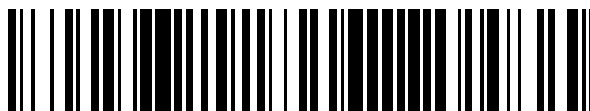


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 439 317**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/34** (2006.01)

**B29C 35/02** (2006.01)

**B29C 70/54** (2006.01)

**B29C 73/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.08.2010 E 10744572 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2013 EP 2467249**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de piezas de materiales compuestos que permite la reparación de dichas piezas**

30 Prioridad:

**18.08.2009 FR 0955699**

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

**22.01.2014**

73 Titular/es:

**EUROPEAN AERONAUTIC DEFENCE AND  
SPACE COMPANY EADS FRANCE (100.0%)  
37 Bld de Montmorency  
75016 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**CINQUIN, JACQUES y  
VOILLAUME, HUBERT**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 439 317 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 fabricación de piezas de materiales compuestos que permite la reparación de dichas piezas

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere al campo de las estructuras. Se refiere más particularmente a estructuras realizadas en materiales compuestos e incluso más específicamente a la reparación de estas estructuras.

Se recuerda previamente que las estructuras de materiales compuestos se fabrican generalmente por superposición de capas o de tejidos delgados de fibras (denominados pliegues), eventualmente orientados según direcciones diferentes y solidarizados por un material de unión, típicamente un resina termoplástica o termoendurecible.

10 Los materiales compuestos se utilizan cada vez más para la realización de estructuras sometidas a tensiones mecánicas elevadas, con el fin de que se mantengan lo más ligeras posible. En efecto, estas estructuras compuestas permiten frecuentemente una integración más fuerte de las funciones mecánicas y una simplificación de los ensamblajes.

15 Su utilización es particularmente corriente en el campo aeronáutico, para el cual las limitaciones de peso de los aparatos, y por tanto el consumo de combustible por pasajero y kilómetro, son determinantes para la rentabilidad de su explotación, al mismo tiempo que las limitaciones de seguridad sean regularmente reforzadas.

Se recuerda igualmente que, entre las grandes familias de materiales compuestos, los materiales compuestos con matriz de resina termoplástica, que también pueden estar reforzados con fibras cortas, se conforman por calentamiento por encima de una temperatura umbral, y solidifican durante su enfriamiento, siendo reversible esta solidificación.

20 Por el contrario, los materiales compuestos con matriz de resina termoendurecible, usualmente asociados a fibras largas, y que constituyen el objeto de la presente invención, se conforman a baja temperatura o bajo ligero calentamiento, pues su configuración se fija por calentamiento por encima de una temperatura de polimerización. La transformación es entonces irreversible.

**Contexto de la invención y problemas planteados**

25 Entre los diversos tipos de piezas de materiales compuestos, las piezas de material compuesto con matriz orgánica termoendurecible son sensibles a los impactos de energía relativamente débil como las caídas de herramientas durante las operaciones de ensamblaje. La reparación de estas piezas de material compuesto termoendurecible es siempre delicada de realizar y en ciertos casos puede no ser posible en función de la geometría de la pieza.

30 Actualmente la necesidad no está completamente satisfecha. Si la pieza está demasiado deteriorada, se elimina de la cadena de montaje, y se pierden los esfuerzos para su fabricación (costes materiales, valor añadido a la fabricación de la pieza).

35 Las soluciones más próximas, conocidas por los expertos en la técnica, son reparaciones por la retirada de material (mecanización de la parte deteriorada) después de estratificación del material pre-impregnado con polimerización del "parche" de reparación. Esta operación, añadida al proceso de fabricación, implica un sobre coste significativo, y las prestaciones de la pieza tratada de esa manera, no son similares a las de una pieza no deteriorada. Dichas piezas presentan en particular discontinuidades de prestaciones mecánicas en los límites del "parche" añadido para efectuar la reparación.

40 El objetivo de la reparación de piezas de materiales compuestos con matriz termoendurecible es, como se comprenderá fácilmente, disminuir los desechos de fabricación, y limitar las operaciones de reparación para las piezas de materiales compuestos fabricadas y que se almacenan en espera del ensamblaje final.

**Objetivos de la invención**

El objetivo de la presente invención es por tanto solucionar al menos una parte de los problemas descritos anteriormente.

**Descripción de la invención**

45 Para este fin la invención propone un procedimiento de fabricación de piezas de materiales compuestos de tipo de matriz termoendurecible, comprendiendo dicho procedimiento una etapa de polimerización parcial, del orden de 10 a 50% de la matriz de la pieza por calentamiento, estando entonces la pieza de un modo denominado semi-curado y destinada a ser utilizada en una etapa de almacenamiento o en una etapa de ensamblaje de piezas semi-curadas, antes de una etapa final de polimerización completa de la matriz por calentamiento, comprendiendo dicho  
50 procedimiento una etapa de corrección de la desestratificación local eventual de la pieza.

Según un modo de realización preferido, la corrección de la desestratificación local comprende, si la pieza está calificada de haber experimentado una desestratificación local en al menos una zona de su superficie, una etapa de recalentamiento local de la pieza en al menos una de las zonas que engloban, cada una de al menos una, de la desestratificación calificada.

5 Se comprende que la invención proponga un concepto de fabricación de piezas de materiales compuestos con matriz orgánica termoendurecible y fibras de refuerzo continuas que permita reparar los daños eventualmente creados, teniendo lugar esta reparación antes del curado final de la pieza que determina su polimerización no reversible.

10 Según una realización ventajosa, durante la etapa de recalentamiento local de la pieza, se aplica una presión a la pieza de material compuesto semi-curado, de modo que se le haga recuperar su forma anterior a la desestratificación.

Según una realización particular del procedimiento, la presión aplicada es del orden de magnitud de la presión inicial de fabricación de la pieza.

15 Según una realización particular del procedimiento, el tiempo de recalentamiento local de la pieza está determinado por utilización de un ábaco que tiene en cuenta principalmente: las características de la resina, las dimensiones de la zona de la pieza calificada como desestratificada, y los porcentajes de polimerización: el inicial observado y el final deseado.

Según una realización particular del procedimiento, éste comprende etapas sucesivas de corrección de la desestratificación local de la pieza en zonas diferentes de la pieza.

20 Según una realización particular del procedimiento, éste comprende al menos una segunda fase de corrección de la desestratificación local de una misma zona, habiendo sido esta zona calificada de haber sido sometida a un segundo proceso de desestratificación local, realizándose la fase de recalentamiento por encima de la nueva temperatura de transición vítrea  $T_{g2}$  de la pieza de material compuesto, siendo determinada esta temperatura principalmente por el porcentaje de polimerización de la resina en la salida de la fase precedente de corrección de la desestratificación local.

25 Se comprende que se trata de un procedimiento que permite iteraciones en la misma zona si ello es necesario.

Ventajosamente, el porcentaje de polimerización inicial de la resina de la pieza semi-curada está comprendido entre 20 y 50%.

30 La invención propone igualmente un producto programa de ordenador, destinado a ayudar a la realización del procedimiento tal como se expone, comprendiendo dicho producto programa de ordenador un conjunto de instrucciones de código de programa adaptadas, cuando son ejecutadas por un ordenador, para proponer un tiempo de recalentamiento local de la pieza de material compuesto a "reparar", así como una presión a aplicar, eventualmente un perfil de subida de temperatura u otros elementos, tales como el tiempo antes de desmoldeo de la pieza después del tratamiento etc., basándose en informaciones que comprenden, por ejemplo, aunque sin limitación: el tipo de material compuesto utilizado (fibras y resina), las dimensiones de la pieza y de la zona calificada como desestratificada, eventualmente informaciones de presión, temperatura de calentamiento y tiempo de curado aplicados durante el primer curado de la pieza semi-curada.

35 Ventajosamente, este producto programa de ordenador comprende al menos dos modos de cálculo: en un primer modo, los parámetros de temperatura y de tiempo de calentamiento se calculan para obtener un curado completo de la pieza reparada, en un segundo modo por el contrario, se determinan estos parámetros para permitir una polimerización parcial, como mínimo suficiente para obtener una anulación de la desestratificación local precedentemente observada.

#### Breve descripción de la figura de los dibujos

45 La siguiente descripción, dada únicamente a modo de ejemplo de un modo de realización de la invención, se hace con referencia a la figura anexa en la cual:

La figura 1 es un organigrama de las etapas del procedimiento tal como se describe.

#### Descripción detallada de un modo de realización de la invención

La solución propuesta utiliza el concepto de semi-curado, conocido *per se*, para la fabricación de piezas de materiales compuestos.

50 Un procedimiento de fabricación de piezas semi-curadas está descrito en el documento de la solicitud de patente FR 2.922.81, "*Procedé de réalisation d'une pièce de structure comprenant une matrice en résine thermodurcissable*"

(Airbus 2007). La solicitud de patente EP-A-1151850 describe las características del preámbulo de la reivindicación 1.

5 Se recuerda en la presente memoria que este procedimiento de semi-curado se aplica a piezas de materiales compuestos que utilizan una matriz de resina termoendurecible. Dicha resina comprende moléculas monómeras, que se transforman en polímeros bajo la acción de un aporte exterior de energía, formando así un retículo macromolecular tridimensional, que implica una solidificación progresiva de la resina.

10 En este procedimiento, se crea previamente una preforma, por ejemplo por revestimiento de una superposición de tejidos o capas de fibras pre-impregnadas de una resina termoendurecible. Después esta preforma es polimerizada parcialmente (operación denominada reticulación o maduración), por ejemplo con un porcentaje de polimerización de la resina de 20 a 50%. Dicha polimerización parcial se realiza por calentamiento durante un tiempo corto. Como información, la temperatura de calentamiento es del orden de generalmente alrededor de 100°C a 180°C, según las resinas utilizadas.

15 Se comprende que esta polimerización parcial crea enlaces químicos entre las moléculas que forman la resina termoendurecible, provocando un endurecimiento preliminar de la preforma, dejando al mismo tiempo suficientes moléculas no modificadas para permitir la deformación de la pieza. Dicha pieza se denomina entonces semi-curada.

Es notable que a continuación de esta polimerización parcial de la resina, su temperatura de transición vítrea  $T_g$  llega a ser más elevada que en ausencia de polimerización parcial, y puede hacerse que sea superior, por ejemplo a la temperatura ambiente de un taller, según el porcentaje de polimerización obtenido.

20 Debido a lo anterior, esta polimerización parcial permite, al menos, reducir considerablemente la velocidad de polimerización natural a la temperatura ambiente de una pieza que utiliza una resina termoendurecible, y permite por tanto su almacenamiento durante un tiempo más largo que una pieza no semi-curada.

25 Se comprende que durante una nueva fase de calentamiento de la pieza, la viscosidad de la resina comience por disminuir (resina más fluida) para alcanzar un valor mínimo cuando alcanza la temperatura de transición vítrea  $T_g$  de la resina, y después aumenta progresivamente a medida que lo hace la polimerización de la resina, hasta una solidificación completa.

El procedimiento tal como se describe en el marco de la presente invención, utiliza este principio de piezas semi-curadas, y está destinado a ser realizado, por ejemplo en un taller de preparación de piezas de materiales compuestos.

30 Se considera pues, que en una fase preliminar, piezas de materiales compuestos semi-curadas que utilizan una resina termoendurecible, se han fabricado por el procedimiento que acaba de describirse, procedimiento cuyos parámetros precisos de realización dependen del material utilizado, y no están, como tales dentro del alcance de la presente invención.

35 Estas piezas entonces son, o bien almacenadas a temperatura ambiente, es decir alrededor de 20°C bajo una humedad normal entre por ejemplo 30% y 70% o bien trabajadas, por ejemplo por conformación mediante embutición a una temperatura alrededor de la temperatura de transición vítrea  $T_g$  de la resina, con el fin de su ensamblaje en una estructura más ancha.

40 Se supone que dicha pieza se somete entonces a un choque, debido, por ejemplo, a la caída de una herramienta, tal como un martillo, sobre su superficie. Se supone que este choque es suficientemente débil en intensidad para no provocar la rotura de la pieza, sino solamente una desestratificación local de las capas de fibras pre-impregnadas en la zona del impacto. Queda claro que el fenómeno de la desestratificación se va a producir en una zona cuyas dimensiones dependen de varios parámetros, entre ellos la intensidad del choque, el espesor de la pieza, etc.

Se supone, en lo que sigue de esta descripción, que el diámetro de la zona de desestratificación se determina, por control visual, por un medio de formación de imagen conocido *per se* o por cualquier otro medio de control no destructivo, que permite conocer el estado interno de la pieza.

45 La fase siguiente del procedimiento es entonces un retorno a una zona que engloba la zona calificada como desestratificada por encima de la temperatura de transición vítrea  $T_g$  de la resina en la pieza semi-curada, aplicando una presión a la pieza de material compuesto semi-curado, de modo que le haga recuperar su forma inicial anterior a la desestratificación.

El procedimiento se realiza pues en prensas con calentamiento.

50 En esta etapa, la pieza es por ejemplo prensada entre dos elementos rígidos cuya separación está dimensionada en función del espesor de la pieza. La presión que se ha de aplicar es del orden de magnitud de la presión inicial de fabricación de la pieza. Dicha presión se elige en cualquier estado de modo que se eviten los fenómenos de escurrido, en los cuales la resina es expulsada de las capas de fibras. Dicha presión depende por otra parte del

porcentaje de polimerización de la pieza semi-curada, necesitando un porcentaje más elevado una presión superior. A título puramente informativo, una presión típica es del orden de algunos bares.

5 Al mismo tiempo, la temperatura se eleva por un medio de calentamiento de tipo conocido por los expertos en la técnica, en el presente ejemplo hasta un valor situado entre la temperatura de transición vítrea  $T_g$  de la pieza semi-curada y la temperatura final de polimerización que se ha de aplicar para terminar la polimerización de la pieza semi-curada.

10 En estas condiciones, una parte todavía no polimerizada de la resina en la zona calificada como desestratificada polimeriza progresivamente con el tiempo, y la creación de moléculas polímeras, a partir de las monómeras situadas en diferentes capas de la pieza de material compuesto, crea enlaces químicos entre estas capas. Este fenómeno contrarresta por tanto la desestratificación creada entre estas capas por el choque sobre la pieza, y por tanto da como resultado una "reparación" de la pieza de material compuesto.

15 El tiempo de calentamiento bajo presión de la pieza depende de las características de la resina, de las dimensiones de la zona calificada como desestratificada y de los porcentaje de polimerización: el inicial observado y el final deseado. Puede ser del orden de algunos minutos para obtener un porcentaje de polimerización final de la zona desestratificada de aproximadamente 60%.

Este tiempo de recalentamiento local de la pieza se puede determinar por ejemplo utilizando un ábaco memorizado en un ordenador, por simple entrada de algunos parámetros por los operarios encargados de la reparación de la pieza.

El perfil de subida de la temperatura y presión es de tipo clásico para esta clase de pieza de material compuesto.

20 Está claro que zonas diferentes de la pieza puedan ser tratadas así, unas después de otras, si es necesario.

Después de la realización del tratamiento, la nueva temperatura de transición vítrea  $T_{g2}$  de la pieza de material compuesto "reparada" es superior a la temperatura de transición vítrea  $T_g$  de la pieza semi-curada antes del tratamiento. Eventualmente, una misma zona se puede tratar entonces una segunda vez por el mismo procedimiento.

25 En efecto, el concepto puede ser entendido en el caso de que el material compuesto que forma la pieza sea utilizado en un estado de polimerización que le permita una polimerización complementaria de reparación utilizando entonces un nuevo ciclo de calentamiento local bajo presión a una temperatura superior a la nueva temperatura de transición vítrea  $T_{g2}$ , y por tanto superior a la primera temperatura de polimerización.

30 Se comprende además generalmente, mientras que queden moléculas no polimerizadas en la pieza de material compuesto, estas moléculas pueden todavía contribuir a "pegar" entre sí por polimerización, los grosores desestratificados de fibras.

A continuación, la pieza semi-curada reparada se puede utilizar de forma clásica, por ejemplo, ensamblada con otros elementos de material compuesto, y después completamente ser polimerizada por una fase de curado bajo presión conocida *per se*.

35 Una vez definitivamente fijada después del curado, la pieza obtenida comprende menos enlaces tridimensionales en la resina que una pieza que no hubiera experimentado choque y desestratificación, pero es más homogénea que una pieza reparada por la técnica conocida anteriormente de retirada de materia y de pegado de un "parche" de relleno. La pieza de material compuesto, así reparada por el procedimiento tal como el descrito anteriormente, presenta en particular menos discontinuidades de comportamiento mecánico en los límites de la zona de desestratificación.

#### **Ventajas de la invención**

Las ventajas de esta solución son permitir la reparación de las zonas deterioradas sin añadir un procedimiento complementario en el procedimiento de fabricación de la pieza.

45 Los talleres de producción que utilizan la tecnología de conformación semi-curada son susceptibles de utilizar esta invención en caso de impacto sobre la pieza semi-curada antes de la polimerización final. Dichos talleres podrían por tanto reparar los daños creados por el impacto y evitar el rechazo de la pieza y por tanto impedir la pérdida de todo el valor añadido y el coste material de la pieza.

Utilizando este procedimiento de "reparación", se mejora la rentabilidad de una cadena de producción reduciendo los costes asociados a los rechazos de fabricación.

50 **Variantes de la invención**

El alcance de la presente invención no se limita a los detalles de las formas de realización antes consideradas como ejemplos, sino que por el contrario se extiende a las modificaciones que están al alcance de los expertos en la técnica.

5 Se advierte, por ejemplo, que el procedimiento tal como se ha descrito se puede utilizar en una pieza semi-curada fabricada por la tecnología de inyección sobre preforma fibrosa, pero igualmente sobre piezas semi-curadas realizadas a partir de revestimientos pre-impregnados.

10 El procedimiento tal y como ha sido expuesto puede ser asistido por ordenador. En este caso, los operarios encargados de la reparación de las piezas deben entrar, en una base de datos *ad hoc*, informaciones que comprendan, por ejemplo, pero no limitativamente: el tipo de material utilizado (fibras y resina), las dimensiones de la pieza y de la zona calificada como desestratificada, eventualmente informaciones de presión, temperatura de calentamiento y tiempos de curado aplicados durante el primer curado de la pieza semi-curada.

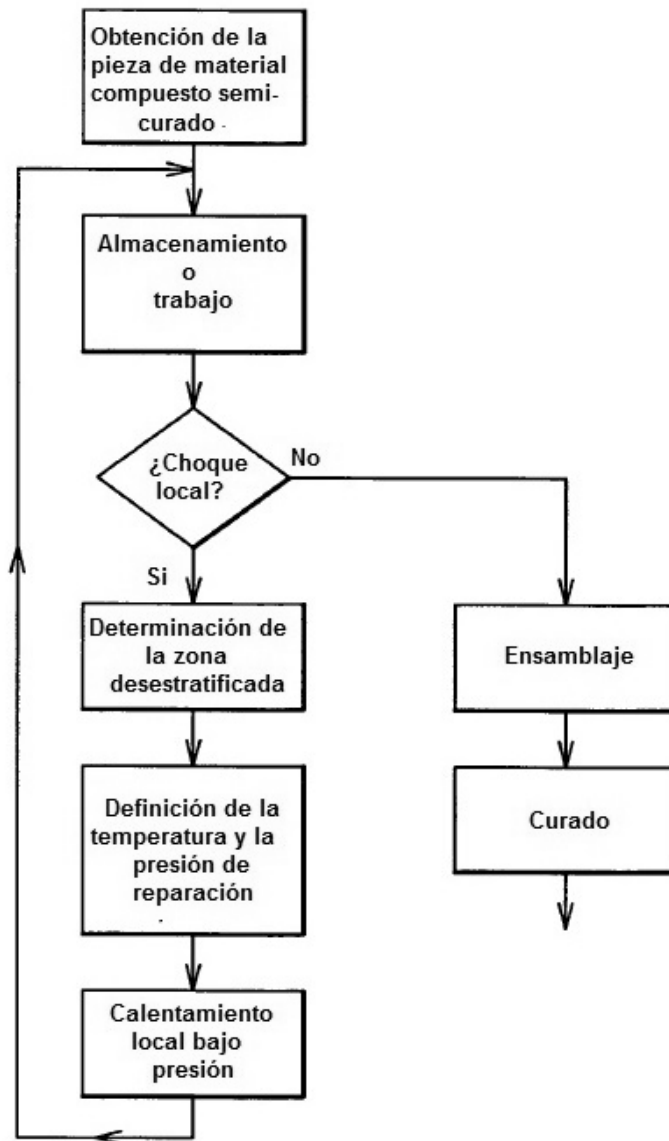
15 El objetivo del programa informático utilizado es proponer entonces un tiempo de recalentamiento local de la pieza que se ha de reparar, así como una temperatura de calentamiento, una presión a aplicar, eventualmente un perfil de subida de temperatura u otros elementos, tales como tiempo antes del desmoldeo de la pieza después del tratamiento etc.

Estos parámetros se pueden calcular bien sea para obtener un curado completo de la pieza reparada o bien por el contrario para permitir nuevas reparaciones futuras si hubiera necesidad, en cuyo caso se buscará una polimerización parcial, debiendo ser ésta entonces como mínimo suficiente para obtener una anulación de la desestratificación local precedentemente observada.

20 Se comprende que este programa informático puede determinar igualmente los parámetros de una segunda fase de corrección de la desestratificación en una misma zona.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de fabricación de piezas de materiales compuestos del tipo de matriz termoendurecible, comprendiendo dicho procedimiento una etapa de polimerización parcial, del orden de 10 a 50% de la matriz de la pieza por calentamiento, estando entonces dicha pieza en el estado llamado semi-curado y destinada a ser utilizada en una etapa de almacenamiento o una etapa de ensamblaje de piezas semi-curadas, antes de una etapa final de polimerización completa de la matriz por calentamiento,
- 10 caracterizado porque comprende una etapa de corrección de la desestratificación local de la pieza, que comprende, si la pieza es calificada de haber experimentado una desestratificación local en al menos una zona de su superficie, una etapa de recalentamiento local de la pieza por encima de la temperatura de transición vítrea  $T_g$  de la pieza semi-curada, en al menos una de las zonas que engloban cada una de al menos una zona calificada de desestratificada.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque, durante la etapa de recalentamiento local de la pieza, se aplica una presión a la pieza de material compuesto semi-curado, de modo que se le haga recobrar su forma anterior a la desestratificación.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque la presión aplicada es del orden de magnitud de la presión inicial de fabricación de la pieza.
- 20 4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el tiempo de recalentamiento local de la pieza se determina por utilización de un ábaco que tiene en cuenta principalmente: las características de la resina, las dimensiones de la zona calificada como desestratificada de la pieza y los porcentajes de polimerización: el inicial observado y el final deseado.
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque comprende etapas sucesivas de corrección de la desestratificación local de la pieza en zonas diferentes de la pieza.
- 25 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque comprende al menos una segunda fase de corrección de la desestratificación local de una misma zona, estando esta zona calificada como de haber sido sometida a un segundo proceso de desestratificación local, realizándose la fase de recalentamiento por encima de la nueva temperatura de temperatura de transición vítrea  $T_{g2}$  de la pieza de material compuesto, determinándose principalmente esta temperatura por el porcentaje de polimerización de la resina a la salida de la fase precedente de corrección de la desestratificación local.
- 30 7. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el porcentaje de polimerización inicial de la resina de la pieza semi-curada está comprendido entre 20 y 50%.
- 35 8. Producto programa de ordenador, destinado a asistir a la realización del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo dicho producto programa de ordenador un conjunto de instrucciones de código de programa adaptadas, las cuales son ejecutadas por un ordenador, para proponer un tiempo de recalentamiento local de la pieza de material compuesto que se ha de "reparar", una temperatura de calentamiento basándose en informaciones que comprenden, por ejemplo, pero no limitativamente: el tipo de material compuesto utilizado, las dimensiones de la pieza y de la zona calificada de desestratificada, eventualmente informaciones de presión, temperatura de calentamiento y tiempo de curado aplicados durante el primer curado de la pieza semi-curada.
- 40 9. Producto programa de ordenador según la reivindicación 8, caracterizado porque comprende al menos dos modos de cálculo: en un primer modo, los parámetros de temperatura y tiempo de calentamiento se calculan para obtener un curado completo de la pieza reparada, en un segundo modo por el contrario, estos parámetros se determinan para permitir una polimerización parcial, como mínimo suficiente para obtener una anulación de la desestratificación local observada precedentemente.



**Fig. 1**