



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 832**

51 Int. Cl.:
B29D 99/00 (2006.01)
B29C 70/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07727099 .9**
96 Fecha de presentación : **20.03.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2004390**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.12.2008**

54 Título: **Un procedimiento de realización de paneles rigidizados de materiales compuestos.**

30 Prioridad: **20.03.2006 FR 06 50957**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
09.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
09.06.2011

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

72 Inventor/es: **Cavaliere, Frédéric**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 360 832 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

Un procedimiento de realización de paneles rigidizados de materiales compuestos

5 El invento pertenece al dominio de las piezas de formas complejas de materiales compuestos que necesitan moldes durante las operaciones de fabricación. Más particularmente el procedimiento según el invento es aplicado a paneles de estructuras planas o que presentan curvaturas, simples o dobles, como paneles o tramos utilizados en la fabricación del fuselaje de aeronaves, cuyos elementos rigidizadores necesitan la utilización de machos de moldeo que se encuentran aprisionados en el momento de la realización del panel y deben ser extraídos de él en el curso del proceso de fabricación.

10 Las piezas de materiales compuestos que incluyen fibras en una matriz, por ejemplo una resina, son la mayoría de las veces realizadas con la ayuda de moldes destinados a proporcionar al material utilizado la forma de dicha pieza.

El material fibroso, seco o previamente impregnado de resina, es depositado sobre el molde a cuya forma debe adaptarse y sufre un ciclo más o menos complejo que puede incluir fases de inyección de resina o de puesta a presión y o de calentamiento.

15 Después del endurecimiento de la resina, a menudo por polimerización, la pieza en curso de realización que ha alcanzado las propiedades mecánicas y dimensionales buscadas es retirada del molde.

20 Los paneles rigidizados son piezas de formas complejas no solamente en razón de las curvaturas de algunas de estas piezas sino igualmente en razón de los elementos de estructura que incluyen, indispensables para asegurar la forma del panel y su rigidez. La realización de estos elementos de estructura de panel necesita a veces utilizar moldes de los que ciertos elementos pueden encontrarse aprisionados en la pieza en el momento del desmoldeo. Así sucede frecuentemente con rigidizadores cuyas formas envolventes necesitan que el molde incluya elementos particulares, machos, que llenan las zonas huecas situadas entre el panel y el rigidizador durante la realización de la pieza.

25 Los machos, que se encuentran bloqueados desde el momento en que la zona hueca es más o menos envolvente, deben entonces ser extraídos sin dañar la pieza que acaba de ser realizada. En razón de las dimensiones de las piezas consideradas y de las formas generalmente muy alargadas de los rigidizadores es difícil extraer los machos de forma segura.

30 En ciertos casos es posible realizar machos en varios elementos ensamblados para poder ser extraídos por partes. Sin embargo tales machos son complejos y costosos de realizar, no permiten responder a todas las formas encontradas y los enlaces entre los diferentes elementos dejan huellas indeseables en el material compuesto.

35 Otro método igualmente utilizado consiste en realizar el macho de un material que permita destruir dicho macho para eliminarlo de la pieza por ejemplo por una acción mecánica o por fusión o disolución del material del macho. En este caso la dificultad es encontrar un material para realizar el macho que sea económicamente aceptable, ya sea apto para resistir a las condiciones a veces extremas encontradas durante el proceso de realización de la pieza de material compuesto, o ya sea suficientemente estable para resistir a las manipulaciones y tensiones mecánicas y térmicas durante la preparación de la pieza respetando tolerancias de formas severas y pueda ser eliminado mecánicamente o por fusión sin riesgo de dañar la pieza o bien disolver por agua o bien por otro disolvente compatible con el material de la pieza. Estas combinaciones de condiciones no son siempre posibles en tanto en cuanto la realización de los rigidizadores exige en general machos de pequeñas secciones y de grandes longitudes que son difíciles de manipular en razón de su fragilidad y en todos los casos es necesario fabricar tantos machos o juegos de machos como piezas a realizar, lo que es, así como la fase de eliminación del macho y de respeto de las condiciones de higiene y de seguridad en vigor, costoso en el plano industrial.

45 Otro método conocido consiste en realizar un macho de un material que sea suficientemente deformable para que dicho macho pueda ser extraído por deformación. Así un macho realizado de un elastómero, que incluye eventualmente vaciados, podrá ser extraído completamente por estiramiento y estricción a través de la abertura generalmente existente en la extremidad del rigidizador. Un defecto de los machos que utilizan un material deformable es su inestabilidad dimensional debido a su poca rigidez que no permite obtener la reproducción, en las tolerancias exigidas por ciertas aplicaciones, de los resultados durante la fabricación de las piezas. Además el pequeño coeficiente de estricción no permite resolver las situaciones con variaciones significativas de la sección del macho o de las curvaturas importantes. Además en razón de la superficie de contacto entre el macho alargado y las paredes de la pieza los esfuerzos de frotamiento hacen la extracción difícil y corren el riesgo de dañar la pieza.

Para realizar un macho a la vez rígido y que pueda ser extraída de la pieza después de su endurecimiento, una solución consiste en realizar una vejiga en un material de elastómero, cuya vejiga es llenada de un material granular. En una primera etapa la vejiga, cuya forma es preferiblemente realizada según la forma buscada del macho, es colocada en un molde contra las paredes del cual es aplicada por medio de una depresión entre las paredes de la vejiga y las del molde correspondiente a la forma deseada del macho. Después de llenar la vejiga con el material granular, la depresión entre las paredes del molde y de la vejiga es interrumpida y en el interior de la vejiga es hecho el vacío lo que tiene por efecto compactar y bloquear bajo las fuerzas de aplastamiento de la vejiga sometida a la presión atmosférica el material contenido por dicha vejiga, dando así a esta última a la vez una forma estable y la rigidez buscada para servir de soporte a la colocación de tejido previamente impregnado de resina. Después del endurecimiento de la resina, el vacío del interior de la vejiga es suprimida y la vejiga es abierta para extraer el material granular. La envoltura vaciada de la vejiga es entonces suficientemente deformable para ser retirada de la pieza de material compuesto en la que está aprisionada. La patente US-5.262.121 describe un procedimiento de realización de tuberías complejas de material compuesto. Un problema que se plantea con este tipo de realización es la calidad dimensional de la pieza realizada que puede ser insuficiente. Esta calidad está en efecto afectada por las variaciones de dimensiones efectivas del macho después de haber hecho el vacío así como por las debidas a las manipulaciones durante la colocación, a los ciclos de calefacción y de presión generalmente utilizados para la polimerización de la resina en razón principalmente del hecho de que el procedimiento no pone en práctica ninguna otra forma de referencia para la pieza que la del macho.

El documento US 2004/103918 divulga un procedimiento de realización de un panel rigidizado de material compuesto según el preámbulo de la reivindicación 1. En el caso de los machos de grandes dimensiones utilizados para la realización de los paneles rigidizados la sensibilidad a las deformaciones es aumenta por la dilatación de las piezas en el curso de las variaciones de temperaturas empleadas por los procedimientos de realización de las piezas de material compuesto. Estas dilataciones pueden generar desviaciones de forma importantes y presiones no homogéneas generadoras de defectos en la pieza realizada.

Si estas variaciones de dimensiones y otros defectos no son molestas para piezas compuestas relativamente macizas de gran difusión como por ejemplo tuberías de acondicionamiento de aire, son generalmente inaceptables para la realización de piezas compuestas de altas prestaciones, como por ejemplo piezas estructurales con tolerancias geométricas estrechas, destinadas a ensamblajes precisos y cuyas características dimensionales son a menudo críticas al igual que la salud estructural del material de la pieza terminada que no debe contener burbujas de gas o porosidades, ni bolsas de resina, ni fibras "secas", fenómenos que conducen a índices de rechazo importantes en fabricación y son en tanto en cuanto fuentes de desestratificación cuando la pieza es sometida a solicitaciones de servicio lo que conduce a sobredimensionar las piezas cuya resistencia estructural es esencial e implica un aumento de masa penalizadora, en particular en las aplicaciones aeronáuticas.

Un defecto igualmente presente en los procedimientos conocidos que emplean machos está unido al hecho de que ninguno de estos procedimientos tiene en cuenta la variación del espesor del material compuesto en el curso de los procesos de endurecimiento. Dichos procedimientos conocidos utilizan machos cuyas características de rigidez y/o de posibilidad de extracción son buscadas pero cuyas dimensiones no responden a las necesidades en las diferentes etapas de los procedimientos de realización de los materiales compuestos en el curso de los cuales el espesor del material compuesto evoluciona.

Con el fin de realizar paneles rigidizados de material compuesto cuyas características geométricas y estructurales sean compatibles con aplicaciones de tipo aeronáutico, el procedimiento según el invento y conforme a la reivindicación 1 pone en práctica un macho de moldeo apto para llenar las zonas que deben quedar huecas entre el panel y los rigidizadores.

Un panel rigidizado de material compuesto incluye una piel y al menos un rigidizador, incluyendo dicho material compuesto fibras revestidas con una resina que pasa de un estado pastoso o líquido a un estado sólido en el curso de una fase de endurecimiento, que determinan al menos una forma en hueco alargado, es decir de la que una dimensión, la longitud, es grande frente a las otras dimensiones sensiblemente ortogonales a la longitud, formada por superficies de al menos un rigidizador y de la piel. Según el procedimiento, un volumen correspondiente en su totalidad o en parte al menos a una forma hueca está ocupado por un macho, incluyendo dicho macho una vejiga de material flexible que presenta una superficie exterior que delimita un volumen del macho cuyas formas y dimensiones están de acuerdo con el volumen de la forma hueca y presentando una superficie exterior que determina un volumen de la vejiga, cuyo volumen es llenado de un material sólido granular escogido entre materiales que tienen un coeficiente de dilatación térmica sensiblemente igual al coeficiente de dilatación térmica del material compuesto utilizado para realizar el panel rigidizado. Así durante las variaciones de temperatura en el curso de la fabricación del panel de material compuesto, tal como un curado térmico utilizado para el endurecimiento del material compuesto, el macho, de forma compleja y reutilizable, y el panel rigidizado se dilatan y se contraen simultáneamente y con alargamientos comparables para evitar introducir tensiones y

deformaciones en el panel rigidizado.

5 Con el fin de colocar de modo preciso el macho y de evitar deformaciones locales del panel, el macho es realizado con una sección de dimensiones inferiores a la de la forma en hueco deseada en el panel para tener en cuenta la disminución de espesor del material compuesto en el curso de la fase de endurecimiento. Más precisamente, el macho es realizado con dimensiones correspondientes a las de la forma en hueco en el material compuesto antes de la fase de endurecimiento.

10 Ventajosamente el material sólido granular utilizado para llenar la vejiga es un material o una mezcla de materiales cuyos coeficientes de dilatación térmicos están comprendidos entre $3 \cdot 10^{-6}$ por Kelvin y $9 \cdot 10^{-6}$ por Kelvin, por ejemplo un vidrio de de borosilicato o una aleación de hierro-níquel tipo Invar de coeficiente de dilatación pequeño.

15 Para realizar un macho que pueda ser manipulado sin deformarse cuando es colocado en el molde, una presión P_n de un fluido inter-granular contenido en la vejiga es en el curso de una etapa de preparación del macho disminuida de tal forma que las paredes de la vejiga compacten el material sólido granular bajo el efecto de las fuerzas de aplastamiento de la vejiga unidas a una presión, tal como la presión atmosférica, que se ejerce sobre la superficie exterior de la vejiga de material flexible y confieren al macho una forma estable.

20 Para evitar deformaciones locales del macho y por lo tanto del panel bajo el efecto de las presiones ejercidas por el procedimiento de realización del material compuesto y mejorar la salud del material del panel, la presión P_n de un fluido inter-granular contenido en la vejiga es aumentada durante la fase de endurecimiento de la resina de tal forma que la presión en el macho P_n equilibre sensiblemente las fuerzas ejercidas por medios de puesta a presión del material compuesto de tal manera que las fibras del material compuesto sean comprimidas sin ser deformadas.

Por ejemplo cuando el procedimiento de realización del material compuesto utiliza una vejiga exterior sometida a una presión P_a de autoclave, la presión P_n es aumentada a un valor sensiblemente igual a la presión P_a .

25 En un montaje simple, el fluido inter-granular es sometido a la presión de autoclave P_a de tal manera que P_n sea sensiblemente igual a P_a .

Para tener en cuenta el espesor no despreciable de la vejiga a causa de la sección débil del macho, la presión P_n del fluido inter-granular es igual a la presión P_a de autoclave corregida para compensar la diferencia entre la superficie exterior del macho sometida a la presión de autoclave y la superficie interior de la vejiga sometida a la presión del fluido inter-granular frente a dicha superficie exterior sometida a la presión de autoclave.

30 Cuando el procedimiento de realización de un material compuesto utiliza una resina inyectada tal como el procedimiento RTM, la presión P_n del fluido inter-granular es aumentada a un valor al menos igual a la presión de inyección de la resina en el molde cerrado.

35 Para mejorar la homogeneidad de la temperatura en el molde, en particular cuando la resina es endurecida durante un curado térmico, el macho es llenado de un material sólido granular y/o de un fluido intersticial escogidos con un coeficiente de conductividad térmica apto para asegurar la difusión del calor y la homogeneidad de la temperatura durante el curado térmico.

Cuando el panel rigidizado de material compuesto es realizado, ventajosamente la presión P_n en la vejiga del macho es disminuida a un valor inferior a la presión atmosférica después de haber sido vaciada, al menos parcialmente, del material sólido granular.

40 Según la geometría de las formas realizadas y en particular de los rigidizadores, el macho es prisionero, al menos sobre una parte de su longitud, de un volumen que tiene una sección cerrada delimitada por una superficie interior de la sección de un rigidizador y eventualmente una parte de la cara de la piel sobre la que es fijado el rigidizador, o bien el macho es prisionero, al menos sobre una parte de sus longitud, de un volumen que tiene una sección abierta delimitada por una superficie de la sección de un rigidizador y eventualmente una parte de la superficie de la piel sobre la que es fijado el rigidizador.

45

La presentación detallada de un ejemplo de puesta en práctica del procedimiento según el invento es realizada en referencia a los dibujos que representan:

La fig. 1a: un panel rigidizado por medio de rigidizadores de perfil llamado Ω ;

Las figs. 1b y 1c: detalles del panel rigidizado de la figura 1a que muestran un ejemplo de forma de un rigidizador

según su longitud y un ejemplo de sección del panel en la zona de un rigidizador;

La fig. 2: un macho en curso de preparación en un molde de conformación del macho;

La fig. 3: un macho presto para ser utilizado para la realización de un panel rigidizado;

5 Las figs. 4a, 4b, 4c: tres etapas de realización del panel según el procedimiento que pone en práctica un macho de acuerdo con el macho de la fig. 3;

La fig. 5: un panel realizado según el invento antes de la extracción de el macho;

Las figs. 6a, 6b, 6c: diferentes secciones, no limitativas, de rigidizadores para los que el procedimiento según el invento es empleado ventajosamente.

10 Las figs. 1a, 1b y 1c representan a título de ilustración no limitativa un panel rigidizado de material compuesto que incluye una piel 2 y rigidizadores 3a, 3b sobre una de las caras de la piel, realizado ventajosamente según el procedimiento del invento.

15 Los materiales compuestos a los que se dirige preferentemente el invento son los materiales que incluyen fibras, tales como por ejemplo fibras de vidrio, de carbono o de aramida tipo Kevlar®, aprisionados en una matriz orgánica, tal como por ejemplo una resina de poliéster o una resina epoxídica, utilizados para la realización de paneles y de piezas que incluyen formas más o menos accidentadas.

Estos géneros de materiales compuestos son a día de hoy ampliamente utilizados en numerosos sectores industriales, en particular en la aeronáutica para la realización de piezas utilizadas en estructuras de aeronave que deben soportar cargas importantes.

20 La piel 2 es una estructura de poco espesor con respecto a sus otras dimensiones, la longitud y la anchura. La piel 2 puede tener un espesor ep sensiblemente constante, pero en general el espesor es a menudo diferente según el punto considerado de la superficie del panel 1 como se ha ilustrado en el detalle 1b con el fin de obtener una resistencia estructural adaptada a los esfuerzos a transmitir por la piel 2. En la práctica este espesor permanece siempre pequeño frente a la longitud y la anchura.

25 Contrariamente a la piel, un rigidizador 3a, 3b es un elemento de estructura de forma alargada, es decir que presenta una dimensión, la longitud, grande frente a las dimensiones transversales, la anchura lr y la altura hr del rigidizador. La anchura lr corresponde a la dimensión transversal del rigidizador paralelamente al plano de la piel cuando el rigidizador es fijado a la piel y la altura hr del rigidizador a la dimensión perpendicular a este plano. Por plano se entiende el plano tangente al punto considerado pues a menudo los paneles rigidizados incluyen curvaturas, simples o dobles.

30 En la fig. 1a se han presentado rigidizadores 3a, 3b en Ω a título de ilustración no limitativa. Pueden utilizarse numerosas formas de rigidizadores. Los rigidizadores constan en general de una o dos soleras y al menos un alma que les dan una sección característica a menudo identificada por una letra que caracteriza lo mejor posible esta sección. Se encuentran por ejemplo rigidizadores en Ω en Z, en I, en C, en T.

35 Además un rigidizador está fijado a la piel sobre la parte mayor de su longitud y sigue generalmente la superficie de la piel. Por este hecho como se ha ilustrado en el detalle de la fig. 1b no solamente el rigidizador es globalmente curvo en conformidad con las curvaturas del panel sino que presenta localmente desviaciones 34 por ejemplo cuando el espesor ep de la piel evoluciona.

40 Por rigidizador, es preciso igualmente comprender todos los elementos de estructuras de formas alargadas, unidos al panel, que participan en la estabilidad estructural del panel y/o en la resistencia de la estructura en la que debe ser utilizado el panel. Según sus formas y sus emplazamientos estos elementos de estructuras son a veces nombrados rigidizadores, largueros, nervaduras o marcos. En la parte siguiente de la exposición el término rigidizador será utilizado para designar indiferentemente todos los elementos de estructuras alargadas fijados a un panel para participar en su rigidez o en su resistencia estructural.

45 Para realizar el panel 1 ilustrado en la fig. 1a se utiliza al menos un macho 5 que llena la forma en hueco 4a, 4b del rigidizador 3a, 3b durante ciertas operaciones de fabricación del panel.

El macho 5 es realizada por medio de una vejiga 51 flexible de elastómero, por ejemplo de resina de silicona, cuya envolvente es realizada por medios convencionales, por ejemplo por moldeo o por inyección, con una forma y dimensiones exteriores lo más cercanas posible a la forma y dimensiones deseadas para el macho. Esta forma y dimensiones del macho corresponden sensiblemente a la forma y dimensiones de la forma en hueco 4a, 4b que

debe ser formada en el panel después de la retirada del macho que conviene corregir para tener en cuenta el esponjamiento del material compuesto no endurecido.

5 En efecto el macho 5 debe ser colocado en un volumen que está determinado por el material compuesto no endurecido cuyo espesor, que no ha sido sometido aún a las presiones del procedimiento de realización, es superior al espesor que se obtendrá después del endurecimiento del material compuesto. El esponjamiento es variable según el procedimiento utilizado para depositar las fibras, este es un fenómeno conocido y perfectamente mensurable. Representa en general unos ciertos porcentajes sobre el espesor del material compuesto que son suficientes para molestar a la colocación del macho y provocar defectos inaceptables sobre el panel rigidizado si el macho está realizado con las dimensiones exactas de la forma en hueco que debe ser realizada. Con el fin de compensar el fenómeno del esponjamiento del material compuesto no endurecido, el macho es por lo tanto ventajosamente realizado con dimensiones inferiores, en función del valor del esponjamiento, a las dimensiones de la forma en hueco a crear.

15 La vejiga incluye al menos una abertura 52 con al menos una de sus extremidades que permanece accesible cuando el macho llena la forma en hueco del panel. Para realizar el macho, la vejiga 51 es colocada en un utillaje 6 de puesta en forma que incluye una forma en hueco 61, que reproduce sensiblemente la forma en hueco 4a, 4b que debe ser ocupada por el macho 5 durante la realización del panel, después es llenada por la abertura 52 con un material sólido granular 53.

20 El utillaje 6 se compone por ejemplo de un molde que contiene según el caso dos o varios elementos que pueden ser desenchajados unos de los otros para colocar la vejiga en la forma en hueco 61 y para extraer el macho 5 listo para ser utilizado.

25 Cuando la vejiga 51 es llenada con el material sólido granular 53, se crea una depresión en el interior de la vejiga por una aspiración de un fluido inter-granular 59, por ejemplo aire si el llenado con el material sólido granular es realizado en la atmósfera. De manera alternativa otros gases, mezclas gaseosas o líquidos son utilizados como fluido inter-granular. La depresión, creada por medios no representados, por ejemplo por una bomba de vacío, es mantenida en la vejiga 51 bien por mantenimiento de una puesta en depresión, o bien más sencillamente obturando la abertura por la que es creada la depresión por un medio de cierre 54 estanco al fluido inter-granular.

30 Bajo el efecto de la presión atmosférica en el exterior de la vejiga 51, dicha vejiga es sometida a fuerzas de aplastamiento que comprimen y compactan, en razón de la flexibilidad del material de elastómero de la pared de la vejiga 51, los elementos de material sólido granular 53. Este compactado tiene por efecto estabilizar la forma del macho que puede ser sacado del molde 6 conservando la forma que ha adquirido en la huella en hueco 61 de dicho molde.

35 En razón de su importante forma puntiaguda, en razón de su longitud a su sección, el macho 5 conserva una cierta flexibilidad, muy relativa, que permite colocar dicha macho en la posición que debe ocupar durante la realización del panel beneficiándose de una posibilidad de deformación, reducida pero real, en particular para las grandes curvaturas.

Cuando el rigidizador incluye variaciones de sección y/o curvaturas 34 localmente relativamente pequeñas, el macho 5 sacado del molde 6 reproduce estas formas particulares en la medida en que la flexibilidad residual de dicho macho no permite corregir fácilmente la forma para tales variaciones de formas.

40 En un modo de realización del panel rigidizado 1 se utiliza un molde 8 cuya superficie 81 presenta la forma general deseada para la piel 2 y que incluye al menos una forma en hueco 82 correspondiente a la huella de al menos un rigidizador 3a, 3b que debe ser realizado sobre una cara de la piel situada del lado del molde 8 durante la realización del panel.

45 En una primera etapa presentada en la fig. 4a fibras 31, por ejemplo fibras previamente impregnadas, que deben constituir al menos un rigidizador son depositadas en la forma en hueco 82. Las fibras 31 son en general depositadas en la forma en hueco 82 en forma de preformas realizadas previamente por procedimientos conocidos y no representados, por ejemplo por medio de máquinas de revestir que depositan sobre soportes formas adaptadas las fibras por mechas o por pliegues sucesivos en forma de bandas más o menos anchas o más o menos largas, respetando la orientación de la fibras y el número de pliegues previstos. Cuando todos los pliegues previstos para formar al menos un rigidizador han sido depositados sobre el molde 8, el macho 5 realizado como se ha descrito precedentemente es colocado en la forma en hueco 82 de tal manera que las fibras 31 depositadas se encuentran entre el molde 8 y el macho 5.

En una segunda etapa presentada en la fig. 4b, las fibras 11 de la piel son depositadas sobre la superficie 81 del molde 8 y recubren por una parte las fibras 32, 33, depositadas para formar una solera de al menos un rigidizador,

- en las zonas de contacto entre al menos un rigidizador 3a, 3b y por otra parte la piel 2 y por otra parte el macho 5. En razón de su rigidez obtenida principalmente por el material sólido granular 53 compactado contenido en la vejiga, el macho 5 es apto para sufrir los esfuerzos F ejercidos por los medios, esquematizado por una cabeza de depósito 15, de depósito de los pliegues de fibras 11 de la piel, esfuerzos que son en general necesarios para obtener fibras compactadas unas con otras, condición necesaria para la obtención de una buena colocación de los pliegues, una buena orientación de las fibras y una buena salud del material compuesto terminado. La colocación correcta de las fibras es igualmente obtenida por la elección de un macho que tiene en cuenta dimensiones del emplazamiento llenado por dicho macho en el momento del depósito de las fibras y es apto para reconstituir la superficie sobre la que son depositadas las fibras de la piel 2 sin deformación notable.
- 5
- 10 En una tercera etapa presentada en la fig. 4c, una presión P_a es aplicada sobre la superficie de las fibras 11 depositadas opuesta a la superficie en contacto con el molde 8 y, de manera conocida, la temperatura es aumentada según un ciclo determinado para provocar el endurecimiento de la resina que impregna las fibras. Esta presión P_a o presión de autoclave es por ejemplo obtenida por medio de una vejiga 85 que recubre las fibras depositadas sobre el molde y que es sometida a una presión exterior eventualmente completada por una puesta en depresión del espacio comprendido entre la vejiga exterior 85 y el molde 8, es decir el espacio en el que se sitúan las fibras 11. Además, con el fin de evitar que la presión de autoclave no deforme la piel 2, durante el endurecimiento de la resina, al nivel del rigidizador 3a, 3b por un aplastamiento local del macho 5 en razón de la flexibilidad de la pared de dicha vejiga 51 y/o en razón del hundimiento del macho 5 en la huella 82 del rigidizador a causa del asentamiento de las fibras 31 del rigidizador, lo que tendría por efecto crear a la vez una pérdida local de las propiedades estructurales de la piel 2 y defectos geométricos de la superficie de la piel rigidizada incompatibles con ciertas aplicaciones como las aplicaciones en las que la superficie está en contacto con un flujo aerodinámico, la presión P_n del fluido inter-granular contenido en la vejiga 51 es aumentada hasta un valor apto para compensar la presión de autoclave P_a que se ejerce a través de las paredes de la vejiga 85 y para evitar la deformación local de la piel 2.
- 15
- 20 Este aumento de la presión P_n en la vejiga 51 tiene por efecto corregir el volumen del macho 5 cuyas dimensiones han sido preferiblemente escogidas para tener en cuenta el esponjamiento del material compuesto no endurecido y su disminución de espesor en el curso de su endurecimiento bajo el efecto de las presiones aplicadas.
- 25 Una manera de realizar el aumento de la presión P_n consiste en conectar el volumen interior de la vejiga 51 que contiene el fluido inter-granular 59 a los medios de generación de la presión de autoclave para aumentar la presión P_n en la vejiga al mismo tiempo que la presión de autoclave P_a es aumentada.
- 30 La presión P_n del fluido inter-granular puede escogerse igual a la presión de autoclave P_a .
- No obstante, las vejigas 51 de machos para rigidizadores tienen, conforme a las características de los rigidizadores, secciones relativamente pequeñas. Por este hecho, las dimensiones características de las secciones de la zona vaciada de la vejiga, en particular la anchura l_i , son sensiblemente inferiores a las de las secciones exteriores correspondientes, la anchura l_e , en razón del espesor de la vejiga de elastómero que no es ya despreciable frente a las otras dimensiones de las secciones. En razón de esta diferencia sensible de dimensiones interiores y exteriores de la vejiga del macho, la presión sobre la superficie exterior generada por la presión P_n en la vejiga es más débil que la presión interior P_n , y por tanto es más débil que la presión P_a si el volumen interior de la vejiga es sometido a la presión de autoclave.
- 35 Ventajosamente la presión P_n aplicada al interior de la vejiga 51 para compensar las fuerzas debidas a la presión de autoclave P_a será corregida para tener en cuenta este efecto. Por ejemplo, un coeficiente multiplicador que tiene en cuenta el espesor de la vejiga 51 es aplicado a la presión de autoclave P_a para obtener un valor de la presión P_n en el macho que restituye una presión aparente sensiblemente igual a P_a en la cara exterior del macho sometida a la presión de autoclave. La presión en el macho está de preferencia subordinada al valor deseado cuando la presión de autoclave es aplicada. La presión en el macho es ventajosamente obtenida automáticamente conectando el volumen interior de la vejiga del macho a la presión de autoclave por medio de un multiplicador de presión de pistón.
- 40
- 45 La presión P_n tiene igualmente por efecto comprimir las fibras del alma 35, 36, 37 del rigidizador sobre la superficies correspondientes 84, 85 de la huella 82 en el molde 8, lo que no es más que parcialmente realizado por las fuerzas que la presión de autoclave P_a ejercen sobre el macho 5 que se apoya sobre las almas 35 inclinadas de los rigidizadores, y no es realizada si las superficies 85 de la huella contra las que se apoyan las almas de los rigidizadores están próximas a la normal a la superficie de la piel 2.
- 50 En una cuarta etapa, fig. 5, después del endurecimiento de la resina, la presión de autoclave P_a y la presión P_n en la vejiga 51 están equilibradas con la presión de trabajo, en general la presión atmosférica, y el panel rigidizado 1

es liberado del molde 8.

5 El macho 5 es entonces vaciado del material sólido granular 53 que contiene por la abertura 52, al menos parcialmente, de modo que la vejiga 51 resulte suficientemente deformable para ser retirada por una extremidad accesible del rigidizador. Ventajosamente es creada una depresión en la vejiga 51 vaciada del material sólido granular lo que tiene por efecto provocar un aplastamiento de dicha vejiga bajo el efecto de la presión atmosférica que facilita el despegue de las paredes 55, 56, 57 de la vejiga de las superficies de la forma en hueco 4a, 4b del rigidizador y que facilita la extracción de la vejiga.

El material sólido granular 53 utilizado para el llenado de la vejiga 51 está formado por ejemplo con elementos de metal o de vidrio. Los elementos del material sólido granular son de preferencia:

10 - de dimensiones suficientemente pequeñas para llenar la vejiga comprendida en las zonas dónde eventualmente el macho presenta una sección reducida;

15 - de formas suficientemente redondeadas o romas, por ejemplo esféricas, para que los elementos fluyan fácilmente durante el llenado de la vejiga o mientras ésta es vaciada de dichos elementos y con el fin de facilitar el drenaje y la circulación del fluido inter-granular entre dichos elementos durante la puesta en depresión o durante la puesta en presión de la vejiga;

- realizados con un material escogido en función de su coeficiente de dilatación térmica para respetar la dilatación del panel rigidizado durante su fabricación;

- realizados de un material escogido en función de su coeficiente de conductividad térmica cuando se busca una buena conducción del calor en el molde.

20 En razón de la forma muy alargada de los machos 5 utilizados para la realización de paneles rigidizados, la elección de un material sólido granular 53 que tiene un coeficiente de dilatación térmica adaptado es esencial pues, si la dilatación en el sentido de la anchura l_r y de la altura h_r de el macho 5 es despreciable en razón de las dimensiones en juego relativamente pequeñas, la dilatación resulta crítica en la longitud L_r del macho. Por ejemplo un material económico y relativamente ligero como el aluminio, con un coeficiente de dilatación de $24 \cdot 10^{-6}$ por Kelvin, utilizado para llenar una vejiga induce, en el curso de un curado térmico en el que la temperatura es aumentada de 200 Kelvin, un alargamiento del macho del orden de 5 mm por metro. Tal alargamiento es totalmente incompatible con la realización de una pieza de material compuesto de dimensiones que pueden alcanzar varios metros respetando al mismo tiempo las cualidades exigidas para una estructura aeronáutica.

30 El material sólido granular 53 es por tanto ventajosamente seleccionado entre materiales cuyo coeficiente de dilatación es el más próximo al coeficiente de dilatación del material compuesto utilizado para la realización del panel rigidizado.

35 Los materiales compuestos tienen en general un coeficiente de dilatación térmica pequeño, del orden de 3 a 5 10^{-6} por Kelvin. En este caso es escoge preferiblemente un vidrio borosilicato, vidrio rico en silicio que tiene un coeficiente de dilatación del orden de $3,5 \cdot 10^{-6}$ por Kelvin, o una aleación de hierro rica en níquel tipo «Invar» de coeficiente de dilatación pequeño como material sólido granular 53. De esta forma el material compuesto del panel rigidizado 1 y el macho 5 se dilatan y se contraen conjuntamente con las variaciones de la temperatura lo que evita introducir deformaciones y tensiones residuales no deseadas en el panel.

40 El procedimiento descrito para la realización de un panel rigidizado de material compuesto a partir de fibras previamente impregnadas depositadas sobre un molde que incluye una forma es fácilmente adaptado a otros procedimientos de realización de piezas de material compuesto.

Por ejemplo la presión ejercida por medio de una vejiga exterior 85 y de una presión de autoclave P_a es en ciertos casos realizada por una contra-forma que puede ser rígida o estar realizada, al menos en parte con un elastómero. En este caso la presión P_n en el macho es aumentada durante la fase de endurecimiento de la resina a un valor próximo de la presión buscada para aplicar la contra-forma en el procedimiento.

45 Por ejemplo en ciertos procedimientos por transferencia de resina llamado RTM las fibras son depositadas secas, es decir sin haber sido previamente impregnadas con una resina, en un molde, en general una forma y una contra-forma que son ensambladas cuando las fibras están en su sitio, y la resina es inyectada en el molde cuyas paredes determinan precisamente las formas del panel. En este caso, la presión P_n en la vejiga 51 es escogida preferiblemente al menos igual a la presión de la resina en el molde o superior en función de la compresión buscada para las fibras en la zona del rigidizador.

50 El procedimiento según el invento descrito para un rigidizador llamado en Ω es aplicable a las otras formas de

- rigidizador pues por una parte los problemas de estabilidad dimensional del macho que resuelve el invento son siempre críticos y la generación de una contrapresión en el macho para oponerse a la presión ejercida sobre la piel es siempre necesaria para garantizar la calidad del material compuesto en la zona del rigidizador, incluso si la piel 2 no está directamente en contacto con el macho 5 como en el ejemplo de los rigidizadores de las figs. 6b y 6c.
- 5 Como se ha ilustrado en la fig. 6d, la realización de un macho que tiene la forma adaptada al volumen que debe ser llenado durante la realización de la pieza permite la puesta en práctica del procedimiento. Conviene indicar que el procedimiento es ventajosamente aplicado incluso cuando las formas en hueco no están totalmente cerradas o cerradas en absoluto pues los machos rígidos o de elastómeros no permiten aplicar una contra-presión apta para evitar una deformación local de la piel o del rigidizador y pues la extracción del macho sin dañar el panel puede
- 10 resultar difícil o casi imposible en razón de las variaciones de sección de los rigidizadores sobre las grandes longitudes y/o formas particulares del rigidizador, por ejemplo una torsión unida a una curvatura del panel, y/o variaciones de espesor de la piel. Además la presión P_n en el interior de la vejiga permite crear una presión perfectamente controlada sobre las almas 36, 37, 38 de los rigidizadores que, próximos a la normal a la superficie local de la piel, no están comprimidas por la presión de autoclave o de contra-molde.
- 15 Ventajosamente cuando la forma en hueco determinada por el rigidizador y la piel no está totalmente cerrada como en los ejemplos de las figs. 6b y 6d, el macho según el invento es extraído una vez vaciado del material sólido granular por la abertura lateral longitudinal si tal abertura es accesible.

El procedimiento puede igualmente ser aplicado cuando al menos un rigidizador es realizado de material compuesto endurecido antes de ser depositado en la huella 82 del molde 8. Por ejemplo al menos un rigidizador puede ser realizado en una primera etapa por un procedimiento cualquiera de puesta en práctica de los materiales compuestos, que puede ser diferente del que será utilizado para formar la piel del panel rigidizado y que puede ser diferente según el rigidizador cuando dos o varios rigidizadores son utilizados para la realización del panel rigidizado. Así un rigidizador puede ser realizado por endurecimiento de fibras previamente impregnadas en un molde sino igualmente por ejemplo por un procedimiento de transferencia de resina RTM o por poltrusión o por conformación. En este caso al menos el rigidizador es depositado en la huella 82, el macho 5 es depositado en la

20 parte del molde 8 que debe permanecer en hueco y la piel es depositada como ya se ha descrito.

Al menos el rigidizador puede igualmente estar formado con fibras en la huella 82 del molde, el macho es colocado y una piel de material previamente endurecido colocado sobre el molde. Al menos el rigidizador y la piel pueden igualmente estar los dos previamente realizados de material endurecido y ensamblados por pegado en el

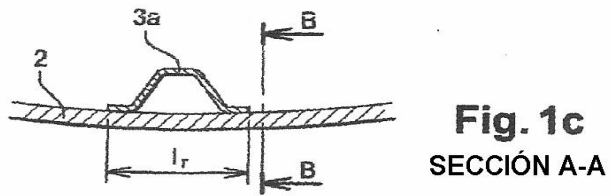
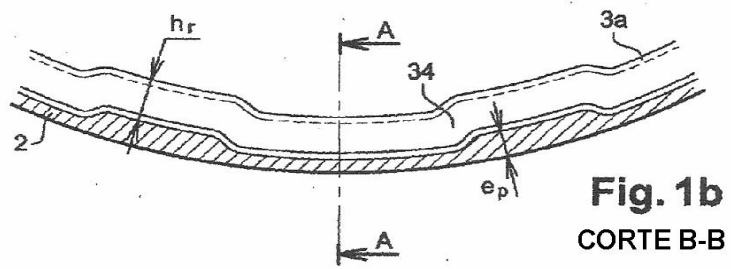
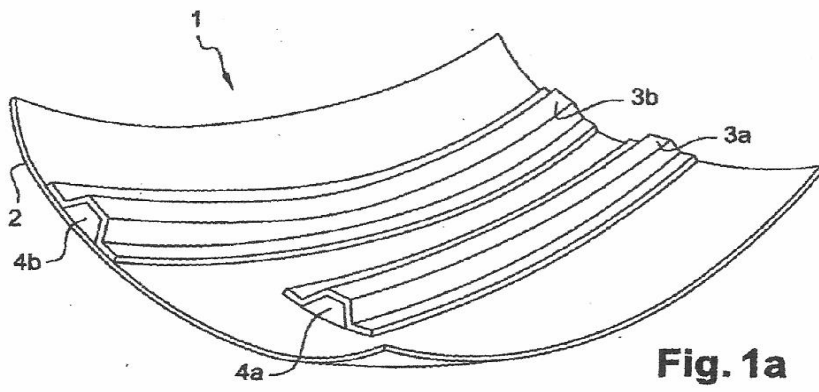
30 molde 8 por aplicación del procedimiento, depositándose una cola o pegamento sobre las superficies del rigidizador y/o del panel que deben ser ensambladas. En estos casos, el macho es particularmente útil para evitar las deformaciones de la piel y del rigidizador durante la aplicación de las presiones asociadas al pegado o encolado, deformaciones que introducirían tensiones residuales indeseables en el material compuesto, o sea deformaciones permanentes del panel rigidizado.

35 El procedimiento permite igualmente realizar paneles que incluyen rigidizadores sobre sus dos caras, el orden en el que son depositadas las fibras de la piel, las fibras de los rigidizadores y los machos son entonces determinados por el procedimiento utilizado para la puesta en forma del panel rigidizado.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de realización de un panel rigidizado (1) en material compuesto, incluyendo dicho panel rigidizado una piel (2) y al menos un rigidizador (3a, 3b), incluyendo dicho material compuesto fibras revestidas de una resina que pasa de un estado pastoso o líquido a un estado sólido en el curso de una fase de endurecimiento, incluyendo dicho panel rigidizado (1) al menos una forma en hueco (4a, 4b) alargada, es decir del que una dimensión, la longitud, es grande frente a las otras dimensiones sensiblemente ortogonales a la longitud, formada por superficies de al menos un rigidizador y de la piel, en cuyo procedimiento:
- al menos un rigidizador (3a, 3b), o una preforma de dicho rigidizador, es colocado en una huella (82) hueca de una superficie (81) de un molde (8) que tiene la forma de la piel (2) del panel rigidizado a realizar;
 - un macho (5) que determina un volumen correspondiente en todo o en parte al menos a una forma en hueco (4a, 4b) es colocado en la huella hueca de tal manera que el rigidizador o su preforma se encuentra entre el molde (8) y el macho (5), incluyendo dicha macho una vejiga (51) de material flexible que presenta un superficie exterior que delimita un volumen del macho (5) cuyas formas y dimensiones están de acuerdo con el volumen de la forma en hueco y que presenta una superficie interior que delimita un volumen de la vejiga (51), dicho volumen es llenado con un material sólido granular (53);
 - el material (11) destinado a formar la piel (2) del panel rigidizado es depositado sobre la superficie (81) del molde (8) de modo que recubre dicha superficie, soleras (32, 33) del rigidizador y una superficie del macho (5) entre dichas soleras;
- caracterizado porque:
- el material sólido granular (53) es escogido entre materiales que tienen un coeficiente de dilatación térmica sensiblemente igual al coeficiente de dilatación térmica del material compuesto utilizado para realizar el panel rigidizado (1), y;
 - una presión P_n de un fluido inter-granular (59) contenido en la vejiga (51) es aumentada durante la fase de endurecimiento de la resina de tal manera que la presión en el macho P_n equilibra sensiblemente las fuerzas ejercidas por medios de puesta a presión P_a del material compuesto sobre la superficie del molde (8) y que el volumen de el macho (5) sea modificado para compensar la disminución del espesor del material compuesto durante la fase de endurecimiento.
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que el macho (5) es realizado con secciones cuyas dimensiones son sensiblemente inferiores a las dimensiones de la forma en hueco (4a, 4b) del panel rigidizado (1).
3. Un procedimiento según la reivindicación 2, en el que las dimensiones de la sección del macho (5) corresponden a las dimensiones de la forma en hueco que debe ser ocupada por dicho macho antes de la fase de endurecimiento del material compuesto.
4. Un procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que el material sólido granular (53) es un material o una mezcla de materiales cuyos coeficientes de dilatación térmica están comprendidos entre $3 \cdot 10^{-6}$ por Kelvin y $9 \cdot 10^{-6}$ por Kelvin.
5. Un procedimiento según la reivindicación 4, en el que el material sólido granular (53) es un vidrio borosilicato.
6. Un procedimiento según la reivindicación 4, en el que el material sólido granular (53) es una aleación de hierro y níquel tipo invar de coeficiente de dilatación pequeño.
7. Un procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que la presión P_n del fluido inter-granular (59) contenido en la vejiga (51) está en el curso de una etapa de preparación del macho (5) disminuida de tal forma que las paredes de la vejiga (51) compacten el material sólido granular (53) bajo el efecto de las fuerzas de aplastamiento de la vejiga unidas a una presión que se ejerce sobre la superficie exterior de la vejiga de material flexible de manera que confiera al macho una forma estable.
8. Un procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que los medios de puesta a presión del material compuesto contienen una vejiga (85) exterior sometida a una presión de autoclave P_a y en el que la presión P_n es aumentada a un valor sensiblemente igual a la presión P_a .
9. Un procedimiento según la reivindicación 8, en el que el fluido inter-granular es sometido a la presión de autoclave P_a de tal manera que P_n sea sensiblemente igual a P_a .

10. Un procedimiento según la reivindicación 9, en el que la presión P_n del fluido inter-granular es igual a la presión de autoclave P_a corregida para compensar la diferencia entre la superficie exterior del macho (5) sometido a la presión de autoclave y la superficie interior de la vejiga (51) sometida a la presión del fluido inter-granular frente a dicha superficie exterior sometida a la presión de autoclave.
- 5 11. Un procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que la resina es endurecida por un curado térmico y cuyo macho (5) es llenado de un material sólido granular (53) y/o de un fluido intersticial (59) escogido con un coeficiente de conductividad térmica apto para asegurar la difusión del calor y la homogeneidad de la temperatura durante el curado térmico.
- 10 12. Un procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes. en el que la presión P_n en la vejiga (51) del macho (5) es disminuida a un valor inferior a la presión atmosférica después de haber sido vaciada, al menos parcialmente, del material sólido granular (53).



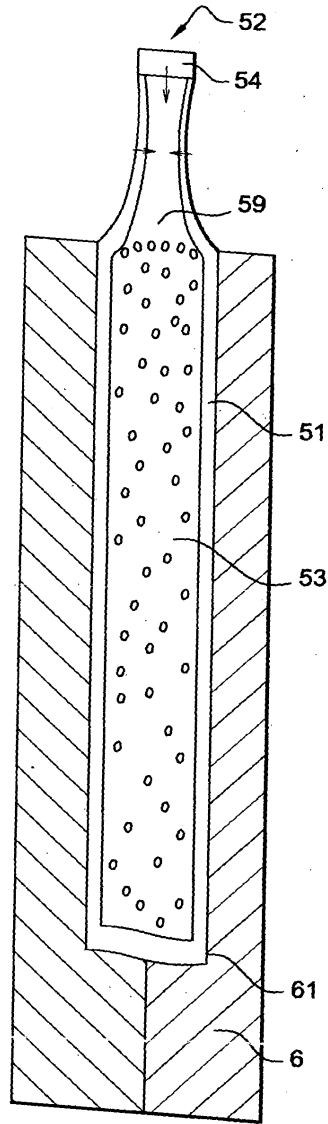


Fig. 2

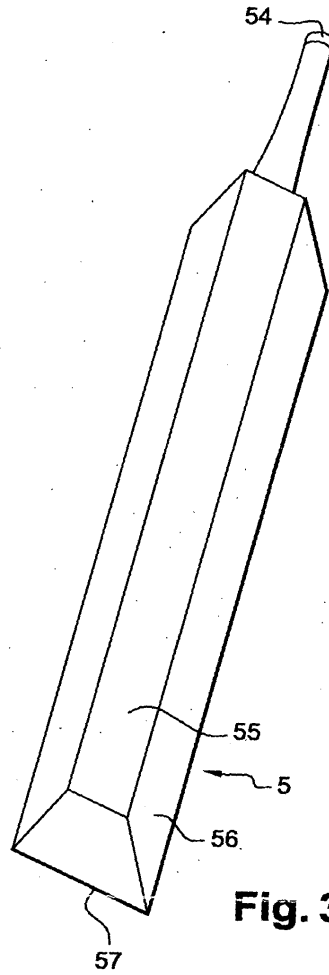


Fig. 3

