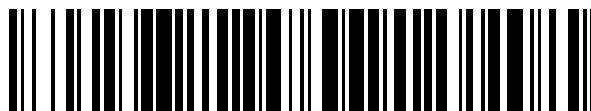


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 931**

51 Int. Cl.:
B29C 43/12 (2006.01)
B29C 70/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08851337 .9**
96 Fecha de presentación: **18.11.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2219842**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.08.2010**

54 Título: **Formación de diafragma**

30 Prioridad:
20.11.2007 GB 0722761

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.06.2012

73 Titular/es:
GKN Aerospace Services Limited
Ferry Road East Cowes PO32 6RA
Isle of Wight PO32 7RA, GB

72 Inventor/es:
MARENGO, Giovanni Antonio;
ROBERTS, Paul Michael y
MORAM, Jonathan

74 Agente/Representante:
Curell Aguilá, Mireia

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).

ES 2 383 931 T3

DESCRIPCIÓN

Formación de diafragma.

5 **Campo**

La presente invención se refiere a la formación de una preforma de material compuesto en un componente tridimensional, y más particularmente a una herramienta formadora y a un procedimiento para realizar el componente tridimensional utilizando la formación de un diafragma doble.

10

Antecedentes

La formación de diafragmas individuales o dobles es una técnica conocida para realizar tres componentes dimensionales a partir de una pila plana de material compuesto. Durante el proceso de formación del diafragma, la pieza en bruto, o pila de compuesto, se conforma progresivamente para que adopte la forma de una herramienta formadora que está dispuesta debajo, mientras se aplica calor y presión a dicha pila de compuesto. Bajo la condición de formación de calor y presión aplicadas el enlucido interlaminar de las capas que forman parte de la pila de compuesto, permite que dicha pila de compuesto adopte la forma de la herramienta dispuesta debajo con un mínimo de pandeo o rotura de fibras. En la formación de un diafragma doble se coloca una pieza en bruto o pila de compuesto entre dos diafragmas estirables de aluminio superplástico o de película de poliimida.

20

Es conocido el hecho de utilizar la formación de un diafragma doble con una herramienta sólida macho para producir unas piezas compuestas que presentan un máximo de dos radios de curvatura. Un ejemplo de este tipo se ilustra en las Figuras 1A y 1B, en las que la herramienta sólida macho 1 presenta una sección transversal substancialmente rectangular y el compuesto formado (véase la Figura 1B) consiste en un canal 5 en forma de C.

25

La Figura 1A ilustra un ejemplo de una herramienta sólida 1 con una pila plana de laminado compuesto 3 colgado encima de ella. En el ejemplo ilustrado, el material compuesto se cuelga entre dos diafragmas flexibles 3A, 3B para formar un paquete de diafragma. Se evacua el aire del paquete de diafragma y se calienta antes de hacer descender dicho paquete de diafragma sobre la herramienta formadora 1, de tal modo que entra en contacto con la periferia de la herramienta. Se aplica un vacío en el interior del aparato de formación de diafragma doble hacia la cara inferior del diafragma inferior 3A, y la fuerza de la presión atmosférica que aprieta hacia abajo sobre el diafragma superior hace que el paquete de diafragma se agarre a la periferia de la herramienta 1, de modo que la pila de compuesto 3 se deforme según la forma de la herramienta 1 con el fin de producir un canal 5 en forma de C, tal y como se ilustra en la Figura 1B.

35

En el ejemplo ilustrado la herramienta formadora presenta dos radios de curvatura, disponiéndose cada uno entre la cara horizontal y las caras verticales de la herramienta formadora.

40

La patente US nº 5.648.109 describe un ejemplo del uso de la formación de diafragma para producir formas de doble curvatura mientras que se impide que uno de los diafragmas quede atrapado entre el artículo formado y la herramienta formadora. El diafragma que podría quedarse atrapado, se retira mientras que se lleva la preforma para que entre en contacto con la herramienta formadora. Se puede conseguir controlar la deformación de la preforma según la forma de la herramienta formadora mediante el uso de un elemento hinchable, y haciendo que el hinchado y el deshinchado de los elementos permitan que la preforma se desplace para entrar en contacto con, y adoptar la forma de la herramienta formadora de manera controlada. El documento WO 2007/088495 da a conocer las características del preámbulo de la reivindicación 1.

45

Sumario

50

El objetivo de la presente invención es un aparato para producir un componente compuesto tridimensional mediante la formación de un doble diafragma que comprende una herramienta formadora y dos o varias bolsas de vacío. La herramienta formadora comprende un lado de formación que dispone de dos zonas de perfil variable y uno o más orificios pasantes asociados con cada zona. Los orificios pasantes salen en el lado de formación y pueden asociarse con unos respectivos orificios previstos en las bolsas de vacío, con el fin de conectar de este modo cada bolsa de vacío a una de las dos o varias zonas correspondientes de perfil variable para el vacío suministrado por una o más fuentes de vacío que deben seleccionarse y aplicarse discretamente a cada zona.

55

Mediante una selección y aplicación discreta de un vacío a cada una de las zonas con secciones de perfil variable, la pila compuesta puede ser arrastrada de manera controlable hacia la herramienta formadora para producir una estructura compuesta con la forma de la herramienta formadora. Gracias a la deformación controlada de las zonas del material compuesto se reduce o se elimina cualquier estiramiento, reducción de grosor o desgarre del laminado que resultaría de la aplicación uniforme y simultánea del vacío. La aplicación controlada del vacío en zonas seleccionadas y discretas significa que el material compuesto, únicamente en aquellas zonas, es arrastrado hacia la herramienta. En un ejemplo, la secuencia según la cual se puede aplicar el vacío consiste en primer lugar en arrastrar el material para que entre en contacto con las zonas superior y central de la herramienta formadora, sobre

60

65

todo en aquellas zonas en las que existen partes rebajadas o cóncavas en el lado de formación de la herramienta formadora, de tal modo que el material es arrastrado para que entre en contacto con la herramienta formadora en aquellas zonas antes de que sea arrastrado para entrar en contacto con zonas que pueden estar más elevadas o incluso, zonas que están más abajo pero que están dispuestas más hacia la periferia de la herramienta. Por lo tanto, en este ejemplo la etapa final de la formación consiste en arrastrar el material contra la periferia de la herramienta formadora. Un enfoque podría consistir en aplicar el vacío de forma secuencial desde la parte central de la herramienta hacia la periferia. Si el vacío se aplica en primer lugar a la periferia, el material podría verse apretado contra la herramienta y cualquier deformación posterior para adoptar la forma de las zonas bajas o las zonas centrales de la herramienta formadora podría derivar en la necesidad de estirarlo para que adopte la forma de la herramienta formadora. Cualquier estiramiento del material resultaría probablemente en una reducción local del grosor y/o el desgarre del material compuesto. Por lo tanto, el principio consiste en que el material formador debería ser arrastrado hacia las zonas cóncavas en el lado de formación de la herramienta según una secuencia que hace posible realizar el proceso de formación en general a la vez que se minimiza el estiramiento, la reducción de grosor y el desgarre del laminado.

Donde los orificios pasantes se extienden a través de la herramienta desde el lado de formación hasta el lado opuesto de la herramienta, pueden proporcionarse unos canales en el lado opuesto (cara inferior) de la herramienta. La cantidad de canales puede corresponder a la cantidad de zonas de perfil variable en el lado de formación. Cada canal puede configurarse para que corresponda a una zona específica del perfil variable en el lado de formación de la herramienta formadora. Al disponer los puertos de vacío en los canales, se puede conseguir una aplicación uniforme y simultánea del vacío de manera controlada y a través de una zona seleccionada de la herramienta formadora. Pueden incorporarse una cantidad de canales en la herramienta formadora en función de la complejidad de la forma deseada. Puede aplicarse el vacío mediante cada uno de los canales de forma secuencial para minimizar el estiramiento, la reducción del grosor y el desgarre del material compuesto.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se proporciona una descripción de unas formas de realización de la presente invención, únicamente a título de ejemplo haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la Figura 1A ilustra una representación esquemática de una herramienta formadora conocida que se utiliza para producir un canal en forma de C a partir de material compuesto;

la Figura 1B ilustra una vista en perspectiva del canal en forma de C formado en la herramienta ilustrado en la Figura 1A;

la Figura 2A ilustra una vista en perspectiva de una herramienta formadora en relación con una forma de realización de la invención donde el lado de formación comprende una sección individual elevada;

la Figura 2B ilustra una vista frontal de la herramienta de la Figura 2A con material compuesto colgado sobre el lado de formación de la herramienta;

la Figura 3A ilustra una vista en perspectiva de una herramienta formadora sólida que comprende secciones elevadas múltiples en el lado de formación de la herramienta;

la Figura 3B ilustra una vista en sección transversal de la herramienta formadora de la Figura 3A para ilustrar el perfil variable en el lado de formación de la herramienta formadora;

la Figura 3C ilustra una vista en sección transversal de la herramienta formadora de la Figura 3A con material compuesto colgado sobre el lado de formación de la herramienta;

la Figura 4A ilustra una vista en perspectiva de una herramienta formadora adaptada con la misma forma que la que se ha ilustrado en las Figuras 3A a 3C, y que comprende una pluralidad de puertos de vacío que salen en el lado de formación de la herramienta;

la Figura 4B ilustra una vista en sección transversal de la herramienta formadora de la Figura 4A según la línea D-D e ilustra la disposición de los puertos de vacío que se extienden a través de la herramienta formadora;

la Figura 4C ilustra una vista en perspectiva de la herramienta formadora de las Figuras 4A y 4B que ilustran la cara inferior de la herramienta formadora;

la Figura 4D ilustra una vista en perspectiva de la herramienta de la Figura 4C con una bolsa de vacío fijada a un canal interior;

la Figura 4E ilustra una vista en perspectiva de la herramienta en la Figura 4C con una bolsa de vacío fijada a un canal exterior;

la Figura 5A ilustra una vista en sección transversal de la herramienta formadora de las Figuras 4A a 4E con un paquete de diafragma dispuesto encima de la herramienta;

5 la Figura 5B ilustra una vista en sección transversal de la herramienta formadora de las Figuras 4A a 4E a medida que pasa por la primera etapa del proceso de formación de diafragma;

la Figura 5C ilustra una vista en sección transversal de la herramienta formadora de las Figuras 4A a 4E a medida que pasa por la segunda etapa del proceso de formación de diafragma;

10 la Figura 5D ilustra en sección transversal de la herramienta formadora de las Figuras 4A a 4E a medida que pasa por la tercera y última etapa del proceso de formación de diafragma;

15 la Figura 5E ilustra una vista en perspectiva de la herramienta formadora de las Figuras 4A a 4E con un componente compuesto formado en el lado de formación de la herramienta.

Aunque la invención sea susceptible de numerosas variaciones y formas alternativas, en los dibujos se ilustran unas formas de realización específicas a título de ejemplo, y se describe en detalle a continuación. Sin embargo, debería entenderse que los dibujos y la descripción detallada no pretenden limitar la invención a la forma concreta expuesta, sino al contrario, la invención está destinada a cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas comprendidas en el alcance de las reivindicaciones de la invención.

Descripción detallada

25 La Figura 2A ilustra una vista en perspectiva de una herramienta formadora 10 apta para producir un componente compuesto tridimensional mediante la formación de un diafragma doble. La herramienta formadora 10 es cajiforme con una esquina arrancada para que el lado de formación de la herramienta 10 incluya dos superficies horizontales F2, F4 y tres superficies verticales F1, F3, F5 definidas por tres radios externos R1, R3, R4 y un radio interno R2 al cual se puede aplicar y conformar una pila compuesta.

30 El ejemplo ilustrado representa una geometría relativamente simple. Sin embargo, el perfil variable en el lado de formación de la herramienta 10 puede resultar problemático porque tal y como se ilustra en la Figura 2B el material compuesto entra en contacto en primer lugar con cualquiera superficie elevada F4 y las superficies periféricas F1, F5 de la herramienta formadora durante la aplicación simultánea del vacío (la formación de diafragma implica normalmente calentar el material compuesto y a continuación la aplicación simultánea del vacío por todo el material compuesto con el fin de cambiar la forma del material compuesto desde una pila plana a la forma del lado de formación de una herramienta dispuesta debajo). Haciendo referencia a la Figura 2B, resulta evidente que en este ejemplo el material compuesto 3 entra en contacto con la superficie horizontal dispuesta más arriba F4 y las superficies verticales periféricas F1, F5 y cuelga por la sección recortada. Al aplicar un vacío simultáneamente por la herramienta 10 y el material 3, dicho material 3 sería arrastrado en primer lugar contra la superficie horizontal dispuesta más arriba F4 y las dos superficies verticales periféricas F1, F5 antes de ser arrastrado para entrar en contacto con las superficies F2, F3 y el radio R2 que constituye la sección recortada. Se apreciará que el material que se extiende por la sección recortada está tensado cuando está arrastrado contra las superficies elevadas y periféricas F4, F1, F5. Por lo tanto, para que el material compuesto 3A en la zona de la sección recortada sea arrastrado hacia las superficies F2, F3 y la unión R2 definida por los bordes complementarios de las dos superficies F2, F3, el material compuesto 3A tendrá que estirarse para adoptar la forma. Estirar el material puede causar una reducción del grosor y/o el desgarre del material compuesto 3A en dicha zona. El estiramiento, la reducción del grosor y/o el desgarre del material compuesto resultaría en un componente estructural con propiedades estructurales inferiores que las deseadas.

50 Haciendo referencia a la Figura 2A, con el fin de considerar el problema del estiramiento, reducción de grosor y/o desgarre, la herramienta formadora 10 es apta para introducir una cavidad 7 (representada en líneas a trazos) en la cara inferior de la herramienta y mediante la adición de los puertos de vacío 9 que se extienden a través de la herramienta formadora 10 desde la cavidad 7 y salen en el lado de formación de la herramienta formadora 10 en la zona del radio interior R2 definido por la unión de la superficie formadora inferior y horizontal F2 y la superficie vertical F3 de la sección recortada. En el ejemplo ilustrado, una bolsa de vacío que comprende un tubo flexible de salida 11 para la evacuación de aire del sistema, está fijada a la cavidad 7. Se prevé la bolsa de vacío cubriendo la cavidad 7 en la cara inferior de la herramienta 10 con, por ejemplo, una pieza de película de bolsa y fijándola alrededor de la periferia de la cavidad 7 con el fin de proporcionar un sello de estanqueidad tal que dicha cavidad 7 esté aislada de su entorno y para que se pueda aplicar el vacío únicamente a la zona de bolsa. El tubo flexible de salida 11 está conectado en este ejemplo a una bomba 12 que permite aplicar un vacío al material compuesto mediante la herramienta formadora 10, de tal modo que el material 3A en la zona de la sección recortada puede ser arrastrado para entrar en contacto con las superficies F2, F3 y el radio interior R2 que define la parte recortada.

65 En este ejemplo, el proceso de formación se realiza en dos etapas. En primer lugar, se aplica un vacío mediante la bomba 12 que aspira aire a través de los puertos de vacío 9 para realizar el arrastre del material compuesto 3A para

que entre en contacto con el radio interior R2 y hacia la superficie vertical F3 de la sección recortada y hacia la superficie horizontal dispuesta más abajo F2 de la herramienta formadora 10. En segundo lugar, se aplica un vacío por toda la herramienta formadora 10 y el material 3 mediante una mesa de vacío (no representada) del aparato para la formación de un diafragma doble (DDF) para completar el proceso de formación arrastrando el material compuesto 3 para que entre en contacto con las superficies restantes F1, F2, F3, F4, F5 en el lado de formación de la herramienta formadora 10, de tal modo que se produce un componente compuesto con la misma forma transversal que la herramienta formadora 10.

Con el fin de mantener la integridad del material compuesto formado en una forma compuesta compleja con múltiples curvaturas tal y como se ha demostrado anteriormente con respecto a la Figura 2A y la Figura 2B, la forma compleja se puede producir mediante la aplicación selectiva y discreta del vacío, según una secuencia adecuada, a unas zonas específicas de la herramienta formadora. En el ejemplo ilustrado, esto se consigue mediante la aplicación del vacío en primer lugar a la zona rebajada (más baja) en el lado de formación antes de aplicar el vacío por toda la herramienta 10 con el fin de completar el proceso de formación.

La Figura 3A ilustra una vista en perspectiva de otro ejemplo de una herramienta formadora 100 que comprende un lado de formación con dos o varias zonas de perfil variable. (En este ejemplo, la herramienta 100 se ilustra en líneas sólidas en aras de la ilustración). El lado de formación de la herramienta 100 comprende cuatro secciones elevadas 17. Cada una de las zonas elevadas 17 rodea una senda zona de forma ovalada, y proporciona un labio 17 que la rodea. En el producto final (una vez formado y curado el componente compuesto) el labio 17 actúa a modo de refuerzo alrededor de los orificios ovalados proporcionados mediante el arranque del material compuesto de la zona que está rodeada por cada labio 17.

Las Figuras 3B y 3C ilustran en una sección transversal la herramienta transversal 100 (según la línea B-B de la Figura 3A) para ilustrar el perfil variable en el lado de formación de la herramienta formadora y para demostrar en cuales de las zonas A1, A2, A3 el material compuesto que se cuelga por la superficie de la herramienta formadora puede estar sometido al estiramiento, reducción de grosor y/o desgarre si se aplica el vacío simultáneamente por toda la herramienta formadora 100.

La Figura 4A ilustra una vista en perspectiva de una herramienta formadora 100 con el mismo perfil variable que en el ejemplo ilustrado en las Figuras 3A a 3C y donde la herramienta formadora ha sido adaptada para incluir unos tubos de vacío 23A, 25A que se extienden desde un extremo de la herramienta 100 y unos orificios de salida practicados en el lado de formación y que conectan los tubos de vacío 23A, 25A a unas zonas discretas del lado de formación de la herramienta (esta característica se comenta en mayor detalle con respecto a las Figuras 4B a 4E). El número de referencia 12 se utiliza para indicar que los tubos de vacío pueden estar conectados a una bomba 12 que facilita el arrastre del material hacia la superficie de la herramienta formadora 100.

Haciendo referencia a las Figuras 4B a 4E, en el ejemplo ilustrado, se prevé una cantidad de orificios pasantes que se extienden desde la cara inferior de la herramienta formadora 100 y salen en el lado de formación. Cada uno de los orificios pasantes proporciona un puerto de vacío 21 mediante el cual se puede aplicar el vacío al material compuesto con el fin de arrastrarlo contra el lado de formación de la herramienta formadora 100. Cada uno de los puertos de vacío puede estar conectado a una bomba 12. En la vista en sección transversal (véase la Figura 4B), los puertos de vacío 21 están dispuestos para proporcionar cinco puntos de salida 21A, 21B, 21C, 21D, 21E en el lado de formación de la herramienta formadora 100. Los puntos de salida 21A, 21B, 21C, 21D, 21E están dispuestos en la zona de la parte plana de forma ovalada y el labio circundante 17. Tres de los puntos de salida 21A, 21B, 21C se extienden desde el puerto de vacío 21, que en el ejemplo ilustrado está situado en un canal interior 100A y están dispuestos en el interior del labio 17. En el interior del labio 17, está situado un punto de salida 21A sustancialmente en el centro de la sección ovalada y los otros puntos 21B, 21C están dispuestos de tal manera que están dirigidos hacia la unión definida entre la sección en forma ovalada y el interior del labio 17. El punto de salida 21A central (visto en sección transversal en la figura 4B) está asociado con el hecho de llevar a contacto el material compuesto con la sección ovalada plana y los otros dos puertos de vacío 21B, 21C están asociados con el arrastre del material compuesto hacia el radio interior definido por la unión entre la sección ovalada plana y el interior del labio 17.

Los dos puntos de salida restantes 21D, 21E se extienden desde un respectivo puerto de vacío 21 dispuesto en el exterior del labio 17. Dichos puntos de salida exterior 21D, 21E se dirigen hacia la unión de la parte exterior del labio 17 y las secciones planas de la herramienta formadora 100 hacia la periferia de la herramienta 100 y las secciones planas entre los labios 17. Los puntos de salida exteriores 21D, 21E están asociados con el arrastre del material compuesto para que entre en contacto con el radio definido por la unión del labio 17 y la parte superior de la herramienta formadora 100 hacia la periferia y entre los labios 17. Se podrá apreciar que los puntos de salida 21A, 21B, 21C, 21D, 21E están dispuestos todos para que se abran hacia el lado de formación de la herramienta formadora en las zonas que representan un cambio en el perfil en el lado de formación de la herramienta 100.

Las Figuras 4C, 4D y 4E ilustran, cada una de ellas, una vista en perspectiva de la cara inferior de la herramienta formadora 100.

En el ejemplo ilustrado, los puertos de vacío 21 están dispuestos en la cara inferior de la herramienta 100 en dos canales separados 100A, 100B que están practicados en el cuerpo de la herramienta 100. El canal interior 100A está asociado con la zona de la herramienta formadora 100 que corresponde a la situación de las secciones planas de forma ovalada (en la parte interior de los labios 17) y comprende una línea de puertos de vacío 21, cada uno de los cuales, haciendo referencia a la Figura 4B, conecta los tres puntos de salida 21A, 21B, 21C en el lado de formación de la herramienta formadora 100. El canal exterior 100B está asociado con la unión de los labios 17 y las secciones planas sobre la superficie de la herramienta 100 dispuestas en la parte exterior de los labios 17 y entre dichos labios 17. El canal exterior 100B comprende dos líneas de puertos de vacío 21 que están dispuestos uno en cada lado del canal interior 100A.

Haciendo referencia a la Figura 4D, una bolsa de vacío 23 y un tubo de vacío 23A están fijados al canal interior 100A. La bolsa de vacío 23 cubre el canal interior 100A y está fijada a la cara inferior de la herramienta formadora 100 de tal manera que el canal interior 100A y los puntos de salida 21A, 21B, 21C asociados con dicho canal interior 100A, están aislados del canal exterior 100B, los puertos de vacío 21 asociados con dicho canal exterior 100B y los puntos de salida 21D, 21E asociados con el canal exterior 100B. De modo similar, en la Figura 4E, una bolsa de vacío 25 y un tubo de vacío 25A están conectados al canal exterior 100B. La bolsa de vacío 25 cubre el canal exterior 100B y está fijada a la cara inferior de la herramienta formadora 100 de tal manera que el canal exterior 100B, los puertos de vacío 21 asociados a dicho canal exterior 100B y los puntos de salida 21D, 21E asociados con el canal exterior 100B están aislados del canal interior 100A y de los puertos de vacío 21 y de los puertos de vacío 21A, 21B, 21C asociados con ello.

Las bolsas de vacío 23, 25 y los tubos de vacío 23A, 25A están conectados a un dispositivo de vacío adecuado, tal como una bomba, y están dispuestos de tal manera que puede aplicarse un vacío selectiva y discretamente a una zona concreta mediante la cara inferior de la herramienta formadora 100 de modo que únicamente quedan sometidas al vacío la zona asociada del lado de formación de la herramienta formadora 100 y la zona correspondiente del material compuesto.

Con el fin de que el material compuesto adopte la forma del lado de formación de la herramienta formadora 100 y para asegurar la integridad del material compuesto cuando es arrastrado para entrar en contacto con la herramienta formadora 100, hace falta aplicar el vacío según una secuencia adecuada. En este ejemplo, se aplicó el vacío, de forma secuencial, a unas zonas de la herramienta 100 desde la parte central hacia la periferia.

La secuencia de etapas incluidas en la formación de un componente compuesto según la forma de la herramienta formadora 100 se ilustra en las Figuras 5A a 5E. La Figura 5A ilustra un paquete de diafragma que contiene una pila de material compuesto 3 dispuesta encima de la herramienta formadora 100 (ilustrada en sección transversal). En el ejemplo ilustrado, el proceso de formación del componente compuesto (tal y como se ilustra en la parte superior de la herramienta formadora en la Figura 5E) se realiza en tres etapas, tal y como se ilustra por separado en las Figuras 5B, 5C y 5D donde se aplica el vacío selectiva y discretamente para llevar el material compuesto a contacto con la herramienta 100 en una zona seleccionada con el fin de evitar el estiramiento, reducción de grosor y/o desgarre no necesario.

En la primera etapa del proceso de formación, se aplica un vacío V1 (véase la Figura 5B) mediante el canal interior 100A, sus puertos de vacío 21 asociados y los puntos de salida asociados 21A, 21B, 21C, a las secciones en forma ovalada y el radio interior R1 de los labios 17 para arrastrar el material compuesto para que entre en contacto con la superficie de la herramienta formadora 100 en dicha zona seleccionada; a saber, en contacto con la sección plana en forma ovalada en la parte interior de los labios 17 y en la unión R1 definida por la parte interior del labio 17 y la sección plana en forma ovalada.

La segunda etapa del proceso de formación supone un vacío V2 (véase la Figura 5C) que se aplica mediante el canal exterior 100B, sus puertos de vacío 21 asociados y sus puntos de salida asociados 21D, 21E para arrastrar el material compuesto 3 para que entre en contacto con la superficie elevada que define el labio 17 y hacia el radio R2 que define la unión entre dicho labio 17 y la superficie de la herramienta formadora 100 entre los labios 17 y al exterior de los mismos.

Finalmente, en la tercera y última etapa del proceso de formación se aplica un vacío V3 por toda la herramienta formadora 100 mediante, por ejemplo, una mesa de vacío del aparato para la formación de un diafragma doble (DDF) para completar el proceso de formación con el fin de arrastrar el material compuesto 3 para que entre en contacto con las zonas planas entre los labios 17 y sobre las caras verticales de la herramienta formadora 100 para producir el producto final tal y como se ilustra en la parte superior de la herramienta formadora 100 en la Figura 5E.

En los ejemplos descritos anteriormente, el perfil variable en el lado de formación de la herramienta formadora, está dividido en zonas que están aisladas la una de la otra, de tal modo que se puede aplicar el vacío selectiva y discretamente para minimizar el estiramiento, reducción de grosor/desgarre del material que constituye el producto final.

En los ejemplos descritos, se utiliza material convencional para bolsas con el fin de cubrir las zonas asociadas en la cara inferior de la herramienta. Como alternativa al material para bolsas, podría fijarse un dispositivo externo o una cantidad de dispositivos externos, a los puertos de vacío y podría configurarse de tal modo que los puertos de vacío asociados con cada zona estén unidos de tal manera que se pueda aplicar el vacío simultáneamente mediante los puertos seleccionados. Una serie de puertos de vacío pueden estar fijados a un dispositivo individual de tal modo que únicamente se aplica el vacío simultáneamente a aquellos puertos. Por ejemplo, se podría introducir un tubo en cada puerto de vacío y aquellos tubos asociados con una zona específica de la herramienta podrían estar unidos a una fuente de vacío, por ejemplo, una bomba 12 configurada para conectar con una serie de tubos. De forma alternativa, un puerto de vacío individual podría estar fijado a un dispositivo individual de tal modo que cada puerto de vacío queda aislado de los demás. Se podrá apreciar que cada dispositivo individual podría funcionar de forma sincronizada de tal modo que se aplica el vacío simultáneamente a la zona asociada de la herramienta formadora. Utilizar tubos o adaptadores individuales para cada puerto de vacío permite aislar cada puerto de vacío o grupo de puertos de vacío de los demás y asimismo permite controlar donde y cuando se aplica el vacío.

En los ejemplos descritos, se utilizan cavidades y canales en la cara inferior de la herramienta para facilitar la aplicación del material para bolsas, pero asimismo para asegurar que dicho material para bolsas y los tubos de vacío no afecte la posición de la cara inferior de la herramienta contra la mesa plana del aparato DDF.

En los ejemplos descritos anteriormente, los puertos de vacío están configurados para extenderse desde la cara inferior de la herramienta hasta el lado de formación de la misma. Sin embargo, podrá apreciarse que podrían estar dispuestos para extenderse desde las paredes laterales de la herramienta y que podrían fijarse uno o unos dispositivos adecuados a los puertos de vacío asociados con cada zona de la manera descrita anteriormente.

En el proceso descrito anteriormente, el tiempo que se tarda en aplicar un vacío en cada etapa del proceso puede ser relativamente reducido; por ejemplo, del orden de un segundo. Por lo tanto, el proceso de formación en general para formar el material compuesto en, por ejemplo, la forma compleja ilustrada en las Figuras 5A a 5E, puede tardar únicamente unos minutos. Se podrá apreciar que el tiempo que tarda el proceso de formación en general dependerá de la complejidad de la forma que se va a formar.

El ejemplo ilustrado en las Figuras 3A a 3C, 4A a 4E y 5A a 5E se refiere a la formación de una costilla, que consiste en un componente que se utiliza en la parte interior del ala de un avión para proporcionar resistencia a las fuerzas de torsión. Los orificios de forma ovalada que se mecanizan una vez formado y curado el material compuesto son "orificios para rayos" que se incluyen para reducir el peso de la pieza. El labio elevado 17 formado de forma correspondiente alrededor del borde de cada orificio actúa para reforzar el orificio y asegurar que la fuerza general de la costilla no se ve comprometida por la presencia de los orificios.

Se podrá apreciar que el proceso descrito anteriormente se puede aplicar a las herramientas formadoras cuya forma es más compleja que las que se describen e ilustran anteriormente. La cantidad de canales y bolsas que se aplican a la cara inferior de la herramienta formadora se ve influenciada por la complejidad de la forma que se va a formar en el lado de formación de la herramienta. Por lo tanto, se podrá apreciar que el proceso de formación descrito anteriormente no se limita a tres etapas, sino que la cantidad de etapas necesarias para producir la estructura compuesta final depende de la complejidad de la forma que se va a formar.

Un ejemplo de material adecuado que se utiliza en el proceso de formación de un diafragma doble con múltiples etapas tal y como se describe anteriormente, consiste en uno que comprende fibras de carbono unidireccionales y preimpregnadas de una resina, por ejemplo un material designado MTM44-1, que se cura a una temperatura baja (120°C) y a una presión baja (presión atmosférica).

El material adecuado para la fabricación de la herramienta formadora 100 (tal y como se ilustra en las Figuras 4A a 4E y en Figuras 5A a 5E) es RAKU-TOOL® WB-0700 tablero Epoxi, que consiste en un material para la fabricación de herramientas fácilmente mecanizable para producir formas complejas en el lado de formación de la herramienta formadora 100 y fácilmente mecanizable para producir los puertos de vacío y canales (en su caso). RAKU-TOOL® WB-0700 tablero Epoxi presenta asimismo una buena estabilidad dimensional y una resistencia a temperaturas hasta 135°C.

El material compuesto y el material para la fabricación de herramientas que se han descrito anteriormente a título de ejemplo únicamente. Se podrá apreciar que podrían utilizarse otros tipos de material compuesto y material para la fabricación de herramientas.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para producir un componente compuesto tridimensional utilizando la formación de un diafragma doble que comprende una herramienta formadora (10, 100) y dos o más bolsas de vacío (23, 25), en el que la herramienta formadora comprende un lado de formación con dos o más zonas de perfil variable (Am) y uno o más orificios pasantes (21) asociados con cada zona, saliendo los orificios pasantes en el lado de formación y pudiendo conectarse a unas respectivas bolsas de vacío para conectar de este modo cada bolsa de vacío a una de las dos o más zonas correspondientes de perfil variable para que el vacío suministrado desde una o más fuentes de vacío sea aplicado selectiva y discretamente a cada zona, caracterizado porque los orificios pasantes se extienden desde un lado de la herramienta opuesto al lado de formación y el lado opuesto incluye dos o más canales (100A, 100B), en el que cada canal está asociado con una zona correspondiente de perfil variable en el lado de formación y se recibe una respectiva bolsa de vacío en cada canal.
2. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicha una o más fuentes de vacío pueden fijarse a las bolsas de vacío, de tal modo que se puede aplicar un vacío selectiva y discretamente a cada una de dichas dos o más zonas de perfil variable.
3. Aparato según las reivindicaciones 1 ó 2, en el que una respectiva bolsa de vacío para cada zona de perfil variable está conectada a un dispositivo de vacío individual correspondiente.
4. Aparato según las reivindicaciones 1 ó 2, en el que unas respectivas bolsas de vacío para unas respectivas zonas de perfil variable están conectadas en grupo a un dispositivo de vacío individual.
5. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que por lo menos una bomba de vacío (12) proporciona dicha una o más fuentes de vacío.
6. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicha una o más fuentes de vacío comprenden por lo menos una bomba (12) conectada a dichas dos o más bolsas de vacío.
7. Procedimiento para producir un componente compuesto tridimensional utilizando la formación de un diafragma, en el que el procedimiento comprende las siguientes etapas:
 - aplicar un paquete de diafragma (3) que contiene material compuesto al lado de formación de la herramienta formadora (10, 100) de un aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores;
 - conectar los orificios pasantes (21) mediante dichas dos o más bolsas de vacío (23, 25) a una o más fuentes de vacío;
 - aplicar calor al paquete de diafragma;
 - aplicar un vacío selectiva y discretamente a cada uno de dichos dos o más canales (100A, 100B) entre el paquete de diafragma y la herramienta formadora de tal manera que la zona del paquete de diafragma a la cual se aplica el vacío es llevada a contacto con el lado de formación de la herramienta formadora en una secuencia predeterminada con el fin de formar un componente tridimensional.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que se aplica el vacío a las zonas de perfil variable en secuencia desde el centro de la herramienta formadora hacia la periferia de la herramienta formadora.

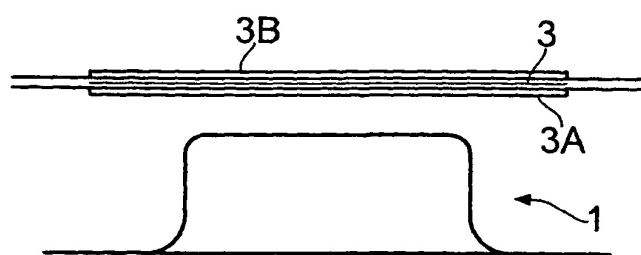


FIG. 1A

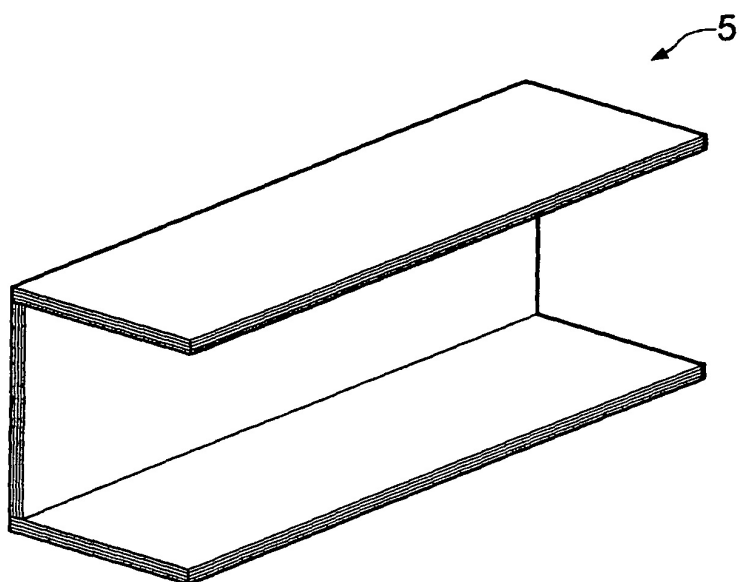


FIG. 1B

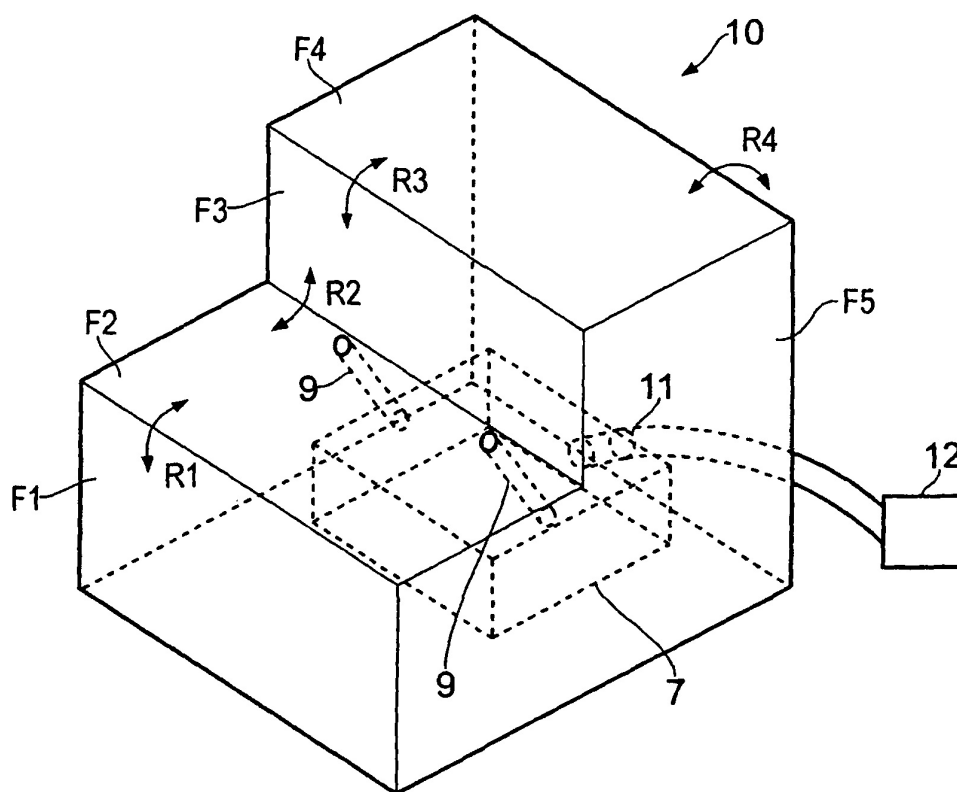


FIG. 2A

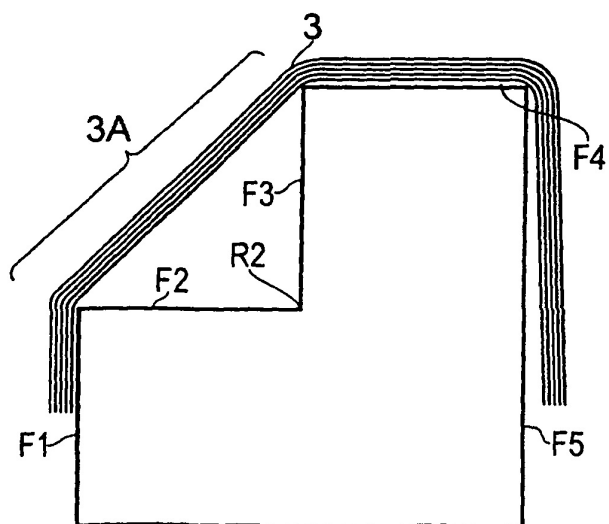


FIG. 2B

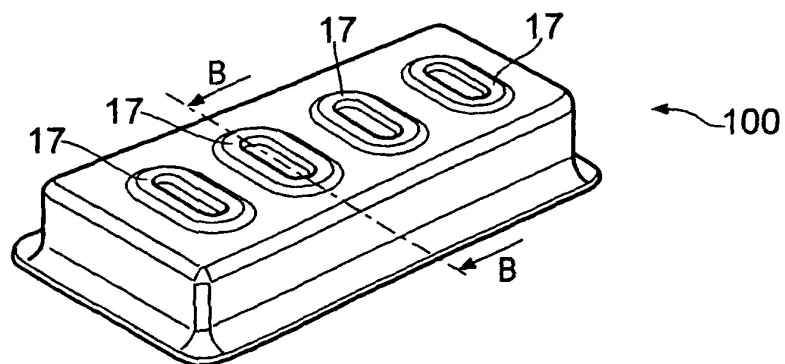


FIG. 3A

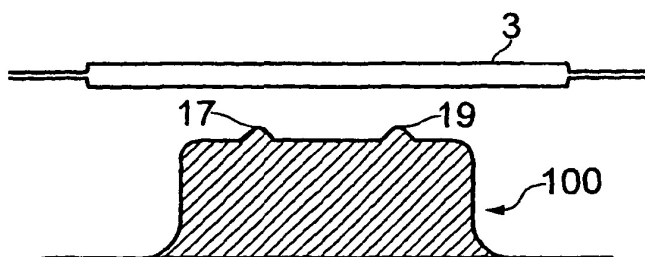


FIG. 3B

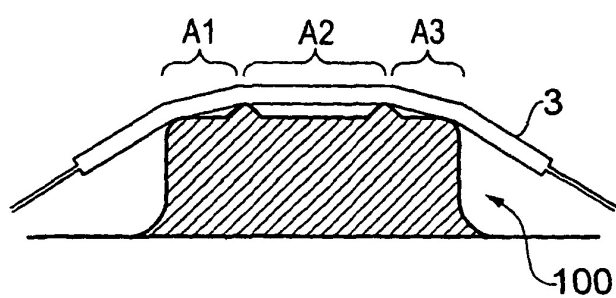


FIG. 3C

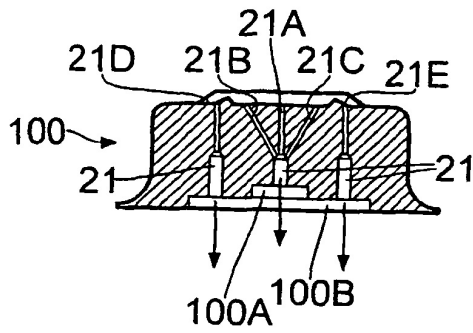


FIG. 4B

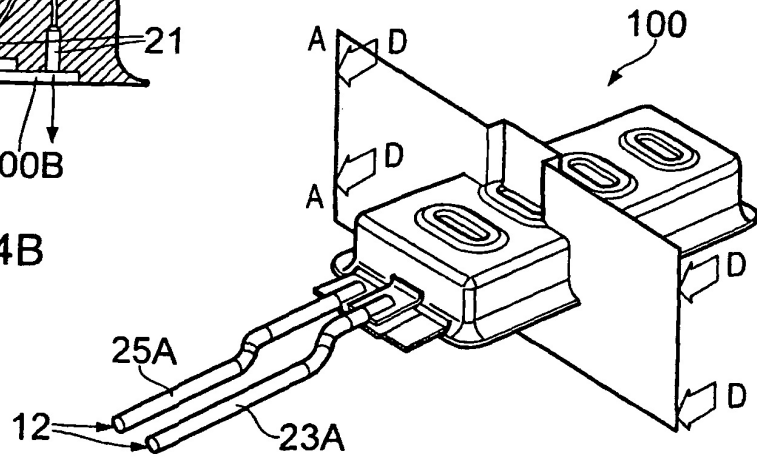


FIG. 4A

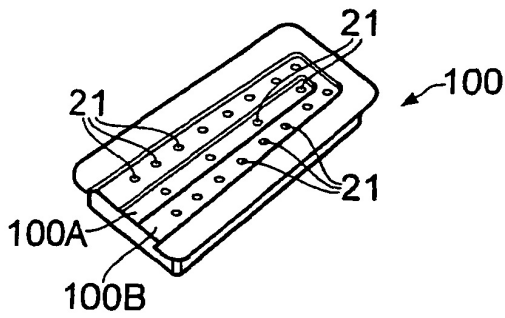


FIG. 4C

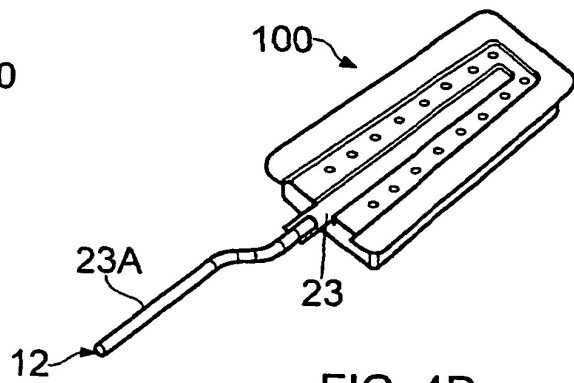


FIG. 4D

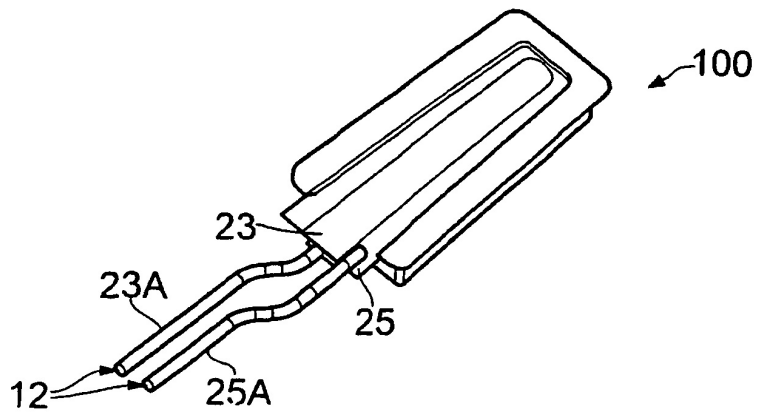


FIG. 4E

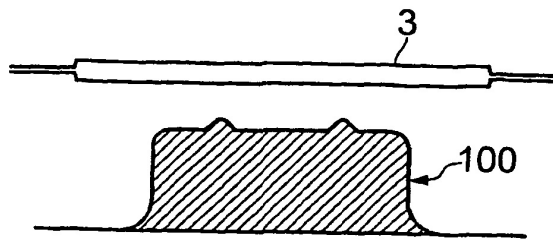


FIG. 5A

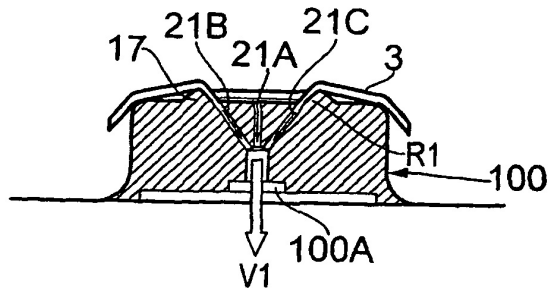


FIG. 5B

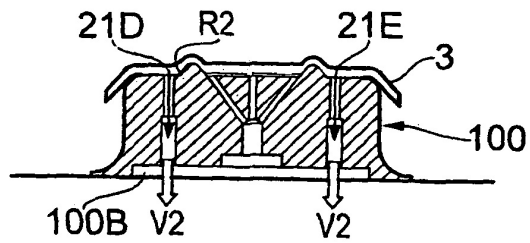


FIG. 5C

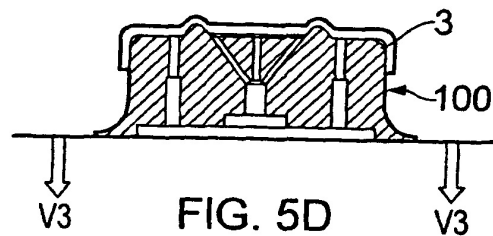


FIG. 5D

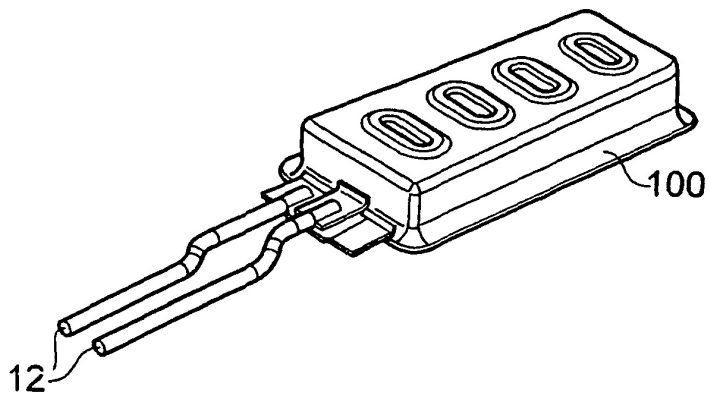


FIG. 5E