



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 351 282**

51 Int. Cl.:
B29C 70/44 (2006.01)
B29C 33/38 (2006.01)
B29C 33/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07727098 .1**
96 Fecha de presentación : **20.03.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1996390**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.12.2008**

54 Título: **Procedimiento de realización de estructuras de formas complejas de materiales compuestos.**

30 Prioridad: **20.03.2006 FR 06 50956**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
02.02.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
02.02.2011

73 Titular/es: **EUROPEAN AERONAUTIC DEFENCE
AND SPACE COMPANY EADS**
37 bld de Montmorency
75016 Paris, FR

72 Inventor/es: **Cavaliere, Frederick;**
Guitton, Maurice y
Guitton, Severine

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 351 282 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

La presente invención pertenece al dominio de la realización de piezas de formas complejas de materiales compuestos, que necesitan moldes durante las operaciones de fabricación. Más particularmente, el procedimiento de acuerdo con la invención se sirve de elementos de moldes que se encuentran aprisionados dentro de la pieza en el momento de su realización y que son, a continuación, extraídos con el fin de permitir la realización de piezas denominadas no desmoldeables.

Las piezas de materiales compuestos que comprenden fibras en el seno de una matriz, por ejemplo, una resina, se fabrican, de la manera más frecuente, con la ayuda de moldes destinados a conferir al material utilizado la forma de dicha pieza.

El material fibroso, seco o, preferiblemente, impregnado de resina, se deposita sobre el molde del que debe adoptar la forma y experimenta un ciclo más o menos complejo que puede comportar fases de inyección de resina y/o de sometimiento a presión y/o de calentamiento.

Después del endurecimiento de la resina, generalmente por polimerización, la pieza en curso de realización, que ha alcanzado las propiedades mecánicas y dimensionales pretendidas, se retira del molde.

Las piezas de formas complejas precisan, en ocasiones, el uso de moldes, ciertos elementos de los cuales pueden encontrarse bloqueados dentro de la pieza en el momento del desmoldeo. Se trata, así, frecuentemente, de formas huecas o envolventes que precisan que el molde comprenda elementos particulares o núcleos que llenan las formas huecas de la pieza durante su realización.

Para que la extracción de dichos núcleos sea posible sin dañar la pieza que se acaba de fabricar, es entonces necesario, salvo que se fabrique la pieza de varios elementos que se ensamblan en una etapa ulterior, construir núcleos particulares en varias partes que se desencastran por medio de llaves para ser extraídas de la pieza. Sin embargo, tales núcleos de varios elementos encastrados no son siempre realizables en la práctica y siempre resultan más caros que moldes de un solo elemento, y pueden revelarse muy complejos, tanto en lo que se refiere a su concepción como por lo que respecta a su

puesta en práctica.

Otro método igualmente utilizado consiste en realizar el núcleo de un material que permite destruir dicho núcleo con el fin de eliminarlo de la pieza, por ejemplo, por una acción mecánica o por fusión o disolución del material del núcleo. En este caso, la dificultad radica en encontrar
5 un material para realizar el núcleo, que sea aceptable económicamente, que sea adecuado para resistir las condiciones, a menudo extremas, que se encuentran durante los procedimientos de realización de la pieza de material compuesto, que sea lo suficientemente sólido como para
10 resistir las manipulaciones y sollicitaciones mecánicas durante la preparación de la pieza, respetando tolerancias de forma exigentes o severas, y que sea eliminado después mecánicamente o por fusión sin riesgo de dañar la pieza, o sea disuelto con agua o con otro disolvente compatible con el material de la pieza. Estas combinaciones de
15 condiciones no son siempre posibles y, en todo caso, es necesario fabricar igual número de núcleos o de juegos de núcleos que de piezas que se han de realizar, lo que resulta, al igual que la fase de eliminación del núcleo y el respeto a las condiciones de higiene y de seguridad en vigor, costoso a escala industrial.

Otro método consiste en realizar un núcleo de un material que sea lo suficientemente deformable como para que dicho núcleo pueda ser extraído por deformación. Así, un núcleo fabricado de un elastómero, que comprenda eventualmente vaciados, podrá ser extraído por estiramiento y estricción a través de una abertura de dimensiones más
20 pequeñas que las de la sección del núcleo. El defecto de los núcleos que utilizan un material deformable es su inestabilidad dimensional debida a su escasa rigidez, que no permite obtener la reproducción, dentro de las tolerancias exigidas por ciertas aplicaciones, de los resultados a la hora de la fabricación de las piezas. Además, el
25 pequeño coeficiente de estricción no permite resolver las situaciones que presentan variaciones significativas de la sección del núcleo, en particular cuando el núcleo ha de ser extraído por una abertura de sección reducida.

Para realizar un núcleo que sea rígido y que, a la vez, pueda ser
35 extraído de la pieza tras su endurecimiento, una solución consiste en

realizar una vejiga de un material elastómero, de tal modo que dicha vejiga se rellena de un material granular. En una primera etapa, la vejiga, cuya forma se realiza, de preferencia, según la forma pretendida para el núcleo, se coloca en un molde contra cuyas paredes es aplicada por medio de una depresión entre las paredes de la vejiga y las del molde correspondiente a la forma deseada para el núcleo. Tras llenar la vejiga con el material granular, se interrumpe la depresión entre las paredes del molde y de la vejiga y se pone al vacío el interior de la vejiga, lo que tiene por efecto compactar y transformar en un bloque, bajo las fuerzas de aplastamiento de la vejiga sometida a la presión atmosférica, el material granular contenido en dicha vejiga, con lo que se confiere, así, a esta última, a la vez la forma y la rigidez pretendidas para que sirva de soporte a la deposición de tejidos previamente impregnados de resina. Tras el endurecimiento de la resina, se suprime la puesta al vacío del interior de la vejiga y la vejiga se abre con el fin de extraer el material granular. La envoltura vaciada de la vejiga es entonces lo suficientemente deformable como para ser retirada de la pieza de material compuesto en cuyo interior está aprisionada. La Patente US 5.262.121, que describe un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, describe igualmente un tal procedimiento de realización de tuberías complejas de material compuesto. Un problema que se presenta con este tipo de realización es la calidad dimensional de la pieza fabricada, que puede ser insuficiente. Esta calidad se ve, en efecto, afectada por las variaciones de dimensiones efectivas de la vejiga y/o del núcleo tras el sometimiento al vacío, así como por las debidas a los ciclos de calentamiento y de presión que se utilizan, generalmente, para la polimerización de la resina. Si estas variaciones de dimensiones no son perjudiciales para piezas compuestas de gran difusión, como, por ejemplo, tuberías o conducciones de aire acondicionado, sí son, generalmente inaceptables para la realización de piezas compuestas de altas prestaciones, como, por ejemplo, piezas estructurales que tienen estrechas tolerancias geométricas, destinadas a un ensamblaje más preciso y cuyas características dimensionales son, a menudo, cruciales, al igual que la salud estructural del material de la pieza terminada, que

no debe contener burbujas de gas o porosidades, como tampoco embolsamientos de resina ni fibras «secas», fenómenos que conducen a proporciones o tasas de rechazo importantes en su fabricación, y son, asimismo, fuentes de descascarillado o desprendimiento cuando la pieza es sometida a sollicitaciones en servicio, lo que conduce a sobredimensionar las piezas cuya resistencia estructural debe ser esencial.

A fin de realizar piezas de material compuesto que comportan formas no desmoldeables por medio de formas de molde convencional, con las calidades dimensionales y estructurales que se requieren por piezas de calidad estructural tales como las piezas que se emplean en el dominio aeronáutico, el procedimiento de acuerdo con la invención pone en práctica un núcleo extraíble que comprende una vejiga flexible cuya rigidez se asegura por un relleno de un material sólido granular y un fluido intergranular, o dispuesto entre los granos, de acuerdo con el procedimiento de la reivindicación 1.

En el procedimiento de realización de una pieza de material compuesto que comprende fibras de una resina que pasa de un estado pastoso o líquido a un estado sólido en el curso de una fase de endurecimiento, y que comprende una zona parcialmente cerrada, un volumen correspondiente, en todo o en parte, a la zona parcialmente cerrada es ocupado por un núcleo, de tal modo que dicho núcleo comprende una vejiga de material flexible que presenta una superficie exterior que delimita un volumen del núcleo cuyas formas y dimensiones están en correspondencia con el volumen de la zona parcialmente cerrada, y que presenta una superficie interior que determina un volumen de la vejiga, de tal manera que este volumen de la vejiga se llena de un material sólido granular y de un fluido situado entre los granos, o intergranular, se ejerce una presión sobre la superficie interior de la vejiga por parte del material sólido granular y/o del fluido, de tal forma que el volumen del núcleo sea modificado de manera controlada antes de que el material compuesto se haya endurecido totalmente. Esta modificación del volumen del núcleo antes de que la resina se haya endurecido tiene por efecto equilibrar y homogeneizar las presiones sobre las diferentes partes que se ponen en juego, lo que

permite obtener una forma de la pieza dentro de las tolerancias pretendidas y evitar, por tanto, las deformaciones locales de la pieza, así como una buena salud del material.

5 En particular, cuando el endurecimiento de la resina está asociado a una fase de curado térmico con elevación de la temperatura, el volumen del núcleo se modifica de manera controlada seleccionando el material sólido granular en función de su coeficiente de dilatación térmica y la elevación de la temperatura asociada a la fase de endurecimiento de la resina.

10 Para evitar las deformaciones de la pieza en el momento de su realización, a pesar de la elevación de la temperatura en el curso de la fase de endurecimiento de la resina, el volumen del núcleo se modifica de manera controlada seleccionando el material sólido granular entre materiales que tienen un coeficiente de dilatación térmica próximo a la dilatación térmica del material compuesto de la pieza.

15 En particular, el material sólido granular puede ser un vidrio de borosilicato o una aleación de hierro y níquel de tipo Invar, con un coeficiente de dilatación pequeño.

20 De forma general, cuando se pretende un coeficiente de dilatación pequeño, el material sólido granular se escoge entre materiales cuyo coeficiente de dilatación térmica está comprendido entre $2 \cdot 10^{-6}$ por Kelvin y $9 \cdot 10^{-6}$ por Kelvin.

25 Cuando el núcleo debe ejercer, ventajosamente, una presión sobre la pieza en el curso de su realización, el volumen del núcleo se modifica de manera controlada seleccionando el material sólido granular entre materiales que presentan un coeficiente de dilatación térmica superior al coeficiente de dilatación térmica del material compuesto de la pieza, por ejemplo, una aleación de aluminio.

30 Cuando la resina se endurece por un curado térmico, el núcleo se llena, ventajosamente, con un material sólido granular y/o un fluido intersticial escogidos de modo que tengan un coeficiente de conductividad térmica apto para garantizar la difusión del calor durante el curado térmico.

35 Sola o en combinación con la acción del material sólido granular, la acción del núcleo antes del endurecimiento de la resina se obtiene,

igualmente, aumentando la presión P_n del fluido intersticial antes del endurecimiento de la resina.

En particular, la presión P_n se aumenta hasta un valor sensiblemente igual a una presión P_a que se utiliza para mantener las
5 fibras sobre el núcleo durante la fase de endurecimiento de la resina, lo que tiene por efecto equilibrar la presión ejercida sobre la pieza por una vejiga de sometimiento a presión.

En particular, la presión P_n se aumenta hasta un valor al menos igual a una presión P_r de inyección de la resina, por ejemplo, si el
10 procedimiento utiliza una transferencia de resina en fibras secas, con el fin de controlar la presión de la resina P_r , hacerla homogénea, permitir un mejor control de las dimensiones, obtener una buena salud del material, y evitar que la superficie del núcleo y, por tanto, la pared de la pieza sean deformadas por la presión de la resina.

15 Ventajosamente, para que la vejiga se despreque de la pared de la pieza y pueda ser extraída de la pieza en la que se encuentra aprisionada, la presión P_n dentro de la vejiga del núcleo, previamente vaciada del material sólido granular, se disminuye hasta un valor inferior a la presión atmosférica, lo que provoca su aplastamiento
20 parcial.

La presentación detallada de un ejemplo de puesta en práctica o realización del procedimiento de acuerdo con la invención se realiza con referencia a los dibujos, los cuales representan:

25 Figura 1: un ejemplo de pieza realizada de material compuesto y que comprende un volumen hueco no desmoldeable.

Figura 2: un núcleo correspondiente al volumen hueco de la pieza presentada en la Figura 1, y que está constituido por una vejiga flexible.

30 Figura 3: un molde de varios elementos, destinado a preparar el núcleo utilizando la vejiga flexible.

Figura 4: el molde y la vejiga, en posición de preparación del núcleo, durante la etapa de llenado del núcleo y antes de la etapa de disminución de la presión en la vejiga.

35 Figuras 5a, 5b y 5c: ejemplo de utilización de la vejiga de acuerdo

con los diferentes procedimientos de realización de piezas de material compuesto: Pieza obtenida por deposición de fibras previamente impregnadas con la forma del núcleo (Figura 5a); pieza realizada en un molde que comprende una impresión hueca dentro de la cual se depositan fibras previamente impregnadas, y en cuyo interior se aplica el núcleo (Figura 5b); pieza realizada dentro de un molde cerrado que contiene el núcleo, de acuerdo con la técnica de transferencia de resina (Figura 5c).

Figura 6: principio de extracción de la vejiga de la pieza tras el endurecimiento del material compuesto.

Los materiales compuestos a los que está encaminada, preferiblemente, la invención son los materiales que comprenden fibras tales como, por ejemplo, fibras de vidrio, de carbono o de aramida de tipo Kevlar®, aprisionadas o embebidas en el seno de una matriz orgánica tal como, por ejemplo, una resina de poliéster o una resina epoxídica.

Estas clases de materiales compuestos son hoy en día ampliamente utilizados en numerosos sectores industriales para la realización de piezas de formas más o menos complejas y que pueden ser más o menos cargadas o solicitadas.

Una técnica ampliamente extendida para fabricar una pieza de material compuesto consiste en depositar las fibras sobre una forma o un molde que tiene la forma deseada para la pieza que se ha de realizar. Las fibras son depositadas tras haber sido revestidas con una resina no polimerizada, y se habla entonces de fibras previamente impregnadas, o bien se depositan secas para revestirse, ulteriormente, por transferencia de resina conforme a la técnica denominada de RTM [Moldeo por Transferencia de Resina –“Resin Transfer Molding”].

En otra etapa, la resina, inicialmente en estado pastoso o líquido, se endurece, en general, por polimerización, por ejemplo, en el curso de una fase de curado térmico.

En el curso de la etapa de endurecimiento y/o en el curso de la etapa que la precede, es esencial aplicar presiones y temperaturas perfectamente controladas para que el material compuesto adquiera sus

propiedades estructurales. En particular, es conveniente evitar la formación de burbujas de aire dentro del material, así como acumulaciones de resina sin fibra o con una concentración de fibras muy escasa.

5 Una de las principales dificultades en el momento de la aplicación de las presiones necesarias para obtener este resultado, es no generar deformaciones locales de la pieza y mantener un estado de la superficie de las piezas realizadas tan próximo como sea posible al estado final pretendido.

10 Cuando una pieza 1 comprende una zona 11 parcial o casi totalmente cerrada sobre ella misma, un núcleo 2 permite reservar el espacio que no debe ser llenado de resina y que sirve de soporte a las fibras 12, 13 depositadas para formar la pieza. El núcleo 2 debe, igualmente, resistir la presión para no ser aplastado ni deformado por
15 estas presiones que se ejercen durante la colocación de las fibras sobre el núcleo, en particular, cuando se utilizan dispositivos de deposición automática de fibras, o sobre la pieza en curso de realización, durante la fase de endurecimiento, por parte de los medios de compresión de las fibras, o que se ejercen por la resina cuando esta es inyectada.

20 Este núcleo se realiza por medio de una vejiga 21 que se llena de un material sólido granular 31, es decir, un material fraccionado en elementos de dimensiones lo suficientemente pequeñas como para que los elementos puedan llenar el volumen interior 26 de la vejiga 21, hasta en los espacios más pequeños interiores de la vejiga. La vejiga se
25 ha confeccionado con dimensiones exteriores correspondientes a las dimensiones deseadas para el núcleo, de un material flexible, tal como un elastómero, capaz de resistir el entorno químico y térmico que se presenta a la hora de aplicar el procedimiento de realización de la pieza. Se dispone de resinas de siliconas que presentan características
30 que permiten satisfacer estas condiciones en la mayor parte de los casos habituales, pero pueden considerarse, igualmente, otros materiales, por ejemplo, cauchos. En al menos una de sus caras 22, que sigue siendo accesible cuando se fabrica la pieza 1, la vejiga 21 comprende una primera abertura 23 por la cual pueden ser introducidos
35 y extraídos los elementos del material sólido granular 31. En al menos

una de sus caras 27, que sigue siendo accesible durante la realización de la pieza 1 y una vez que la pieza se ha fabricado, la vejiga 21 comprende una segunda abertura 24 que permite disminuir o aumentar la presión de un fluido 32 contenido en la vejiga. Dicha primera abertura 23 y dicha segunda abertura 24 pueden encontrarse en caras diferentes de la vejiga, siempre y cuando sigan siendo accesibles, en particular, cuando la presión en el interior del núcleo deba ser modificada para la segunda abertura 24, y cuando el núcleo deba ser retirado de la pieza para la primera abertura 23. En particular, una misma abertura puede garantizar el cometido de las dos aberturas, o bien un obturador 25, montado en la primera abertura tras el llenado del núcleo con el material sólido granular, puede comportar la segunda abertura. De preferencia, los elementos del material sólido granular 31 tienen dimensiones y formas adaptadas para que dichos elementos puedan pasar fácilmente por la primera abertura 23 de la vejiga 21. Se trata, por ejemplo, de bolas hechas de un material metálico o vítreo, o de cualquier otro material de una rigidez suficiente y resistente a las condiciones de temperatura que se presentan en el momento de la realización de la pieza.

Para conferir a la vejiga 21 la forma y las dimensiones deseadas, y para que estas sean estables en el curso de las operaciones de preparación de la pieza que se quiere fabricar, se procede a las siguientes etapas:

- 1- la vejiga 21 se coloca en un soporte, por ejemplo, una forma hueca 44, realizada en partes separables 41, 42, 43 con el fin de colocar y retirar la vejiga 21, que le confieren las formas y dimensiones deseadas para el núcleo 2, tras lo cual
- 2- el volumen interior de la vejiga 21 se llena totalmente con elementos de material sólido granular 31 por la primera abertura 23, prevista a este fin,
- 3- el volumen restante dentro de la vejiga, que corresponde a los intersticios de entre los elementos de material sólido granular, se llena con un fluido 32,
- 4- la abertura de llenado 23 se cierra por medio de un obturador 25

y se crea una depresión en el interior de la vejiga por aspiración de una parte del fluido 32 del interior de la vejiga 21 por medios (no representados) asociados o conectados sobre la segunda abertura 24,

5 5- el núcleo se retira del soporte manteniendo la depresión, lo que le permite al núcleo conservar sus dimensiones y su forma por razón de la compactación del material sólido granular 31 situado en el interior de la vejiga 21.

10 Es conveniente apreciar que la vejiga del núcleo puede ser parcialmente llenada con material sólido granular y/o con fluido cuando se pone en juego en el curso de la etapa 1. Un llenado parcial no perjudica esta etapa 1 y permite disminuir el tiempo para el llenado completo de la etapa 2.

15 Por otra parte, el fluido 32 utilizado para llenar el volumen intersticial cuando tiene lugar la etapa 3, es, ventajosamente, un gas y, aún más ventajosamente, aire.

Sin embargo, si se buscan presiones elevadas en etapas posteriores, cuando la presión en el interior del núcleo 2 ha de ser aumentada, el
20 fluido es, ventajosamente, un líquido por razón de su incompresibilidad en comparación con un gas.

En núcleo 2 así realizado se utiliza a la hora de llevar a cabo las operaciones de deposición de fibras 12, 13, de la misma manera que se utilizaría un núcleo desmoldeable o un núcleo destinado a ser destruido
25 tras el endurecimiento del material compuesto. En particular, el núcleo 2 puede servir de soporte de las fibras 12, 13, que deben constituir una pieza 1 cuya forma representa sensiblemente el núcleo, o ser insertado entre diferentes capas de fibras con el fin de reservar un espacio hueco dentro de una pieza compleja.

30 En un primer modo de puesta en práctica del procedimiento de acuerdo con la invención, una vez que se han colocado las diferentes partes del molde y las fibras 12, 13 se han colocado, y, llegado el caso, se ha inyectado la resina 14, la presión P_n dentro del núcleo 2 se aumenta de tal manera que la presión P_a ejercida por los otros medios
35 del molde, cuando estos medios son medios que presentan una cierta

flexibilidad, por ejemplo, una vejiga 51, 53 como se ha ilustrado en las Figuras 5a y 5b, o una forma conjugada o contraforma de elastómero (no representada), en particular, los que están situados en la cara de la pieza opuesta a la cara en contacto con el núcleo, es equilibrada.

5 En un segundo modo de puesta en práctica o realización del procedimiento de acuerdo con la invención, una vez que las diferentes partes del molde 52, 54 y las fibras 12, 13 se han colocado y, llegado el caso, se ha inyectado la resina 14, la presión P_n dentro del núcleo 2 se aumenta de manera tal, que el núcleo comprime el material compuesto
10 12, 13 contra las paredes del molde 52, 54 si este es un molde de paredes rígidas. En particular, cuando la pieza se fabrica con arreglo a un procedimiento por transferencia de resina como el ilustrado en la Figura 5c, después de la inyección de la resina 14 hasta la impregnación total de las fibras 13 y el colmado hasta un grado o
15 magnitud de presión P_R , las aberturas de inyección de la resina 14 se cierran y la presión P_n se aumenta dentro de la vejiga del núcleo hasta un valor mayor o igual que el valor de presión P_r , con el fin de compactar el material compuesto y homogeneizar la presión.

Por este procedimiento, se garantiza, por una parte, un mejor
20 sometimiento a presión de la fibra 12, 13 que comprende la resina, lo que tiene el efecto de disminuir notablemente el riesgo de presencia de burbujas de aire y de mejorar la tasa o proporción en volumen de fibra en el núcleo de material compuesto, y, por otra parte, se evitan las deformaciones locales inducidas por las irregularidades de la superficie
25 y los inevitables defectos en las dimensiones de un núcleo 2 realizado con una vejiga 21 de elastómero. Además, en el caso de que se utilice una forma rígida 52, 54 de molde, el procedimiento garantiza que la pared de la pieza 1 en curso de realización se adapta perfectamente a la superficie del molde, también por lo que respecta a su estructura
30 interna, lo que significa que las fibras 12, 13 están orientadas en direcciones sensiblemente paralelas a la superficie del molde 52, 54.

De esta forma, según el tipo de piezas que se fabriquen y el procedimiento de realización de materiales compuestos que se lleve a cabo:

5 a) el núcleo según se ilustra en la Figura 5a se utiliza como soporte para depositar fibras 12 previamente impregnadas, tras lo cual se ejerce una cierta presión desde el exterior de la pieza, en el curso de la realización, en dirección al núcleo 2, por ejemplo, por medio de una vejiga 51 que envuelve la pieza que comprende el núcleo 2, sometida a una presión P_a , y en cuyo interior se crea un vacío parcial. Cuando se establece esta presión exterior P_a , la presión P_n dentro del núcleo se aumenta de manera tal, que el material compuesto 12 se encuentra comprimido de forma homogénea y sensiblemente isostática durante su fase de polimerización, entre la presión ejercida por la vejiga exterior 51 y la del núcleo, 21. Ventajosamente, la presión P_n dentro del núcleo 2 se establece en el valor P_a de la presión que se ejerce sobre la vejiga exterior 51, en general la presión del autoclave en el que se fabrica la pieza 1.

10 b) como se ilustra en la Figura 5b, el núcleo 2 se utiliza como contraforma para aplicar fibras 12 previamente impregnadas y ya depositadas en una impresión 55 de un molde 52 contra el cual deben ser mantenidas las fibras 12, tras lo cual, llegado el caso, el núcleo 2 se recubre de nuevas fibras 12 previamente impregnadas. Se ejerce una presión desde el exterior de la pieza, en el curso de su realización, para comprimir el material compuesto 12 contra el molde 52, ya sea, por ejemplo, por medio de una vejiga exterior 53 que recubre la pieza que comprende en núcleo 2, y de la creación de un vacío parcial entre la vejiga exterior y el molde, ya sea por medio de una forma conjugada o contraforma (solución no representada) que puede comprender una parte de apoyo de un material elastómero. Cuando se establece esta presión exterior P_a , la presión P_n dentro del núcleo se aumenta de forma tal, que el material compuesto 12 se ve comprimido durante su fase de polimerización entre la presión ejercida por la vejiga exterior o la contraforma y la ejercida por la vejiga del núcleo. Ventajosamente, cuando se utiliza una vejiga exterior 53, la presión P_n dentro del núcleo 2 se establece en el valor de la presión P_a que se ejerce

15
20
25
30
35

sobre la vejiga exterior, en general la presión del autoclave en el que se fabrica la pieza.

5 c) como se ilustra en la Figura 5c, el núcleo 2 se coloca entre las fibras secas 13 depositadas en un molde cerrado 54 cuyas superficies interiores corresponden a las superficies exteriores de la pieza 1 que se ha de fabricar. Se inyecta una resina fluida 14 en el interior del molde 54, que llena el espacio entre las fibras 13, de acuerdo con el procedimiento de realización de piezas de material compuesto conocido con el nombre de Moldeo por Transferencia de Resina (RTM). Antes de que la resina 14 se endurezca, la presión Pn se aumenta en el interior del núcleo 2 con el fin de comprimir las zonas de la pieza situadas entre el núcleo 2 y las paredes del molde 54. En este caso, la presión Pn dentro del núcleo 2 se escoge al menos igual a la presión Pr a la que se inyecta la resina 14, ó superior a esta en un valor de incremento de presión que es función de la compresión deseada de las fibras 13 en la zona del núcleo 2.

20 En todos los casos, cuando el ciclo de endurecimiento del material de la pieza 1 ha finalizado, la presión Pn dentro de la vejiga 21 del núcleo y, llegado el caso, las otras presiones puestas en juego en el procedimiento de realización de la pieza de material compuesto, son llevadas a la presión atmosférica, y la pieza se saca del molde.

25 El núcleo 2 es entonces vaciado de los elementos de material sólido granular 31 que contiene por la primera abertura, que sigue siendo accesible, lo que le permite adquirir la flexibilidad y la susceptibilidad de ser deformado con vistas a ser extraído por tracción del volumen de la pieza que ha contribuido a formar, tal como se ha ilustrado en la Figura 6.

30 Ventajosamente, la primera abertura 23 de la vejiga 21 del núcleo vaciado de los elementos de material sólido granular 31, vuelve a cerrarse, y se crea una presión Pd dentro de la vejiga, por ejemplo, utilizando la segunda abertura 24, de tal manera que la vejiga se ve deformada, aplanada o aplastada bajo el efecto de la presión atmosférica, lo que permite, por una parte, despegar la vejiga 21 del

35

material compuesto de la pieza 1 sin esfuerzo significativo, y, por otra parte, facilitar la extracción de la vejiga 21 por la abertura de la pieza.

La pieza puede comprender uno, dos o más núcleos, de tal modo que cada uno de ellos se prepara, coloca y extrae de su lugar por la aplicación del mismo procedimiento para tomar parte en la realización de la pieza de material compuesto.

Ventajosamente, cuando el procedimiento de realización de la pieza de material compuesto utiliza un curado térmico para endurecer la resina empleada, cual es el caso más frecuente, el material sólido granular 31 y, llegado el caso, el fluido que se utilizan para llenar la vejiga 21 del núcleo 2, se escogen en función de sus características de conductividad térmica y de dilatación térmica con el fin de tomar parte en el comportamiento térmico del molde.

De forma ventajosa, cuando la estabilidad dimensional del molde es esencial para la realización de la pieza, el material sólido granular 31 se escoge con un coeficiente de dilatación térmica sensiblemente igual al del material compuesto considerado. En la práctica, para los materiales compuestos que tienen coeficientes de dilatación pequeños se escoge, ventajosamente, un vidrio de borosilicato como material sólido granular. Los vidrios de borosilicato, ricos en silicio, son reputados por su excelente comportamiento a temperaturas elevadas y por su bajo coeficiente de dilatación térmica, en torno a $3,5 \cdot 10^{-6}$ por Kelvin, sensiblemente igual al de los materiales compuestos habituales.

Por el contrario, la elección de un material que presenta un sensible aumento del volumen con la temperatura, permite aumentar de manera controlada las dimensiones del núcleo 2 cuando la temperatura aumenta durante el curado térmico, lo que tiene como efecto la participación en la presión generada por el núcleo 2 sobre el material compuesto en curso de polimerización. Tal efecto se obtiene, por ejemplo, con una aleación de aluminio que tiene un coeficiente de dilatación del orden de $24 \cdot 10^{-6}$ por Kelvin, sobre todo si la pieza se fabrica en un molde hueco realizado con un material que tiene un coeficiente de dilatación térmica más pequeño. Al tener la dilatación obtenida según una dirección un valor absoluto que es función de la dimensión del núcleo 2 en la dirección considerada, la utilización del

núcleo de dilatación controlada será la que se emplee más a menudo cuando el núcleo tenga dimensiones sensiblemente equivalentes en todas las direcciones, a fin de obtener una dilatación homogénea del núcleo.

5 Cuando se busca un valor preciso del coeficiente de dilatación sin que haya un material que proporcione simplemente este valor, resulta ventajoso mezclar elementos de material sólido granular con coeficientes de dilatación diferentes para obtener el valor pretendido.

Ventajosamente, cuando se busca una difusión rápida y
10 homogénea del calor, el material sólido granular se escoge con una conducción térmica elevada, por ejemplo, una aleación térmica. Esta aleación tendrá, por ejemplo, un material de base de aluminio si la dilatación no tiene restricciones o si es intencionada, y será, por ejemplo, una aleación con un bajo coeficiente de dilatación, tal como un
15 Invar (Aleación metálica con material de base de hierro y una importante proporción de níquel) si lo que se busca es un bajo coeficiente de dilatación térmica en asociación con una conducción térmica elevada.

En todos los casos, se escogen, de preferencia, elementos de
20 material sólido granular 31 que tienen formas esféricas o suficientemente redondeadas para que los elementos pasen fácilmente al interior del núcleo 2 cuando este se llena o se vacía, y para que el drenaje del fluido y la presión resultante sean homogéneas cuando la presión P_n se reduce o aumenta dentro de la vejiga 21 del núcleo 2.
25 Además, el uso de elementos sensiblemente esféricos permite obtener un llenado compacto, dejando un volumen no ocupado por dichos elementos del orden del 40%, lo que permite aligerar de manera no despreciable el núcleo 2 realizado, en el caso de que el fluido sea un gas. Por ejemplo, cuando se utiliza un material denso para dichos
30 elementos, tal como el Invar, cuya densidad es del orden de 8, la densidad aparente del núcleo obtenido es inferior a 5.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de realización de una pieza (1) de material
5 compuesto, de tal modo que dicho material compuesto comprende fibras
(12, 13) revestidas de una resina (14) que pasa de un estado pastoso o
líquido a un estado sólido en el curso de una fase de endurecimiento,
de tal manera que durante dicha fase de endurecimiento la resina se
somete a una elevación de la temperatura, comprendiendo dicha pieza
10 (1) una zona parcialmente cerrada (11), en la cual un volumen
correspondiente, en todo o en parte, a la zona parcialmente cerrada
está ocupado, al menos en ciertas etapas del procedimiento, por un
núcleo (2), de tal modo que dicho núcleo comprende una vejiga (21) de
material flexible que presenta una superficie exterior que delimita un
15 volumen del núcleo (2), cuyas formas y dimensiones están en
correspondencia con el volumen de la zona parcialmente cerrada (11), y
que presenta una superficie interior que determina un volumen de la
vejiga (21), de tal manera que dicho volumen de la vejiga (21) se llena
de elementos de un material sólido granular (31) y de un fluido (32)
20 intergranular, o entre los granos, **caracterizado por que** los elementos
del material sólido granular (31) se escogen para obtener un coeficiente
de dilatación térmica aparente del material sólido granular tal, que el
volumen del núcleo (2) se modifica de manera controlada, es decir, que
las dimensiones del núcleo varían de manera predeterminada bajo el
25 efecto de la elevación de temperatura asociada a la fase de
endurecimiento de la resina, y **por que** una presión P_n del fluido
intergranular se aumenta durante la fase de endurecimiento de la
resina, ya sea hasta un valor sensiblemente igual a una presión P_a
aplicada sobre la pieza en el curso de su realización para mantener las
30 fibras impregnadas de resina sobre el núcleo durante la fase de
endurecimiento de la resina, ya sea hasta un valor al menos igual a una
presión P_r de inyección de la resina (14), en la puesta en práctica de un
procedimiento denominado de RTM.

35 2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual

el volumen del núcleo (2) se modifica de manera controlada seleccionando los elementos del material sólido granular (31) entre elementos cuyos materiales tienen un coeficiente de dilatación térmica sensiblemente igual al coeficiente de dilatación térmica del material compuesto de la pieza.

3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el cual los elementos del material sólido granular (31) seleccionados están constituidos, esencialmente, por un vidrio de borosilicato.

4. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el cual los elementos del material sólido granular (31) seleccionados están constituidos, esencialmente, por una aleación de hierro y níquel, de tipo Invar, con un bajo coeficiente de dilatación.

5. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el cual el material sólido granular (31) está constituido por elementos seleccionados entre elementos de un material o de diferentes materiales, de tal modo que el material sólido granular comprende entonces una mezcla de elementos realizados con materiales diferentes, cuyos coeficientes de dilatación térmica están comprendidos entre $2 \cdot 10^{-6}$ por Kelvin y $9 \cdot 10^{-6}$ por Kelvin.

6. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el volumen del núcleo (2) se modifica de manera controlada seleccionando los elementos del material sólido granular (31) entre elementos cuyos materiales tienen un coeficiente de dilatación térmica superior al coeficiente de dilatación térmica del material compuesto de la pieza.

7. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual los elementos del material sólido granular (31) seleccionados están constituidos esencialmente por una aleación de aluminio.

8. Un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones

precedentes, en el cual el fluido intergranular (32) es un fluido incompresible.

5 9. Un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el cual el material sólido granular (31) y/o el fluido intergranular (32) son seleccionados, además, con un coeficiente de conductividad térmica adecuado para garantizar la difusión del calor y la homogeneidad de la temperatura cuando la temperatura de la pieza (1) se modifica durante la puesta en práctica del procedimiento.

10

10. Un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el cual la presión P_n dentro de la vejiga (21) del núcleo (2) se reduce hasta un valor P_d inferior a la presión atmosférica tras haber sido vaciado, al menos parcialmente, del material rígido granular (31), con el fin de extraer la vejiga (21) de la pieza (1).

15

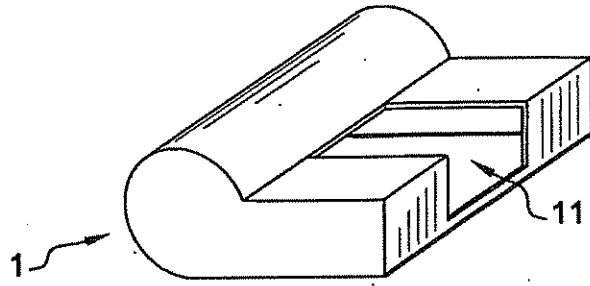


Fig. 1

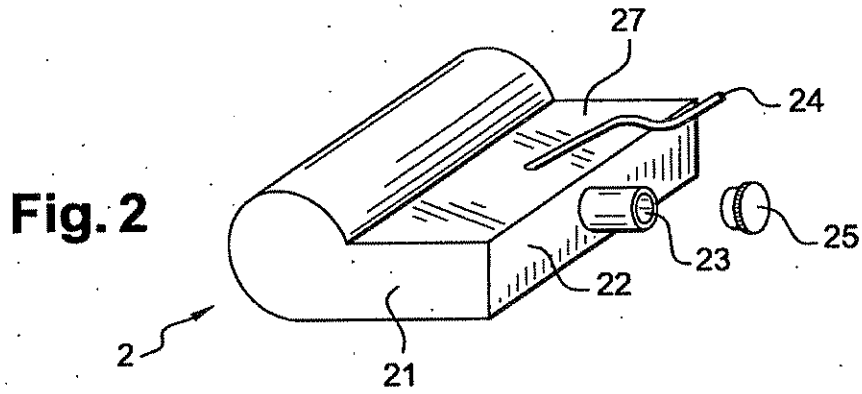


Fig. 2

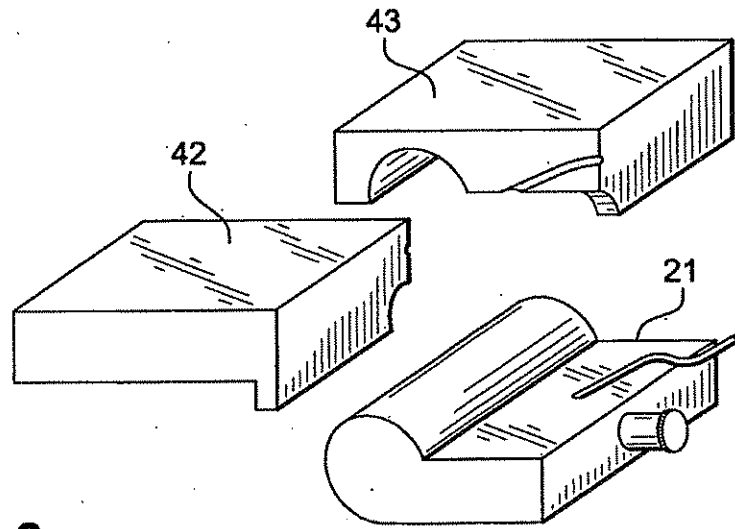
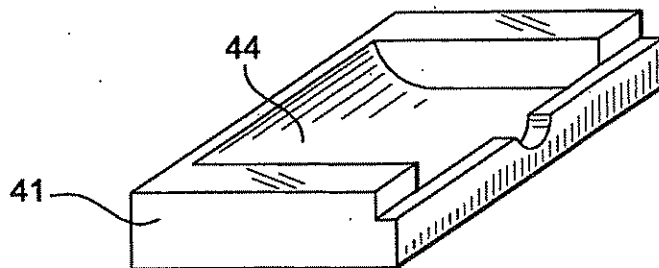


Fig. 3



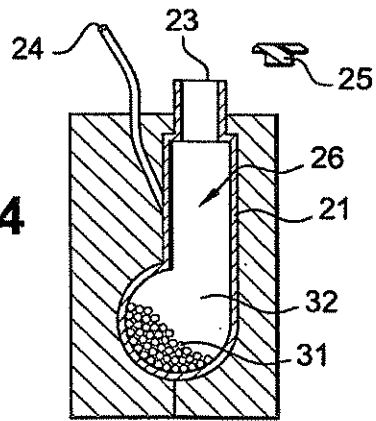


Fig. 4

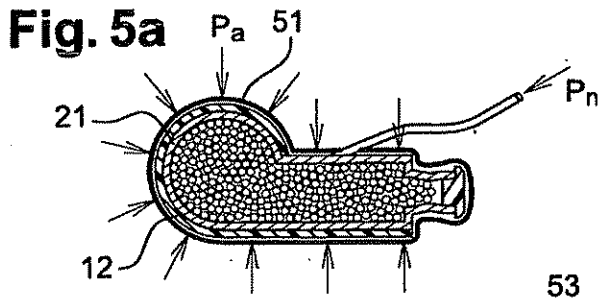


Fig. 5a

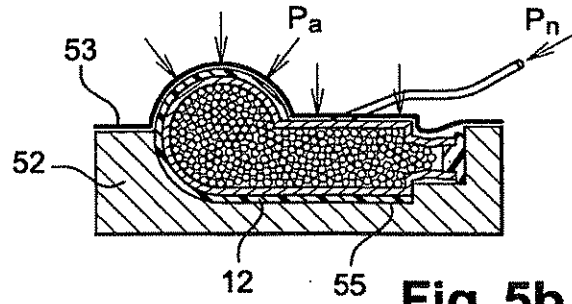


Fig. 5b

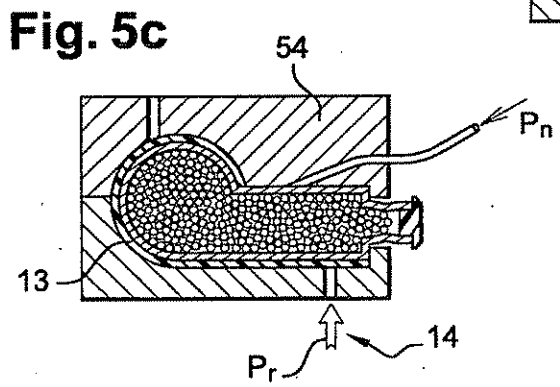


Fig. 5c

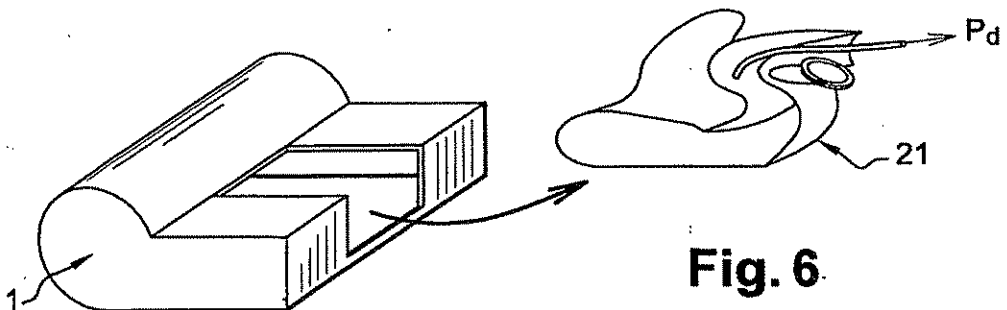


Fig. 6