



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 271 513**

(51) Int. Cl.:
B29C 70/44 (2006.01)
B29C 70/54 (2006.01)
B29C 33/44 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **03380292 .7**
(86) Fecha de presentación : **16.12.2003**
(87) Número de publicación de la solicitud: **1543941**
(87) Fecha de publicación de la solicitud: **22.06.2005**

(54) Título: **Proceso y utillaje para reducir las tensiones residuales y las distorsiones de la forma inducidas térmicamente en estructuras de composite monolíticas.**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2007

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2007

(73) Titular/es: **Airbus España, S.L.**
Avda. John Lennon, s/n
28906 Getafe, Madrid, ES

(72) Inventor/es: **Menéndez Martín, José Manuel y**
Pérez Pastor, Augusto

(74) Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 271 513 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

Proceso de utillaje para reducir las tensiones residuales y las distorsiones de la forma inducidas térmicamente en estructuras de composite monolíticas.

Campo del invento

El invento se refiere a la fabricación de estructuras de composite avanzadas usando procesos de consolidación a alta temperatura (curado y pegado), y a mejoras en el utillaje para la fabricación de composite.

La anisotropía de las propiedades mecánicas de los materiales de composite reforzados con fibras permite una efectiva optimización del diseño de las estructuras fabricadas con ellos. No obstante, esta anisotropía lleva asociadas importantes limitaciones. Un caso particular es el del pegado a alta temperatura de elementos con coeficientes de dilatación muy diferentes, situación que puede favorecer la existencia de tensiones residuales y distorsiones de la forma inducidas térmicamente durante la fase de enfriamiento del ciclo térmico.

Este efecto puede reducirse, o incluso evitarse, en estructuras monolíticas con subcomponentes precurados. El invento consiste en un utillaje que agarra uno o más de estos subcomponentes precurados durante el ciclo térmico. Una correcta modulación del coeficiente de dilatación/módulo de Young de este utillaje permite un control efectivo de la dilatación diferencias de los subcomponentes de la estructura y, como consecuencia, de las tensiones residuales y de la distorsión inducidas.

Antecedentes del invento

Los materiales de composite avanzados se usan en la industria aeronáutica debido a sus propiedades mecánicas específicas óptimas, si se comparan con las de las partes metálicas equivalentes. Estas propiedades son consecuencia de las altas propiedades específicas de las fibras de refuerzo (de grafito en la mayoría de los casos) y de su direccionalidad; una combinación adecuada de capas con diferentes orientaciones de las fibras permite una alta optimización de las propiedades mecánicas del estratificado resultante.

Sin embargo, esta direccionalidad es extensiva al comportamiento termomecánico de los materiales de composite, puesto que las fibras de refuerzo y las resinas corrientemente usadas como matriz (de epoxi en la mayoría de los casos) tienen coeficientes de dilatación muy diferentes, circunstancia que favorece un coeficiente de dilatación muy anisotrópico, que es muy bajo, incluso negativo, en la dirección del refuerzo (de $-2 \cdot 10^{-6}$ a $3 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), y en el margen de $3 \cdot 10^{-5}$ a $6 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ en la dirección transversal. Esta anisotropía termomecánica complica la optimización de los estratificados planos (y obliga a usar secuencias de apilamiento de capas equilibradas y simétricas), de los estratificados curvados (este caso es especialmente sensible, y requiere usualmente una complicada adaptación del utillaje a la medida), y de las estructuras rigidizadas monolíticas.

En este último caso, una optimización estructural óptima de una parte fabricada de un avión requeriría el uso de muy diferentes secuencias de apilamiento para el revestimiento y la los rigidizadores (elementos para comunicar rigidez) de un avión, situación que inexorablemente conduce a estructuras sometidas a muy altas tensiones o distorsionadas. Una modificación de las secuencias de apilamiento puede reducir este efecto, pero a costa de una penalización en peso, no deseable.

Este efecto se puede predecir teóricamente, y se pueden reducir o corregir las distorsiones inducidas térmicamente con un diseño adecuado del utillaje (la forma del utillaje debe ser corregida a fin de compensar la deformación prevista de la pieza a ser fabricada). No obstante, este método es siempre costoso (en la mayoría de los casos complica la fabricación del utillaje), muy impreciso, ya que la deformación depende de muchas variables (por consiguiente con un alto riesgo de obtener piezas no utilizables), y no es flexible (una ligera modificación de la pieza hace que el utillaje no sea utilizable).

En el documento EP-A-1 136 236 se ha descrito un proceso para fabricar estructuras primarias de material de composite con utillaje hembra de curado. También, en el documento EP-A- 1 231 046 se describe un método para fabricar elementos de materiales de composite mediante la técnica de co-pegado.

El documento US-A-5242523 describe un proceso y un utillaje de acuerdo con el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 11, respectivamente.

Breve descripción del invento

A la vista de lo expuesto en lo que antecede, un objeto general de este invento es el de proporcionar un proceso y un utillaje que conduzcan a la reducción de las tensiones residuales y de las distorsiones de la forma inducidas térmicamente en estructuras de composite monolíticas durante la fase de enfriamiento del ciclo térmico. La pieza que aquí se considera que ha de ser fabricada es cualquiera compuesta de al menos dos subcomponentes (generalmente, un revestimiento y uno o varios rigidizadores, o bien una estructura rigidizadora compleja), uno al menos de los cuales es precurado, unidos entre sí por pegado a alta temperatura.

En una primera realización del invento, la parte de composite está compuesta de uno o varios subcomponentes no curados, y uno o varios subcomponentes precurados. El utillaje comprende un útil que apoya y moldea la forma de los subcomponentes no curados, y el utillaje de compensación de la dilatación, que agarra al subcomponente precurado durante el ciclo de curado.

En otra realización del invento, la parte de composite está compuesta de varios subcomponentes precurados. El utillaje comprende útiles para apoyar al subcomponente a ser unido por pegado, y el utillaje de compensación de la dilatación, que agarra al subcomponente precurado durante el ciclo de curado.

Específicamente, en un primer aspecto el invento proporciona un proceso para fabricar estructuras de composite monolíticas que comprenden subcomponentes precurados, o bien una combinación de capas de composite reforzadas con fibras preimpregnadas con resina no curada ("preimpregnaciones") y subcomponentes precurados, usando utillaje especial para modular la dilatación térmica de los subcomponentes precurados, que comprende los pasos de: proporcionar al menos un primer subcomponente de material de composite; proporcionar al menos un segundo subcomponente de material de composite; unir un utillaje de compensación de la dilatación al segundo subcomponente, siendo la superficie de dicho utillaje que hace contacto con el segundo subcomponente una superficie áspera, para favorecer que haya una fricción suficiente como para conseguir una dilatación común de ambos elementos cuando se sometan a un ciclo de calentamiento; colocar el segundo subcomponente a lo largo de dicho utillaje sobre el primer subcomponente, y unirlos por pegado a este último por medio de un adhesivo estructural no curado; cubrir el conjunto que comprende los subcomponentes primero y segundo y el utillaje con una bolsa de vacío; efectuar un ciclo en autoclave para curar el material curable contenido en dicho conjunto en condiciones de alta temperatura y alta presión; retirar dicho conjunto de la autoclave de curado; y retirar el utillaje de compensación de la dilatación para obtener una estructura de composite monolítica consistente en ambos subcomponentes pegados mediante el adhesivo estructural curado.

Los subcomponentes previstos pueden ser precurados. Alternativamente, el primer subcomponente puede ser precurado y el segundo subcomponente puede ser no curado, siendo curado este último durante el ciclo e autoclave.

Preferiblemente, el primer subcomponente puede ser un revestimiento de avión y el segundo subcomponente puede ser un revestimiento para el mismo.

De acuerdo con el invento, el utillaje de compensación de la dilatación usado puede consistir en vigas metálicas de forma de L o en vigas metálicas de forma de I, adaptadas a la configuración geométrica del segundo subcomponente.

Preferiblemente, la superficie áspera de dichas vigas puede ser una superficie mecanizada. Alternativamente, puede ser una superficie que tenga un aumentador de la fricción unido, seleccionado de entre el papel de lija y productos similares.

Se puede usar el invento sin límite, con cualquier clase de refuerzo (grafito, fibra de vidrio, etc.), y de matriz (termoendurecedora o termoplástica) que se use en la fabricación de materiales de composite, y sin limitaciones de presión ni de temperatura (en los márgenes de las presiones y las temperaturas recomendadas por los fabricantes de las materias primas).

En un segundo aspecto, el invento proporciona también un utillaje para llevar a cabo el anterior proceso, que comprende vigas metálicas que tienen una superficie áspera adaptada para ser aplicada a dicho segundo subcomponente.

Preferiblemente, dichas vigas pueden ser vigas de forma de L. Alternativamente, pueden ser vigas de forma de I.

Preferiblemente, la superficie áspera de dichas vigas puede ser una superficie mecanizada. Alternativamente, puede ser una superficie que tenga un aumentador de la fricción unido, seleccionado de entre el papel de lija y productos similares.

Breve descripción de los dibujos

Se comprenderá mejor este invento si se considera conjuntamente con los dibujos que se acompañan, en los que:

La Fig. 1 es una vista en perspectiva de una pieza de composite monolítica compuesta de un revestimiento y de una estructura rigidizadora, y un detalle de la pieza compuesta de una parte de revestimiento y una parte de un rigidizador, que se usará como muestra, para explicar los principios del funcionamiento del invento.

La Fig. 2 es una vista en alzado lateral y una vista en planta por arriba de la muestra de la Fig. 1 durante la fase de calentamiento del proceso de montaje a alta temperatura de acuerdo con la técnica anterior. Los coeficientes de dilatación del revestimiento y del rigidizador son diferentes y, puesto que todavía no han sido pegados, existe un movimiento relativo entre ambos elementos.

La Fig. 3 es la misma vista de la Fig. 2, pero durante la fase de enfriamiento del proceso de montaje a alta temperatura de acuerdo con la técnica anterior. Puesto que el revestimiento y el rigidizador han sido consolidados a alta temperatura, el momento relativo se ha convertido en un desplazamiento permanente entre ambos elementos. Además,

los diferentes grados de contracción del revestimiento y del rigidizador pueden dar por resultado una deformación fuera del plano del estratificado.

La Fig. 4 es una vista en perspectiva de la muestra de la Fig. 1, con una realización del utillaje del invento: en este caso, dos vigas metálicas en "L" adaptadas al rigidizador. La cara interna del utillaje, en contacto con el rigidizador, debe tener una superficie áspera para favorecer el agarre del utillaje con el rigidizador: una superficie mecanizada, o bien un papel de lija y productos similares pegado.

La Fig. 5 es la misma vista de la Fig. 4, con una segunda realización del utillaje del invento: en este caso, dos vigas metálicas en I adaptadas al rigidizador.

La Fig. 6 es la misma vista de la Fig. 4, durante la fase de calentamiento del proceso de montaje a alta temperatura, pero sin que se haya aplicado la presión de un a bolsa de vacío. El revestimiento, el rigidizador y el utillaje se dilatan con sus propios coeficientes de dilatación individuales.

La Fig. 7 es la misma vista de la Fig. 4, durante la fase de calentamiento del proceso de montaje a alta temperatura. Se han aplicado la presión de la bolsa de vacío y una autoclave, y el revestimiento, el rigidizador y el utillaje se dilatan con un coeficiente de dilatación común.

La Fig. 8 es una vista en alzado lateral de la Fig. 7, mostrando en detalle el comportamiento de cada elemento durante el calentamiento y la consolidación de la pieza a ser fabricada.

La Fig. 9 es la misma vista de la Fig. 8 durante la fase de enfriamiento del proceso de curado. En este caso, puesto que no hay contracción diferencial, no se produce deformación alguna fuera del plano.

Descripción detallada del invento

Considerando como ejemplo la pieza representada en la Fig. 1, se ha ilustrado una estructura compuesta de un revestimiento 1, que puede ser curado o no curado, y una estructura rigidizadora precurada 2. Con objeto de simplificar el problema, consideraremos una pequeña área de la estructura, consistente en una parte del revestimiento 3 y el correspondiente rigidizador 4.

La estructura será consolidada en un proceso de curado, en el cual se aplican ciclos de temperatura y de presión. En la Fig. 2 se han ilustrado una vista en alzado lateral y una vista en planta por arriba de la muestra de la Fig. 1, durante el proceso de montaje a alta temperatura de acuerdo con la técnica anterior. Si la secuencia de apilamiento del revestimiento 5 y el rigidizador 6 son diferentes, sus coeficientes de dilatación son también diferentes y, durante una parte inicial del ciclo, antes de la consolidación del revestimiento y el adhesivo, la cual tiene lugar a una temperatura más alta que la temperatura ambiente inicial, las evoluciones del revestimiento y del rigidizador son independientes.

Después de esa consolidación, y durante la fase de enfriamiento del proceso de la técnica anterior, ilustrado en la Fig. 3, debe de haber compatibilidad de desplazamientos/deformaciones entre el revestimiento 9 y el rigidizador 10, es decir, que la contracción 11 del revestimiento ($\Delta L_{\text{revestimiento}}$) y la contracción 12 del rigidizador ($\Delta L_{\text{rigidizador}}$) sean iguales, hecho que se refleja mediante la siguiente ecuación (1):

$$\Delta L_{\text{revestimiento}} = \Delta L_{\text{rigidizador}} = \Delta L \quad (1)$$

El incremento de la longitud tiene un componente mecánico y un componente térmico, es decir:

$$\Delta L = \Delta L_T + \Delta L_M$$

donde el componente térmico puede expresarse como una función lineal de la temperatura

$$\Delta L_T = \alpha \Delta T$$

y el componente mecánico puede expresarse como:

$$\Delta L = \varepsilon_M L_0$$

donde la deformación mecánica ε_M está relacionada con la tensión mecánica σ , y con la fuerza F aplicada, a través de la Ley de Young:

$$\varepsilon_M = \frac{\sigma}{E} = \frac{F}{AE}$$

ES 2 271 513 T3

En la Fig. 2 se han ilustrado los incrementos 7 y 8 de la longitud del revestimiento y del rigidizador, respectivamente, los cuales son por tanto:

$$\Delta L_{\text{revestimiento}} = (\Delta L_T)_{\text{revestimiento}} + (\Delta L_M)_{\text{revestimiento}}$$

$$\Delta L_{\text{rigidizador}} = (\Delta L_T)_{\text{rigidizador}} + (\Delta L_M)_{\text{rigidizador}}$$

donde

$$(\Delta L_T)_{\text{revestimiento}} = \alpha_{\text{revestimiento}} \Delta T$$

$$(\Delta L_T)_{\text{rigidizador}} = \alpha_{\text{rigidizador}} \Delta T$$

y

$$(\Delta L_M)_{\text{revestimiento}} = \frac{L_0}{A_{\text{revestimiento}} E_{\text{revestimiento}}} = F_{\text{rigidizador sobre el revestimiento}}$$

$$(\Delta L_M)_{\text{rigidizador}} = \frac{L_0}{A_{\text{rigidizador}} E_{\text{rigidizador}}} = F_{\text{revestimiento sobre el rigidizador}}$$

El conjunto de revestimiento + rigidizador no es un sistema aislado. Existe una interacción con el utillaje y los materiales auxiliares, típicamente la resultante de la presión de la bolsa de vacío y del utillaje (ambos equilibrados y responsables de mantener la configuración geométrica y la compacidad de la pieza), y las correspondientes fuerzas de fricción. No obstante, y con el fin de simplificar, en este caso no será considerada la fricción.

Entonces, y durante el enfriamiento de la pieza, las fuerzas aplicadas por el revestimiento 9 sobre el rigidizador 10 estarán equilibradas, es decir que:

$$F_{\text{rigidizador sobre revestimiento}} + F_{\text{revestimiento sobre rigidizador}} = 0 \quad (2)$$

De las ecuaciones (1) y (2) puede expresarse ΔL en función de ΔT :

$$\Delta L = \frac{A_{\text{revestimiento}} E_{\text{revestimiento}} \alpha_{\text{revestimiento}} + A_{\text{rigidizador}} E_{\text{rigidizador}} \alpha_{\text{rigidizador}}}{A_{\text{revestimiento}} E_{\text{revestimiento}} + A_{\text{rigidizador}} E_{\text{rigidizador}}} \Delta T$$

y por consiguiente las tensiones residuales internas almacenadas en el revestimiento y el rigidizador durante el proceso de enfriamiento son:

$$\sigma_{\text{revestimiento}} = E_{\text{revestimiento}} \frac{\Delta L}{L_0} = E_{\text{revestimiento}} \frac{A_{\text{revestimiento}} E_{\text{revestimiento}} \alpha_{\text{revestimiento}} + A_{\text{rigidizador}} E_{\text{rigidizador}} \alpha_{\text{rigidizador}}}{A_{\text{revestimiento}} E_{\text{revestimiento}} + A_{\text{rigidizador}} E_{\text{rigidizador}}} \frac{E_{\text{revestimiento}}}{L_0} \Delta T$$

$$\sigma_{\text{rigidizador}} = E_{\text{rigidizador}} \frac{\Delta L}{L_0} = E_{\text{rigidizador}} \frac{A_{\text{revestimiento}} E_{\text{revestimiento}} \alpha_{\text{revestimiento}} + A_{\text{rigidizador}} E_{\text{rigidizador}} \alpha_{\text{rigidizador}}}{A_{\text{revestimiento}} E_{\text{revestimiento}} + A_{\text{rigidizador}} E_{\text{rigidizador}}} \frac{E_{\text{rigidizador}}}{L_0} \Delta T$$

Cuando la pieza está todavía en el molde, la presión de la bolsa de vacío mantiene a la pieza contra el utillaje. No obstante, cuando se libera la pieza, la asimetría de las tensiones favorece una distorsión de la pieza 13.

En la Fig. 4 se ha ilustrado una simple representación de una realización del utillaje de compensación de la dilatación, en este caso dos vigas 14 en "L" adaptadas a la configuración geométrica del rigidizador 15. La preparación de la bolsa de vacío sería la misma que la normal, excepto en que el rigidizador incorpora el mencionado utillaje.

El utillaje tiene que estar firmemente fijado al rigidizador 17, de modo que se ha de incorporar un mecanismo para fijar ambos elementos, por ejemplo, mediante pasadores, pernos, etc. En una realización del invento, la superficie del utillaje en contacto con el rigidizador se mecaniza para obtener una superficie áspera 16 que, en combinación con la presión de la bolsa de vacío y la autoclave, favorece una fricción suficiente como para obtener una dilatación común de ambos elementos.

En otra realización del invento, un elemento externo, con una superficie áspera, está unido al rigidizador para obtener el mismo efecto (un papel de lija y productos similares pegado a alta temperatura, por ejemplo).

ES 2 271 513 T3

En la Fig. 5 se ha ilustrado una segunda realización del utillaje de compensación de la dilatación. En este caso, dos vigas 18 en "I" (también con su superficie interna mecanizada o provista de un aumentador de la fricción unido 20) adaptadas al alma del rigidizador 19.

En la Fig. 6 se ha ilustrado el efecto sobre el revestimiento, el rigidizador y el utillaje si se aplicase calentamiento sin la presión de la bolsa de vacío. El revestimiento, el rigidizador y el utillaje se dilatan con sus propios coeficientes de dilatación individuales.

Aplicando al par rigidizador + utillaje de compensación de la dilatación, agarrado mediante el efecto de la fricción, las mismas ecuaciones que se pueden aplicar para el revestimiento y el rigidizador, el incremento de longitud común viene dado por (Fig. 7 y Fig. 8):

$$\Delta L = \frac{A_{\text{utillaje}} E_{\text{utillaje}} \alpha_{\text{utillaje}} + A_{\text{rigidizador}} E_{\text{rigidizador}} \alpha_{\text{rigidizador}}}{A_{\text{utillaje}} E_{\text{utillaje}} + A_{\text{rigidizador}} E_{\text{rigidizador}}} \Delta T$$

Haciendo que sean iguales este incremento de la longitud y el incremento térmico de la longitud del revestimiento, es posible obtener la rigidez del utillaje requerido para compensar la dilatación térmica del revestimiento y la dilatación térmica del rigidizador:

$$\frac{A_{\text{utillaje}} E_{\text{utillaje}} \alpha_{\text{utillaje}} + A_{\text{rigidizador}} E_{\text{rigidizador}} \alpha_{\text{rigidizador}}}{A_{\text{utillaje}} E_{\text{utillaje}} + A_{\text{rigidizador}} E_{\text{rigidizador}}} \Delta T = \alpha_{\text{revestimiento}} \Delta T$$

El resultado viene dado por la expresión (3)

$$A_{\text{utillaje}} E_{\text{utillaje}} = \left[\frac{\alpha_{\text{revestimiento}} - \alpha_{\text{rigidizador}}}{\alpha_{\text{utillaje}} - \alpha_{\text{revestimiento}}} \right] A_{\text{rigidizador}} E_{\text{rigidizador}} \quad (3)$$

En la Fig. 9 se ha ilustrado el comportamiento de los elementos: revestimiento, rigidizador y utillaje de compensación de la dilatación durante la fase de enfriamiento del proceso de curado, en la cual no tiene lugar deformación alguna fuera del plano, debido a la ausencia de contracción diferencial.

REIVINDICACIONES

1. Proceso para fabricar estructuras de composite monolíticas que comprenden subcomponentes precurados, o bien una combinación de capas de composite reforzadas con fibras preimpregnadas de resina no curada o “preimpregnaciones” y subcomponentes precurados, usando un utillaje especial para modular la dilatación térmica de los subcomponentes precurados, **caracterizado** por los pasos de:

- a) proporcionar al menos un primer subcomponente (1) de material de composite;
- b) proporcionar al menos un segundo subcomponente (2) de material de composite;
- c) montar los citados primer y segundo subcomponentes y unir un utillaje de compensación de la dilatación (14, 18) al segundo subcomponente;
- d) cubrir el conjunto que comprende los subcomponentes primero y segundo y el utillaje con una bolsa de vacío;
- e) efectuar un ciclo en autoclave para curar el material curable contenido en dicho conjunto, bajo condiciones de alta temperatura y presión;
- f) retirar dicho conjunto de la autoclave de curado; y
- g) retirar el utillaje para obtener una estructura de composite monolítica consistente en ambos subcomponentes pegados por el adhesivo estructural curado

caracterizado porque el paso c) comprende los pasos de:

- c1) colocar el segundo subcomponente a lo largo de dicho utillaje sobre el primer subcomponente, insertando entre el primer y el segundo subcomponente una capa de adhesivo estructural no curado, estando al mismo tiempo el utillaje asegurado al primer subcomponente;
- c2) unir un utillaje de compensación de la dilatación (14, 18) al segundo subcomponente, siendo la superficie de dicho utillaje que hace contacto con el segundo subcomponente una superficie áspera (16, 20), para favorecer que haya una fricción suficiente como para conseguir una dilatación común del utillaje y del segundo subcomponente cuando se someten a un ciclo de calentamiento.

2. Proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, **caracterizado** porque los subcomponentes (1 y 2) son precurados.

3. Proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, **caracterizado** porque el primer subcomponente (1) es precurado y el segundo subcomponente (2) es no curado, siendo este último curado durante el ciclo en autoclave.

4. Proceso de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque el primer subcomponente (1) es un revestimiento de avión y el segundo subcomponente es un rigidizador para el mismo.

5. Proceso de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque el utillaje de compensación de la dilatación consiste en vigas metálicas de forma de L (14), adaptadas a la configuración geométrica del segundo subcomponente (2).

6. Proceso de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque el utillaje de compensación de la dilatación consiste en vigas metálicas de forma de I (18) adaptadas a la configuración geométrica del segundo subcomponente (2).

7. Proceso de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 5 y 6, **caracterizado** porque la superficie áspera (16, 20) de las vigas (14, 18) es una superficie mecanizada.

8. Proceso de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 5 y 6, **caracterizado** porque la superficie áspera (16, 20) de las vigas (14, 18) es una superficie que tiene un aumentador de la fricción unido, seleccionado de entre el papel de lija y productos similares.

9. Proceso de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque el refuerzo tal como grafito, fibra de vidrio, etc. y la matriz termoendurecedora o termoplástica se seleccionan, sin límite, de entre los usados en la fabricación de materiales de composite.

10. Proceso de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** porque la presión y la temperatura usadas se seleccionan, sin límites, dentro de los márgenes de presiones y de temperaturas recomendados por los fabricantes de las materias primas.

ES 2 271 513 T3

11. Utillaje empleado en la fabricación de estructuras de composite monolíticas por medio del montaje de al menos un primer y un segundo subcomponentes precurados de material composite, o de un primer subcomponente precurado y un segundo subcomponente no curado de material composite, estando el utillaje adaptado para unirse al segundo subcomponente y **caracterizado** porque comprende vigas de metal (14, 18) con una superficie áspera (16, 20) para
5 favorecer, con la ayuda de una bolsa de vacío, que haya una fricción suficiente como para conseguir una dilatación común del utillaje y del segundo subcomponente cuando se someten a un ciclo de calentamiento.

12. Utillaje de acuerdo con la Reivindicación 11, **caracterizado** porque las vigas (14) son vigas de forma de L.

10 13. Utillaje de acuerdo con la Reivindicación 11, **caracterizado** porque las vigas (18) son vigas de forma de I.

14. Utillaje de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 11 a 13, **caracterizado** porque la superficie áspera (16, 20) de las vigas (14, 18) es una superficie mecanizada.

15 15. Utillaje de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 11 a 13, **caracterizado** porque la superficie áspera (16, 20) de las vigas (14, 18) es una superficie que tiene un aumentador de la fricción unido, seleccionado de entre el papel de lija y productos similares.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

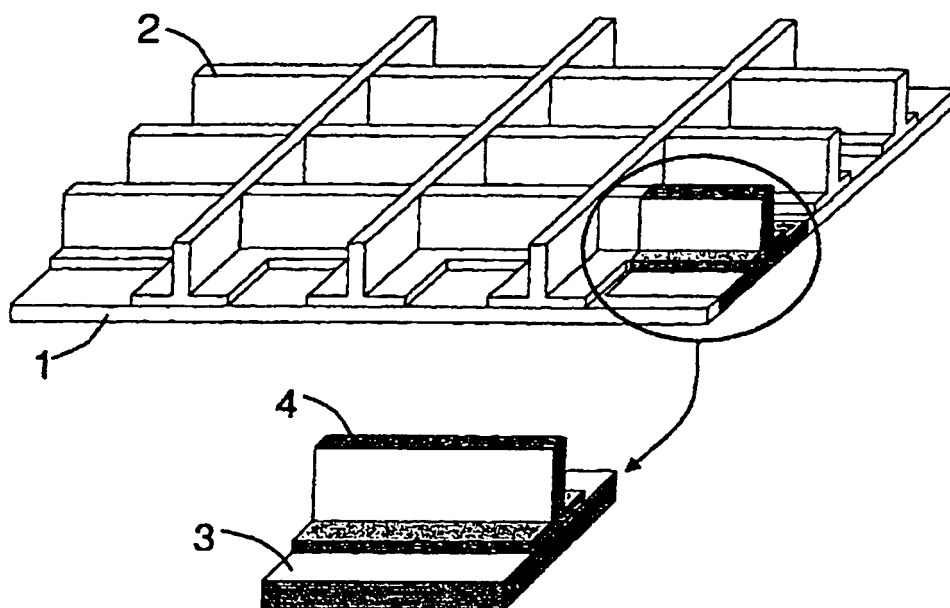


FIG. 1

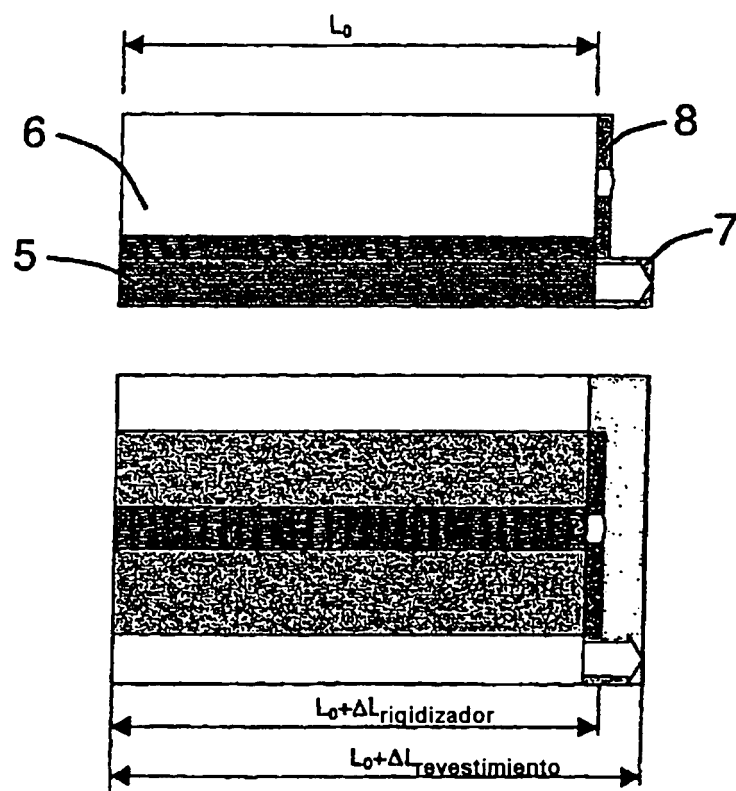


FIG. 2

TÉCNICA ANTERIOR

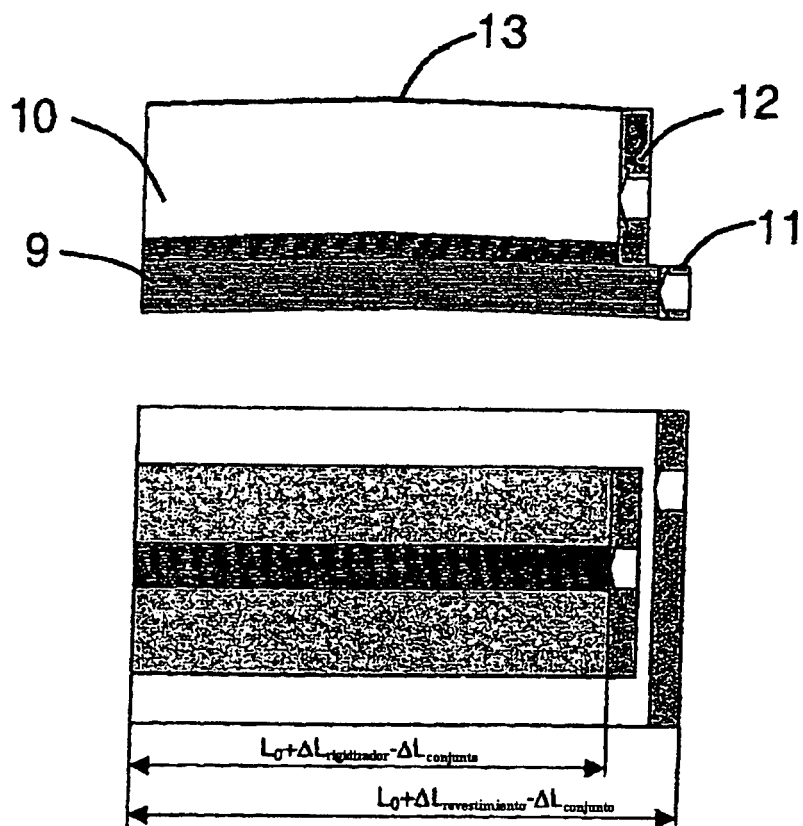


FIG. 3

TÉCNICA ANTERIOR

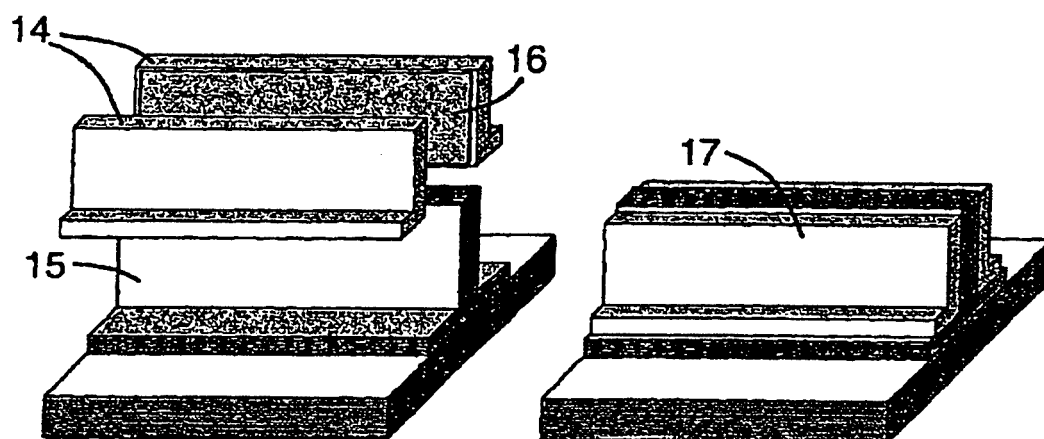


FIG. 4

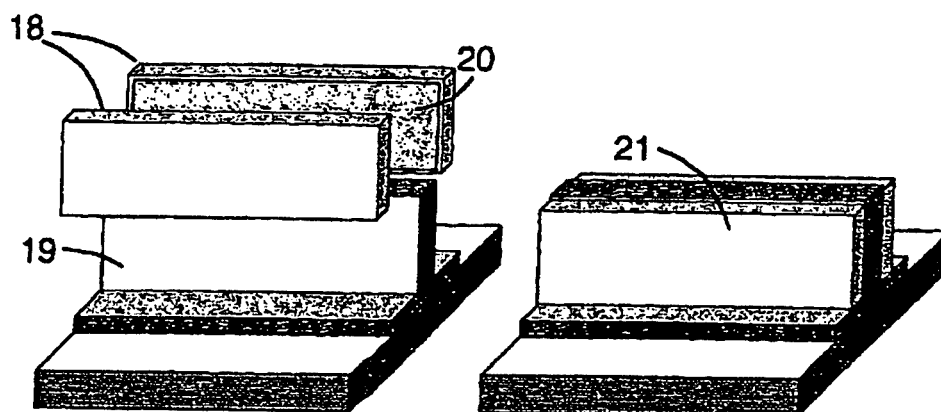


FIG. 5

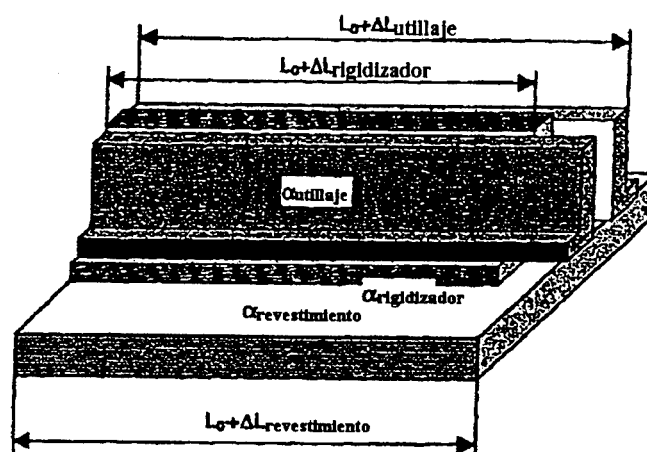


FIG. 6

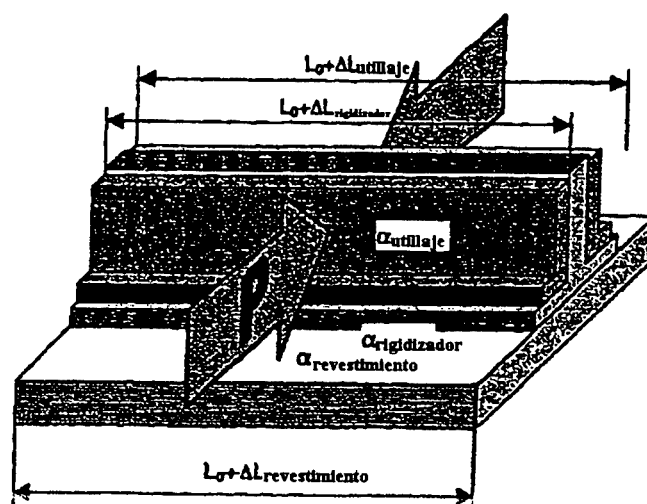


FIG. 7

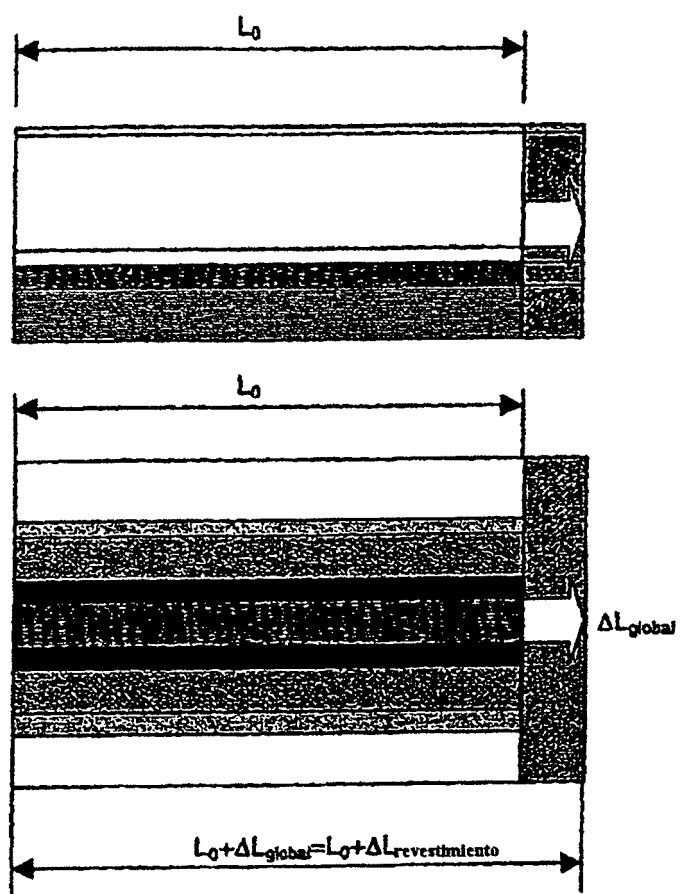


FIG. 8

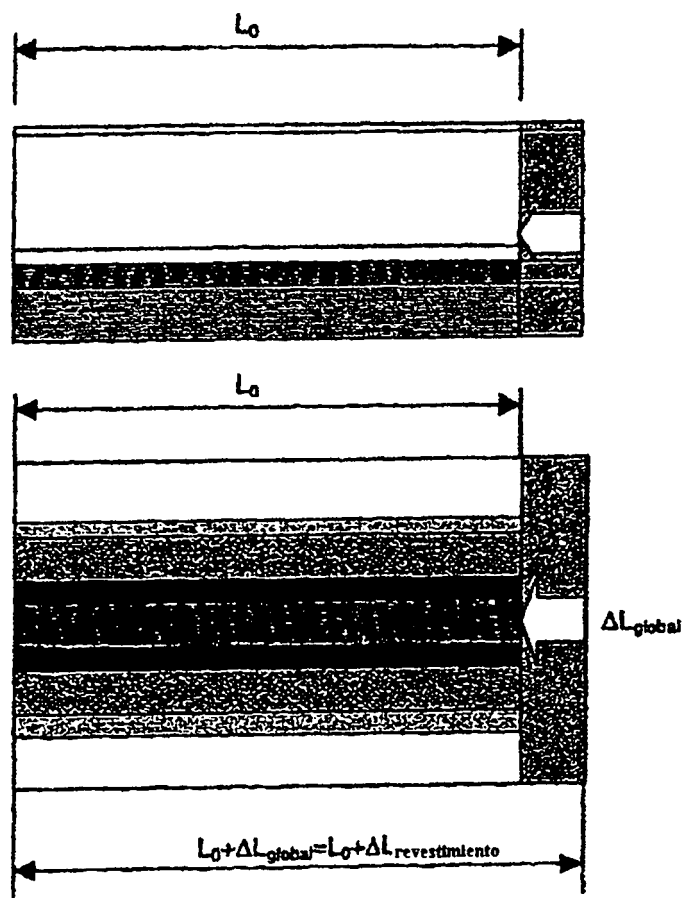


FIG. 9