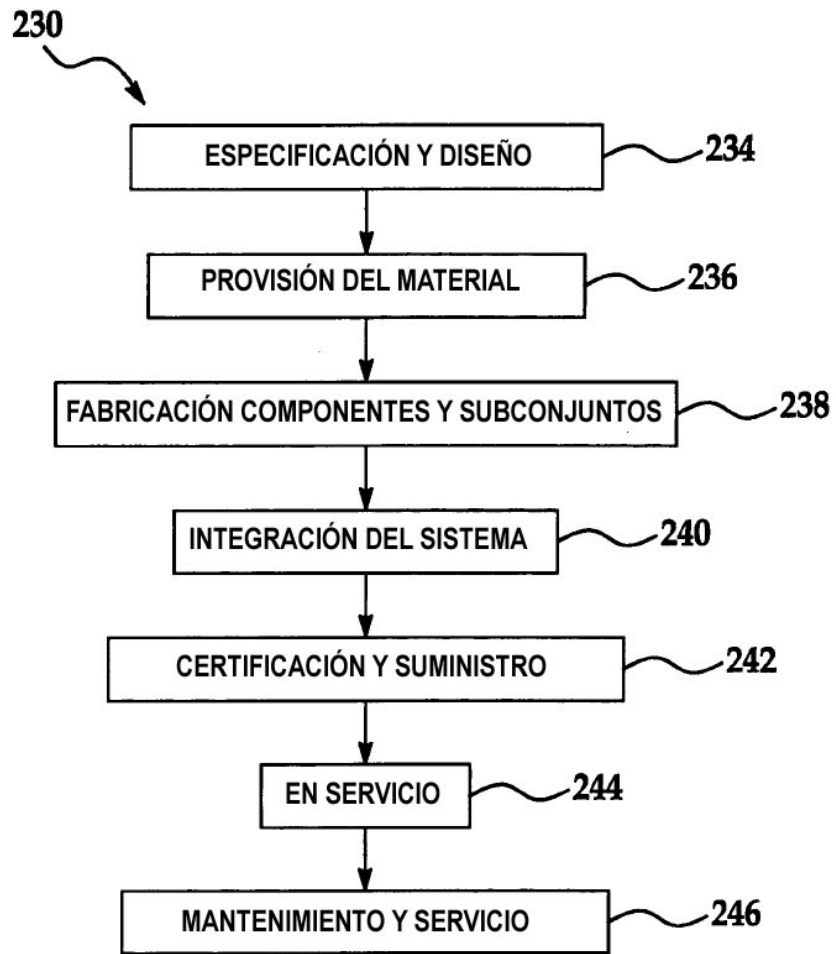


FIG. 30

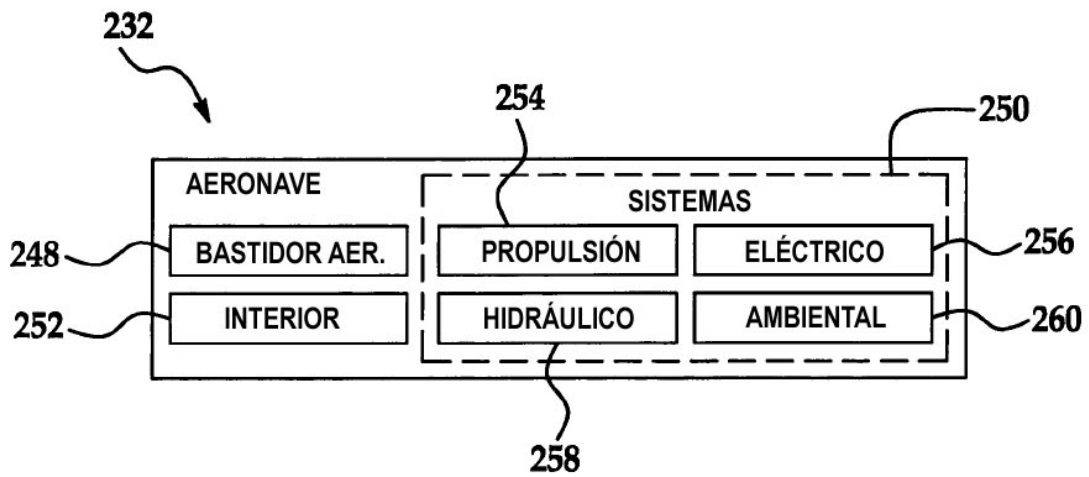


FIG. 31