

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 557 556**

51 Int. Cl.:

B29C 53/04 (2006.01)

B29C 70/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2011** **E 11701443 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.11.2015** **EP 2539134**

54 Título: **Moldeo continuo de estratificados termoplásticos**

30 Prioridad:

24.02.2010 US 711401

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

27.01.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**RUBIN, ALEXANDER, M.;
FOX, JAMES, R. y
WILKERSON, RANDALL, D.**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 557 556 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

Moldeo continuo de estratificados termoplásticos

Campo técnico

5 Esta invención se refiere generalmente a procedimientos para fabricar piezas de material compuesto termoplástico, y trata, más particularmente, de un método para moldear de forma continua formaciones en una longitud de un estratificado termoplástico previamente consolidado, especialmente formaciones que constituyen una forma en sección transversal sustancialmente cerrada.

Antecedentes

10 Existen diversos procedimientos para fabricar estratificados de material compuesto termoplástico (TPC – “thermoplastic composite”–). Además de procedimientos no continuos, tales como el prensado, la estampación y la conformación en autoclave, existen procedimientos continuos tales como la extrusión, la pultrusión, la conformación por rodillos y el moldeo por compresión. Más recientemente, se han desarrollado procedimientos para producir piezas de TPC en longitudes continuas utilizando un procedimiento de moldeo por compresión continuo. El procedimiento de pultrusión puede presentar limitaciones en cuanto a la orientación de las fibras, que puede imposibilitar un uso óptimo de los materiales compuestos por su resistencia y ahorro de peso. Los procedimientos de conformación en prensa y consolidación en autoclave pueden no producir con facilidad piezas que tengan formas en sección transversal cerradas, y pueden ser más costosos para volúmenes de producción más elevados.

15 El documento US 4.151.031 A muestra un método y un aparato para conformar material en lámina con formas estructurales continuas, particularmente adaptable a la conformación y unión de material plástico en lámina reforzado, en el que el material es calentado, conformado, unido, consolidado y enfriado en un procedimiento continuo.

20 El documento EP 1 995 040 A1 muestra un método para conformar, en un estratificado en forma de tira de múltiples láminas de fibra de refuerzo superpuestas unas sobre otras, dos dobleces con respecto a la configuración en sección transversal de la misma, de tal manera que, en la conformación de los dos dobleces mediante el uso de dos mandriles de conformación de doblez independientes el uno del otro, respectivamente los dos dados de conformación de doblez se disponen de un modo tal, que la distancia relativa entre ambos dados de conformación de doblez es modificable en la dirección perpendicular a la dirección longitudinal del estratificado conformado en lámina. Este método puede ser utilizado eficazmente en la producción de un moldeo de fibra de refuerzo con la modificación de la distancia entre los dos dobleces, a saber, la anchura de la porción de banda o calibre entre dos porciones de brida, a partir del estratificado en forma de tira, o en la producción de moldeo de resina reforzada con fibra (FRP) a partir de este.

25 En consecuencia, existe la necesidad de un método para fabricar piezas de material compuesto que permita la conformación posterior de longitudes continuas de un estratificado de TPC previamente consolidado, al tiempo que se conservan las propiedades estructurales favorables del estatificado previamente consolidado. Existe también la necesidad de un método para conformar piezas de estratificado de TPC que tengan formas en sección transversal sustancialmente cerradas, y que no esté limitado a la longitud de la pieza o a una configuración de apilamiento de capas.

Compendio

Se proporciona, en consecuencia, un método de acuerdo con la reivindicación 1, que satisface estas necesidades.

30 Las realizaciones divulgadas proporcionan un método para fabricar piezas de TPC en el que un estratificado previamente consolidado es conformado posteriormente con la forma deseada para la pieza bajo calor y presión controlados, utilizando un procedimiento de conformación posterior continua. El procedimiento de conformación posterior continua permite que se conserven las propiedades de comportamiento y/o estructurales especificadas y/o favorables del estratificado previamente consolidado una vez que el estratificado se ha moldeado por compresión con la forma deseada para la pieza. El método que se divulga permite que estratificados previamente consolidados con cualquier orientación o configuración de las capas sean conformados de forma continua, sin limitaciones en la longitud de la pieza. El método hace posible la producción de piezas que tienen secciones transversales sustancialmente cerradas y/o curvatura a lo largo de su longitud. El método de tratamiento resulta adecuado para uso con procedimientos y controles automatizados que pueden dar lugar a una producción a gran escala, eficiente y con bajo coste.

35 De acuerdo con una realización que se divulga, se proporciona un método para fabricar una pieza de material compuesto. El método incluye producir un estratificado de TPC previamente consolidado y aportar el estratificado previamente consolidado, de forma sustancialmente continua, a través de una zona de conformación. El estratificado previamente consolidado es calentado hasta una temperatura suficiente para permitir la conformación del estratificado, pero por debajo del punto de fusión del estratificado. Se conforman, de manera incremental, o paso a paso, una o más formaciones en el estratificado calentado, a medida que el estratificado es aportado a través de la

5 zona de conformación. La producción del estratificado de TPC previamente consolidado puede incluir formar un apilamiento de múltiples capas de un material termoplástico reforzado, moldear al menos una forma en el apilamiento, y consolidar a continuación el apilamiento conformado. La conformación paso a paso del estratificado calentado se lleva a cabo utilizando un conjunto de dados herramienta para moldear, respectivamente, porciones de la formación en el estratificado. La conformación de formaciones en el estratificado incluye conformar porciones del estratificado calentado sobre un mandril.

10 De acuerdo con otra realización divulgada, se proporciona un método de moldeo por compresión continuo para producir una pieza alargada que tiene una sección transversal cerrada. El método comprende aportar un estratificado de TPC previamente consolidado de forma sustancialmente continua a través de una máquina de moldeo por compresión. El estratificado es reblandecido al calentarlo hasta una temperatura que se encuentra por debajo de su punto de fusión. El método incluye moldear porciones de formaciones en el estratificado reblandecido, utilizando secuencialmente diferentes dados herramienta de la máquina a medida que el estratificado es aportado a través de la máquina. El moldeo del estratificado incluye la conformación de porciones del estratificado calentado en torno a un mandril para cerrar, al menos parcialmente, la sección transversal de la pieza moldeada. El aporte del estratificado previamente consolidado de forma sustancialmente continua a través de la máquina de moldeo por compresión puede llevarse a cabo a lo largo de una trayectoria curva.

15 Las realizaciones divulgadas satisfacen la necesidad de un método para fabricar longitudes continuas de una pieza de material compuesto que tiene cualquiera de entre diversas formas de sección transversal, incluyendo formas cerradas, utilizando moldeo continuo de estratificados previamente consolidados, sin comprometer las propiedades estructurales del estratificado previamente consolidado durante el procedimiento de moldeo.

20 La Figura 1 es una ilustración de una vista en perspectiva de una pieza de TPC convencional fabricada por el método que se divulga.

La Figura 2 es una ilustración de una vista esquemática que muestra una máquina de conformación posterior adecuada para conformar longitudes continuas de la pieza de TPC que se ha mostrado en la Figura 1.

25 Las Figuras 3A-3G son vistas en corte que muestran secuencialmente el moldeo incremental, o paso a paso, de la pieza de la Figura 1, utilizando la máquina ilustrada en la Figura 2.

La Figura 4 es una ilustración de un perfil de temperaturas del estratificado de TPC durante el procedimiento de moldeo.

30 Las Figuras 5-8 son ilustraciones que muestran, respectivamente, el modo como estratificados de TPC previamente consolidados pueden ser conformados en piezas que tienen diversas formaciones utilizando el método que se divulga.

La Figura 9 es una ilustración de una vista en corte y fragmentaria que muestra el modo como pueden utilizarse dados herramienta para conformar formaciones curvas en la sección transversal del estratificado de TPC.

35 La Figura 10 es una ilustración de un diagrama que muestra el uso de dados opuestos para moldear longitudes continuas de una pieza recta.

La Figura 11 es una ilustración similar a la Figura 10, pero que muestra el moldeo de un estratificado de TPC en segmentos a lo largo de una trayectoria curva utilizando dados herramienta planos.

La Figura 12 es una ilustración similar a la Figura 11, pero que muestra el moldeo de un estratificado de TPC a lo largo de una trayectoria curva utilizando dados herramienta curvos.

40 La Figura 13 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método para fabricar una pieza de TPC utilizando moldeo por compresión continuo de un estratificado previamente consolidado.

La Figura 14 es un diagrama de flujo de metodología de producción y servicio aeronáuticos.

La Figura 15 es un diagrama de bloques de una aeronave.

Descripción detallada

45 Las realizaciones que se divulgan proporcionan un método para fabricar una pieza de TPC en un procedimiento continuo. El método puede ser empleado para fabricar piezas de TPC de utilidad en un amplio abanico de aplicaciones que incluyen, sin limitación, una aeronave. Las piezas pueden ser utilizadas en diversas industrias para un amplio abanico de aplicaciones estructurales y no estructurales. En la industria aeronáutica, el método puede ser empleado para producir piezas tales como vigas de quilla, vigas de suelo, vigas de cubierta, refuerzos, armazón de fuselaje y elementos de aporte de rigidez, por nombrar solo unas pocas. Así, pues, tal y como se utilizan aquí, los términos «pieza» o «piezas» se refieren a un amplio abanico de miembros y estructuras que pueden utilizarse o no para proporcionar un refuerzo o aporte de rigidez estructural. Como se explicará más adelante con mayor detalle, las piezas pueden hacerse en longitudes continuas y pueden ser rectas o tener una o más curvaturas a lo largo de sus

longitudes.

Haciendo referencia, a continuación, a las Figuras 1 y 2, puede fabricarse una pieza de TPC 20 en longitudes continuas de acuerdo con el método que se divulga, utilizando una máquina de conformación posterior 22. En este ejemplo, la pieza de TPC 20 incluye una pared de fondo 24 y paredes laterales 26, que forman una sección transversal sustancialmente en forma de U. Un par de viseras vueltas hacia dentro 28, situadas en las paredes laterales 26, dan como resultado una forma de sección transversal sustancialmente cerrada que tiene una cavidad a modo de conducto 30 a lo largo de la longitud de la pieza 20. Tal y como se utilizan aquí, las expresiones «sección transversal cerrada» y «sección transversal sustancialmente cerrada» se refieren a una forma de sección transversal de la pieza 20 que se encuentra al menos parcialmente cerrada en torno a su periferia y/o que puede impedir normalmente la extracción de herramientas (no mostradas) de la abertura 30 utilizando técnicas de moldeo convencionales. Si bien la pieza 20 ilustrada en la Figura 1 tiene una sección transversal generalmente rectangular, son posibles una variedad de formas de sección transversal diferentes, tal y como se expondrá más adelante con mayor detalle.

Haciendo referencia, en particular, a la Figura 2, un estratificado de TPC previamente consolidado y recto, sustancialmente plano o parcialmente conformado 32 es aportado linealmente en la dirección de la flecha 34 a través de la máquina de conformación ulterior 22, la cual conforma una o más formaciones en el estratificado 32, a lo largo de su longitud, con el fin de conformar la pieza 20. La expresión «conformación posterior» hace referencia al hecho de que el estratificado 32 es conformado en formas una vez que ha sido consolidado y, en algunos casos, una vez que ha sido también previamente conformado. En el caso de la pieza 20 que se ilustra en la Figura 1, las formaciones conformadas por la máquina de conformación posterior 22 incluyen las paredes laterales 26 y las viseras 28. La máquina de conformación posterior 22 incluye, en sentido amplio, una zona de calentamiento 36, una zona de conformación 38 que también puede ser calentada, una zona de enfriamiento 40 que puede formar parte de la zona de conformación 38 en algunas realizaciones, y un mecanismo pulsante 42.

El estratificado de TPC previamente consolidado 32 está hecho de capas individuales (no mostradas) que comprenden una matriz de resina de polímero termoplástico tal como, sin limitación, polieteretercetona (“PEEK” – “polyetheretherketone”–), polietercetona (“PEKK” – “polyetherketoneketone”–), polifenilsulfona (“PPS” – “polyphenylsulfone”–), polieterimida (“PEI” – “polyetherimide”–), que puede ser reforzada con un componente fibroso tal como vidrio (de tipo s o de tipo e) o fibra de carbono (no mostrado). Las fibras de refuerzo del interior de cada capa pueden estar orientadas en una disposición unidireccional o no uniforme, dependiendo de la aplicación particular. Los tipos, espesores y cantidades de fibra relativos del interior de la matriz de polímero, así como el tipo de matriz de polímero utilizada en cada capa, pueden variar ampliamente basándose en numerosos factores, incluido el coste y las propiedades físicas y mecánicas finales deseadas para la pieza 20.

El estratificado 32 puede ser previamente consolidado utilizando cualquiera de diversos procedimientos, incluyendo, aunque sin estar limitados por estos, embolsamiento por vacío, tratamiento en autoclave o moldeo por compresión convencionales, en una máquina tal como la divulgada en la Solicitud de Patente de los EE.UU. de Serie Nº 11/347.122, depositada el 2 de febrero de 2006.

En la máquina de moldeo por compresión descrita en la Solicitud de Patente de los EE.UU. que se acaba de mencionar, un apilamiento de superposición plana (no mostrada) o una pieza previamente conformada (no mostrada) es aportada a través de una zona de consolidación de la máquina, en la que es calentada hasta el punto de fusión de la matriz termoplástica y se comprime utilizando dados para formar un estratificado de material compuesto termoplástico, integrado y consolidado, que puede ser entonces conformado con una variedad de formas en el interior de la máquina.

El mecanismo pulsante 42 de la máquina de conformación posterior 22 mueve de forma incremental, o paso a paso, el estratificado previamente consolidado 32 de manera sustancialmente continua, por pasos, a través de la zona de moldeo 38 que incluye una serie de dados herramienta 38a-38g, algunos de los cuales incluyen mitades de dado izquierda y derecha que tienen una forma progresiva. Estas mitades de dado pueden también envolverse sobre la parte superior del estratificado 32 que está siendo formado cerca del extremo de la zona de conformación 38. En lugar del mecanismo pulsante 42, pueden utilizarse otros tipos de mecanismos para desplazar el estratificado previamente consolidado 32 de una manera similar. Como se explicará con mayor detalle más adelante, cada uno de los dados herramienta 38a-38g moldea al menos una porción de una formación en el estratificado previamente consolidado 32. También, ha de apreciarse aquí que los dados herramienta 38a-38g pueden no estar separados unos de otros, sino que pueden, en lugar de ello, componer un único dado que tiene múltiples formas de dado independientes conformadas en él, de tal manera que, con cada compresión del estratificado 32 por este dado único, se conforman múltiples porciones diferenciadas de la forma deseada.

Se aplica presión tanto al estratificado 32 como a las partes de los dados herramienta 38a-38g con el fin de comprimir el estratificado previamente consolidado 32 en un único movimiento independiente pero coordinado. A continuación de una compresión en la que se moldean porciones de una formación en el estratificado previamente consolidado 32, los dados 38a-38g son abiertos simultáneamente y el estratificado 32 se hace avanzar un paso por el mecanismo pulsante 42, a continuación de lo cual los dados 38a-38g son simultáneamente cerrados de nuevo, con lo que se comprime el estratificado 32 para conformar otra porción (esto es, una sección lineal) de la formación.

Un dispositivo de calentamiento (no mostrado) existente en la zona de calentamiento 36 calienta el estratificado previamente consolidado 32 hasta una temperatura preseleccionada que es suficientemente alta para provocar el reblandecimiento del estratificado 32 a fin de que pueda ser subsiguientemente conformado, pero que se encuentra por debajo de la temperatura a la que el componente polimérico del estratificado 22 supera su punto de fusión. La zona de calentamiento 36 puede incluir uno de diversos dispositivos adecuados para calentar el estratificado 32, incluyendo un horno (no mostrado) o lámparas de calentamiento por infrarrojos (no mostradas), aunque sin estar limitado por estos. Siguiendo al moldeo de una o más formaciones en el estratificado 32 en la zona de conformación 38, el estratificado 32 es enfriado a medida que pasa a través de la zona de enfriamiento 40, la cual puede incluir, sin limitación, el enfriamiento activo de las herramientas que entran en contacto con el estratificado 32, o ventiladores o soplantes que hacen pasar aire ambiental o enfriado sobre la pieza moldeada 20 a medida que esta sale de la zona de conformación 38.

A continuación, se dirige la atención a las Figuras 3A-3G, que ilustran la secuencia en la que porciones en cooperación de los dados herramienta 38a-38g conforman de manera incremental el estratificado plano 32 hasta obtener la pieza conformada 20 que se ha mostrado en la Figura 1. Comenzando por la Figura 3A, el estratificado plano previamente consolidado 32 pasa a través del primer conjunto de dados herramienta 38a, el cual comprende una base de herramienta 46 y un bloque de herramienta rectangular 44 al que también se hace referencia en esta memoria como mandril 44. Específicamente, el estratificado plano 32 pasa entre la base de herramienta 46 y el mandril 44 a medida que es hecho avanzar por el mecanismo pulsante 42.

La Figura 3B ilustra el estratificado plano 32 una vez que ha avanzado al interior del siguiente conjunto de dados herramienta 3b, que comprende el mandril 44, la base 46 y un par de mitades de dado opuestas y movibles lateralmente 50. Una presión hacia abajo aplicada al mandril 44, según se indica por las flechas F1, fuerza el estratificado 32 contra la base de herramienta 46, a la vez que las mitades de dado herramienta laterales 50 son forzadas hacia dentro, contra el estratificado 32, tal como se muestra por las flechas F2. Las mitades de dado herramienta laterales 50 tienen superficies herramienta inclinadas 50a que comprimen las porciones laterales 32a del estratificado 32, con lo que se conforma parcialmente el estratificado 32. Similarmente, el siguiente conjunto de dados herramienta 38c, que se muestra en la Figura 3C, comprende un mandril 44, una base de herramienta 46 y un par de mitades de dado herramienta laterales 52 que tienen superficies de herramienta inclinadas 52a que comprimen y conforman adicionalmente las porciones laterales 32a del estratificado 32.

A medida que el estratificado 32 continúa desplazándose de la manera sustancialmente continua, por pasos, a través de la zona de conformación 38, pasa a través del siguiente conjunto de dados herramienta 38f, que comprende el mandril 44, la base de herramienta 46 y un par de mitades de dado herramienta laterales 54. Las mitades de dado herramienta laterales 54 incluyen superficies de herramienta 54a que se han configurado para comprimir las porciones laterales 32a del estratificado 32 contra los lados 44a del mandril 44, con lo que se completa la conformación de las paredes laterales 26 (Figura 1) de la pieza 20.

El siguiente conjunto de dados herramienta 38e, que se muestra en la Figura 3E, comprende el mandril 44, la base de herramienta 46 y otro par de mitades de dado herramienta laterales 58 que incluyen superficies de herramienta 58a que comprimen y conforman parcialmente los extremos laterales 56 del estratificado 32 hacia dentro, el uno hacia el otro, y parcialmente por encima de la pared superior 44b del mandril 44. El siguiente conjunto de dados herramienta 38d, mostrado en la Figura 3D, es similar al que se ha mostrado en la Figura 3E excepto por que las mitades de dado herramienta laterales 60 tienen superficies de herramienta 60a que conforman parcialmente, de manera adicional, los extremos laterales 56 del estratificado 32 hacia abajo, sobre la pared superior 44b del mandril 44.

Por último, como se muestra en la Figura 3G, el estratificado 32 parcialmente conformado entra en el conjunto final de dados herramienta 38g, que comprende el mandril 44, un dado herramienta inferior 62 generalmente con forma de U, y un dado herramienta superior 64 sustancialmente plano. El dado superior 64 se desplaza hacia abajo, tal como se muestra por las flechas F1, por lo que comprime y conforma los extremos laterales 56 del estratificado 32 sobre la superficie superior 44b del mandril 44, conformando de este modo las viseras 28 (Figura 1) de la pieza 20.

Como se ha mencionado anteriormente, el estratificado previamente consolidado 32 es calentado hasta una temperatura de conformación dentro de la zona de calentamiento 36, antes de entrar en la zona de conformación 38. En algunas realizaciones, pueden calentarse uno o más conjuntos de los dados herramienta 38a-38g con el fin de mantener la temperatura del estratificado 32 lo suficiente alta para que el estratificado 32 permanezca lo bastante reblandecido para conformarse por moldeo por compresión, pero aún por debajo del punto de fusión del estratificado 32.

La Figura 4 ilustra gráficamente un perfil de temperaturas típico 66 del estratificado 32 en función del tiempo, que también corresponde a la posición del estratificado 32 conforme este se desplaza a través de la máquina de conformación posterior 22. La temperatura del estratificado 32 se hace ascender inicialmente en rampa según se indica por la referencia 66a, antes de alcanzar una temperatura de conformación preseleccionada 66b y mantenerse en ella. El estratificado 32 permanece a la temperatura de conformación 66b conforme avanza a través de los conjuntos de dados herramienta 38a-38g. El estratificado 32 es entonces sometido a un enfriamiento en rampa descendente 66c que puede ser controlado por la magnitud del enfriamiento efectuado dentro de la zona de

enfriamiento 40 y por la velocidad a la que el estratificado 32 pasa a través de la zona de enfriamiento 40. De nuevo, como se ha mencionado anteriormente, la sección del estratificado 32 dispuesta dentro de la zona de conformación 38 es mantenida sustancialmente a la temperatura de conformación preseleccionada 66b durante el moldeo por compresión. Al mantener la temperatura del estratificado 32 por debajo de su punto de fusión a todo lo largo del procedimiento de moldeo, incluyendo el ascenso y el descenso en rampa de la temperatura, se conservan las propiedades favorables de comportamiento y/o estructurales del estratificado previamente consolidado 32, y estas son, por tanto, exhibidas por la pieza totalmente conformada 20.

En el caso de la pieza que se ha mostrado en la Figura 1 y en las Figuras 3A-3G, la conformación de la pieza 20 comienza con un estratificado previamente consolidado 32 sustancialmente plano. Dependiendo de la forma y características finales de la pieza 20, puede ser necesario o deseable utilizar un estratificado previamente consolidado 32 que haya sido previamente conformado a lo largo de su longitud a medida que las capas de TPC reforzadas se han ido apilando y/o previamente consolidando. Por ejemplo, tal como se ha mostrado en la Figura 5, un estratificado previamente consolidado 70 es conformado previamente con la forma de una sección transversal generalmente en forma de I. Puede utilizarse entonces una combinación de dados herramienta (no mostrados) y bloques o mandriles de conformación 72 a fin de conformar los extremos 74a de cada visera 74 hacia abajo sobre los mandriles 72, de lo que resulta la forma en sección transversal sustancialmente cerrada que se ha indicado por la flecha 76.

La Figura 6 muestra el uso de un estratificado previamente conformado y previamente consolidado 78 que tiene una sección transversal en forma de "L" que puede haberse conformado mediante el procedimiento de conformación posterior previamente descrito con el fin de producir una forma de sección transversal sustancialmente cerrada 84 mediante la conformación de los extremos 82 del estratificado previamente conformado 78 hacia abajo, sobre el mandril 80.

La Figura 7 ilustra un estratificado previamente consolidado 86 que ha sido previamente conformado con una sección transversal en "T" invertida. El estratificado previamente conformado 86 se moldea con una forma de sección transversal según se indica por la flecha 92, en la que los extremos 88 del estratificado 86 se han conformado sobre unos mandriles 90 para producir la forma en sección transversal sustancialmente cerrada 92.

La Figura 8 ilustra aún otro estratificado previamente consolidado 94 que ha sido previamente conformado con una sección transversal sustancialmente en "U". Se utilizan un mandril 98 y dados herramienta 100 en combinación con dados herramienta adicionales (no mostrados) durante el procedimiento de conformación posterior que se divulga, a fin de conformar los extremos 96 del estratificado 94 hacia fuera y hacia abajo sobre el dado herramienta 100, con lo que se conforma una forma en U modificada 102 que tiene unas bridas 96a vueltas hacia fuera.

Las Figuras 5-8 ilustran tan solo unos pocos ejemplos de estratificados previamente conformados y previamente consolidados que pueden ser reconformados de acuerdo con las realizaciones que se divulgan, y que, por tanto, no deben ser interpretados como limitativos. Es posible la reconformación de otros estratificados previamente conformados y previamente consolidados. Por ejemplo, y sin limitación, un estratificado previamente consolidado que tiene una sección transversal en "L" o en "U" (no mostrada) puede ser reconformado con una sección transversal en "Z" (no mostrada), y un estratificado previamente consolidado que tiene una sección transversal en "T" (no mostrada) puede ser reconformado con una sección transversal en "J" (no mostrada).

Los ejemplos anteriormente descritos ilustran técnicas en las que se conforman piezas del estratificado 32 sobre superficies de dado herramienta sustancialmente planas. Sin embargo, tal como se muestra en la Figura 9, los dados herramienta 101, 103 pueden incluir superficies curvas 101a, 103a, respectivamente, las cuales pueden ser utilizadas en combinación con un mandril 107 para formar superficies curvas en un estratificado 94, tal como las bridas curvadas hacia abajo 96a.

Se dirige ahora la atención a la Figura 10, que ilustra esquemáticamente partes de la máquina de conformación posterior 22 en la que un estratificado previamente consolidado 32 es precalentado, según se indica por la referencia 104, para reblandecer el estratificado 32 antes de ser conformado por uno o más conjuntos de dados herramienta 108. Los dados 108 están montados en elementos de prensa 106 que aprietan los dados 108 contra el estratificado 32 al objeto de conformar el estratificado 32 hasta obtener una pieza terminada 110. En este ejemplo, el estratificado 32 se desplaza a lo largo de una trayectoria sustancialmente recta 34 y los datos herramienta 108 tienen perfiles sustancialmente planos, consistentes con la trayectoria en línea recta del avance del estratificado 32 a través de la máquina 22.

En otras realizaciones, el estratificado previamente consolidado 32 puede ser conformado hasta obtener una pieza que presenta curvatura a lo largo de su longitud. Por ejemplo, haciendo referencia a la Figura 11, puede aportarse un estratificado previamente consolidado 32 sustancialmente recto a través de uno o más conjuntos de dados herramienta 108, los cuales pueden ser sustancialmente rectos en perfil pero pueden estar situados formando un ángulo θ con el eje 112 a lo largo del cual es aportado el estratificado 32 a través de la máquina de formación posterior 22. Como resultado de esta disposición, los dados herramienta 108 conforman una serie de tramos sustancialmente rectos 116 del estratificado 32 de manera que queden dispuestos ligeramente en ángulo unos con respecto a otros, a fin de producir una pieza 110 que es sustancialmente curva en el sentido de la pieza, a lo largo

de su longitud. La pieza conformada 110 puede ser aportada a través de una serie de guías 114, a lo largo de una trayectoria curva 115 que tiene un radio de curvatura "R".

La Figura 12 ilustra otra realización para el moldeo por compresión continuo de un estratificado 32 para producir una pieza 110 que tiene una curvatura 115 a lo largo de su longitud. En este ejemplo, los dados herramienta 108a poseen perfiles curvos que son transferidos al estratificado 32 durante el moldeo, al objeto de conformar una pieza 110 que tiene una curvatura sustancialmente continua con un radio de curvatura "R", en contraposición con los segmentos planos 116 de la pieza 110 que se ha mostrado en la Figura 11.

A continuación, se dirige la atención a la Figura 13, que ilustra las etapas de un método para el moldeo continuo de estratificados termoplásticos. Comenzando por la referencia 118, se forma un apilamiento estratificado de TPC de múltiples capas. El apilamiento es entonces previamente consolidado en la etapa 120 utilizando cualquiera de diversas técnicas según se ha descrito anteriormente, que incluyen procedimientos de embolsamiento por vacío o de moldeo por compresión continuo. Según se indica por la referencia 122, pueden conformarse formas en el estratificado previamente consolidado, a lo largo de su longitud, utilizando herramientas de conformación durante el apilamiento, o dados herramienta en una máquina CCM (no mostrada), que se utiliza para consolidar y conformar el apilamiento estratificado. La conformación de las formas en la etapa 122 puede llevarse a cabo como parte de la etapa de consolidación previa 120. A continuación, según se indica por la referencia 124, el estratificado previamente consolidado 32 se calienta hasta una temperatura de conformación que se encuentra por debajo del punto de fusión del estratificado, a fin de reblandecer el estratificado 32 en preparación para su conformación. Según se indica por la referencia 126, el estratificado calentado es aportado de forma sustancialmente continua a través de uno o más conjuntos de dados herramienta 38a-38g. Como se muestra por la referencia 128, los dados herramienta 38a-38g son utilizados para conformar de manera incremental formaciones en el estratificado 32 calentado, conforme el estratificado 32 es aportado a través de los dados 38a-38g. Opcionalmente, en la etapa 130, los dados herramienta 38a-38g pueden ser utilizados para formar una curvatura 115 en el estratificado 32 a lo largo de su longitud. A continuación del procedimiento de conformación, el estratificado conformado es enfriado según se indica por la referencia 132.

Realizaciones de la invención pueden encontrar uso en una variedad de aplicaciones potenciales, particularmente en la industria del transporte, incluyendo, por ejemplo, aplicaciones aeroespaciales, marinas y de automoción. Así, pues, haciendo referencia a continuación a las Figuras 14 y 15, realizaciones de la invención pueden ser utilizadas en el contexto de un método 140 de fabricación y servicio de aeronaves según se muestra en la Figura 14, y en una aeronave 142 según se muestra en la Figura 15. Las aplicaciones aeronáuticas de las realizaciones que se divulgan pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, miembros de material compuesto dotados de rigidez, tales como vigas, elementos de aporte de rigidez, soportes, superficies de control, ventanillas, paneles de suelo, paneles de puerta, paneles de acceso y empenajes, por nombrar tan solo unos pocos. Durante la preproducción, el método 140 proporcionado a modo de ejemplo puede incluir la especificación y el diseño, 144, de la aeronave 142 y el suministro de materiales, 146. Durante la producción, tiene lugar la fabricación de componentes y subconjuntos, 48, y la integración de sistemas, 150, de la aeronave 142. Tras ello, la aeronave 142 puede pasar a certificación y entrega, 152, al objeto de su puesta en servicio, 154. Mientras está en servicio por parte de un cliente, se programa el mantenimiento y servicio rutinarios, 156, de la aeronave 142 (que pueden también incluir la modificación, remozado, retoque y otras intervenciones).

Cada uno de los procedimientos del método 140 puede ser efectuado o llevado a cabo por un sistema integrador, un tercero y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los propósitos de esta descripción, un sistema integrador puede incluir, sin limitación, un número cualquiera de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, un número cualquiera de comerciales, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una compañía arrendadora, una entidad militar, una organización de servicio y otras entidades.

Tal como se muestra en la Figura 15, la aeronave 142 producida por el método 140 proporcionado a modo de ejemplo puede incluir un fuselaje 158 provisto de una pluralidad de sistemas 160, y un interior 162. Las piezas de TPC producidas mediante el método divulgado pueden ser utilizadas en el fuselaje 158 o en el interior 162. Ejemplos de sistemas de alto nivel 160 incluyen uno o más de entre un sistema de propulsión 164, un sistema eléctrico 166, un sistema hidráulico 168 y un sistema 170 de entorno. Puede incluirse un número cualquiera de otros sistemas diferentes. Si bien se ha mostrado un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención pueden ser aplicados a otras industrias, tales como las industrias marina y de automoción.

Los sistemas y métodos materializados en esta memoria pueden ser empleados durante una cualquiera o más de las etapas del método de producción y servicio 140. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos de TPC correspondientes al procedimiento de producción 148 pueden ser fabricados o manufacturados de una manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 142 se encuentra en servicio. También, pueden utilizarse una o más realizaciones del método durante las etapas de producción 148 y 150, por ejemplo, agilizando sustancialmente el ensamblaje de una aeronave 142 o reduciendo el coste de la misma. Similarmente, pueden utilizarse una o más realizaciones de método para producir piezas de TPC que se instalan mientras la aeronave se encuentra en servicio, o durante el mantenimiento y servicio 156.

Aunque las realizaciones de esta invención se han descrito con respecto a ciertas realizaciones proporcionadas a modo de ejemplo, ha de entenderse que las realizaciones específicas son para propósitos de ilustración y no de limitación, ya que a los expertos de la técnica se les ocurrirán otras variantes,

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método para fabricar una pieza de material compuesto, que comprende:
producir (120) un estratificado termoplástico previamente consolidado (32);
5 suministrar (126) el estratificado previamente consolidado (32) de forma sustancialmente continua a través de una zona de conformación (38);
calentar (124) el estratificado previamente consolidado (32) hasta una temperatura suficiente para permitir la conformación del estratificado, pero por debajo de la temperatura de fusión del estratificado; y
conformar de forma incremental (128; 130) formaciones en secciones del estratificado calentado, a medida que el
10 estratificado calentado es aportado a través de la zona de conformación (38), caracterizado por que la conformación de forma incremental de formaciones en secciones del estratificado calentado se lleva a cabo mediante el uso de un conjunto de dados herramienta individuales (38a-38g; 100; 101, 103; 108; 108a) para moldear, respectivamente, porciones de las formaciones en el estratificado, de tal manera que la conformación incremental de formaciones en secciones del estratificado calentado incluye conformar porciones del estratificado calentado sobre un mandril (44; 72; 80; 90; 98; 107).
- 15 2.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:
enfriar el estratificado una vez que se han conformado las formaciones en el estratificado.
- 3.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la producción del estratificado termoplástico previamente consolidado incluye:
formar un apilamiento de múltiples capas de un material termoplástico reforzado,
20 moldear al menos una forma en el apilamiento,
consolidar el apilamiento conformado.
- 4.- El método de acuerdo con la reivindicación 2, en el cual:
el calentamiento del estratificado previamente consolidado (32) se lleva a cabo en una sección cada vez, y
el enfriamiento del estratificado previamente consolidado (32) se lleva a cabo en una sección cada vez.
- 25 5.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el aporte del estratificado previamente consolidado, de forma sustancialmente continua a través de una zona de conformación (38), se lleva a cabo a lo largo de una trayectoria curva.
- 6.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la conformación de forma incremental de formaciones en secciones del estratificado calentado incluye moldear una curvatura en el estratificado, a lo largo de su longitud.
- 30

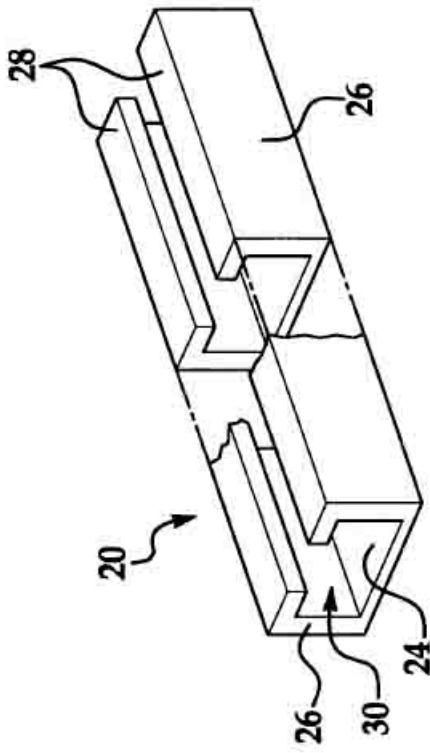


FIG. 1

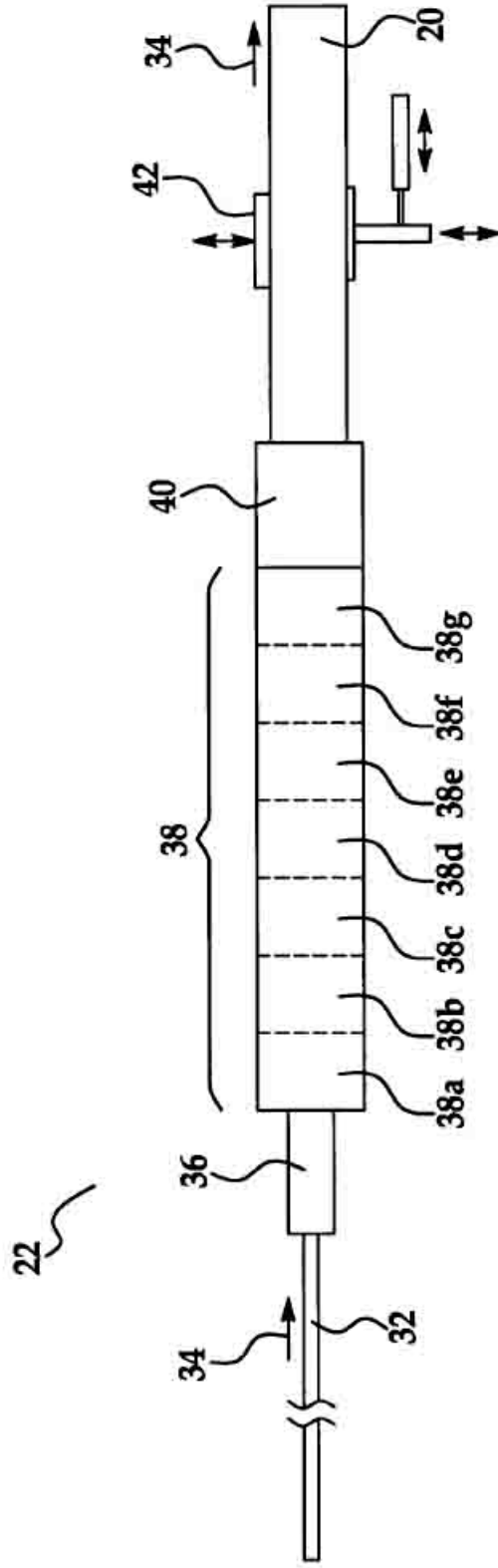


FIG. 2

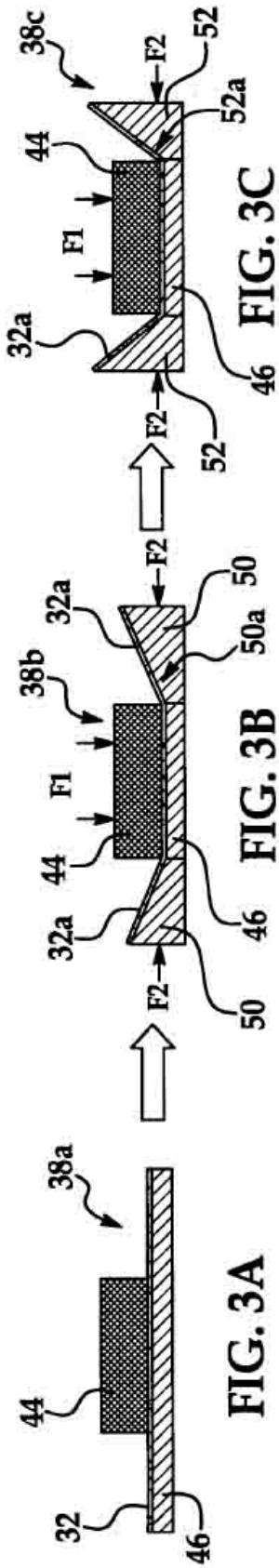


FIG. 3A

FIG. 3C

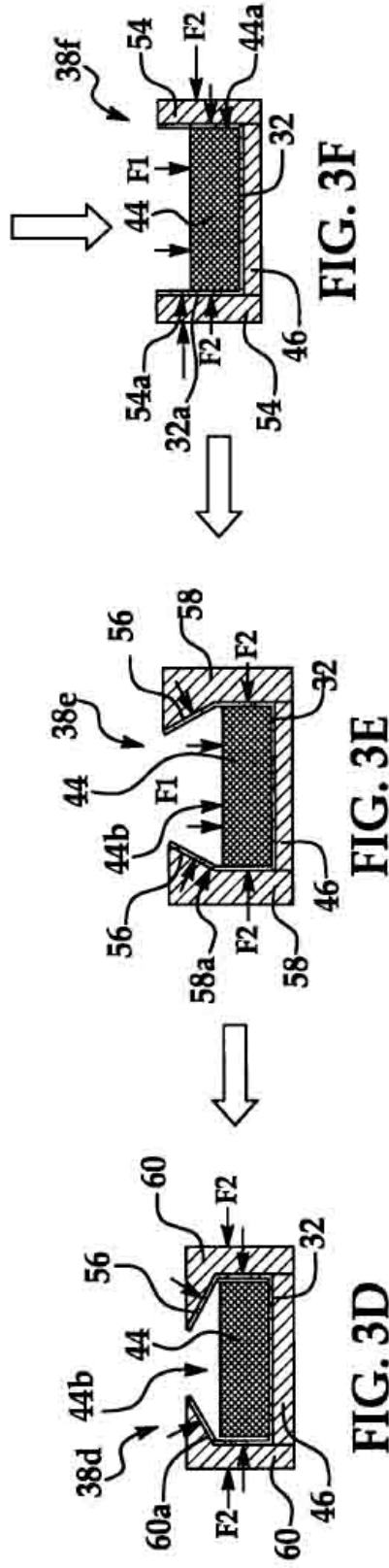


FIG. 3D

FIG. 3E

FIG. 3F

FIG. 3G

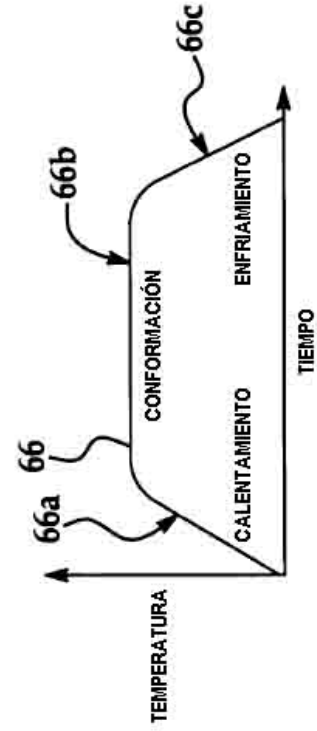


FIG. 4

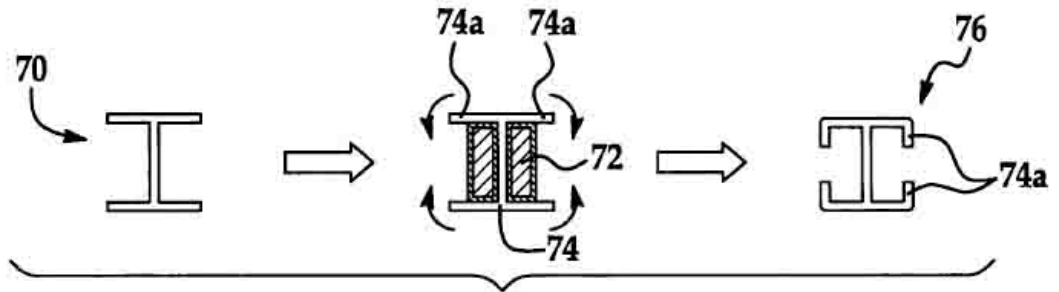


FIG. 5

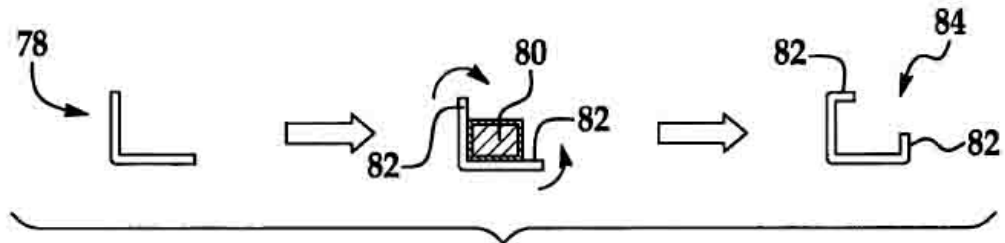


FIG. 6

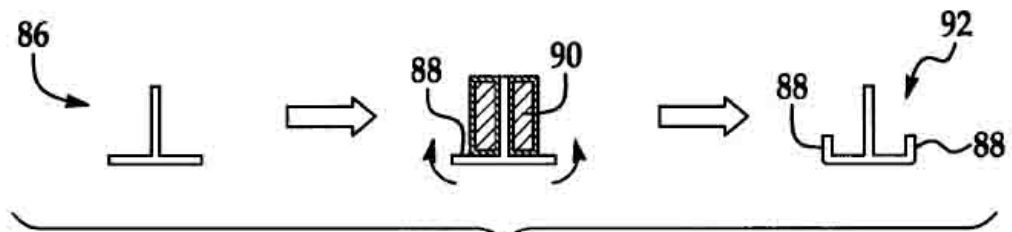


FIG. 7

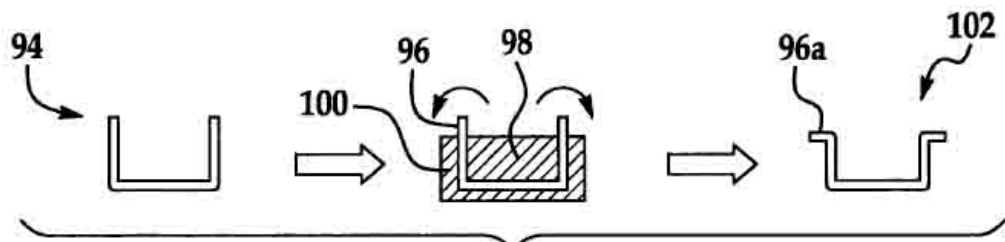


FIG. 8

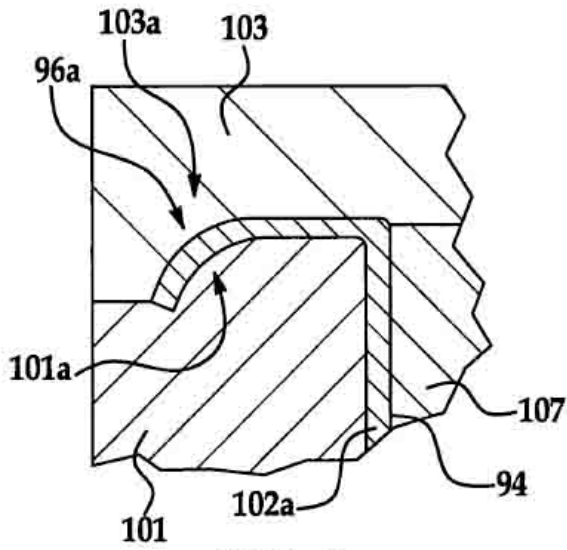


FIG. 9

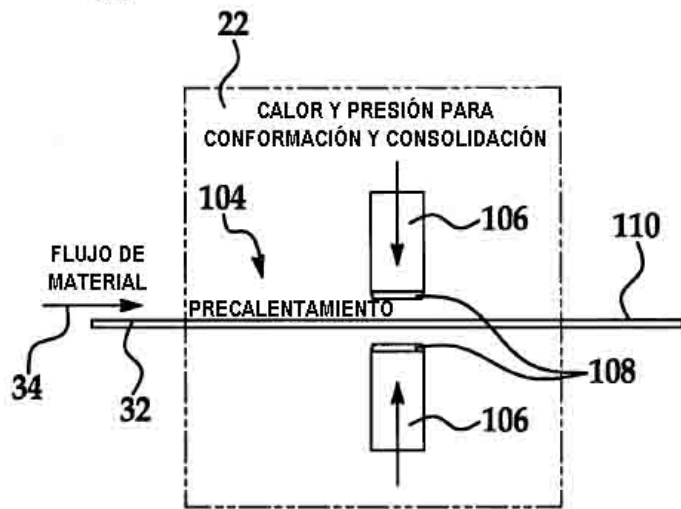


FIG. 10

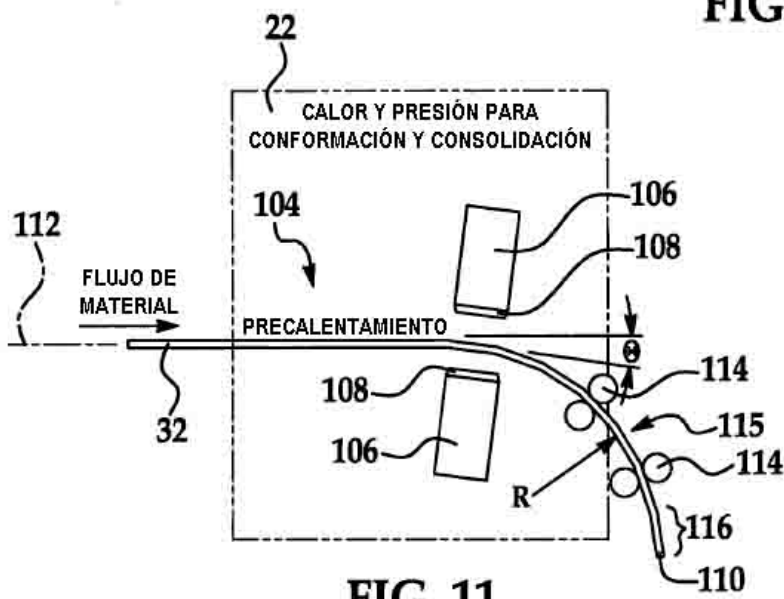


FIG. 11

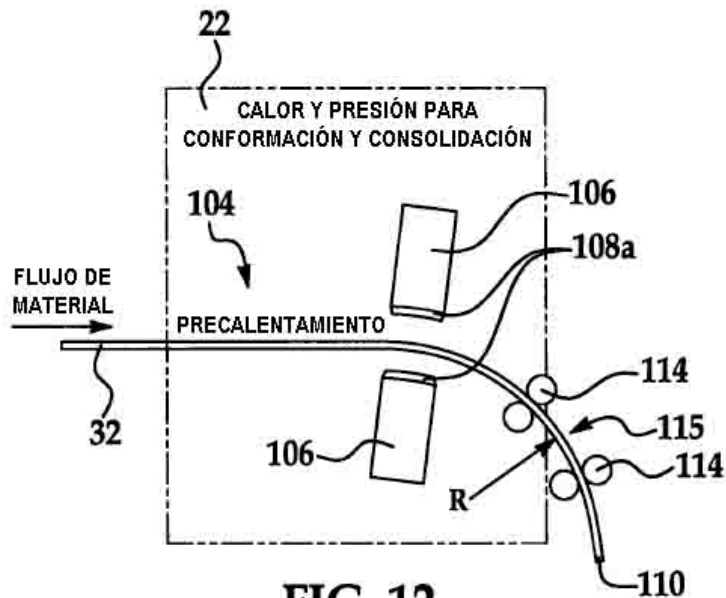


FIG. 12

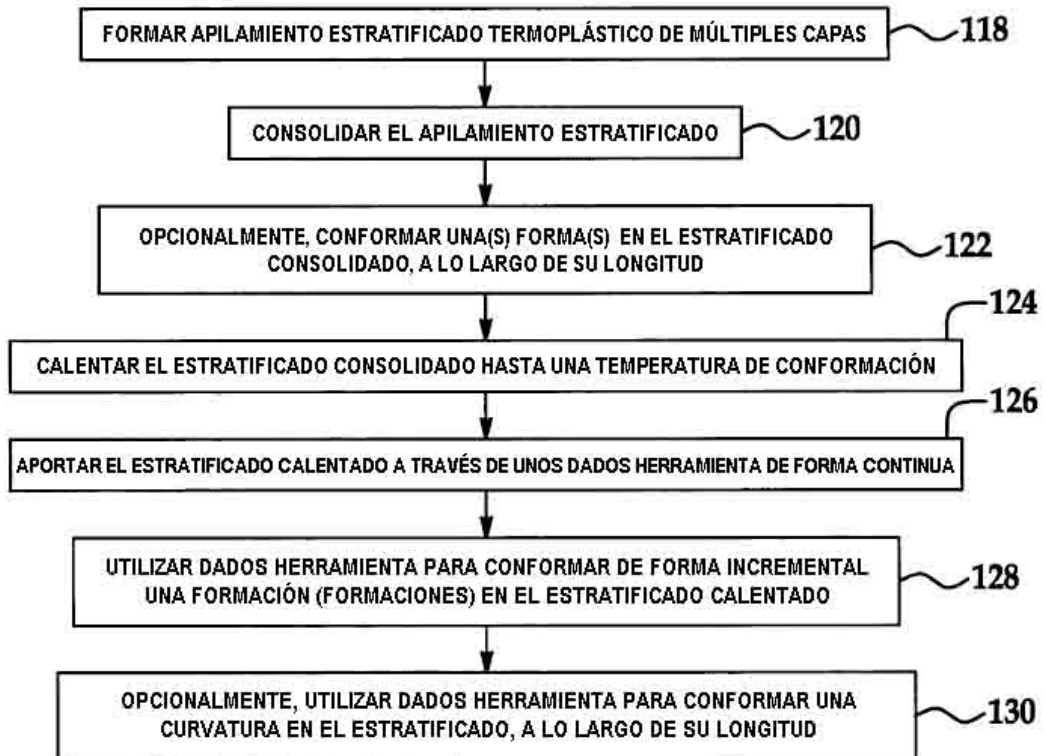


FIG. 13

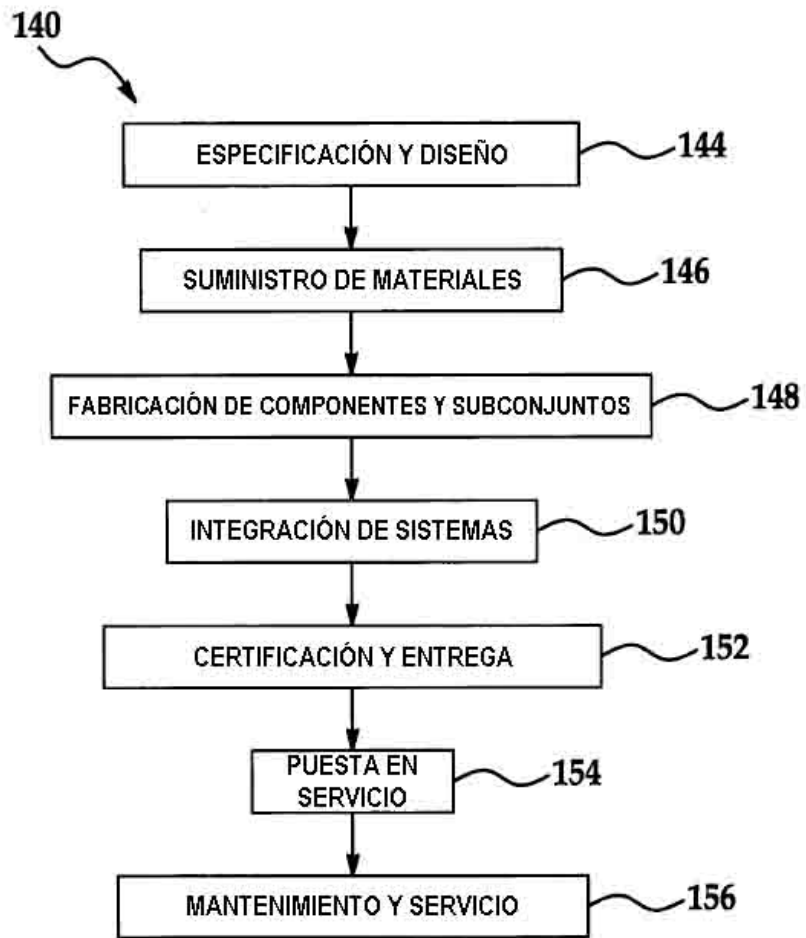


FIG. 14

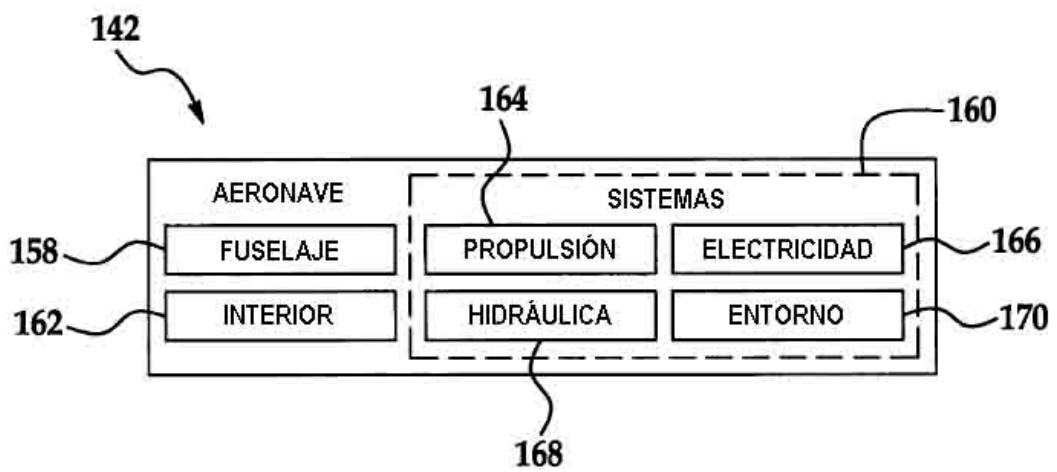


FIG. 15