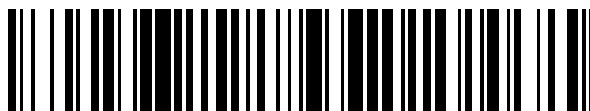


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 959**

51 Int. Cl.:

B29C 70/44

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.07.2006 PCT/ES2006/070123**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.01.2008 WO08012378**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.07.2006 E 06778476 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2018 EP 2055464**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de piezas de materiales compuestos con dos ciclos de curado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.05.2019

73 Titular/es:

**AIRBUS OPERATIONS S.L. (100.0%)
Avda. John Lennon, s/n
28906 Getafe (Madrid), ES**

72 Inventor/es:

**SANTORO ALVAREZ, BEGOÑA;
SÁNCHEZ GÓMEZ, JOSÉ y
CUENCA RINCÓN, JOSÉ**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 711 959 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 para la fabricación de piezas de materiales compuestos con dos ciclos de curado

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de piezas de materiales compuestas con dos ciclos de curado y, más en particular, piezas destinadas a estructuras aeronáuticas.

5 Antecedentes de la invención

Para la fabricación de muchas piezas de materiales compuestos hechos con resinas poliméricas y refuerzos fibrosos destinadas a estructuras aeronáuticas son conocidos procedimientos en los que al menos uno de los subcomponentes de la pieza se somete a un primer ciclo de curado en autoclave y el conjunto de la pieza, con todos sus subcomponentes debidamente ensamblados, se somete a un segundo ciclo de curado en autoclave.

- 10 A su vez, es bien conocida en la industria aeronáutica la problemática planteada por la exotermicidad de la reacción química que tiene lugar durante la polimerización de la resina durante el curado en autoclave: el calor producido por la reacción se suma al calor del autoclave y puede causar un sobrecalentamiento indeseable de la pieza sometida al ciclo de curado. Para afrontar esa problemática son conocidas técnicas como el incremento lento ó en etapas de la temperatura del autoclave o técnicas de optimización como las descritas en la patente US 5,345,397 en las que
- 15 se recalcula periódicamente la temperatura óptima del autoclave en función de la temperatura de la pieza, disponiendo al efecto de instrumentos de medidas de las variables controladas.

El documento EP 1231046 A2 describe un procedimiento para la fabricación de una pieza de material compuesto hecha con una resina polimérica y refuerzo de fibra a partir de al menos dos subcomponentes.

- Ahora bien, no se conocen técnicas eficaces para disminuir el efecto de la reacción exotérmica en la fabricación de
- 20 piezas con distintos subcomponentes y en particular técnicas que disminuyan el coste de fabricación.

La presente invención está orientada a la solución de ese inconveniente.

Sumario de la invención

- La presente invención propone un procedimiento para fabricar una pieza de un material compuesto hecho con una resina polimérica y un refuerzo fibroso a partir de, al menos, dos subcomponentes que comprende las siguientes
- 25 etapas:

- Proporcionar el primer subcomponente curado parcialmente en un ciclo de curado en autoclave a una temperatura máxima T1 del primer subcomponente durante el ciclo de curado, comprendida entre la temperatura TG de gelificación de la resina y la temperatura de curado de la resina TC, aplicada durante un tiempo predeterminado TP1 de manera que se libere la componente exotérmica del primer subcomponente en un grado
- 30 superior al 50%.

- Proporcionar el segundo subcomponente.

- Ensamblar los dos subcomponentes y proceder a su unión en un ciclo de curado en autoclave a una temperatura máxima T2 comprendida entre el 90% y el 100% de la temperatura TC de curado de la resina, aplicada durante un tiempo predeterminado TP2.

- 5 Una ventaja del procedimiento objeto de la presente invención es que se reduce el tiempo del primer ciclo de curado con el consiguiente ahorro de costes de fabricación.

Otra ventaja del procedimiento objeto de la presente invención es que se consigue liberar parte de la exotermicidad de la resina en el primer ciclo de curado, quedando una componente exotérmica menor que se pueda liberar en el segundo ciclo de curado, sin ocasionar elevación de temperatura excesiva durante el proceso.

- 10 Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la descripción detallada que sigue de una realización ilustrativa de su objeto en relación con las figuras que le acompañan.

Descripción de las figuras

La Figura 1 muestra dos subcomponentes de una pieza fabricada según el procedimiento objeto de la presente invención.

- 15 La Figura 2 muestra esquemáticamente los subcomponentes de la pieza ensamblados y preparados para ser sometidos al segundo ciclo de curado.

La Figura 3 muestra un diagrama de un ciclo convencional de curado.

La Figura 4 muestra un diagrama del primer ciclo de curado siguiendo el procedimiento de la presente invención.

La Figura 5 muestra un diagrama del segundo ciclo de curado siguiendo el procedimiento de la presente invención.

- 20 La Figura 6 muestra conjuntamente los diagramas de un primer ciclo de curado siguiendo el procedimiento objeto de la presente invención y un procedimiento convencional referidos a un ejemplo de realización de la invención.

La Figura 7 muestra la entalpía total y la entalpía residual después del primer ciclo de curado.

La Figura 8 muestra la gelificación de la resina en el primer ciclo de curado.

Descripción detallada de la invención

ES 2 711 959 T3

El procedimiento convencional para fabricar una pieza de material compuesto tal como un revestimiento del estabilizador horizontal (HTP) del Airbus 380 formado por una piel 11 rigidizada por larguerillos en T 13 comprende las siguientes etapas:

x) Proporcionar la piel 11 en estado curado.

5 y) Proporcionar los larguerillos 13 sin curar.

z) Co-encolar el conjunto piel + larguerillos.

La etapa x) comprende a su vez los siguientes pasos básicos:

- Laminar el material compuesto, en forma de prepeg, sobre un útil con la forma de la piel 11.

- Colocar una bolsa de vacío sobre el laminado.

10 - Someter el conjunto a un ciclo de curado en autoclave a una presión de 9.3 bar (135 psi) y a una temperatura de 185°C durante 2 horas.

La etapa y) comprende a su vez los siguientes pasos básicos:

- Laminar el material compuesto, en forma de prepeg, sobre un útil apropiado.

- Conformar los larguerillos en forma de T 13 en un ciclo de conformado en caliente en un útil apropiado.

15 La etapa z) comprende a su vez los siguientes pasos básicos:

- Ensamblar los larguerillos 13 con la piel 11. Este paso puede llevarse a cabo de distintas maneras y con distinto tipo de utillaje. Por ejemplo, una manera de hacerlo consiste en disponer en primer lugar los larguerillos 13 en un útil de curado con la cabeza hacia arriba, colocar en segundo lugar la piel 11 sobre ellos y, en tercer lugar, voltear el útil para situar el conjunto con la piel 11 en la posición inferior. El ensamblaje puede incluir la utilización de adhesivos 15 entre los componentes.

- Colocar una bolsa de vacío sobre el conjunto.

20 - Someter el conjunto a un ciclo de curado en autoclave a una presión de 9.3 bar (135 psi) y a una temperatura de 185°C durante 2 horas.

En el procedimiento convencional, tanto en el ciclo de curado de la etapa x) como en el de la etapa z), la temperatura que se alcanza son 185°C durante 2 horas y la presión de autoclave son 9.3 bar (135 psi). La piel se somete pues a dos ciclos de curado.

5 Todos los sistemas de resinas termoestables desarrollan una reacción exotérmica durante su polimerización con aumento de temperatura. Esta reacción es tanto mayor cuanto mayor es la masa por unidad de superficie de resina que se calienta y por tanto cuando mayor es el espesor del material. A partir de un determinado espesor (diferente para cada tipo de resina), la reacción exotérmica de la resina comienza a tener efectos visibles sobre el ciclo de curado de la resina. Al llegar a la temperatura de estabilización y cortar el suministro de calor del autoclave, la reacción exotérmica provoca un aumento de temperatura A y consiguientemente la resina continúa calentándose
10 (ver Fig. 3). Este sobrecalentamiento es perjudicial para el material que se está fabricando, dado que a partir de un determinado valor, el incremento de temperatura provoca un incremento de la fragilidad del material. Por otro lado, este sobrecalentamiento podría llegar a producir un incendio o una reacción incontrolada.

Una de las posibles formas para controlar este efecto de exotermicidad es reducir la velocidad de calentamiento. Sin embargo, la reducción de la velocidad de calentamiento lleva a procesos muy largos y por tanto caros de
15 fabricación.

Según la presente invención, el procedimiento para fabricar la misma pieza mencionada anteriormente es decir un revestimiento del estabilizador horizontal (HTP) del Airbus 380 formado por una piel 11 rigidizada por larguerillos en T 13 comprende las siguientes etapas:

- a) Proporcionar la piel 11 curada parcialmente.
- 20 b) Proporcionar los larguerillos 13.
- c) Co-encolar el conjunto piel + larguerillos.

Como bien entenderá el experto en la materia en esas etapas se utilizan pasos similares a los del procedimiento convencional que omitimos en aras de la simplificación. Las diferencias básicas del procedimiento según la invención y el convencional son las siguientes.

25 En la etapa a) el ciclo de curado de la piel 11 se desarrolla hasta una determinada temperatura T1 de manera que, a velocidades normales de calentamiento, se alcance, por un lado, un grado parcial de curado que permita que la piel 11 esté suficientemente rígida como para que no se modifique su geometría cuando se monten sobre ella los larguerillos 13 y, por otro lado, se libere parte de la componente exotérmica de la resina, sin alcanzar la temperatura de curado TC de la resina, de manera que durante el ciclo de curado de la etapa c) la componente exotérmica de la
30 piel 11 sea tan pequeña que no se produzca ningún sobrecalentamiento visible de la misma.

Así pues, la temperatura de la pieza durante el primer ciclo de curado debe ser, por un lado, mayor que la temperatura de gelificación de la resina TG y, por otro lado, menor que la temperatura de curado de la resina TC para que se libere a una velocidad normal de calentamiento, por ejemplo 0,8°C/min, una parte suficiente de la

componente exotérmica como para que durante el ciclo de curado de la etapa c) la componente exotérmica de la piel 11 sea tan pequeña que no se produzca ningún sobrecalentamiento visible sobre la pieza. Esta etapa se ilustra en la Fig. 4 en la que se observa que se lleva a cabo un ciclo de curado a una temperatura máxima de 140°C, en el que la pieza alcanza una temperatura máxima $T_1 = 140^\circ + A_1$, que, por un lado, no alcanza los 180°C, que es la temperatura de curado de la resina utilizada y que, por otro lado, es suficiente para que la resina gelifique.

Se estima que en el primer ciclo se debe liberar el componente exotérmico de la piel 11 en un grado superior al 50% y, preferentemente, al 65%.

En la etapa c) los larguerillos 13, que pueden estar en estado fresco o precurado, se montan sobre la piel 11. Si están frescos, se utilizan al efecto unos útiles consistentes en unos angulares metálicos 25 y unas placas 27. Como ya hemos dicho, la piel 11 debe estar suficientemente rígida como para que dichos angulares metálicos 25 y placas 27 no dejen marcas sobre ella. Se coloca la bolsa de vacío 29 y tras ello se lleva a cabo un ciclo de curado hasta que el grado de curado de la piel 11 y los larguerillos 13 sea superior al 90%.

Según se ilustra en la Fig. 5 el ciclo de curado puede llevarse a cabo a una temperatura máxima próxima a la de curado de la resina utilizada, es decir 180°C, ya que la componente exotérmica de la resina de la piel 11, manifestada en el segmento 31 del ciclo de curado, es tan pequeña que el sobrecalentamiento de la pieza por efecto de la exotermicidad es inapreciable.

Ejemplo

Seguidamente vamos a exponer los resultados obtenidos en un ejemplo concreto de realización de la invención utilizando como primer subcomponente un panel de 300 x 300 mm de superficie y 50 mm de espesor con material de fibra de carbono impregnado con resina epoxi de designación Toray 3911-T800 y como segundo subcomponente un panel de 50 x 50 mm de superficie y 3 mm de espesor y en un ejemplo paralelo siguiendo el procedimiento convencional y utilizando los mismos subcomponentes.

Se entiende que esos subcomponentes simulan aceptablemente la piel y un larguerillo del revestimiento de un estabilizador ó un ala de un avión.

En la primera etapa del procedimiento se cura parcialmente el primer subcomponente siguiendo el ciclo de curado representado en la parte inferior de la Figura 6 en el que se va incrementando la temperatura a una velocidad de 0.8°C/min hasta llegar a 140°C, manteniéndose esa temperatura durante 3 horas.

Según las medidas obtenidas mediante termopares colocados tanto en el centro como en los extremos del panel la reacción exotérmica produce un aumento de la temperatura A2 hasta 164°C, temperatura inferior a 180°C que es la temperatura de curado del material. Por su parte, se analizó el grado de curado del primer subcomponente obteniéndose un valor del 75%.

Aplicando un ciclo de curado según el procedimiento convencional a una temperatura máxima de 180°C, representado en la parte superior de la Figura 6, la reacción exotérmica produce un aumento de la temperatura A3 hasta 210°C y el grado de curado resultante es del 96%.

5 En la tercera etapa, el ciclo de curado se realiza de manera convencional en ambos casos: se incrementa la temperatura a una velocidad de 0.8°C/min hasta llegar a 180°C, manteniéndose esa temperatura durante 2 horas.

En ninguno de ellos hubo sobrecalentamiento por exotermicidad.

El grado de curado de la pieza final fue alrededor del 95% utilizando, tanto el procedimiento convencional, como utilizando el procedimiento según la presente invención.

10 La selección de los parámetros de temperatura, tiempo y velocidad de calentamiento del primer ciclo de curado se basó en los resultados de calorimetría diferencial de barrido (DSC) y reometría, realizados sobre el material preimpregnado. En la Figura 7 se muestra la entalpía residual 35 de la muestra del material preimpregnado en comparación con la entalpía total 37 de referencia, ilustrando la considerable disminución de la entalpía residual de la resina (y por tanto evitando los potenciales problemas de exotermicidad), y en la Figura 8 se muestra el proceso de gelificación 39 de la resina sometida al ciclo 41 de 140°C / 3 horas con velocidad de calentamiento de 0.8°C/min
15 en el que puede apreciarse que la gelificación de la resina 43 tiene lugar 40 minutos después de iniciarse la etapa isoterma a 140°C.

El procedimiento objeto de la presente invención no solo es aplicable a la fabricación del revestimiento del HTP de una aeronave a partir de una piel precurada y una pluralidad de larguerillos en estado fresco sino a cualquier procedimiento de fabricación de piezas de material compuesto a partir de dos subcomponentes en el que se lleve a
20 cabo un curado parcial de uno de los subcomponentes en la primera etapa. El segundo subcomponente puede proporcionarse fresco o curado de manera que en la segunda etapa se proceda a un co-encolado si el segundo subcomponente se proporciona en estado fresco o a un encolado secundario si el segundo subcomponente se proporciona en estado precurado.

En particular se contempla la aplicación del procedimiento de la presente invención para la fabricación de piezas
25 con los siguientes subcomponentes:

- Piel precurada y Larguerillos en fresco.
- Piel precurada y Larguerillos precurados.
- Piel en estado fresco y Larguerillos precurados.

Los larguerillos pueden tener sección en forma de T, Ω , U ó cualquier otra que resulte apropiada.

Se considera que la solución propuesta al problema de exotermicidad se manifiesta especialmente ventajosa en la fabricación de piezas en las que el primer subcomponente tiene zonas con un espesor mayor de 25 mm.

En la realización preferente que acabamos de describir pueden introducirse aquellas modificaciones comprendidas dentro del alcance definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar una pieza de un material compuesto hecho con una resina polimérica y un refuerzo fibroso a partir de, al menos, dos subcomponentes, caracterizado porque comprende las siguientes etapas:

5 a) Proporcionar el primer subcomponente (11) curado parcialmente en un ciclo de curado en autoclave a una temperatura máxima T1 del primer subcomponente durante el ciclo de curado, comprendida entre la temperatura TG de gelificación de la resina y la temperatura TC de curado de la resina, aplicada durante un tiempo predeterminado TP1 de manera que se libere la componente exotérmica del primer subcomponente en un grado superior al 50%;

b) Proporcionar el segundo subcomponente (13);

10 c) Ensamblar los dos subcomponentes (11, 13) y proceder a su unión en un ciclo de curado en autoclave a una temperatura máxima T2 comprendida entre el 90% y el 100% de la temperatura TC de curado de la resina, aplicada durante un tiempo predeterminado TP2.

2. Procedimiento para fabricar una pieza de material compuesto según la reivindicación 1, caracterizado por en la primera etapa se libera la componente exotérmica del primer subcomponente en un grado superior al 65%.

15 3. Procedimiento para fabricar una pieza de material compuesto según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, caracterizado porque el primer subcomponente tiene al menos una zona con un espesor mayor de 25 mm.

4. Procedimiento para fabricar una pieza de material compuesto según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, caracterizado porque en la etapa a) el primer subcomponente se cura en un grado comprendido entre el 50% y el 90%.

20 5. Procedimiento para fabricar una pieza de material compuesto según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, caracterizado porque en la etapa c) el primer subcomponente y el segundo subcomponente se curan en un grado superior al 90%.

25 6. Procedimiento para fabricar una pieza de material compuesto según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, caracterizado porque la pieza a fabricar es un revestimiento de un estabilizador horizontal de un avión, el primer subcomponente es la piel y el segundo subcomponente es una pluralidad de larguerillos proporcionados en estado fresco.

30 7. Procedimiento para fabricar una pieza de material compuesto según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, caracterizado porque la pieza a fabricar es un revestimiento de un estabilizador horizontal de un avión, el primer subcomponente es la piel y el segundo subcomponente es una pluralidad de larguerillos proporcionados en estado precurado.

8. Procedimiento para fabricar una pieza de material compuesto según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, caracterizado porque la pieza a fabricar es un revestimiento de un estabilizador horizontal de un avión, el primer subcomponente es una pluralidad de larguerillos y el segundo subcomponente es la piel proporcionada en estado fresco.

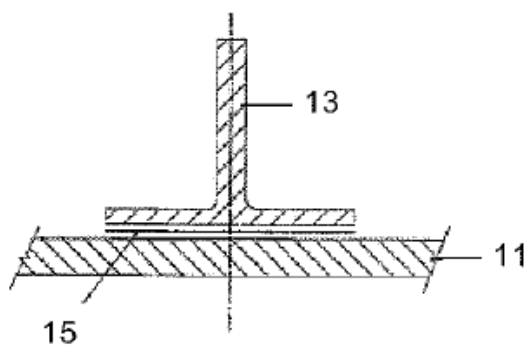


FIG. 1

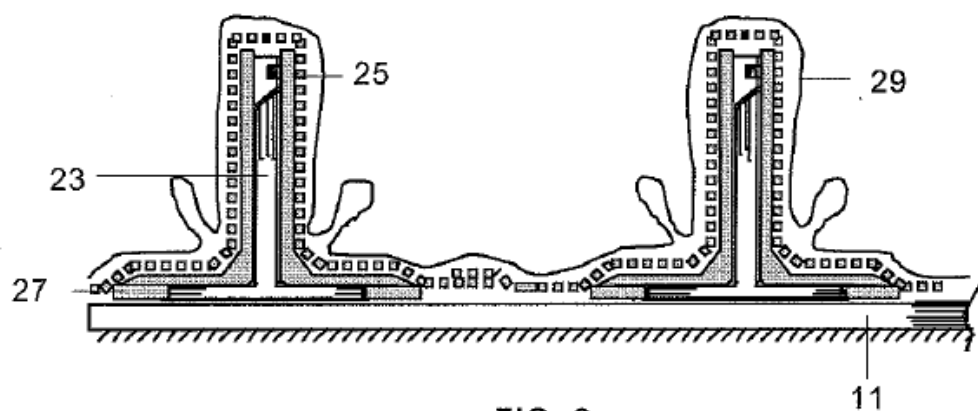


FIG. 2

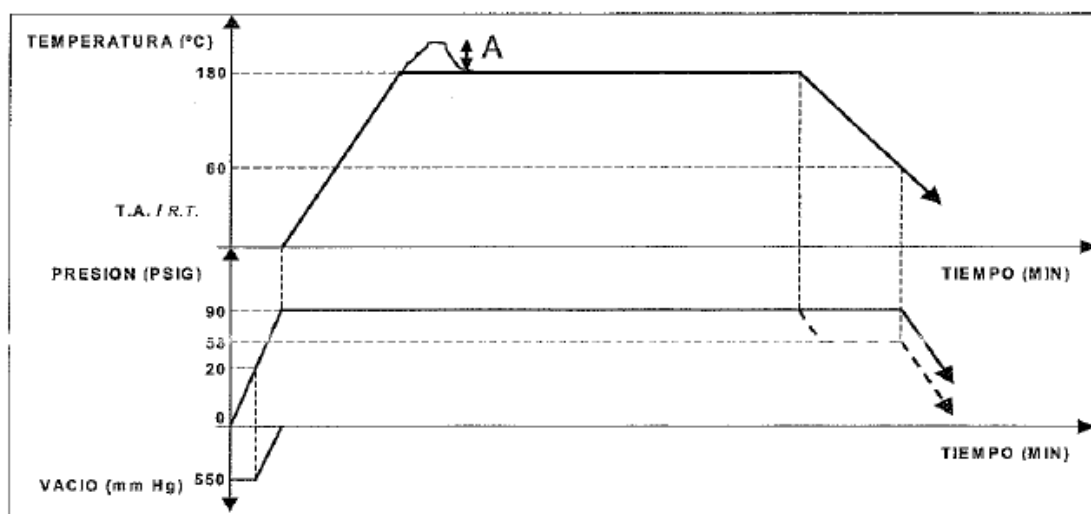
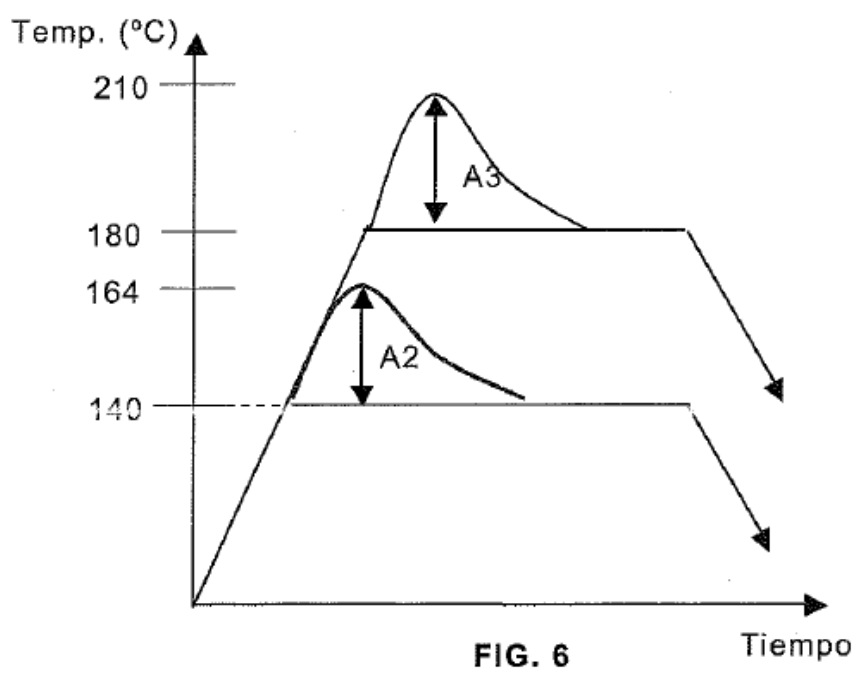
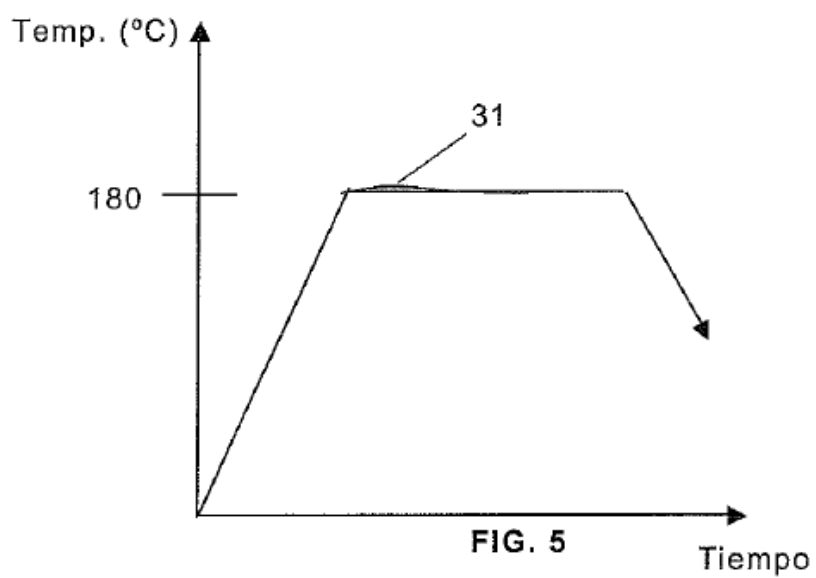
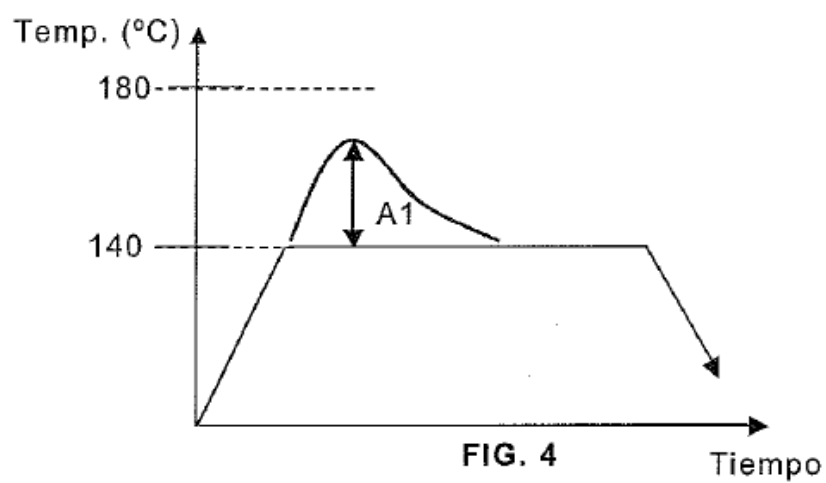


FIG. 3



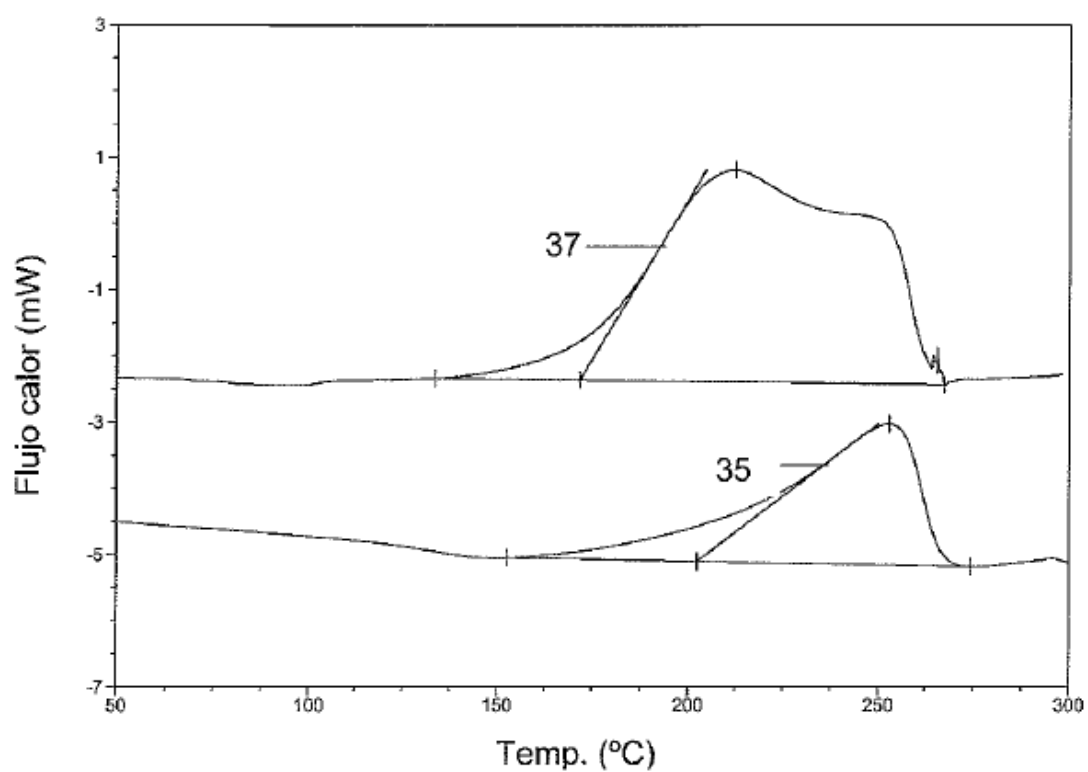


FIG. 7

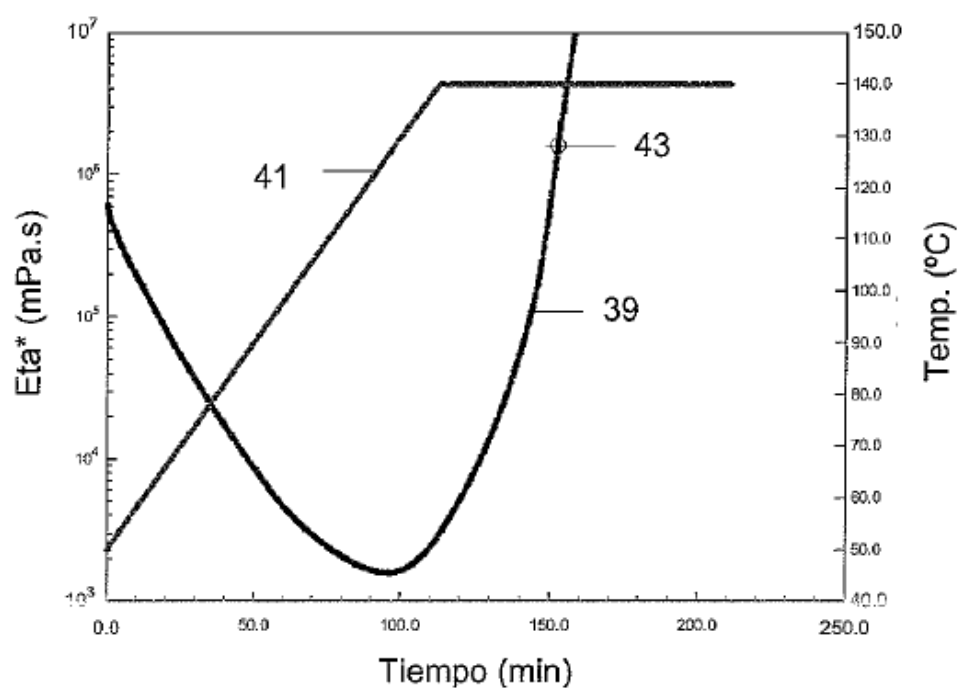


FIG. 8