

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 778 837**

51 Int. Cl.:

<b>B29C 70/22</b>	(2006.01)
<b>B29C 70/34</b>	(2006.01)
<b>B29C 70/38</b>	(2006.01)
<b>B29C 51/00</b>	(2006.01)
<b>B64C 1/06</b>	(2006.01)
<b>B29L 12/00</b>	(2006.01)
<b>B29K 71/00</b>	(2006.01)
<b>B64C 1/00</b>	(2006.01)
<b>B29L 31/30</b>	(2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.02.2013 PCT/FR2013/050431**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.09.2013 WO13128138**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2013 E 13712306 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019 EP 2819834**

54 Título: **Procedimiento de conformado por estampado de un material compuesto termoplástico con refuerzo de fibras continuo**

30 Prioridad:

**29.02.2012 FR 1251877**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.08.2020**

73 Titular/es:

**DAHER AEROSPACE (100.0%)  
23 Route de Tours  
41400 Saint Julien De Chedon, FR**

72 Inventor/es:

**KURTZ, DIDIER y  
VAUDOUR, JULIE**

74 Agente/Representante:

**LÓPEZ CAMBA, María Emilia**

**ES 2 778 837 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento de conformado por estampado de un material compuesto termoplástico con refuerzo de fibras continuo

5 La invención se refiere a un procedimiento de conformado por estampado de un material compuesto termoplástico con refuerzo de fibras continuo. La invención está adaptada principalmente a la realización de una pieza compuesta de estructura que comprende al menos dos caras que se extienden en planos secantes, y más en particular a la realización de una pieza en forma de extrusión que comprende al menos dos alas y cuyos centros de secciones sucesivas siguen una curva.

10 Según la técnica anterior, una pieza de esta forma, constituida por un material compuesto que comprende un refuerzo de fibras continuo en una matriz termoplástica, puede obtenerse mediante el estampado de una pieza en bruto termoplástica consolidada. Según esta técnica anterior, descrita a modo de ejemplo en el documento FR-A-2.922.276, se compacta y se consolida una pila de pliegues preimpregnados con el fin de formar una plancha. A continuación esta plancha se recorta en un conjunto de piezas de manera que se forman piezas en bruto, unas piezas en bruto que seguidamente son sometidas a estampado mediante un dispositivo punzón-matriz a una temperatura cercana o superior a la temperatura de fusión de la matriz. El estampado de una pieza en bruto compuesta con refuerzo de fibras continuo se realiza sin evolución de grosor de la pieza en bruto, cuyo material no puede soportar una deformación plástica. Así, en el curso de la operación de estampado, dicha pieza en bruto se desconsolida durante el calentamiento de manera que permite el deslizamiento interlaminar de los pliegues en el curso del conformado, y después el recompactado entre el punzón y la matriz tras el estampado antes de la reconsolidación y finalmente se recorta para eliminar los bordes. La figura 1, relativa a la técnica anterior ilustra esquemáticamente la orientación de las fibras durante algunas etapas de este procedimiento. Así, la figura 1A, obtenida de la consolidación de la plancha compuesta (100), comprende, según este ejemplo de realización, fibras continuas (110, 120), es decir, que se extienden entre dos bordes de dicha plancha, orientadas según ángulos a 0° (120) y a 45° (110). Antes del estampado, en la figura 1B, se recorta una pluralidad de piezas en bruto (130) en esta plancha (100) por ejemplo, con un chorro de agua abrasivo. La necesidad de respetar la orientación de las fibras impone la orientación de las piezas en bruto en la plancha (100) lo que limita las posibilidades de imbricación de los conjuntos de piezas y conduce a una tasa de caída importante. Además, durante esta etapa de recorte, en particular cuando la pieza en bruto (130) es curva, no es posible respetar la orientación nominal de las fibras en todos los puntos de la pieza en bruto. Así, la operación de estampado ulterior genera tensiones en las fibras, en función de su orientación con respecto a la dirección de conformado. Según la técnica anterior, es indispensable el uso de una pieza en bruto obtenida de una plancha compactada-consolidada para la implementación del procedimiento de estampado en caliente. De hecho, para obtener un deslizamiento interlaminar de los pliegues durante el conformado, es necesario que la temperatura de calentamiento de la pieza en bruto sea uniforme tanto en superficie como en grosor. La presencia de una lámina de aire en la estratificación, incluso en una distancia corta, crea un defecto de calentamiento que se traduce en un punto de fijación entre los pliegues afectados que se opone localmente al deslizamiento interlaminar y genera restricciones en las fibras. Además, esta lámina de aire recoge los productos de desgasificación durante el calentamiento de la pieza en bruto, creando así una porosidad. Para evitar estos defectos, las planchas consolidadas (100) son objeto, según la técnica anterior, de un control sistemático por ultrasonidos de su estado antes del recorte de las piezas en bruto destinadas al estampado. El documento «Manufacturing processes for advanced composites», capítulo 10: páginas 379 a 387, CAMPBELL F. C. ED., ELSEVIER ADVANCED TECHNOLOGY, 01.01.2004 describe las técnicas de estampado de los materiales compuestos termoplásticos de fibras continuas. Estas operaciones de consolidación-reconsolidación y de control sistemático influyen desfavorablemente en el coste de las piezas y en la productividad del procedimiento de implementación, mientras que el defecto de orientación de las fibras en la pieza se traduce en deterioros de las propiedades mecánicas de dicha pieza y, para aplicaciones aeronáuticas, en excedentes de masa de rendimiento mecánico equivalente, e incluso, no permite el uso de dicha pieza para determinadas aplicaciones. A modo de ejemplo, los armazones de fuselaje de una aeronave consisten en perfiles en forma de L o de U doblados según un radio de curvatura superior a 2 metros para un avión de fuselaje medio. Estos armazones están formados ventajosamente por un material compuesto con refuerzo de fibras más ligero de resistencia mecánica equivalente en comparación con los materiales metálicos. No obstante, para que estas piezas de estructura sean capaces de resistir los distintos esfuerzos mecánicos a los que pueden someterse en un funcionamiento normal y en condiciones excepcionales, principalmente en cuanto a resistencia al pandeo, estas piezas deben fabricarse con una tolerancia estricta de orientación de las fibras de refuerzo en relación con el eje neutro de la pieza, una tolerancia de orientación generalmente inferior a 1°. Así, el procedimiento de la técnica anterior no permite realizar una pieza compuesta con refuerzo continuo y matriz termoplástica que responda a estas tolerancias.

60 El documento WO-02/09935 describe un procedimiento que implementa el estampado de una pieza en bruto compuesta con matriz termoplástica preconsolidada. El procedimiento de estampado considerado en este documento se realiza pinzando los bordes de la pieza en bruto durante el estampado de manera que este procedimiento solo es adaptable a piezas en bruto reforzadas con fibras discontinuas, sin control del deslizamiento interlaminar en el curso de la operación de estampado y con una variación del grosor de dicha pieza en bruto.

65 El documento FR2766407 describe un procedimiento para la realización de una pieza compuesta con refuerzo de fibras continuo, en una matriz termoplástica que comprende al menos dos caras que se extienden en planos secantes, que comprende las etapas que consisten en: a. obtener una pieza en bruto plana, que incluye una pila preconsolidada

de pliegues, formada por colocación automática de fibras denominadas preimpregnadas de un polímero termoplástico, que incluye una operación que consiste en: d. depositar por colocación automática de fibras, aplicando dichas fibras con una presión y una temperatura a la interfaz entre dichas fibras y una preforma constituida por una pila de pliegues fibrosos también preimpregnados, superior a la temperatura de fusión del polímero, seguido por un enfriamiento de las fibras depositadas por medios de enfriamiento, de manera que dichas fibras forman parte entonces de la preforma, con una velocidad de depósito seleccionada con el fin de obtener una preconsolidación, es decir, una pila de pliegues que presentan una tasa de porosidad inferior al 1% pero sin crear una red continua de cadenas moleculares en el grosor de la matriz; b. calentar dicha pieza en bruto a una temperatura superior o igual a la temperatura de fusión del polímero que constituye la matriz; c. estampar en caliente la pieza en bruto así calentada y consolidar la pieza así formada entre el punzón y la matriz de estampado.

La invención pretende resolver los inconvenientes de la técnica anterior y se refiere para este fin a un procedimiento de conformado por estampado de un material compuesto termoplástico con refuerzo de fibras continuo que comprende las etapas tal como se definen en la reivindicación 1.

El término «preconsolidado» se interpreta en la presente memoria en el sentido de una pila de pliegues ensamblados con una tasa de porosidad inferior al 1% pero sin que se cree una red continua de cadenas moleculares en el grosor de la matriz. Dicha pieza en bruto es suficientemente rígida para ser manipulada sin dificultad y sin ningún riesgo de pérdida de orientación de los pliegues, pero no se consolida plenamente y no es apta para un uso estructural incluso poco exigente. Así, la pieza en bruto se cubre muy rápidamente de manera automática, y la ausencia de vacío en la pila permite un calentamiento rápido y uniforme de la pieza en bruto. El hecho de que la consolidación de la pieza solo sea parcial favorece el deslizamiento interlaminar incluso en presencia de variaciones de viscosidad en la pieza en bruto, lo que reduce igualmente las tensiones en las fibras durante el estampado. Así, el procedimiento objeto de la invención permite suprimir varias operaciones en comparación con la técnica anterior, para llegar a un resultado equivalente e incluso mejora en términos de calidad.

El término «preimpregnado» en relación con las fibras termoplásticas se usa en la presente memoria en el sentido de tiras termoplásticas calandradas con una película de polímero, aplicadas en polvo con un polímero termoplástico o que comprende fibras termoplásticas mezcladas junto con las fibras de refuerzo. En todos los casos, las fibras de refuerzo no están impregnadas de por sí o están impregnadas solo parcialmente con este polímero. Este tipo de producto corresponde al producto disponible efectivamente en el comercio con la denominación impropia de preimpregnado.

La invención se implementa ventajosamente según las realizaciones expuestas a continuación, las cuales han de considerarse individualmente o según cualquier la combinación técnicamente operativa.

Ventajosamente, el procedimiento objeto de la invención comprende antes de la etapa a) una etapa que consiste en: d. depositar las fibras orientadas localmente siguiendo la curvatura de la pieza en bruto en toda la longitud de la pieza en bruto.

Así, la orientación de los refuerzos corresponde sustancialmente a la orientación nominal en cualquier punto de la pieza terminada, mejorando así la resistencia de dicha pieza frente a los esfuerzos mecánicos.

Ventajosamente, la etapa d) se lleva a cabo aplicando las fibras con una presión y una temperatura suficientes para obtener una preconsolidación de la pila, pero a una velocidad de depósito suficientemente elevada para no obtener la consolidación total de la pila. Así, el procedimiento objeto de la invención permite alcanzar velocidades de depósito, con productividad, elevadas. Además, el uso de una velocidad de depósito elevada limita el tiempo de exposición al aire y a alta temperatura de las interfaces de los pliegues depositados, mejorando así las características, principalmente de cristalinidad de la matriz en la pieza final.

El procedimiento objeto de la invención está adaptado más en particular al caso en que el polímero termoplástico es una polieteretercetona. De hecho, la temperatura de fusión elevada de este material y su tendencia a la reticulación a temperatura elevada en presencia de una atmósfera oxidante, complican la obtención de las piezas pretendidas por la invención mediante las técnicas de la técnica anterior de cobertura y consolidación in situ o de estampado, tomadas de forma individual.

Ventajosamente, la etapa d) del procedimiento objeto de la invención comprende el depósito de fibras orientadas a 0° con respecto a la curvatura de la pieza en bruto. Esta orientación de fibra permite asegurar la rigidez de las piezas curvas con respecto a los esfuerzos radiales.

Ventajosamente la etapa d) comprende el depósito de fibras orientadas según un ángulo  $\alpha$  con respecto a la curvatura de la pieza en bruto. Después del estampado estas fibras se extienden desde un borde al otro de la pieza siguiendo las alas en sus planos respectivos con lo que participan en la resistencia al pandeo de la pieza compuesta obtenida.

La invención se refiere igualmente a una aeronave que incluye un fuselaje que comprende armazones constituidos por un material compuesto con refuerzo de fibras y una matriz de PEEK obtenido por el procedimiento objeto de la

invención. Dicho almacén se somete a especificaciones estrictas en materia de orientación de las fibras y en términos de resistencia a los impactos y al fuego. Además debe poder fabricarse en serie de forma reproducible. El procedimiento objeto de la invención permite responder a estas exigencias usando un compuesto termoplástico con una matriz de alto rendimiento y beneficiarse de los rendimientos de resistencia al fuego y a los impactos de este material, y reducir así la masa de las piezas pretendidas con respecto a las soluciones de la técnica anterior.

La invención se expone a continuación según sus modos de realización preferidos, no limitativos, y en referencia a las figuras 1 a 3, en las cuales:

- la figura 1, relativa a la técnica anterior ilustra en vista desde arriba la orientación de las fibras en de las piezas en bruto compuestas con matriz termoplástica destinadas al estampado, en la figura 1A, durante la consolidación de la plancha en la que se recortan las piezas en bruto, en la figura 1B durante el recorte de los conjuntos de piezas;
- la figura 2 muestra esquemáticamente la realización de una pieza compuesta curva de matriz termoplástica que comprende dos alas que se extienden en planos secantes, en la figura 2A, en vista desde arriba en el curso de la cobertura automatizada de la pieza en bruto según el procedimiento objeto de la invención, en la figura 2B la pieza en bruto plana en vista desde arriba, en la figura 2C según una sección A-A definida, en la figura 2D, una sección de la pieza después del estampado que muestra las zonas débilmente compactadas en los extremos de las alas mientras que en la figura 2D se muestra en perspectiva un ejemplo de la pieza así obtenida por el procedimiento objeto de la invención;
- y la figura 3, ilustra esquemáticamente según una vista de perfil un ejemplo de implementación de un procedimiento de colocación de fibras automatizado.

La figura 2A, según un ejemplo de realización del procedimiento objeto de la invención, comprende una primera etapa de cobertura, que consiste en depositar por colocación de fibras, denominadas preimpregnadas del polímero termoplástico, bandas (210, 220) orientadas frente al contorno (231) real de la pieza en bruto. Este depósito se realiza usando una máquina de colocación de fibras automática de control digital, adaptada al depósito de fibras preimpregnadas de un polímero termoplástico, principalmente de polieterecetona o PEEK. Así, las bandas (220) orientadas a 0° respetan localmente esta orientación en la pieza en bruto. Para este fin, dichas bandas (220) se depositan según trayectorias curvas.

En la figura 3, el depósito por colocación de fibras automática es conocido en la técnica anterior. Una banda (320) de fibras, denominadas preimpregnadas de un polímero termoplástico, se deposita en una preforma (300) constituida por una pila de pliegues fibrosos también preimpregnados. En el curso de la implementación de este depósito en el marco del procedimiento objeto de la invención, la interfaz entre la banda (320) en curso de depósito y la preforma (300) se lleva a una temperatura igual o ligeramente superior, 5°C a 10°C, a la temperatura de fusión del polímero termoplástico, por medios de calentamiento (340). Estos medios de calentamiento pueden provenir de un haz de láser o de la insuflación de un gas caliente. La banda (320) es prensada inmediatamente en la preforma, por medios de prensado (350), por ejemplo por medio de un rodillo de prensado. Bajo el efecto de esta presión y de la temperatura, la banda (320) se suelda a la preforma (300). El rodillo de prensado (350) y los medios de calentamiento (340) se desplazan a una velocidad de avance  $V_f$  a medida del depósito, mientras que medios de tensión (no representados) aseguran la tensión permanente de la parte no depositada de la banda (320) fibrosa. Los medios de enfriamiento (360), que se desplazan con el rodillo de prensado, enfrían rápidamente la banda depositada que pasa así a formar parte de la preforma. Según la técnica anterior, la cobertura de bandas preimpregnadas de un polímero termoplástico según dicho procedimiento pretende obtener la consolidación in situ de la preforma. Para obtener esta consolidación completa es necesario controlar el tiempo de mantenimiento de la temperatura y de prensado de la banda (320) en la preforma (300) y calentar las dos a una temperatura suficiente, por ejemplo cercana a 400°C para PEEK, con el fin de que las cadenas moleculares del polímero que constituye la matriz del futuro compuesto se entremezclen en todo el grosor del pliegue depositado con las de la preforma. Este fenómeno recibe normalmente el nombre de «autoadhesión» y corresponde a la difusión de segmentos de cadenas moleculares a través de la interfaz. En el caso del procedimiento de depósito objeto de la invención, no se pretende dicha consolidación completa y el objetivo que se busca es una autoadhesión parcial de la banda (320) y de la preforma (300) y la ausencia de vacíos en la interfaz. Para este fin, el depósito se realiza con una temperatura de calentamiento justa suficiente para obtener la soldadura en la interfaz, por ejemplo a aproximadamente 350°C para PEEK, sin difusión en el grosor del pliegue, y con una presión suficiente para asegurar la compacidad y la adhesión. Estas condiciones permiten un depósito a una velocidad  $V_f$  elevada, lo que asegura una tasa de porosidad en la preforma inferior al 1%.

El procedimiento de depósito por colocación de fibras permite realizar depósitos de fibras según trayectorias curvas. Este procedimiento de depósito se conoce en la técnica anterior por el término anglosajón «steering».

Volviendo de nuevo a la figura 2A, las bandas (210) orientadas según otras orientaciones, por ejemplo a 45°, también se depositan de manera que se verifique localmente esta orientación.

En la figura 2B, en la pieza en bruto (230) obtenida por el procedimiento objeto de la invención, los refuerzos a 0° (120) siguen la curvatura de la pieza en bruto (230) y los refuerzos (110) orientados según un ángulo  $\alpha$ , conservan esta orientación relativa con respecto al refuerzo a 0° a lo largo del mismo. Esta pieza en bruto (230) se lleva a una

temperatura superior a la temperatura de fusión del polímero termoplástico que constituye la matriz del futuro material compuesto, por ejemplo, con medios de un calentamiento por radiación infrarroja. Posteriormente, la pieza en bruto se somete a estampado entre un punzón y una matriz según un procedimiento de estampado en caliente conocido en la técnica anterior, para obtener la pieza (250) acabada.

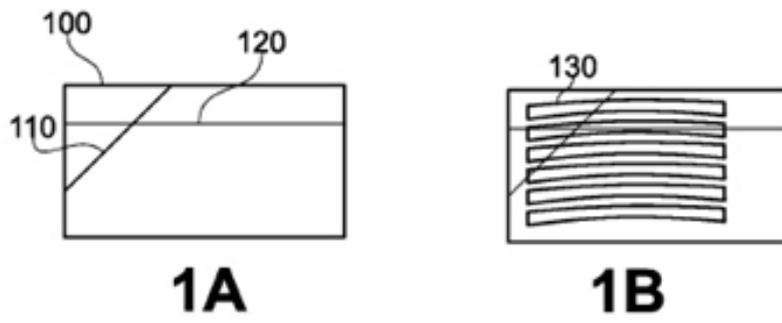
5 En la figura 2C, el procedimiento de estampado implementa fenómenos de deslizamientos interlaminares y de percolación del polímero entre los pliegues y termina con una fase de compactación-consolidación de la pieza en forma, entre el punzón y la matriz. Así, como resultado de la operación de estampado, la pieza bruta comprende una porción (240) mayoritaria totalmente compactada y consolidada, cuya tasa de porosidad es inferior al 0,5%, y, en los extremos de las alas, las zonas (241, 242) descompactadas dan fe del deslizamiento interlaminar. Estas zonas se  
10 eliminan por recorte con chorro de agua abrasivo o con herramienta cortante.

En la figura 2D, la pieza (250) se termina después de este recorte. Los refuerzos (120) a 0° siguen la curvatura de la pieza mientras que los refuerzos (110) orientados según un ángulo  $\alpha$  con respecto a esta dirección, se prolongan de un borde al otro de la pieza y se extienden en los dos planos secantes de las alas, como muestra la figura 2C según  
15 una vista en sección transversal. Ya orientados correctamente en la pieza en bruto antes del estampado, los refuerzos de fibra tienen pocas restricciones durante el conformado y conservan su orientación nominal en una tolerancia estricta.

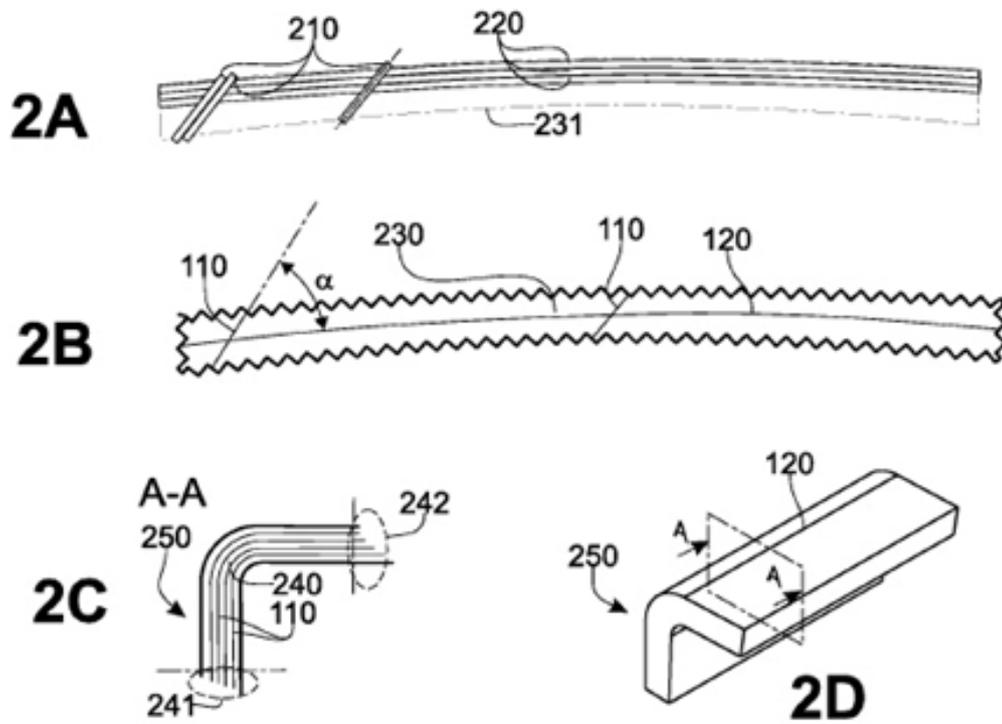
La descripción anterior y los ejemplos de realización muestran que la invención alcanza los objetivos que persigue, en particular, mediante la combinación del procedimiento de cobertura automatizado y del estampado que permite obtener  
20 una pieza (250) curva que incluye al menos dos alas que se extienden en planos secantes y constituida por un material compuesto de matriz termoplástica de alto rendimiento tal como PEEK y cuyos refuerzos respetan la orientación nominal en todos los puntos de la pieza. Así, el procedimiento objeto de la invención permite realizar, principalmente,  
25 los armazones de refuerzo de un fuselaje de aeronave.

**REIVINDICACIONES**

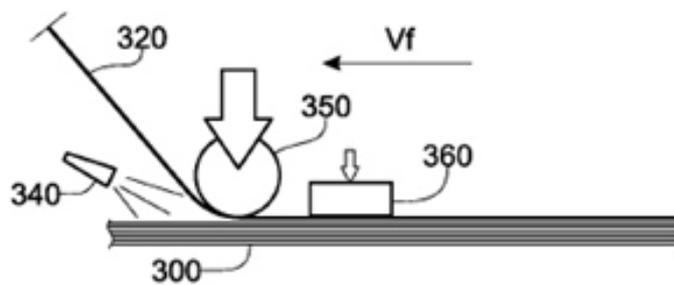
1. Procedimiento para la realización de una pieza en forma de extrusión constituida por un material compuesto con refuerzo de fibras continuo, en una matriz termoplástica que comprende al menos dos alas, cuyos centros de secciones sucesivas siguen una curva y al menos dos caras que se extienden en planos secantes, comprendiendo dicho procedimiento las etapas que consisten en:
- 5
- a. obtener una pieza en bruto (230) plana, que incluye una pila preconsolidada de pliegues, que comprende fibras orientadas a 0° con respecto a la curvatura de la pieza en bruto, preparada por colocación automática de fibras (210, 220) denominadas preimpregnadas de un polímero termoplástico, según trayectorias curvas que incluyen una operación que consiste en:
- 10
- d. depositar mediante colocación automática de fibras, fibras (210, 220) orientadas localmente siguiendo la curvatura de la pieza en bruto en toda la longitud de la pieza en bruto aplicando dichas fibras con una presión y una temperatura a la interfaz entre dichas fibras y la preforma constituida por una pila de pliegues fibrosos también preimpregnados, superior de 5°C a 10°C a la temperatura de fusión del polímero, de manera que dichas fibras forman parte entonces de la preforma, seguido por un enfriamiento de las fibras depositadas por medios (360) de enfriamiento, con una velocidad (V) de depósito seleccionada con el fin de obtener una preconsolidación de la pieza en bruto, es decir, con una tasa de porosidad inferior al 1% pero sin crear una red continua de cadena moleculares en el grosor de la matriz;
- 15
- b. calentar dicha pieza en bruto (230) a una temperatura superior o igual a la temperatura de fusión del polímero que constituye la matriz;
- 20
- c. estampar en caliente la pieza en bruto así calentada y consolidar la pieza (250) así formada entre el punzón y la matriz de estampado.
- 25
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el polímero termoplástico es un polieteretercetona.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que la temperatura de depósito de la etapa d) es del orden de 350°C.
- 30
4. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa d) comprende el depósito de fibras (110) orientadas según un ángulo  $\alpha$  con respecto a la curvatura de la pieza en bruto (230).



**Fig. 1**  
(técnica anterior)



**Fig. 2**



**Fig. 3**