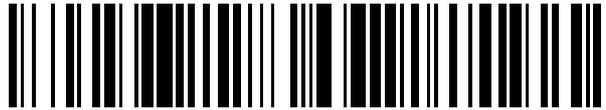


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 766 928**

21 Número de solicitud: 201831216

51 Int. Cl.:

B29C 35/02 (2006.01)

B29C 70/88 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

14.12.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

15.06.2020

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDADE DA CORUÑA (100.0%)
OTRI-Edificio de Servizos Centrais de
Investigación Campus de Elviña
15071 A CORUÑA ES**

72 Inventor/es:

**LÓPEZ BECEIRO, Jorge José ;
FERNÁNDEZ PÉREZ, Enrique;
GÓMEZ BARREIRO, Silvia y
ARTIAGA DÍAZ, Ramón Pedro**

74 Agente/Representante:

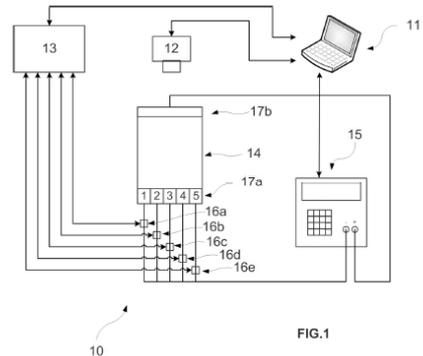
CONTRERAS PÉREZ, Yahel

54 Título: **PROCEDIMIENTO, DISPOSITIVO DE CONTROL Y PRODUCTO DE PROGRAMA
INFORMÁTICO PARA EL CURADO DE UNA PIEZA DE COMPOSITE**

57 Resumen:

Procedimiento, dispositivo de control y producto de programa informático para el curado de una pieza de composite.

Se refiere a un procedimiento para el curado de una pieza (14) de composite, estando el composite reforzado al menos en parte con fibras conductoras, estando al menos algunas de las fibras agrupadas en al menos un haz y estando al menos un haz conectado a una fuente (15) de energía. Comprende obtener, por un dispositivo (11) de control, un programa de temperaturas a aplicar obtener, por el dispositivo de control y mediante un dispositivo (12) de captura de temperaturas, una distribución de temperaturas en la superficie de la pieza, a lo largo del tiempo de curado; verificar la correspondencia entre la distribución de temperaturas en la superficie de la pieza y el programa de temperaturas; en función del resultado, regular, a lo largo del tiempo de curado, por el dispositivo de control, la energía suministrada por la fuente a al menos un haz de fibras del al menos un haz de fibras conectado a la fuente.



DESCRIPCIÓN

Procedimiento, dispositivo de control y producto de programa informático para el curado de una pieza de composite

5

La presente descripción se refiere a un procedimiento para el curado de una pieza de composite. La presente descripción se refiere además a un dispositivo de control y a un programa informático, adecuados para ejecutar el procedimiento.

10 ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

El curado de piezas de composite de altas prestaciones, especialmente para el sector aeronáutico, se realiza normalmente en autoclaves. Esto requiere largos tiempos de calentamiento y grandes consumos energéticos debido principalmente a la enorme masa de la autoclave que hay que calentar, y al hecho de que la transferencia de calor a la muestra se realiza mediante convección, lo cual es relativamente ineficiente.

Una limitación del calentamiento mediante autoclave es que puede provocar gradientes de temperatura en la pieza debido a que, aunque el calentamiento externo se aplica uniformemente, el calor de reacción del curado puede producir sobrecalentamientos locales en las zonas de mayor espesor de la pieza si se utilizan programas de calentamiento relativamente rápidos. Las diferencias de temperatura durante el curado producen múltiples defectos: grados de curado distintos en distintas partes de la pieza de composite, rechupes, deformaciones, alabeos y defectos superficiales de las piezas moldeadas.

25

Una alternativa para evitar estos problemas sería la utilización del curado mediante el efecto Joule, en teoría más eficiente energéticamente que las autoclaves o cualquier sistema de calentamiento externo. Sin embargo, ninguna de las técnicas actuales basadas en el calentamiento por efecto Joule permite regular de forma efectiva la temperatura en toda la pieza para evitar los sobrecalentamientos locales. Esto hace que no se utilice industrialmente de forma generalizada.

30

Más concretamente, los métodos propuestos para implementar el curado por efecto Joule en general no solucionan el problema del control de temperatura en toda la masa. Por ejemplo, hay métodos que permiten medir la temperatura en toda la superficie de la pieza de

35

composite pero no controlar la temperatura en cada parte (*[Direct electrical cure of carbon fiber composites.*

https://www.google.es/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1179/2055035915Y.0000000001&ved=2ahUKEwi0nu6EuO3dAhVmx4UKHWikC_oQFjAN

5 *egQIBxAB&usq=AOvVaw3S88ejfn0mlVn75PtQi3TI]*). También se conocen métodos que permiten controlar la temperatura en varios puntos utilizando termopares (*[Proyecto fin de carrera UC3M.*

https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/22745/PFC_santiago_mata_pastrana_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

10 Además, son conocidos también métodos que permiten una visión global y que teóricamente podrían hacer un control global. Sin embargo, estos métodos realizan el calentamiento por capas de laminado (solicitud de patente china CN107662303A: con título "*Comprehensive electrical loss curing method of carbon fiber reinforced resin-based composite material*"), lo cual no permite un control preciso por zonas de la pieza de composite ya que una aplicación uniforme de energía en toda una capa normalmente
15 produce sobrecalentamientos en las zonas centrales de los laminados. Algunos métodos pueden utilizar corriente alterna y PWM (Modulación por ancho de pulsos) sobre corriente alterna.

En consecuencia, hay una necesidad de un dispositivo que resuelva al menos parcialmente
20 los problemas mencionados anteriormente.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCIÓN

De acuerdo con un primer aspecto, se proporciona un procedimiento para el curado de una
25 pieza de composite. El composite puede estar reforzado al menos en parte con fibras conductoras distribuidas a lo largo de la pieza. Al menos algunas de las fibras conductoras pueden estar agrupadas en al menos un haz. Al menos un haz de fibras conductoras puede estar conectado eléctricamente a una fuente de energía. El procedimiento puede comprender:

- 30
- obtener, por parte de un dispositivo de control, un programa de temperaturas a aplicar a la pieza de composite, para su curado;
 - obtener, por parte del dispositivo de control y mediante un dispositivo de captura de temperaturas, una distribución de temperaturas en la superficie de la pieza de composite, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado;

- verificar la correspondencia entre la distribución obtenida de temperaturas en la superficie de la pieza de composite y el programa de temperaturas obtenido a aplicar;
- en función del resultado de la verificación, regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo de control, la energía suministrada por la fuente de energía a al menos un haz de fibras conductoras del al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía.

De este modo, mediante este procedimiento de curado por efecto Joule, se consigue un resultado más homogéneo y más económico que con procedimientos conocidos. Más concretamente, con el procedimiento descrito se consigue, en función de la distribución de temperaturas obtenidas en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado (por ejemplo, en cada instante del tiempo de curado), regular independientemente la energía que se suministra a través de cada uno de los haces de fibras conductoras, para seguir con precisión el programa de temperaturas (en función del tiempo) en toda la pieza de composite, es decir, el procedimiento permite distribuir selectivamente, y de forma controlada, la energía eléctrica requerida en diferentes instantes durante el tiempo de curado por cada haz de fibras conductoras conectado eléctricamente, de manera que se mantenga el programa de temperaturas establecido en todas las zonas de la pieza de composite. Por lo tanto, se controla la temperatura en todo el volumen de la pieza y durante todo el ciclo de curado, consiguiéndose una uniformidad de temperaturas a la vez que se mantiene un programa de temperaturas para toda la pieza, que puede basarse en un calentamiento, seguido de isoterma y finalmente de una rampa lineal de enfriamiento.

En este punto es importante destacar que pueden conectarse todos o solo algunos de los haces de fibra conductora a una fuente de energía. Incluso, de los que estén conectados, es posible que alguno no esté activo (es decir, no se le suministre energía) en algún momento o en todo momento del tiempo de curado.

En el caso de composites laminados, cada capa del laminado puede dividirse en varios haces y se actúa independientemente sobre cada haz. No es necesario que el composite tenga todas las capas de fibras conductoras ni es necesario actuar siempre sobre todas las capas. Depende básicamente del espesor y de la geometría de cada pieza que se moldea. El procedimiento también es aplicable a composites no laminados reforzados con fibras

conductoras, por ejemplo, composites obtenidos por enrollamiento de filamentos, o colocación de fibra manual o automática.

5 En un primer escenario, al menos algunas de las fibras conductoras pueden estar agrupadas en al menos dos haces y cada haz puede estar conectado a una fuente de energía diferente. En este caso, en función del resultado de la verificación, regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo de control, la energía suministrada por la fuente de energía a al menos un haz de fibras conductoras del al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía, puede
10 comprender:

- regular de manera independiente, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo de control, la energía suministrada por al menos una fuente de energía al haz de fibras conductoras al que está conectada eléctricamente.

15 En este primer escenario, cada haz (aunque no tiene que ser la totalidad de haces presentes en la pieza) está conectado a una fuente de energía diferente, por lo que la regulación del suministro de energía al haz se realiza, por parte del dispositivo de control, sobre la fuente de energía correspondiente.

20 En un segundo escenario, al menos un haz de fibras conductoras puede estar conectado eléctricamente a la fuente de energía y, a través de un elemento actuador, a un dispositivo de interfaz. En este caso, en función del resultado de la verificación, regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo de control, la energía suministrada por la fuente de energía a al menos un haz de fibras conductoras del al menos
25 un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía, puede comprender:

- regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo de control y mediante el dispositivo de interfaz, la energía suministrada por la fuente de energía a al menos un haz de fibras conductoras del al menos
30 un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía, actuando sobre el elemento actuador correspondiente.

En este segundo escenario, la fuente de energía es la misma para todos los haces y la regulación del suministro de energía se realiza, por parte del dispositivo de interfaz (que a su

vez está controlado por el dispositivo de control), a través del elemento actuador del haz correspondiente.

Por otro lado, regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo de control y mediante el dispositivo de interfaz, la energía suministrada por la fuente de energía a al menos un haz de fibras conductoras del al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía, actuando sobre el elemento actuador correspondiente puede comprender:

- regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo de control y mediante el dispositivo de interfaz, la energía suministrada por la fuente de energía a al menos un haz de fibras conductoras del al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía, actuando sobre el elemento actuador correspondiente, abriendo y cerrando el suministro de energía al haz de fibras conductoras, para generar pulsos de duración controlada.

De este modo, para conseguir esta regulación, el dispositivo de interfaz puede proporcionar señales del tipo PWM (Modulación por Ancho de Pulsos o en inglés *Pulse Width Modulation*).

En algunos ejemplos, un elemento actuador puede comprender al menos uno de los siguientes elementos: un transistor; un elemento de encendido-apagado de alta, media o baja frecuencia.

De acuerdo con algunos ejemplos, el procedimiento puede comprender además calibrar el dispositivo de control. Esta calibración puede comprender:

- aplicar, por parte del dispositivo de control, estímulos eléctricos de forma secuencial a cada haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía;
- identificar, por parte del dispositivo de control y mediante el dispositivo de captura de temperaturas, elevaciones de temperatura en las zonas de la superficie de la pieza de composite bajo la influencia de las fibras conductoras que han recibido el suministro de energía.

Esta calibración solo será necesaria en el caso de que se desconozca el detalle de la trayectoria de las fibras conductoras que refuerzan el composite. En el caso de que las trayectorias sean conocidas (con carácter general, también puede depender del

procedimiento descrito y de los parámetros de control utilizados por éste, que suelen depender del tamaño, geometría y constitución del material), es posible realizar el curado de la pieza de composite a la velocidad programada, desde el primer instante.

- 5 De acuerdo con un segundo aspecto, se proporciona un programa informático. Este programa informático puede comprender instrucciones de programa para provocar que un dispositivo de control realice o ejecute un procedimiento para el curado de una pieza de composite, tal como el descrito anteriormente. El programa informático puede estar almacenado en unos medios de almacenamiento físico, tales como unos medios de grabación, una memoria de ordenador, o una memoria de sólo lectura, o puede ser portado por una onda portadora, tal como eléctrica u óptica.

Según otro aspecto, se proporciona un dispositivo de control de un sistema para el curado de una pieza de composite. El composite puede estar reforzado al menos en parte con fibras conductoras distribuidas a lo largo de la pieza. Al menos algunas de las fibras conductoras pueden estar agrupadas en al menos un haz. Al menos un haz de fibras conductoras puede estar conectado eléctricamente a una fuente de energía. El dispositivo de control puede comprender:

- medios para obtener un programa de temperaturas a aplicar a la pieza de composite, para su curado;
- medios para obtener, mediante un dispositivo de captura de temperaturas, una distribución de temperaturas en la superficie de la pieza de composite, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado;
- medios para verificar la correspondencia entre la distribución obtenida de temperaturas en la superficie de la pieza de composite y el programa de temperaturas obtenido a aplicar;
- medios para regular, en función del resultado de la verificación, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo de control, la energía suministrada por la fuente de energía a al menos un haz de fibras conductoras del al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía.

De acuerdo con aún otro aspecto, se proporciona un dispositivo de control de un sistema para el curado de una pieza de composite. El composite puede estar reforzado al menos en parte con fibras conductoras distribuidas a lo largo de la pieza. Al menos algunas de las

fibras conductoras pueden estar agrupadas en al menos un haz. Al menos un haz de fibras conductoras puede estar conectado eléctricamente a una fuente de energía. El dispositivo de control puede estar configurado para:

- 5 - obtener un programa de temperaturas a aplicar a la pieza de composite, para su curado;
- obtener, mediante un dispositivo de captura de temperaturas, una distribución de temperaturas en la superficie de la pieza de composite, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado;
- 10 - verificar la correspondencia entre la distribución obtenida de temperaturas en la superficie de la pieza de composite y el programa de temperaturas obtenido a aplicar;
- en función del resultado de la verificación, regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo de control, la energía suministrada por la fuente de energía a al menos un haz de fibras conductoras del al menos un haz de
15 fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía.

Según otro aspecto, se proporciona un dispositivo de control de un sistema para el curado de una pieza de composite. El composite puede estar reforzado al menos en parte con fibras conductoras distribuidas a lo largo de la pieza. Al menos algunas de las fibras conductoras
20 pueden estar agrupadas en al menos un haz. Al menos un haz de fibras conductoras puede estar conectado eléctricamente a una fuente de energía. El dispositivo de control puede comprender una memoria y un procesador, en el que la memoria almacena instrucciones de programa informático ejecutables por el procesador, comprendiendo estas instrucciones funcionalidades para ejecutar un procedimiento para el curado de una pieza de composite,
25 tal como el descrito anteriormente.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un sistema para el curado de una pieza de composite. El composite puede estar reforzado al menos en parte con fibras conductoras distribuidas a lo largo de la pieza. Al menos algunas de las fibras conductoras pueden estar
30 agrupadas en al menos un haz. Al menos un haz de fibras conductoras puede estar conectado eléctricamente a una fuente de energía. El sistema puede comprender:

- un dispositivo de control, tal como el descrito previamente;
- un dispositivo de captura de temperaturas para obtener, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, una distribución de temperaturas en la superficie de la

pieza de composite, estando conectado este dispositivo de captura de temperaturas al dispositivo de control;

- al menos una fuente de energía para suministrar energía a al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía, estando conectada la fuente de energía al dispositivo de control.

5

En algunos ejemplos, cuando el sistema comprende una única fuente de energía, puede comprender un dispositivo de interfaz para regular el suministro de energía a al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía, estando conectado el dispositivo de interfaz al dispositivo de control y a la fuente de energía. Con referencia a la conexión de la fuente de energía al dispositivo de control, es opcional. Si no se produce esta conexión, la fuente puede funcionar con, por ejemplo, un voltaje fijo y el dispositivo de interfaz puede encargarse de la duración de los pulsos. Si se produce la conexión, existe la posibilidad de que el dispositivo de control pueda actuar sobre el voltaje proporcionado por la fuente (si ésta lo permite), así como monitorizar su funcionamiento.

10

15

En algunos ejemplos, el sistema puede comprender más de una fuente de energía, una para cada haz de fibras conductoras. También existe la posibilidad de que varios haces estén conectados a una misma fuente y que otros haces estén conectados individualmente a otras fuentes.

20

De acuerdo con algunos ejemplos, el dispositivo de interfaz puede comprender un canal para cada haz de fibras conductoras al que se conecta. Así, cada canal se corresponde con un haz y el conjunto de canales está controlado por el dispositivo de interfaz, el cual, a su vez, está controlado por el dispositivo de control. Con ello, es posible regular la energía que se aplica por distintos canales, es decir, es posible regular la energía que se suministra a cada haz de fibras conductoras. En cualquier caso, la forma de regular la energía suministrada puede ser abriendo y cerrando el paso de energía (por ejemplo, el paso de corriente) por cada uno de los canales de manera independiente. De este modo, se obtienen pulsos de corriente de duración controlada (PWM). La duración de los pulsos puede ajustarse en un rango tan amplio como permitan el dispositivo de interfaz y los elementos actuadores, que puede oscilar fácilmente entre milisegundos o microsegundos hasta pulso continuo.

25

30

Para regular este suministro de energía por parte del dispositivo de interfaz, el sistema puede comprender un elemento actuador para cada canal del dispositivo de interfaz, estando conectado eléctricamente cada elemento actuador a la fuente de energía y al canal correspondiente del dispositivo de interfaz.

5

Por otro lado, la fuente de energía puede comprender una fuente de corriente que se selecciona de entre al menos una fuente de corriente alterna; una fuente de corriente continua.

10 Además, según algunos ejemplos, el dispositivo de captura de temperaturas puede comprender al menos una cámara termográfica, térmica o infrarroja.

Otros objetos, ventajas y características de realizaciones de la invención se pondrán de manifiesto para el experto en la materia a partir de la descripción, o se pueden aprender con
15 la práctica de la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación, se describirán realizaciones particulares de la presente invención a título de
20 ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La Figura 1 muestra un diagrama de bloques de un sistema para el curado de una pieza de composite, de acuerdo con algunos ejemplos.

25 La Figura 2 muestra un diagrama esquemático de detalle de una pieza de composite conectada a un par de electrodos por canal, según algunos ejemplos.

La Figura 3 muestra un diagrama esquemático de una pieza de composite conectada a un único par de electrodos, de acuerdo con el estado de la técnica, así como una
30 representación gráfica del perfil de temperaturas programado a lo largo del tiempo y las temperaturas que se obtienen en los puntos de referencia sobre la superficie de la pieza de composite.

La Figura 4 muestra un diagrama esquemático de una pieza de composite conectada a un
35 par de electrodos por canal, de acuerdo con algunos ejemplos; una representación gráfica

del perfil de temperaturas programado a lo largo del tiempo y las temperaturas que se obtienen en los puntos de referencia sobre la superficie de la pieza de composite; y una representación gráfica de la intensidad media que circula por cada uno de los canales en cada momento.

5

EXPOSICIÓN DETALLADA DE MODOS DE REALIZACIÓN

En la Figura 1 se muestra un sistema 10 para el curado de una pieza 14 de composite. La pieza de composite a curar está reforzada al menos en parte con fibras 20 conductoras distribuidas de manera adecuada a lo largo de la pieza. Al menos algunas de estas fibras conductoras pueden estar agrupadas en haces 21a a 21e. A pesar de que en la Figura 1 se muestran dos fibras por haz, en realidad puede tratarse de cualquier cantidad, normalmente miles de fibras en cada haz. Por “distribución adecuada” puede entenderse que las fibras conductoras están distribuidas en la pieza de tal manera que cubren la práctica totalidad de la extensión de la misma, de modo que no queden zonas de la pieza demasiado alejadas de las fibras conductoras. Por ejemplo, en una pieza rectangular de 800 mm x 400 mm, de 4 mm de espesor, es posible poner una lámina unidireccional de fibras conductoras de 800 mm x 400 mm que pase por el plano medio. De esta manera, no existe ninguna zona de la pieza alejada más de 2 mm de alguna fibra conductora. El criterio para decidir cuando una zona está demasiado alejada de las fibras no es estricto y depende del tipo de pieza. Se puede considerar que la distancia a las fibras de una zona sin fibra es excesiva cuando, para mantener la diferencia de temperaturas dentro de los valores prefijados, haya que alargar el ciclo de curado de la pieza hasta el punto de que deje de ser económicamente rentable.

25

De acuerdo con algunos ejemplos, el sistema 10 para el curado de una pieza 14 de composite puede comprender los siguientes elementos, tal como puede verse en la Figura 1:

- Un dispositivo 11 de control del funcionamiento de los diferentes elementos que conforman el sistema 10;
- Un dispositivo 12 para la captura de temperaturas en la superficie de la pieza 14 de composite;
- Un dispositivo 13 de interfaz para controlar el suministro de energía a los diferentes haces 21a a 21e de fibras 20 conductoras dispuestas en la pieza 14 de composite;

30

- Una fuente 15 de energía para suministrar energía a cada uno de los haces 21a a 21e de fibras 20 conductoras;
- Un elemento actuador 16 para cada haz de fibras 20 conductoras.

5 Con respecto al dispositivo 11 de control, puede implementarse con una configuración totalmente informática, totalmente electrónica o mediante una combinación de ambos.

En el caso de que el dispositivo 11 de control sea puramente informático, puede ser, por ejemplo, cualquier sistema informático, tal como un servidor, un ordenador de sobremesa o portátil o cualquier otro dispositivo portátil, tal como una tableta o un teléfono inteligente. Por consiguiente, el dispositivo de control puede comprender una memoria y un procesador (por ejemplo, un microprocesador), en el que la memoria almacene instrucciones de programa informático ejecutables por el procesador, comprendiendo estas instrucciones funcionalidades para ejecutar un procedimiento para el curado de una pieza de composite, cuyo procedimiento será descrito más adelante.

La memoria descrita puede estar comprendida en el procesador o puede ser externa. En el caso de que sea interna, puede ser, por ejemplo, una memoria EEPROM. En el caso de que sea externa, la memoria puede ser, por ejemplo, unos medios de almacenamiento de datos tales como discos magnéticos (por ejemplo, discos duros), discos ópticos (por ejemplo, DVD o CD), tarjetas de memoria, memorias flash (por ejemplo, pendrives) o unidades de estado sólido (SSD basadas en RAM, basadas en flash, etc.).

Por otro lado, estos medios de almacenamiento pueden formar parte del propio dispositivo 11 de control y/o pueden estar dispuestos remotos al mismo, conectados alámbrica o inalámbricamente. En el caso de una comunicación alámbrica, la conexión puede realizarse mediante puertos serie, tales como USB, micro USB, mini USB, Firewire o Ethernet. En el caso de comunicaciones inalámbricas, la conexión puede realizarse, por ejemplo, mediante módulos de comunicaciones inalámbricas de corto alcance, por ejemplo, Bluetooth, NFC, Wifi, IEEE 802.11 o Zigbee, o incluso a través de una red de comunicaciones para Internet de las Cosas (IoT – *Internet of Things*) (por ejemplo, LoRA o Sigfox). Si las comunicaciones son de largo alcance, la conexión puede realizarse mediante módulos de comunicaciones basados en, por ejemplo, tecnología GSM, GPRS, 3G, 4G, 5G o tecnología por satélite (por ejemplo, si la comunicación se realiza a través de una red global de comunicación, tal como Internet). También es posible el uso de comunicaciones a través de fibra óptica o ADSL. En

cualquier caso, si los medios de almacenamiento están dispuestos remotos, la comunicación establecida entre el dispositivo 11 de control y los medios de almacenamiento puede asegurarse mediante, por ejemplo, nombre de usuario/contraseña, claves criptográficas y/o mediante un túnel SSL establecido en la comunicación entre el dispositivo 11 de control y los medios de almacenamiento.

Por consiguiente, el conjunto de instrucciones de programa informático ejecutables por el procesador (tal como un programa informático) puede estar almacenado en unos medios de almacenamiento físico, tales como los citados, pero también puede ser portado por una onda portadora (el medio portador puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de portar el programa), tal como eléctrica u óptica, que puede transmitirse vía cable eléctrico u óptico o mediante radio u otros medios. De este modo, cuando el programa informático está contenido en una señal que puede transmitirse directamente mediante un cable u otro dispositivo o medio, el medio portador puede estar constituido por dicho cable u otro dispositivo o medio.

Alternativamente, el medio portador puede ser un circuito integrado en el que está encapsulado (*embedded*) el programa informático, estando adaptado dicho circuito integrado para realizar o para usarse en la realización de los procedimientos relevantes.

El programa informático puede estar en forma de código fuente, de código objeto o en un código intermedio entre código fuente y código objeto, tal como en forma parcialmente compilada, o en cualquier otra forma adecuada para usar en la implementación de los procedimientos descritos.

Con respecto al procesador, puede ser, por ejemplo, un microprocesador, tal como un STM32F107VC de la empresa *ST Microelectronics*. Este microprocesador contiene un núcleo ARM Cortex M3 a 72 MHz y viene acompañado de una pequeña memoria EEPROM (es decir, la memoria descrita anteriormente es interna y se corresponde con el modelo M24512, también de la empresa *ST Microelectronics*), que permite almacenar datos y que permite también actualizar el firmware del microcontrolador desde, por ejemplo, un ordenador personal, preferiblemente a través de un puerto USB o mini USB. La capacidad de esta memoria es de 512 Kbytes y puede comunicarse mediante líneas de comunicación I2C con el microcontrolador.

El firmware del microcontrolador puede definirse como el software que gobierna el comportamiento del dispositivo 11 de control, es decir, puede corresponderse con el conjunto de instrucciones de programa informático descrito con anterioridad.

- 5 Este microcontrolador comprende una memoria interna de tipo EEPROM, para el almacenamiento del firmware. El hardware asociado a la memoria EEPROM consta únicamente de dos resistencias de polarización para elevar la tensión de las líneas de comunicación I2C, que van directamente conectadas al microcontrolador.
- 10 Por otro lado, el dispositivo 11 de control puede tener una configuración puramente electrónica, por lo que podría estar formado por un dispositivo electrónico programable tal como un CPLD (*Complex Programmable Logic Device*), un FPGA (*Field Programmable Gate Array*) o un ASIC (*Application-Specific Integrated Circuit*).
- 15 A partir de lo descrito, el dispositivo 11 de control puede hacer uso de distintos tipos de circuitos integrados, como CPUs (Central Processing Units), microcontroladores, FPGAs (Field-Programmable Gate Arrays), CPLDs (Complex Programmable Logic Devices), ASICs (Application-Specific Integrated Circuits), SoCs (System-on-Chips) o PSoCs (Programmable SoCs). Una CPU suele ser flexible y potente. Los microcontroladores son menos potentes
- 20 que las CPUs, pero ofrecen un mucho menor consumo de energía y pueden ser reprogramados fácilmente. En cuanto a las FPGAs y CPLDs, pueden llegar a implementar diseños de manera más eficiente y potente que una CPU, pero, en general, el desarrollo de dichos diseños es más complejo que con CPUs y microcontroladores. Respecto a los ASICs, son dispositivos diseñados prácticamente ad-hoc para resolver unas tareas muy
- 25 concretas, con lo que son muy potentes y su consumo puede ser optimizado. Sin embargo, el problema de los ASICs es su coste de desarrollo (casi siempre por encima del millón de euros), con lo que estos desarrollos sólo compensan económicamente cuando se produce una cantidad muy alta de unidades de un producto que lo contiene. Finalmente, los SoCs y PSoCs suelen integrar en un mismo circuito un microcontrolador potente y varios periféricos
- 30 (por ejemplo, transceptores de comunicaciones), lo que los convierte en sistemas más potentes que muchos microcontroladores.

Finalmente, el dispositivo 11 de control podría presentar también una configuración híbrida entre informática y electrónica. En este caso, el dispositivo podría comprender una memoria

35 y un microcontrolador para implementar informáticamente una parte de sus funcionalidades,

así como determinados circuitos electrónicos para implementar el resto de las funcionalidades.

5 Sea cual sea su configuración, el dispositivo 11 de control tiene como objetivos monitorizar de forma continuada la temperatura en toda la superficie accesible de la pieza 14 de composite, generar continuamente (en diferentes instantes del tiempo de curado de la pieza, como, por ejemplo, cada instante) órdenes de actuación sobre los elementos actuadores y, opcionalmente, sobre la fuente de energía en función de las temperaturas observadas en cada parte de la superficie de la pieza de composite y en función también de las
10 temperaturas programadas, así como obtener un programa de temperaturas deseado a aplicar a la pieza para conseguir su curado. La obtención del programa de temperaturas puede ejecutarse a partir de una selección realizada entre una pluralidad de programas de temperaturas predeterminados por, por ejemplo, un operario encargado de realizar el curado o puede ser seleccionado automáticamente por el dispositivo 11 de control a partir de, por
15 ejemplo, otros datos como puede ser el tamaño de la pieza, los composites que la conforman, etc. Además, el programa de temperaturas deseado para el curado puede introducirse manualmente en el dispositivo de control. En cualquiera de los casos descritos, en base al programa de temperaturas obtenido, el dispositivo de control envía órdenes al dispositivo 13 de interfaz, el cual actúa sobre los elementos actuadores 16, para regular el
20 paso de energía. El sistema permite suministrar la energía requerida en cada uno de los haces para seguir el programa de temperaturas comentado en todos los puntos de la superficie de la pieza 14 de composite.

Con respecto al dispositivo 12 de captura de temperaturas en la superficie de la pieza 14 de
25 composite, puede comprender al menos un sub-dispositivo de captura, por ejemplo, al menos una cámara termográfica, también conocida como cámara térmica o de infrarrojos. El número de sub-dispositivos (por ejemplo, el número de cámaras) puede ser suficiente para cubrir toda la superficie accesible de la pieza de composite a curar.

30 El dispositivo 12 de captura de temperaturas está conectado al dispositivo 11 de control, para que, en primer lugar, el dispositivo de control pueda provocar que el dispositivo de captura de temperaturas, en determinados instantes a lo largo del tiempo de curado de la pieza 14 de composite, capture la distribución de temperaturas en la superficie de la pieza. En segundo lugar, para que el dispositivo 11 de control obtenga esta distribución de
35 temperaturas capturada por el dispositivo de captura de temperaturas, para su posterior

análisis. Esta obtención de la distribución de temperaturas puede producirse al ser tomada por el propio dispositivo de control (por ejemplo, la distribución de temperaturas podría estar almacenada en una memoria asociada al dispositivo de captura de temperaturas, y el dispositivo de control acceder a ella) o puede ser suministrada por el dispositivo de capturas
5 de temperaturas al dispositivo de control.

Con referencia a la fuente 15 de energía, puede ser, por ejemplo, una fuente de corriente continua o alterna. Esta fuente de energía está conectada al dispositivo 11 de control, para poder ser activada durante el proceso de curado de la pieza 14 de composite. El dispositivo
10 de control puede estar también conectado a la fuente para establecer el voltaje deseado y monitorizar el funcionamiento de la misma. Además, tal como puede verse en la Figura 1, la fuente de energía se conecta también entre los dos electrodos de cada haz 21a a 21e de fibras 20 conductoras, para poder suministrar energía al haz.

15 A continuación, se describe la configuración de la conexión de la fuente 15 de energía a la pieza 14 de composite, en base a la Figura 2.

Como puede verse en esta figura, y tal como se ha comentado anteriormente, la pieza 14 de composite está reforzada con fibras 20 conductoras a lo largo de su superficie. Al menos
20 algunas de estas fibras conductoras pueden estar agrupadas en haces 21a a 21e. Para cada haz (pueden conectarse todos los haces o solo algunos e incluso los que se conecten pueden no estar activos en algún momento o en todo momento durante el tiempo de curado), pueden conectarse sus extremos mediante, por ejemplo, presión mecánica, a electrodos 17a,17b metálicos, de manera que cada haz de fibras conductoras vaya
25 conectado a dos electrodos. De este modo, los electrodos conectan las fibras conductoras con la fuente 15 de energía. De acuerdo con el ejemplo de la Figura 2, un primer haz 21a de fibras conductoras se conecta, por uno de sus extremos, a un primer electrodo 17b, mientras que el otro extremo se conecta a un segundo electrodo 17a1. Un segundo haz 21b de fibras conductoras se conecta, por uno de sus extremos, al primer electrodo 17b, mientras que el
30 otro de sus extremos se conecta al segundo electrodo 17a2. Y así sucesivamente. Básicamente, puede entenderse que el segundo electrodo 17a comprende, de acuerdo con el ejemplo de la Figura 2, cinco electrodos independientes, aunque el número de electrodos dependerá del número de haces a conectar.

En base a esta configuración descrita, tal como puede verse en la Figura 1, se intercala un elemento actuador 16a a 16e entre la fuente 15 de energía y cada segundo electrodo 17a1 a 17a5 del correspondiente haz 21a a 21e. Como se ha comentado anteriormente, cada elemento actuador está controlado por el dispositivo 13 de interfaz, el cual, a su vez, está controlado por el dispositivo 11 de control. El dispositivo de interfaz puede comprender, por lo tanto, un canal para cada haz conectado (en la Figura 2 se destaca como ejemplo el que puede considerarse el cuarto canal 4 del dispositivo de interfaz, es decir, el que se establece entre el primer electrodo 17b y el segundo electrodo 17a4 del haz correspondiente 21d).

En algunos ejemplos, el dispositivo 13 de interfaz puede tener una configuración electrónica. Por ejemplo, puede utilizarse un Arduino-Leonardo, aunque también puede utilizarse cualquier tipo de SBC (*Single Board Computer*) o dispositivo electrónico en el que se pueda implementar.

Un elemento actuador puede ser, por ejemplo, un transistor o un dispositivo de encendido-apagado de alta, media o baja frecuencia, de modo que permita regular, para cada par de electrodos, el tiempo de aplicación de cada pulso de corriente (por ejemplo, PWM, *Pulse Width Modulation*), con lo que se consigue regular la energía entregada a cada haz en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado.

Como se ha comentado, los elementos actuadores 16a a 16e están controlados por el dispositivo 13 de interfaz, el cual, a su vez, está controlado por el dispositivo 11 de control. De este modo, actuando sobre cada elemento actuador, el dispositivo 13 de interfaz, junto con la fuente 15 de energía (por ejemplo, una fuente de corriente continua), puede actuar individualmente sobre cada par de electrodos según las órdenes recibidas desde el dispositivo de control, en base a la distribución obtenida de temperaturas sobre la superficie de la pieza de composite y el programa de temperaturas, y regular, para cada par de electrodos, el tiempo de aplicación de cada pulso de corriente, con lo que se consigue controlar la energía entregada en diferentes instantes del tiempo de curado (por ejemplo, en cada instante durante el tiempo de curado) a cada haz de fibras conductoras. Más concretamente, el dispositivo de control envía órdenes al dispositivo de interfaz, el cual actúa sobre los elementos actuadores, en base a las órdenes recibidas, para regular el paso de energía a cada haz. El sistema 10 permite así suministrar en cada momento la energía eléctrica requerida en cada uno de los haces para seguir el programa de temperaturas en todos los puntos de la superficie de la pieza, con lo que se consigue que la diferencia de

temperaturas entre dos puntos cualesquiera en todo el volumen de la pieza de composite se mantenga por debajo de un valor preseleccionado a partir de las medidas en todas la superficie de la pieza y teniendo en cuenta la conductividad térmica y el espesor de la pieza. Esta diferencia de temperaturas máxima admisible (es decir, el valor preseleccionado) entre las distintas zonas de la pieza puede depender, por ejemplo, del volumen de la pieza y de los requisitos mecánicos y geométricos de la pieza. Valores de diferencia de temperatura de entre 3 y 15°C son aplicables en muchos casos, aunque no se puede descartar la obtención de piezas de calidad con otros valores.

Por consiguiente, se consigue distribuir selectivamente y de forma controlada la energía eléctrica requerida en cada instante por cada haz de fibras conductoras conectado eléctricamente, de forma que se mantenga el programa de temperaturas establecido, en todas las zonas de la pieza de composite a curar. Se controla la temperatura en todo el volumen de la pieza y durante todo el ciclo de curado, con lo que se consigue una uniformidad de temperaturas, a la vez que se mantiene un programa de temperaturas para toda la pieza, típicamente calentamiento, seguido de isoterma y seguido de rampa lineal de enfriamiento.

La Figura 3 hace referencia a un curado mediante calentamiento con un único par de electrodos (un canal), que forma parte del estado de la técnica, mientras que la Figura 4 hace referencia a un curado con calentamiento con varios canales (uno de los electrodos es el mismo para todos los canales), tal como el que se ha descrito anteriormente. En ambos casos, la pieza 14 de composite presenta un laminado rectangular.

En la Figura 3, la corriente I_1 circula en la dirección de las fibras (no mostradas). El punto sobre el que se aplica el control de temperaturas es el punto central T_{13} . Con respecto a la Figura 4, la corriente I_2 (I_{21} , I_{22} , I_{23} , I_{24} , I_{25}) también circula en la dirección de las fibras (no mostradas) y se utiliza un punto de referencia para el control de temperatura en cada canal: T_{21} , T_{22} , T_{23} , T_{24} , T_{25} .

Tanto la Figura 3 como la Figura 4 muestran, en su parte superior, un diagrama esquemático que representa la disposición de los electrodos sobre la pieza. Además, cada una de estas figuras muestra también una representación gráfica del perfil de temperaturas programado a lo largo del tiempo de curado y las temperaturas que se obtienen en los

puntos de referencia sobre la superficie de la pieza de composite. A partir de estas representaciones gráficas, se puede observar claramente que

- la distribución de temperaturas es prácticamente uniforme en los cinco puntos cuando se utilizan varios canales;
- 5 - la distribución de temperaturas varía a medida que se aleja del punto de control T_{13} , es decir, cuanto más alejada está la zona de la pieza del punto de control, más baja es la temperatura. Básicamente, se produce generalmente (si los electrodos aplican una presión uniforme en toda su extensión) un calentamiento mayor hacia el centro de la pieza que hacia la periferia porque en la periferia hay mayor disipación del calor. Dado que el punto central es el que se elige como referencia, este punto es el
- 10 que mejor sigue el programa de temperaturas y en los otros puntos, cuanto más alejados del centro, menor es su temperatura.

Así, en un caso real, cuantos más canales se tengan, más uniforme será la temperatura en toda la pieza. Por supuesto, si por cualquier motivo se pretende aplicar un perfil de

15 temperaturas diferente en cada canal, también es posible, pero, en el presente contexto de curado de piezas de composite, lo que se desea normalmente es que la temperatura sea lo más uniforme posible.

20 Con respecto a la Figura 4, muestra además una representación gráfica de la intensidad media que circula por cada uno de los canales en cada instante durante el tiempo de curado, para el caso de varios canales. Claramente, los valores de corriente I_{21} , I_{22} , I_{23} , I_{24} , I_{25} en los canales más alejados del centro de la pieza son más elevados. En el caso de un canal (estado de la técnica) no se puede discriminar por zonas. Es importante destacar que

25 se utilizan intensidades medias de corriente a lo largo del tiempo porque las intensidades instantáneas oscilan entre el máximo a cero en períodos de tiempo que a veces pueden ser del orden de milisegundos (o incluso microsegundos o de pulso continuo) y no tendría sentido su representación.

30 A continuación, se describe un procedimiento para el curado de una pieza de composite, el cual puede ser ejecutado por el dispositivo 11 de control descrito anteriormente. Este procedimiento puede comprender:

- obtener, por parte del dispositivo 11 de control, un programa de temperaturas a aplicar a la pieza de composite, para su curado;

- obtener, por parte del dispositivo 11 de control y mediante el dispositivo 12 de captura de temperaturas, una distribución de temperaturas en la superficie de la pieza 14 de composite, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado;
- verificar la correspondencia entre la distribución obtenida de temperaturas en la superficie de la pieza de composite y el programa de temperaturas obtenido a aplicar,
- en función del resultado de la verificación, regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo de control, la energía suministrada por la fuente de energía a al menos un haz de fibras conductoras del al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía.

Dentro de este procedimiento pueden plantearse dos posibles escenarios.

En un primer escenario, el sistema 10 para el curado de una pieza 14 de composite puede comprender una fuente de energía para cada haz, es decir, al menos algunas de las fibras conductoras pueden estar agrupadas en al menos dos haces, estando cada haz conectado a una fuente de energía diferente. De este modo, no es necesaria la presencia del dispositivo 14 de interfaz porque el dispositivo 11 de control actúa directa e independientemente sobre cada una de las fuentes de energía, para regular el suministro de energía al haz correspondiente. En este escenario, el procedimiento puede comprender, para regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo 11 de control, la energía suministrada por la fuente 15 de energía a al menos un haz de fibras conductoras del al menos un haz 21a a 21e de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía:

- regular de manera independiente, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo de control, la energía suministrada por al menos una fuente de energía al haz de fibras conductoras al que está conectada eléctricamente.

Un segundo escenario es el que se ha planteado a lo largo de la presente descripción, es decir, un escenario en el que el sistema cuenta con una única fuente 15 de energía, el dispositivo 13 de interfaz y un elemento actuador para cada haz. En este escenario, el procedimiento puede comprender, para regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo 11 de control, la energía suministrada por la fuente 15 de energía a al menos un haz de fibras conductoras del al menos un haz 21a a 21e de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía:

- regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo de control y mediante el dispositivo de interfaz, la energía suministrada por la fuente de energía a al menos un haz de fibras conductoras del al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía, actuando sobre el elemento actuador correspondiente; por ejemplo, abriendo y cerrando el suministro de energía al haz de fibras conductoras, para generar pulsos de duración controlada (PWM).

Por otro lado, pueden plantearse dos modalidades posibles de funcionamiento.

Sobre estructuras de composite ya conocidas con experiencia previa: dado que se conoce el recorrido de las fibras conductoras de cada electrodo a lo largo de la pieza, es posible realizar el curado a la velocidad programada desde el primer instante.

Sobre un composite sobre el que se desconoce el detalle de la trayectoria de las fibras conductoras: se añade, al principio del procedimiento para el curado de una pieza de composite, una etapa de calibración del dispositivo 11 de control. Esta calibración puede comprender:

- aplicar, por parte del dispositivo de control, estímulos eléctricos de forma secuencial a cada haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía;
- identificar, por parte del dispositivo de control y mediante el dispositivo de captura de temperaturas, elevaciones de temperatura en las zonas de la superficie de la pieza de composite bajo la influencia de las fibras conductoras que han recibido el suministro de energía.

Es importante destacar que el sistema 10 para el curado de una pieza 14 de composite puede funcionar también en el interior de un recipiente de presión, tal como una autoclave que no caliente. Una posible limitación es que el dispositivo de captura de temperaturas (por ejemplo, una cámara termográfica) resista la presión o bien pueda ver la pieza a través de una ventana transparente al infrarrojo. Esta característica puede ser importante para aplicaciones exigentes como las piezas de composite de aeronáutica.

Además, en algunos ejemplos, el dispositivo 11 de control y el dispositivo 13 de interfaz pueden encontrarse combinados en un único equipo, tal como, por ejemplo, en un sistema

informático o un SBC (es decir, un ordenador de placa reducida, en inglés *Single Board Computer*) con las tarjetas necesarias.

5 En general, el procedimiento descrito puede aplicarse para curado sin presión o para curado con saco de vacío, o para el curado bajo presión con la limitación anteriormente señalada, y es aplicable al sector de construcción naval, fabricación de piezas de composite para energía eólica, sector aeronáutico, sector automovilístico y fabricación de mobiliario para parques infantiles entre otros.

10 A pesar de que se han descrito aquí sólo algunas realizaciones y ejemplos particulares de la invención, el experto en la materia comprenderá que son posibles otras realizaciones alternativas y/o usos de la invención, así como modificaciones obvias y elementos equivalentes. Además, la presente invención abarca todas las posibles combinaciones de las realizaciones concretas que se han descrito. Así, por ejemplo, en el curado de una pieza
15 de composite podrían utilizarse los escenarios primero y segundo descritos del procedimiento. El alcance de la presente invención no debe limitarse a realizaciones concretas, sino que debe ser determinado únicamente por una lectura apropiada de las reivindicaciones adjuntas.

20

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el curado de una pieza (14) de composite, estando el composite reforzado al menos en parte con fibras (20) conductoras distribuidas a lo largo de la pieza, estando al menos algunas de las fibras conductoras agrupadas en al menos un haz (21a;21b;21c;21d;21e) y estando al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a una fuente (15) de energía, **caracterizado** por el hecho de que el procedimiento comprende:

- obtener, por parte de un dispositivo (11) de control, un programa de temperaturas a aplicar a la pieza (14) de composite, para su curado;
- obtener, por parte del dispositivo (11) de control y mediante un dispositivo (12) de captura de temperaturas, una distribución de temperaturas en la superficie de la pieza (14) de composite, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado;
- verificar la correspondencia entre la distribución obtenida de temperaturas en la superficie de la pieza (14) de composite y el programa de temperaturas obtenido a aplicar,
- en función del resultado de la verificación, regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo (11) de control, la energía suministrada por la fuente (15) de energía a al menos un haz (21a;21b;21c;21d;21e) de fibras (20) conductoras del al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que al menos algunas de las fibras (20) conductoras están agrupadas en al menos dos haces, estando cada haz de fibras conductoras conectado a una fuente de energía diferente; y en el que regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo de control, la energía suministrada por la fuente de energía a al menos un haz de fibras conductoras del al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía, comprende:

- regular de manera independiente, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo de control, la energía suministrada por al menos una fuente de energía al haz de fibras conductoras al que está conectada eléctricamente.

3. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que al menos un haz (21a;21b;21c;21d;21e) de fibras (20) conductoras está conectado eléctricamente a la fuente (15) de energía y, a través de un elemento actuador (16a;16b;16c;16d;16e), a un

dispositivo (13) de interfaz; y en el que regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo (11) de control, la energía suministrada por la fuente de energía a al menos un haz de fibras conductoras del al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía, comprende:

- 5 - regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo (11) de control y mediante el dispositivo (13) de interfaz, la energía suministrada por la fuente (15) de energía a al menos un haz (21a;21b;21c;21d;21e) de fibras (20) conductoras del al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía, actuando sobre el elemento actuador
10 (16a;16b;16c;16d;16e) correspondiente.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo (11) de control y mediante el dispositivo (13) de interfaz, la energía suministrada por la fuente (15) de energía a al menos un haz
15 (21a;21b;21c;21d;21e) de fibras (20) conductoras del al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía, actuando sobre el elemento actuador (16a;16b;16c;16d;16e) correspondiente, comprende:

- regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, por parte del dispositivo (11) de control y mediante el dispositivo (13) de interfaz, la energía
20 suministrada por la fuente (15) de energía a al menos un haz (21a;21b;21c;21d;21e) de fibras (20) conductoras del al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía, actuando sobre el elemento actuador (16a;16b;16c;16d;16e) correspondiente, abriendo y cerrando el suministro de energía al haz de fibras conductoras, para generar pulsos de duración controlada.

25 5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 3 o 4, en el que un elemento actuador (16a;16b;16c;16d;16e) comprende al menos uno de los siguientes elementos:

- un transistor;
 - un elemento de encendido-apagado de alta, media o baja frecuencia.

30 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende:
 - calibrar el dispositivo (11) de control.

7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que calibrar el dispositivo (11) de control
35 comprende:

- aplicar, por parte del dispositivo (11) de control, estímulos eléctricos de forma secuencial a cada haz (21a,21b,21c,21d,21e) de fibras (20) conductoras conectado eléctricamente a la fuente (15) de energía;
 - identificar, por parte del dispositivo (11) de control y mediante el dispositivo (12) de
- 5 captura de temperaturas, elevaciones de temperatura en las zonas de la superficie de la pieza (14) de composite bajo la influencia de las fibras (20) conductoras que han recibido el suministro de energía.

8. Producto de programa informático que comprende instrucciones de programa para
10 provocar que un dispositivo (11) de control realice un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 para el curado de una pieza (14) de composite.

9. Producto de programa informático según la reivindicación 8, que está almacenado en
15 unos medios de grabación.

10. Producto de programa informático según la reivindicación 8, que es portado por una
señal portadora.

11. Dispositivo (11) de control de un sistema (10) para el curado de una pieza (14) de
20 composite, estando el composite reforzado al menos en parte con fibras (20) conductoras distribuidas a lo largo de la pieza, estando al menos algunas de las fibras conductoras agrupadas en al menos un haz (21a,21b,21c,21d,21e) y estando al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a una fuente (15) de energía, **caracterizado** por el hecho de que el dispositivo de control comprende:

- 25 - medios para obtener un programa de temperaturas a aplicar a la pieza de composite, para su curado;
- medios para obtener, mediante un dispositivo (12) de captura de temperaturas, una distribución de temperaturas en la superficie de la pieza de composite, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado;
- 30 - medios para verificar la correspondencia entre la distribución obtenida de temperaturas en la superficie de la pieza de composite y el programa de temperaturas obtenido a aplicar;
- medios para regular, en función del resultado de la verificación, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, la energía suministrada por la fuente (15)
- 35 de energía a al menos un haz (21a;21b;21c;21d;21e) de fibras (20) conductoras del

al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía.

12. Dispositivo (11) de control de un sistema (10) para el curado de una pieza (14) de composite, estando el composite reforzado al menos en parte con fibras (20) conductoras distribuidas a lo largo de la pieza, estando al menos algunas de las fibras conductoras agrupadas en al menos un haz (21a;21b;21c;21d;21e) y estando al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a una fuente (15) de energía, **caracterizado** por el hecho de que el dispositivo de control está configurado para:

- 10 - obtener un programa de temperaturas a aplicar a la pieza de composite, para su curado;
- obtener, mediante un dispositivo (12) de captura de temperaturas, una distribución de temperaturas en la superficie de la pieza de composite, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado;
- 15 - verificar la correspondencia entre la distribución obtenida de temperaturas en la superficie de la pieza de composite y el programa de temperaturas obtenido a aplicar;
- en función del resultado de la verificación, regular, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, la energía suministrada por la fuente (15) de energía a al menos un haz (21a;21b;21c;21d;21e) de fibras (20) conductoras del al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía.

13. Dispositivo (11) de control de un sistema (10) para el curado de una pieza (14) de composite, estando el composite reforzado al menos en parte con fibras (20) conductoras distribuidas a lo largo de la pieza, estando al menos algunas de las fibras conductoras agrupadas en al menos un haz (21a;21b;21c;21d;21e) y estando al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a una fuente (15) de energía, **caracterizado** por el hecho de que el dispositivo de control comprende una memoria y un procesador, en el que la memoria almacena instrucciones de programa informático ejecutables por el procesador, comprendiendo estas instrucciones funcionalidades para ejecutar un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 para el curado de una pieza de composite.

14. Sistema (10) para el curado de una pieza (14) de composite, estando el composite reforzado al menos en parte con fibras (20) conductoras distribuidas a lo largo de la pieza, estando al menos algunas de las fibras conductoras agrupadas en al menos un haz

(21a;21b;21c;21d;21e) y estando al menos un haz de fibras conductoras conectado eléctricamente a una fuente (15) de energía, **caracterizado** por el hecho de que el sistema comprende:

- un dispositivo (11) de control según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13;
- 5 - un dispositivo (12) de captura de temperaturas para obtener, en diferentes instantes a lo largo del tiempo de curado, una distribución de temperaturas en la superficie de la pieza (14) de composite, estando conectado este dispositivo de captura de temperaturas al dispositivo de control;
- al menos una fuente (15) de energía para suministrar energía a al menos un haz
10 (21a;21b;21c;21d;21e) de fibras (20) conductoras conectado eléctricamente a la fuente de energía, estando conectada la fuente de energía al dispositivo (11) de control.

15. Sistema (10) según la reivindicación 14, que comprende:

- 15 - un dispositivo (13) de interfaz para regular el suministro de energía a al menos un haz (21a;21b;21c;
21d;21e) de fibras (20) conductoras conectado eléctricamente a la fuente (15) de energía, estando conectado el dispositivo de interfaz al dispositivo (11) de control y a la fuente de energía.

20

16. Sistema (10) según la reivindicación 15, en el que el dispositivo (13) de interfaz comprende un canal para cada haz (21a;21b;21c;21d;21e) de fibras conductoras al que se conecta.

- 25 17. Sistema (10) según la reivindicación 16, que comprende un elemento actuador (16a;16b;16c;16d;16e) para cada canal del dispositivo (13) de interfaz, estando conectado eléctricamente cada elemento actuador a la fuente (15) de energía y al canal correspondiente del dispositivo de interfaz.

30 18. Sistema (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17, en el que la fuente (15) de energía comprende una fuente de corriente que se selecciona de entre al menos:

- una fuente de corriente alterna;
- una fuente de corriente continua.

19. Sistema (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18, en el que el dispositivo (12) de captura de temperaturas comprende al menos una cámara termográfica.

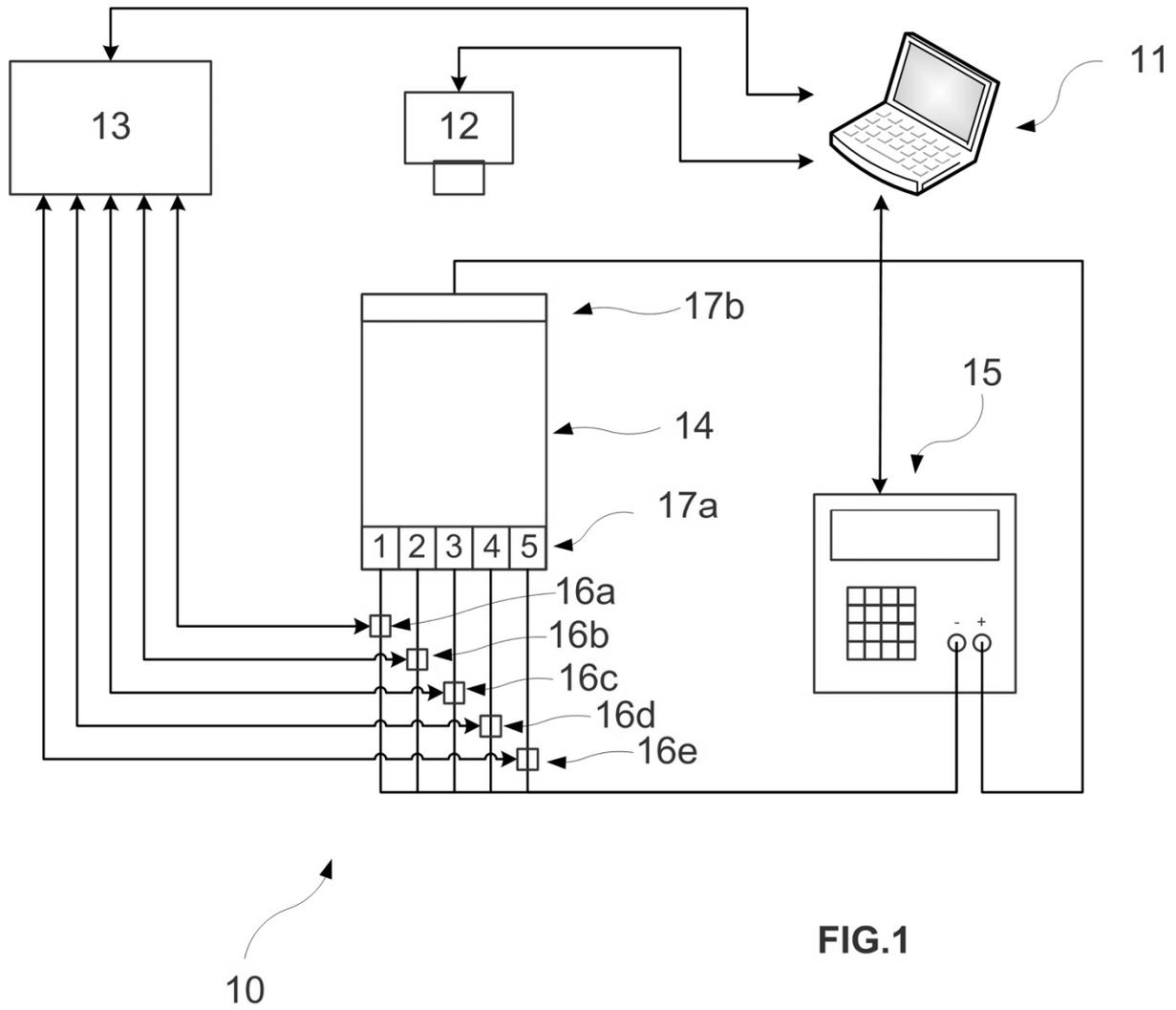


FIG.1

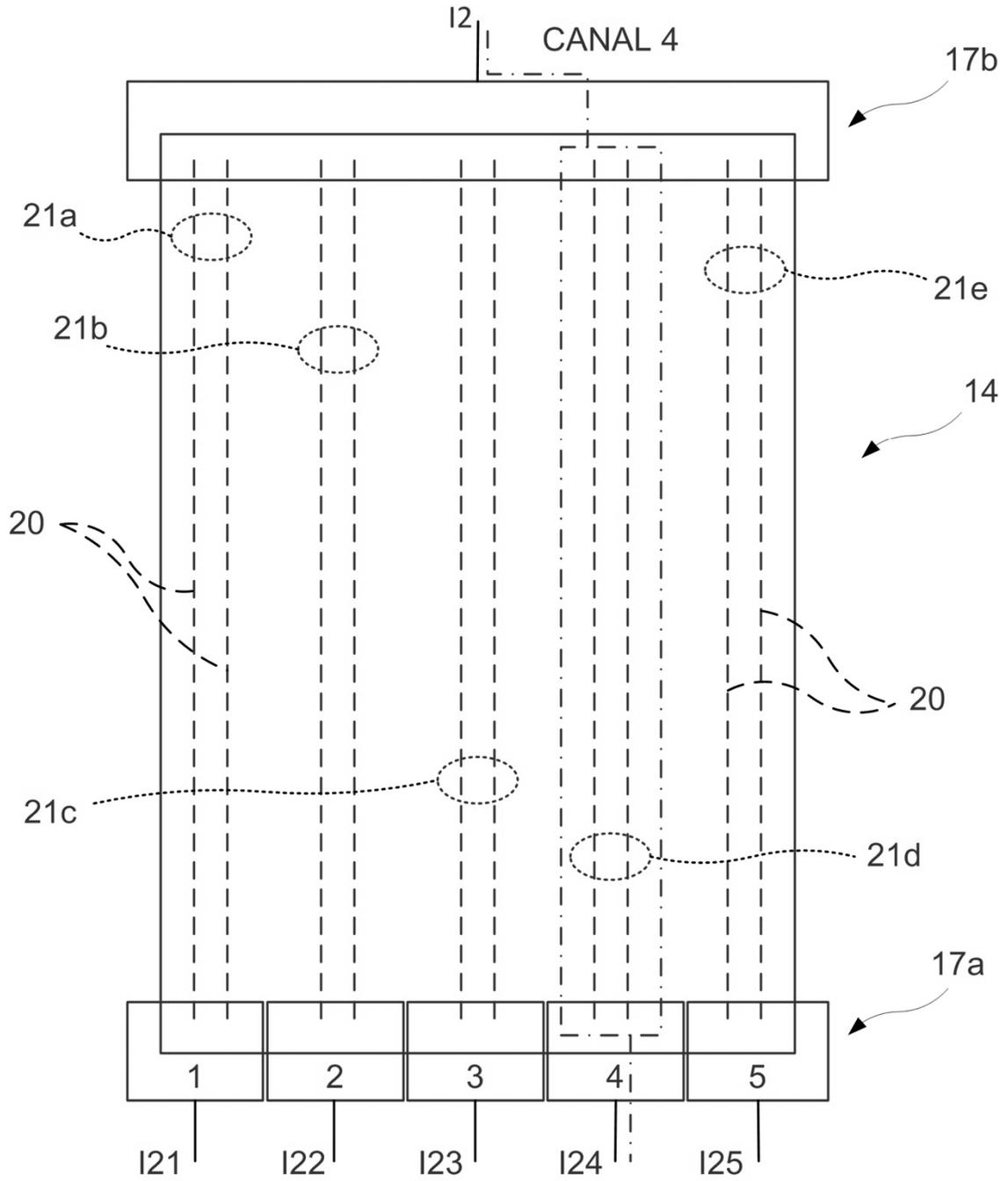


FIG.2

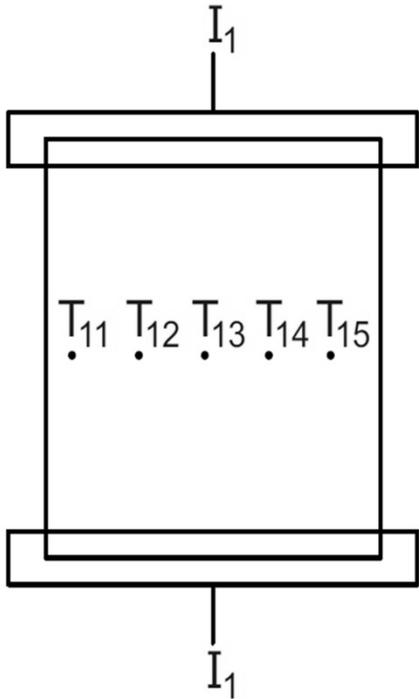
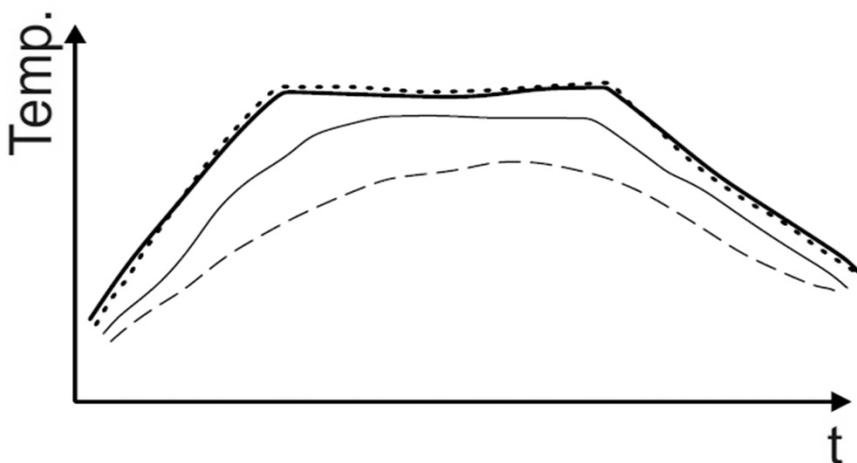


FIG.3

- Temperatura programada
- T13 (punto de referencia)
- T12, T14
- - - T11, T15



ESTADO DE LA TÉCNICA

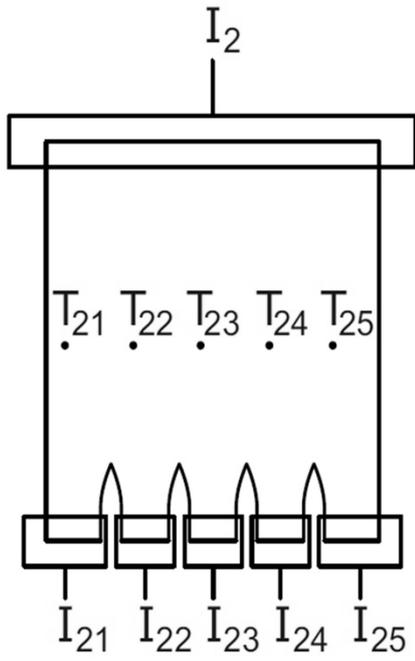
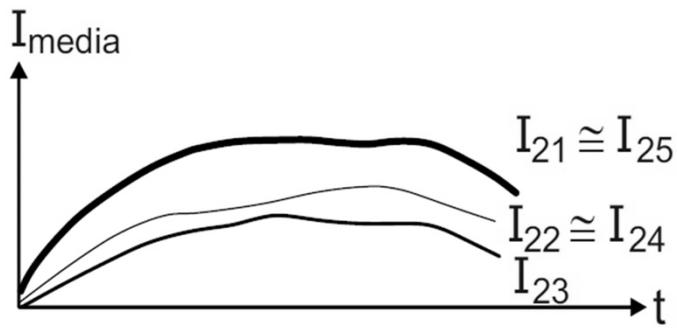
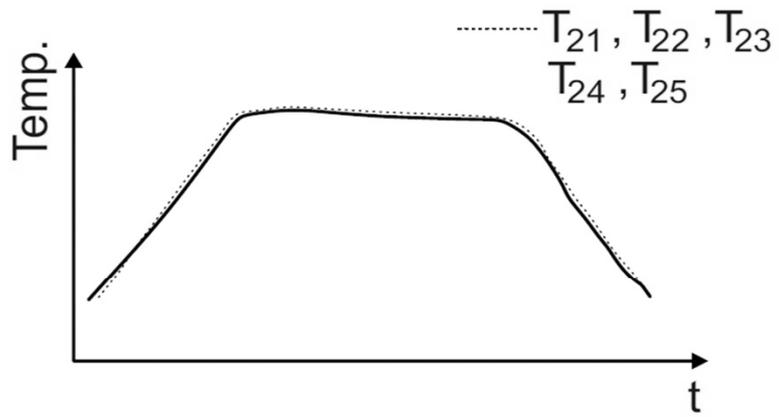


FIG.4





OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201831216

②② Fecha de presentación de la solicitud: 14.12.2018

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **B29C35/02** (2006.01)
B29C70/88 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	WO 2018077482 A1 (RUAG SCHWEIZ AG) 03/05/2018, Figuras, páginas 25 y 26.	1-19
A	US 6146576 A (BLACKMORE RICHARD D) 14/11/2000, resumen, figuras.	1-19
A	US 4385957 A (WACKERLE PETER et al.) 31/05/1983, resumen, figuras.	1-19

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
04.02.2020

Examinador
A. Pérez Igualador

Página
1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B29C

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC