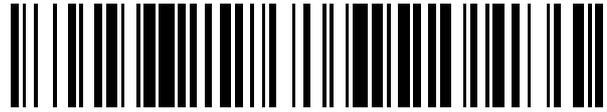


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 770 400**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/50**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.09.2013 PCT/US2013/058670**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.05.2014 WO14070305**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2013 E 13773445 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2019 EP 2914415**

54 Título: **Método y aparato para formar estructuras compuestas termoplásticas**

30 Prioridad:

**30.10.2012 US 201213663660**

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

**01.07.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**WILKERSON, RANDALL D. y  
FOX, JAMES R.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 770 400 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Método y aparato para formar estructuras compuestas termoplásticas

## Información antecedente

## 1. Campo:

- 5 La divulgación se refiere a la fabricación de laminados compuestos y aborda más particularmente un método según la reivindicación 1 y un aparato según la reivindicación 7 para formar estructuras compuestas termoplásticas.

## 2. Antecedentes:

10 Pueden fabricarse laminados termoplásticos reforzados con fibra mediante el ensamblaje de una pila de pliegos preimpregnada y la consolidación de una pila de pliegos en una pieza acabada. La consolidación se consigue calentando las capas a su temperatura de fusión y moldeando la pila de pliegos hasta conseguir la forma de la pieza deseada utilizando moldeo por compresión convencional, moldeo por compresión continua u otras técnicas. Durante el moldeo, el deslizamiento de las capas una respecto a la otra permite que la pila de pliegos cambie de forma y se ajuste a la geometría de una herramienta de molde. Los laminados termoplásticos delgados que comprenden relativamente pocas capas preimpregnadas pueden fabricarse sin dificultad utilizando el moldeo por compresión continua, en parte  
15 debido a que el calor necesario para fundir el termoplástico recurre de manera relativamente rápida a lo largo de todo el grosor de la estructura laminada.

Sin embargo, pueden surgir problemas cuando se fabrican laminados compuestos termoplásticos que son relativamente gruesas, especialmente las que tienen geometrías complejas. Cuando la resina termoplástica se funde durante la consolidación y la formación, el movimiento de materiales excesivo necesario para la consolidación permite que las  
20 fibras de refuerzo se muevan y se deformen tanto en el plano como fuera del plano.

Se ocasiona otro problema para la formación de laminados compuestos de termoplásticos gruesos por el material a  
granel excesivo que resulta de la necesidad de un gran número de capas en la pila de pliegos. Las pilas de pliegos que son especialmente gruesas pueden ser difíciles o imposibles de consolidar y moldear para dar forma. El material a  
25 granel puede representarse parcialmente haciendo ajustes en las herramientas del molde, sin embargo puede ser no obstante difícil consolidar por completo la pila de pliegos durante la formación. La incapacidad para consolidar por completo pilas de pliegos gruesas debido al excesivo material a granel puede conducir a porosidades y a huecos interiores en la pieza acabada.

En consecuencia, hay una necesidad de un método y un aparato para fabricar laminados compuestos termoplásticos  
30 gruesos que compactan y consolidan parcialmente una pila de pliegos termoplástica antes del moldeo para reducir arrugas, porosidades y huecos interiores en la pieza acabada. También hay una necesidad de un método y un aparato como se describen anteriormente que reduce o elimina la deformación de la fibra a medida que la pila de pliegos está formándose hasta conseguir su forma final.

El documento EP0317861, de conformidad con su resumen, declara "dos mitades (7) de perfil o un perfil abierto de  
35 estructuras fibrosas impregnadas con plástico, denominadas preimpregnadas, que vienen, por ejemplo, directamente desde su proceso de moldeo, se introducen en un dispositivo (10) en el que se procesan mediante su unión entre sí y/o conformación por medio de pares de rodillos (11, 12) para formar perfiles cerrados, perfiles (15) huecos".

El documento FR2929167, de conformidad con una traducción automática de su resumen, declara "método para la  
40 fabricación de una pieza en bruto hecha de un material compuesto termoplástico en el que se aplica un ciclo de presión y de temperatura, mediante presión en la parte superior de una placa (13) de compactación misma anterior a una pila (20) de tejidos de fibras (20) continuas preimpregnadas de una resina termoplástica, la pila (20) previamente situada en un mármol (12) que está en contacto con la película (2) que envuelve la pila (20) con cuñas (14) de tabla dispuestas en la periferia del mármol (12) y, mediante el calentamiento de la pila, de modo que se alcanza al menos la temperatura de fusión de la resina mientras se deja la película infusible y lisa y se evacúa el gas (s) presente en la pila por al menos una  
45 abertura (O) dejada en la película de envoltura y entonces por al menos un canal (42) de abertura formado en la placa (13) de compactación y/o en el mármol (12) y/o en las cuñas (14)".

El documento WO2011/106117, de conformidad con su resumen, declara "un elemento (20) compuesto termoplástico  
alargado se fabrica mediante un procedimiento de moldeo continuo. Se reblandece una estructura laminada termoplástica preconsolidada calentándola hasta una temperatura por debajo de su almacenamiento de fusión y se introduce de manera sustancialmente continua a través de diversos conjuntos de troqueles de herramienta. Los  
50 troqueles de herramienta moldean gradualmente partes de molde de estructura laminada reblandecida sobre un alma metálica para dar a la estructura laminada una forma que tiene una sección transversal cerrada".

El documento US2008/0185756, de conformidad con su resumen, declara "las estructuras laminadas termoplásticas se  
fabrican en una línea de producción de moldeo por compresión continua. Se sitúa un almacenamiento de capas laminadas en un rebaje en una herramienta de transporte y se mueve la herramienta a través de operaciones de  
55 formación sucesivas en la línea, incluyendo operaciones de preformación y consolidación. La herramienta se separa de

la pieza totalmente formada al final de la línea y puede reutilizarse. La utilización de la herramienta de transporte reduce el material de desecho”.

**Sumario**

5 La divulgación proporciona un método y un aparato para formar piezas de estructura laminada compuesta termoplástica que son relativamente gruesas y/o tienen geometrías complejas. El material a granel en pilas de pliegos no ensambladas se reduce sustancialmente antes de la consolidación y formación totales, reduciendo de ese modo la necesidad de representar el material a granel en la herramienta utilizado para consolidar y formar la pieza. El método emplea una técnica de compactación de material realizada a una temperatura elevada suficiente para reblandecer la resina termoplástica pero por debajo de su punto de fusión. Esta compactación da como resultado la consolidación parcial de la pila de pliegos en la que las capas se adhieren entre sí en contacto directo sustancialmente a través de todas las zonas de superficie, antes de ser calentadas hasta su temperatura de fusión en preparación para la consolidación y formación totales. Como resultado de esta compactación y consolidación parcial de material, se reduce sustancialmente la deformación de la fibra provocada por el movimiento de materiales y se reducen o eliminan tanto el arrugamiento como las porosidades y los huecos internos, todo lo cual lleva a mejorar la calidad de la pieza. Además, el método y el aparato pueden permitir la fabricación de laminados compuestos termoplásticos más gruesos que lo que ha sido posible hasta ahora. El aparato incluye una máquina de moldeo por compresión continua (CCM) que incorpora un área de preconsolidación para la compactación y la preconsolidación de la pila de pliegos antes de ser consolidada y formada con su forma de pieza final.

20 De acuerdo con un aspecto de la divulgación, se proporciona un método para hacer una pieza compuesta termoplástica. El método comprende ensamblar una pila de pliegos que incluye una pluralidad de capas compuestas termoplásticas y preconsolidar la pila de pliegos, incluyendo reblandecer las capas mediante el calentamiento de las capas en la pila de pliegos hasta una temperatura por debajo del punto de fusión del termoplástico y comprimir la pila de pliegos. El método comprende además consolidar la pila de pliegos preconsolidada, incluyendo calentar la pila de pliegos hasta al menos la temperatura de fusión del termoplástico. La compresión de la pila de pliegos de capas reblandecidas incluye aplicar suficiente presión a las capas para compactar la pila de pliegos y también puede incluir situar la pila de pliegos entre dos herramientas y forzar las herramientas a la vez. La compresión de la pila de pliegos de capas reblandecidas se realiza en una máquina de moldeo por compresión continua. La consolidación de la pila de pliegos preconsolidada se realiza compactando la pila de pliegos. El método puede comprender además la formación de la pila de pliegos hasta conseguir una forma deseada a medida que la pila de pliegos está siendo consolidada. La formación de la pila de pliegos hasta conseguir la forma deseada puede realizarse también en una máquina de moldeo por compresión continua.

35 De acuerdo con otro aspecto de la divulgación, se proporciona un método para formar una pieza compuesta termoplástica. El método comprende ensamblar una pila de pliegos mediante el almacenamiento de una pluralidad de capas compuestas termoplásticas una encima de otra y preconsolidar la pila de pliegos utilizando un primer conjunto de parámetros, incluyendo el primer conjunto de parámetros una temperatura primera preseleccionada, una presión primera preseleccionada y una duración de tiempo primera preseleccionada. El método también incluye consolidar la pila de pliegos preconsolidada utilizando un segundo conjunto de parámetros, incluyendo el segundo conjunto de parámetros una temperatura segunda preseleccionada, una presión segunda preseleccionada y una duración de tiempo segunda preseleccionada. El ensamblaje de la pila de pliegos se realiza introduciendo continuamente diversas capas compuestas termoplásticas en una máquina de moldeo por compresión continua. La temperatura primera preseleccionada es una temperatura suficiente para reblandecer las capas pero está por debajo del punto de fusión del termoplástico. La presión primera preseleccionada es suficiente para compactar la pila de pliegos. La duración de tiempo preseleccionada es suficiente para permitir que las capas en la pila de pliegos se reblandezcan a una temperatura primera preseleccionada y para permitir la compactación de la pila de pliegos a una presión primera preseleccionada. La temperatura segunda preseleccionada es suficientemente alta para dar como resultado la fusión de las capas termoplásticas en la pila de pliegos, y la presión segunda preseleccionada es suficientemente alta para consolidar por completo la pila de pliegos.

50 De acuerdo con otro aspecto de la divulgación, se proporciona un método para moldear por compresión continua una pieza compuesta termoplástica. El método comprende ensamblar una pila de pliegos que incluye una pluralidad de capas preimpregnadas termoplásticas y compactar la pila de pliegos mediante el calentamiento de las capas hasta una temperatura por debajo de su punto de fusión y comprimir la pila de pliegos. El método comprende además moldear la pila de pliegos compactada hasta conseguir una forma de pieza deseada, incluyendo calentar las capas hasta al menos su punto de fusión y además comprimir la pila de pliegos para consolidar por completo las capas. La compresión de la pila de pliegos se realiza situando la pila de pliegos entre un par de herramientas y utilizando las herramientas para aplicar una presión de compactación a la pila de pliegos. La compactación de la pila de pliegos y el moldeo de la pila de pliegos pueden realizarse en una máquina de moldeo por compresión continua.

60 De acuerdo con todavía otro aspecto de la divulgación, se proporciona un aparato para moldear por compresión una pieza compuesta termoplástica. El aparato comprende un área de preconsolidación y un área de consolidación. El área de preconsolidación recibe una pila de pliegos de capas termoplásticas e incluye un calentador para calentar la pila de pliegos y herramientas de preconsolidación para comprimir la pila de pliegos. El área de consolidación incluye herramientas de consolidación para la consolidación y la formación de la pila de pliegos preconsolidada con la forma de la pieza. El aparato puede comprender además un área de preformación para la preformación de la pila de pliegos

después de que la pila de pliegos se ha preconsolidado. El aparato puede incluir también un mecanismo de impulsión pulsante para mover la pila de pliegos a través del área de preconsolidación y a través del área de consolidación en etapas graduales, continuas.

**Breve descripción de los dibujos**

5 Las características novedosas e inventivas se exponen en las reivindicaciones adjuntas. La divulgación, sin embargo, así como un modo de uso preferido, objetivos adicionales y ventajas de la misma, se entenderán mejor en referencia a la siguiente descripción detallada como ilustrativa cuando se lea junto con los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es una ilustración de una vista en perspectiva de una pieza compuesta termoplástica fabricada de conformidad con el método y el aparato dados a conocer.

10 La figura 2 es una ilustración de un diagrama de flujo que muestra ampliamente las etapas de un método para fabricar piezas laminadas compuestas termoplásticas.

La figura 3 es una ilustración de una vista en sección transversal de una pila de pliegos compuesta termoplástica que ha sido almacenada en una herramienta.

15 La figura 4 es una ilustración similar a la figura tres pero que muestra una herramienta que ha sido situada sobre la pila de pliegos como preparación para un ciclo de preconsolidación.

La figura 5 es una ilustración similar a la figura 4 pero que muestra la pila de pliegos que ha sido comprimida en la herramienta para consolidar parcialmente la pila de pliegos mientras es calentada hasta una temperatura que reblandece las capas.

20 La figura 6 es una ilustración de una vista diagramática de un aparato de moldeo por compresión continua utilizado para llevar a cabo el método dado a conocer.

La figura 7 es una ilustración de un diagrama de flujo que muestra las etapas de un método de moldeo por compresión continua que emplea preconsolidación y compactación de material.

La figura 8 es una ilustración de un diagrama de flujo de la metodología de funcionamiento y producción de aeronave.

La figura 9 es una ilustración de un diagrama de bloque de una aeronave.

**25 Descripción detallada**

Haciendo referencia en primer lugar a la figura 1, la divulgación se refiere a un método de formación de una pieza 10 compuesta termoplástica (TCP), relativamente gruesa. En el ejemplo ilustrado, la pieza 10 TCP es un elemento estructural alargado, sustancialmente recto que tiene una sección 12 transversal generalmente con forma de U con bridas 14 giradas hacia el interior que forman un interior 16 generalmente abierto. Sin embargo, el método dado a conocer puede utilizarse para formar elementos estructurales TCP que tienen una variedad de otros perfiles transversales, así como curvaturas o contornos y/o grosores variables a lo largo de sus longitudes. La pieza 10 TCP puede comprender una estructura laminada formada a partir de una pila de pliegos preimpregnadas (no se muestra) que incluyen una matriz de resina de polímero termoplástico adecuada tales como, sin limitación, poliéter éter cetonas ("PEEK"), poliéter cetonas cetonas ("PEKK"), polifenilsulfona ("PPS"), polieterimida ("PEI"), que pueden estar reforzadas con un componente fibroso tal como fibra de carbono (no se muestra) o de vidrio (de tipo s o de tipo e). Las fibras de refuerzo dentro de cada pliego pueden estar orientadas en una disposición unidireccional o no uniforme, dependiendo de la aplicación particular. Los tipos relativos, grosores, cantidades de fibras dentro de la matriz de polímero, así como el tipo de matriz de polímero utilizado en cada pliego puede variar ampliamente, basándose en diversos factores, incluyendo el coste y las propiedades mecánicas y físicas deseadas últimas de la pieza 10. La pieza 10 compuesta tiene un grosor "t" que necesita almacenamiento de un número relativamente grande de capas que pueden ser difíciles de formar como una sola pila de pliegos.

Haciendo referencia ahora a las figuras 2-5, la pieza 10 TCP mostrada en la figura 1 puede fabricarse mediante un método que comienza en la etapa 17 mostrada en las figuras 2 en las que una pila 16 de pliegos TCP mostrada en la figura 3 se ensambla en otra superficie de una herramienta 24 adecuada. La pila 16 de pliegos comprende una pluralidad de capas 18 preimpregnadas termoplásticas que pueden estar almacenadas en la parte superior de cada una o bien a mano o bien utilizando un equipamiento de colocación de material automatizado (no se muestra). Como se muestra en la figura 3, las capas 18 en la pila 16 de pliegos pueden no extenderse completamente una contra la otra, debido a ondulaciones u otras irregularidades en las capas 18 en su estado preimpregnado, dando como resultado arrugas y/o huecos o agujeros 22 entre al menos algunas de las capas 18.

50 Habiendo almacenado la pila 16 de pliegos en la herramienta 20, se lleva a cabo la siguiente etapa 19 del método mostrado en la figura 2, que comprende preconsolidar la pila 16 de pliegos sometiendo la pila 16 de pliegos a calor y presión durante una duración de tiempo preseleccionada, dando como resultado la compactación de la pila 16 de pliegos. Haciendo referencia a la figura 4, en la preparación para la etapa 19 de preconsolidación, puede colocarse una herramienta 24 segunda sobre la pila 16 de pliegos y forzarla 26 contra la pila 16 de pliegos. Las herramientas 20, 24

mostradas en la figura 4 pueden comprender herramientas de tipo rodillo convencionales instaladas en una prensa de compresión convencional (no se muestra). Las herramientas 20, 24 pueden estar especialmente configuradas para realizar la preconsolidación de la pila 16 de pliegos pero, alternativamente, las herramientas 20, 24 pueden comprender las herramientas que se utilizan más tarde para formar la pila 16 de pliegos con la forma final de la pieza 10 particular a ser formada. Por ejemplo, las herramientas 20, 24 pueden comprender troqueles correspondientes que tienen curvaturas, contornos y otras características de superficie que se necesitan para formar la pila 16 de pliegos con la forma final de la pieza 10.

La figura 5 ilustra la herramienta 20 superior que se ha forzado 26 contra la herramienta 20 inferior para comprimir la pila 16 de pliegos utilizando una cantidad preseleccionada de presión o fuerza 26. A medida que se aplica presión a la pila 16 de pliegos, la pila 16 de pliegos se calienta 30 hasta una temperatura preseleccionada. El calentamiento puede llevarse a cabo mediante calentamiento por contacto utilizando herramientas 20, 24 calentadas o llevando a cabo el ciclo de preconsolidación dentro de un horno. Pueden utilizarse otros procedimientos para aplicar la presión necesaria a la pila 16 de pliegos durante el ciclo de preconsolidación tal como, sin limitación, bolsa de vacío y/o procesamiento de autoclave. Durante el ciclo de preconsolidación que da como resultado la compactación de la pila 16 de pliegos, se calienta la pila 16 de pliegos hasta una "temperatura de preconsolidación" en la que la capas 18 se reblandecen y se vuelven fácilmente maleables, pero que está por debajo de la temperatura a la que la resina termoplástica en las capas 18 empieza a fundirse y a fluir. El reblandecimiento de las capas 18 cuando se ha alcanzado la temperatura de preconsolidación permite que las capas 18 se aplanen bajo la presión 26, eliminando sustancialmente cualquier agujero para huecos 22 entre las capas 18 (figura 3) y consolidando parcialmente las capas 18 de manera que se llenan fuertemente en contacto directo entre sí sobre sus, sustancialmente, áreas enteras.

La presión 26, la temperatura de preconsolidación y el tiempo de permanencia (el periodo de tiempo durante el que la pila 16 de pliegos está sometida a la temperatura de preconsolidación) se preseleccionan y variarán con respecto a la aplicación, incluyendo grosores de pieza, geometría de pieza, el tipo de material termoplástico que se utiliza así como el tipo y tamaño de las fibras de refuerzo. En una aplicación típica en la que una pila 16 de pliegos está ensamblada comprendiendo capas 60 de fibra de carbono termoplásticas preimpregnadas que tienen una temperatura de fusión de 350°C, se consiguió una compactación de material y una preconsolidación satisfactorias utilizando una temperatura de preconsolidación de 330°C, una presión de 5 bares y un tiempo de permanencia de aproximadamente 80 segundos. Generalmente, el tiempo de permanencia debe ser suficiente para dejar que el calor penetre en todas las capas 18 en la pila 16 de pliegos y lleve las capas 18 hasta la temperatura de preconsolidación. La pieza en este ejemplo se formó a una temperatura de 375°C. Debe observarse que el ejemplo anterior es meramente ilustrativo y no debe interpretarse como limitativo.

Siguiendo el ciclo de preconsolidación descrito anteriormente, la pila 16 de pliegos permanece preconsolidada hasta que se forma de manera subsiguiente y se consolidada por completo, como se muestra en la etapa 21 en la figura 2. La pila 16 de pliegos permanece preconsolidada porque la combinación de calor y presión aplicada durante el ciclo de preconsolidación hace que las capas 18 se adhieran entre sí y mantengan su forma. Además, la adherencia de las capas 18 entre sí reduce el movimiento de materiales excesivo durante los subsiguientes procedimientos de consolidación y formación, eliminando sustancialmente de ese modo la deformación de fibras en el plano y fuera del plano provocada por el exceso de movimiento de materiales de capas.

El método dado a conocer descrito anteriormente puede realizarse como parte de un procedimiento de moldeo por compresión continua (CCM) utilizando una máquina 32 CCM mostrada en la figura 6. La máquina 32 CCM puede incluir ampliamente un área 42 de preconsolidación, un área 44 de preformación y una estación 48 de consolidación. Se suministran varias capas 34, 36 de materiales compuestos o bien en desde rodillos continuos (no se muestra) o bien en forma de pilas clavada (no se muestra) de piezas en bruto TCP precortadas, tal como la pila 16 de pliegos descrita anteriormente. Las capas 34, 36 de material TCP se introducen junto con almas 38 metálicas que forman elementos de lámina al área 42 de preconsolidación. Pueden utilizarse guías 40 u otros elementos de herramienta para prealinear y guiar las capas 34, 36 hacia el área 42 de preconsolidación.

El área 42 de preconsolidación puede incluir herramientas 45 adecuadas, que pueden ser similares a las herramientas 20, 24 descritas anteriormente, que funcionan para comprimir las capas 34, 36 entre sí durante el ciclo de preconsolidación que da como resultado la preconsolidación y la compactación de las capas 34, 36. El área 42 de preconsolidación puede incluir también un calentador 47 que se utiliza para calentar las capas 34, 36 hasta la temperatura de preconsolidación. El calentador 47 puede comprender un horno que contenga las herramientas 45 de preconsolidación, o puede ser un dispositivo que calienta las herramientas 45 para proporcionar calor por contacto de las capas 34, 36 mientras que las capas 34, 36 están siendo comprimidas por las herramientas 45.

Las guías 40 pueden utilizarse también para prealinear y guiar la pila de pliegos preconsolidada junto con almas 38 metálicas, así como materiales de relleno opcionales (no se muestran) en el área 44 de preformación. Las capas 34, 36 preformadas y las almas 38 metálicas pueden hacerse pasar a través de un horno (no se muestra) para elevar la temperatura de los materiales de pliegos para facilitar las operaciones de preformación en el área 44 de preformación. Por ejemplo, pueden preformarse diversas características, tales como bridas 14 de piezas (figura 1) en el área 44 de preformación utilizando presión aplicada a las capas 34, 36 por rodillos 40 u otras herramientas de formación.

## ES 2 770 400 T3

- 5 La pieza 46 preformada, que tienen la forma general de la pieza final, sale del área 44 de preformación y se mueve hacia la operación 28 de consolidación. La operación 48 de consolidación incluye una pluralidad de troqueles de herramienta estandarizada normalmente indicados con 55 que están acoplados de manera individual con elementos de herramienta (no se muestra) que tienen superficies exteriores blandas enganchadas mediante los troqueles estandarizados, y superficies interiores que tienen características de herramienta. Estas características de herramienta se transmiten a la pieza 46 preformada durante el procedimiento de consolidación. La homogeneidad de las superficies entre los troqueles 55 estandarizados y las superficies exteriores de los elementos de herramienta elimina la necesidad de troqueles que coinciden con piezas específicas.
- 10 La operación 48 de consolidación incluye un mecanismo 60 de impulsión pulsante que mueve la pieza 46 preformada hacia delante en la operación 48 de consolidación y la aleja del área 44 preformada en etapas graduales, continuas. A medida que la pieza 46 preformada se mueve hacia delante, la pieza 46 preformada entra primero en un área 52 de calentamiento que calienta la pieza 46 preformada hasta una temperatura que permite el flujo libre del componente polimérico de la resina matriz en las capas 34, 36.
- 15 A continuación, la pieza 46 preformada se mueve hacia delante hacia un área u operación 54 de prensado donde los troqueles 55 estandarizados se reducen de manera colectiva o individual en las presiones predefinidas suficientes para comprimir y consolidar (es decir permitir el flujo libre de la resina matriz) en las diversas capas 34, 36 en la forma y grosor deseados. A medida que los troqueles 55 se abren, la pieza 46 preformada avanza de manera gradual dentro de la operación 48 de consolidación, tras lo cual los troqueles 55 se vuelven a cerrar, haciendo que las secciones sucesivas de la pieza 46 se compriman en diferentes áreas de temperatura y, de ese modo, se consolidan las capas laminadas en la sección comprimida. Este procedimiento se repite en cada zona de temperatura de los troqueles 55 a medida que la pieza 46 avanza de manera gradual a través de la operación 48 de consolidación.
- 20 Después, la pieza 46 formada y comprimida (consolidada) por completo entra en un área 56 de refrigeración que está separada del área 54 de presión, en la que la temperatura se lleva a una temperatura por debajo de la de flujo libre de la resina matriz en las capas 34,36, haciendo de ese modo que la pieza 46 condensada o consolidada se endurezca hasta su última forma prensada. Entonces, la pieza 58 consolidada y refrigerada sale de la operación 48 de consolidación, donde las almas 38 metálicas se suben sobre rodillos 62. La pieza 64 formada final se retira al final de la máquina 32 CCM.
- 25 La figura 7 ilustra de manera amplia las etapas de formación de una pieza 10 laminada TPC utilizando la máquina 32 CCM descrita anteriormente que incluye la preconsolidación y la compactación de la pila 16 de pliegos antes de que se consolide y se forme por completo. Empezando en la etapa 66, se ensambla una pila 16 de pliegos TPC, o bien mediante la preapilación de capas y su introducción como una pila en la máquina 32 CCM, o bien mediante la introducción por separado de capas en la máquina 32, como se describe previamente. En la etapa 68, se calientan las capas 18 en la pila 16 de pliegos a una temperatura que las reblandece, pero por debajo del punto de fusión de la resina termoplástica. El reblandecimiento de las capas 18 se realiza en el área 42 de preconsolidación (figura 6).
- 30 En la etapa 70, la pila 16 de pliegos se comprime en el área 42 de preconsolidación, dando como resultado la preconsolidación de la pila 16 de pliegos y la compactación de los materiales de pliegos. En la etapa 72, la pila 16 de pliegos reblandecida se preforma en el área 44 de preformación, tras lo cual se calienta la pila 16 de pliegos preformada hasta la temperatura de fusión de la resina, como se muestra en la etapa 74. En la etapa 76, la pila 16 de pliegos calentada se consolida y se forma hasta conseguir su forma de pieza deseada en la estación 48 de consolidación.
- 35 Como se mencionó previamente, este procedimiento de consolidación y formación puede realizarse pasando la pila de pliegos calentada a través de troqueles correspondientes que comprimen y forman de manera secuencial la pila 16 de pliegos hasta conseguir su forma de pieza deseada. En la etapa 78 se refrigera la pieza formada y consolidada. La pieza avanza de manera gradual, como se muestra en la etapa 80, de modo que se mueve progresivamente a través del área 42 de preconsolidación, el área 44 de preformación y la estación 48 de consolidación de manera gradual,
- 40 atraída por el mecanismo 60 de impulsión pulsante (figura 6).
- 45 Debe observarse aquí que, a pesar de que se ha descrito anteriormente un procedimiento CCM para fines de ilustración, debe observarse que puede ser posible la incorporación del método de preconsolidación y compactación dado a conocer en otros tipos de procedimientos de moldeo, tales como, sin limitación, pultrusión y fabricación de rodillos.
- 50 La divulgación puede utilizarse en una variedad de aplicaciones potenciales, particularmente en la industria del transporte, incluyendo, por ejemplo, aplicaciones aeroespaciales, marinas, automovilísticas y otra aplicación donde puede utilizarse el curado de autoclave de piezas compuestas. Por tanto, haciendo referencia ahora a las figuras 8 y 9, la divulgación puede utilizarse en el contexto de un método 82 de fabricación y servicio de aeronave mostrado en la figura 8 y una aeronave 84 como se muestra en la figura 9. Las aplicaciones de aeronave de la divulgación pueden
- 55 incluir, por ejemplo, sin limitación, formar elementos de refuerzo tales como, sin limitación, travesaños, vergas y larguerillos, por nombrar solo algunos. Durante la preproducción, el método 82 a modo de ejemplo puede incluir la especificación y el diseño 86 de la aeronave anterior y el abastecimiento 88 de material. Durante la producción, tiene lugar la fabricación 90 de componentes y subconjuntos y la integración 92 del sistema de la aeronave 84. Después de eso, la aeronave 84 puede someterse a certificación y envío para ponerse en servicio 96. Mientras está en servicio por

un cliente, la aeronave 84 está programada para mantenimiento y servicio 98 rutinarios, que puede incluir también modificación, reconfiguración, renovación, etcétera.

5 Cada uno de los procedimientos del método 82 puede ser realizado o llevado a cabo mediante un integrador de sistema, una tercera parte y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los fines de esta descripción, un integrador de sistema puede incluir sin limitación cualquier número de fabricantes de aeronave y subcontratistas de gran sistema; una tercera parte puede incluir, sin limitación, cualquier número de proveedores, subcontratistas y suministradores; y un operador puede ser una aerolínea, una empresa de alquiler, una entidad militar, etcétera

10 Como se muestra en la figura 9, la aeronave 84 producida mediante el método 82 a modo de ejemplo puede incluir un fuselaje 100 con una pluralidad de sistemas 102 y un interior 104. Ejemplos de sistemas 102 de alto nivel incluyen uno o más de un sistema 106 de propulsión, un sistema 108 eléctrico, un sistema 110 hidráulico y un sistema 112 medioambiental. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas. A pesar de que se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la divulgación pueden aplicarse a otras industrias, tales como las industrias marina y automovilística.

15 Pueden utilizarse sistemas y métodos dados a conocer en el presente documento durante una cualquiera o más de las fases del método 82 de producción y servicio. Por ejemplo, pueden fabricarse o elaborarse componentes o subconjuntos correspondientes al procedimiento 90 de producción de manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras que la aeronave 96 está en servicio. Además, uno o más aparatos, métodos, o una combinación de los mismos pueden utilizarse durante las fases 90 y 92 de producción, por ejemplo, mediante la aceleración considerable del montaje de o la reducción del coste de una aeronave 84. De manera similar, uno o más aparatos, métodos, o una combinación de los mismos puede utilizarse mientras que la aeronave 96 está en servicio, por ejemplo y  
20 sin limitación, para mantenimiento y servicio 98.

La descripción se ha presentado para fines de ilustración. Se harán evidentes numerosas modificaciones y variaciones a los expertos habituales en la técnica sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para hacer una pieza compuesta termoplástica, que comprende:
- ensamblar (66) una pila (16) de pliegos almacenando una pluralidad de capas (18) compuestas termoplásticas encima unas de otras;
- 5 preconsolidar la pila de pliegos, incluyendo el reblandecimiento de las capas mediante el calentamiento (68) de las capas en la pila de pliegos hasta una temperatura de preconsolidación por debajo de la temperatura de fusión del termoplástico, manteniendo la pila de pliegos en la temperatura de preconsolidación durante un tiempo de permanencia de preconsolidación, y comprimir (70) la pila de pliegos a la temperatura de preconsolidación;
- preformar (72) la pila de pliegos después de que la pila de pliegos ha sido preconsolidada; y
- 10 consolidar (76) la pila de pliegos preformada, incluyendo el calentamiento (74) de la pila de pliegos hasta al menos la temperatura de fusión del termoplástico.
2. Método según la reivindicación 1, el que la compresión de la pila de pliegos de capas reblandecidas incluye aplicar presión a las capas suficiente para compactar la pila de pliegos.
3. Método según la reivindicación 2, en el que la compresión de la pila de pliegos de las capas reblandecidas se realiza mediante: la colocación de la pila de pliegos entre dos herramientas (20, 24) y el forzado de las herramientas entre sí.
- 15 4. Método según cualquier reivindicación anterior, en el que la compresión de la pila de pliegos de capas reblandecidas se realiza en una máquina (32) de moldeo por compresión continua.
5. Método según cualquier reivindicación anterior, en el que la consolidación de la pila de pliegos preconsolidada se realiza compactando la pila de pliegos, y el método además comprende: formar la pila de pliegos hasta conseguir una forma deseada a medida que la pila de pliegos está siendo consolidada.
- 20 6. Método según la reivindicación 5, en el que la formación de la pila de pliegos hasta conseguir la forma deseada se realiza en una máquina de moldeo por compresión continua.
7. Aparato para el moldeo por compresión continua de una pieza compuesta termoplástica, que comprende:
- un área (42) de preconsolidación en la cual puede introducirse una pila (16) de pliegos de capas (18) termoplásticas almacenadas en la parte superior unas sobre otras, incluyendo el área de preconsolidación un calentador (47) dispuesto para calentar la pila de pliegos hasta una temperatura de preconsolidación por debajo de la temperatura de fusión del termoplástico y mantener la pila de pliegos a la temperatura de preconsolidación durante un tiempo de permanencia de preconsolidación, y herramientas (45) de preconsolidación dispuestas para comprimir la pila de pliegos hasta a la temperatura de preconsolidación;
- 25 un área (44) de preformación para preformar la pila de pliegos después de que la pila de pliegos ha sido preconsolidada; y
- un área (48) de consolidación dispuesta para calentar la pila de pliegos preformada hasta al menos la temperatura de fusión del termoplástico e incluyendo las herramientas (55) de consolidación dispuestas para consolidar y formar la pila de pliegos preformada con la forma de la pieza (64).
- 30 8. Aparato según la reivindicación 7, que comprende además: un mecanismo (60) de impulsión pulsante para mover la pila de pliegos a través del área de preconsolidación, el área de preformación y a través del área de consolidación en etapas graduales, continuas.

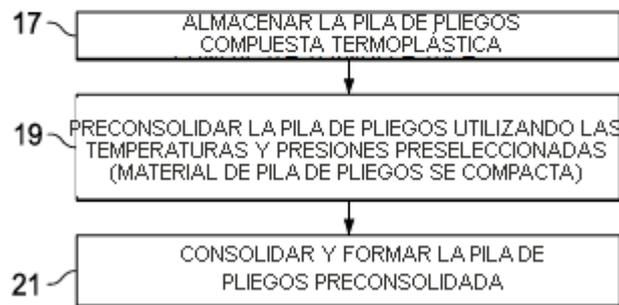
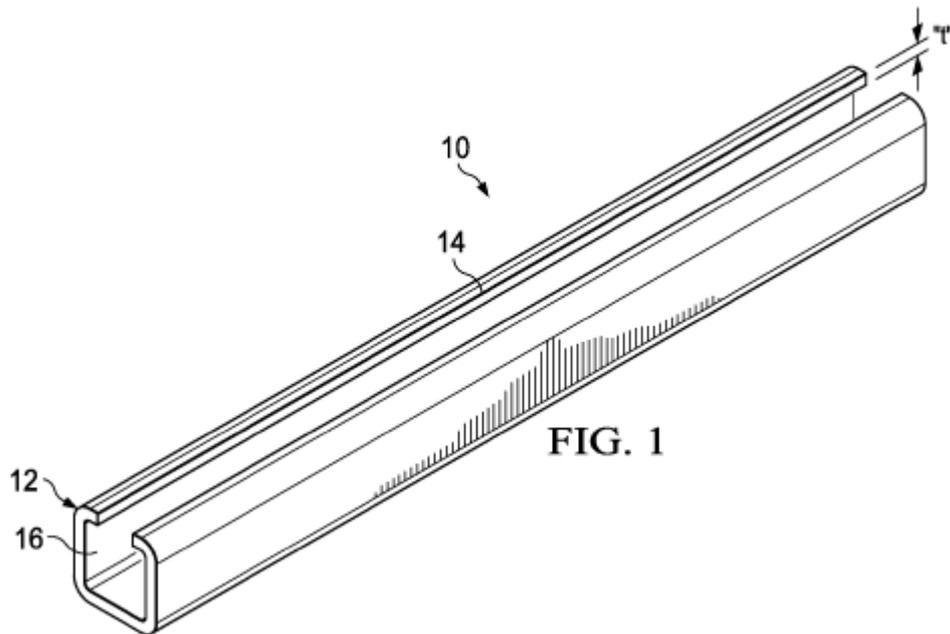


FIG. 2

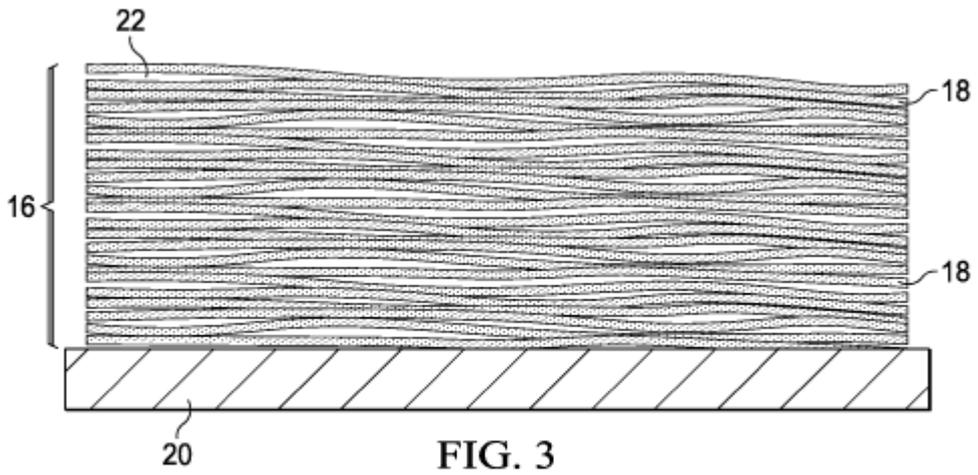


FIG. 3

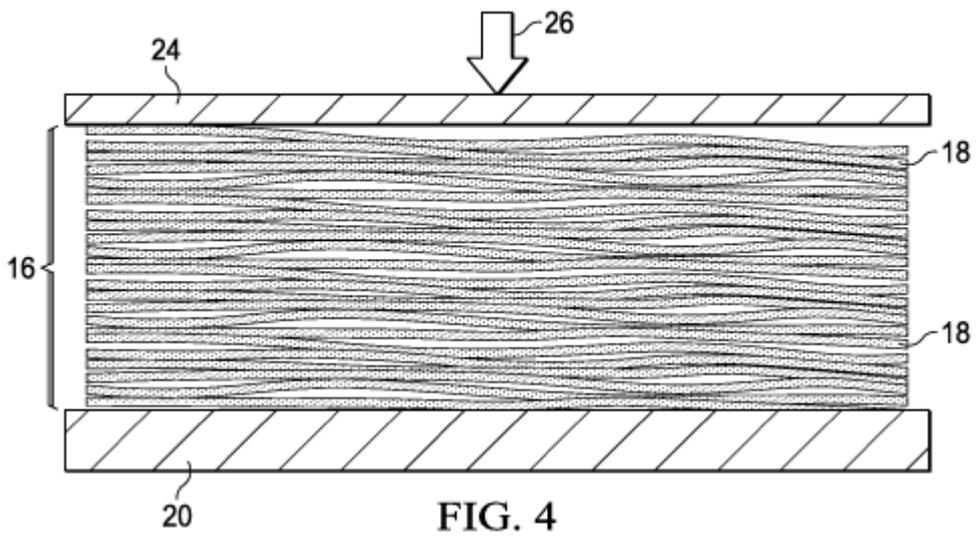
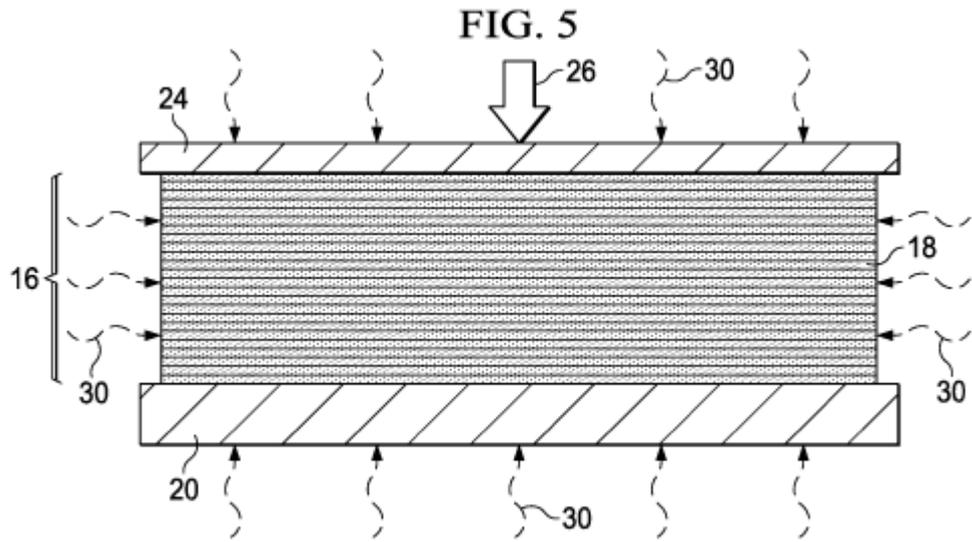
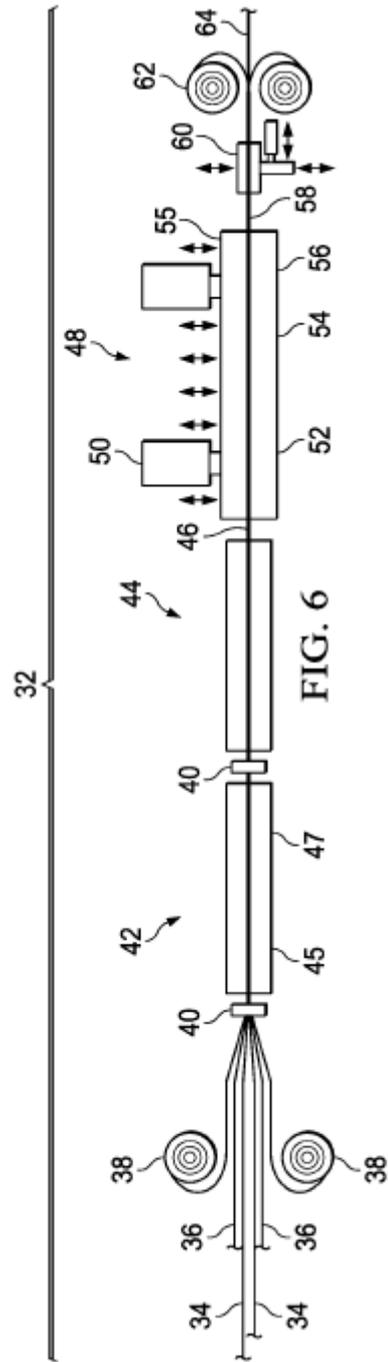


FIG. 4





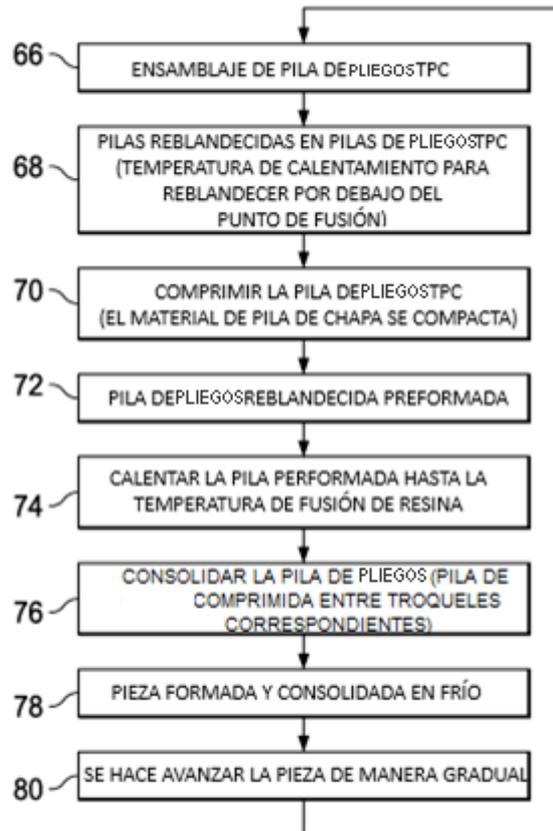


FIG. 7

