

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 660 497**

51 Int. Cl.:

B29C 70/38 (2006.01)

B29C 35/08 (2006.01)

B29C 65/38 (2006.01)

B32B 37/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.08.2013 PCT/GB2013/052126**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.02.2014 WO14029969**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2013 E 13762203 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2017 EP 2888096**

54 Título: **Método y aparato para fabricar artículos compuestos**

30 Prioridad:

22.08.2012 GB 201214917

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

22.03.2018

73 Titular/es:

**THE UNIVERSITY OF BRISTOL (100.0%)
Senate House Tyndall Avenue Clifton
Bristol BS8 1TH, GB**

72 Inventor/es:

**WILLIAMS, DAVID;
RICCI, RENATO;
STONEMAN, ALEX;
GROVES, DAVID y
DRANE, ANDREW**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 660 497 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

Método y aparato para fabricar artículos compuestos

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere en general a la fabricación de artículos compuestos a partir de capas de material compuesto y, en particular, aunque no en exclusiva, al calentamiento de materiales compuestos durante la fabricación de artículos compuestos.

Antecedentes de la invención

10 Los materiales compuestos para su uso en la fabricación de artículos compuestos normalmente consisten en fibras de refuerzo, tales como fibras de carbono o fibras de vidrio, unidas por un material de "matriz" tal como resina epoxi. Tales materiales compuestos típicamente se forman inicialmente como capas relativamente delgadas, flexibles y moldeables. Antes de que la resina de la matriz en las capas se haya curado (endurecido) para producir artículos finales, las capas a menudo se denominan "prepreg". Los artículos compuestos formados a partir de capas (u hojas) de prepreg, típicamente requieren una fuente de calor durante la fabricación para aumentar la adherencia (adhesividad) de las capas a medida que se juntan. La fuente de calor generalmente necesita aplicar energía de manera rápida, constante y controlable para facilitar una fabricación eficiente. Cuando las capas de prepreg se juntan formando un artículo, normalmente se someten a temperaturas y presiones altas para "curar" el material compuesto, es decir, para formar los enlaces químicos que hacen que el artículo final sea característicamente fuerte y rígido.

20 Se sabe que se pueden fabricar artículos compuestos mediante un proceso manual de deposición de capas de prepreg y mediante procesos automatizados de deposición de fibras (AFP), por ejemplo, cuando se controlan brazos robotizados para formar capas mediante la aplicación de tiras de material compuesto, conocidas como haces, ya sea inicialmente sobre un molde (o 'herramienta') o en capas de prepreg previamente depositadas sobre un molde. En un proceso AFP típico, los haces se depositan y luego se comprimen sobre la capa o capas previas usando un rodillo, transportado por un cabezal en el extremo del brazo robotizado. Las realizaciones de la presente invención se pueden aplicar tanto a procesos manuales como a procesos AFP de todo tipo.

30 Por ejemplo, del documento US7731816 se sabe que un sistema AFP emplea un calentador por rayos infrarrojos (IR) como fuente de calor. Además de poder controlar el calor emitido por el calentador IR variando la corriente de entrada, el documento US7731816 propone emplear una disposición de gas calentado adicional para ayudar a calentar una herramienta o haces que previamente se han depositado sobre la herramienta para mitigar "picos de intensidad" del calentador IR, que de lo contrario podría calentar la herramienta o los haces por encima de un punto de combustión del material compuesto que se está desplegado. Además, el documento US7731816 propone un mecanismo de enfriamiento adicional, que puede controlarse para expulsar aire limpio y seco (u otros gases tales como nitrógeno) a temperatura ambiente o por debajo de la misma, sobre la herramienta o sobre los haces previamente depositados, para eliminar el calor más rápidamente durante la fabricación, a fin de aumentar la capacidad de control y, de nuevo, para evitar el calentamiento cerca o por encima del punto de combustión.

35 El documento US 2006/048881 A1 se refiere a la guía o dirección precisa de luz láser pulsada en áreas controladas con precisión del velo de resina, para adherir entre sí capas de cinta de fibra, tales como cinta de fibra de carbono. El velo de resina se calienta de manera selectiva en áreas específicas mediante energía radiante pulsada de uno o más láseres.

40 El documento WO 2009/103981 A1 se refiere a un aparato de unión en el que unos materiales termoplásticos primero y segundo se unen mediante un calentador que calienta una superficie de unión del primer material para fundir dicha superficie y un medio móvil para mover los dos materiales juntos en un estado unido.

Sumario de la invención

45 Según un primer aspecto, la presente invención proporciona un método según la reivindicación 1 para fabricar un artículo compuesto a partir de un material compuesto que comprende aumentar la adherencia de superficie de una superficie de contacto exponiendo la superficie de contacto, que entra en contacto con otra superficie durante dicha fabricación, a impulsos de radiación emitidos por una fuente de radiación pulsada.

Dependiendo del contexto, fabricación puede significar la producción de un nuevo artículo compuesto o la reparación de un artículo compuesto existente que, por ejemplo, se ha dañado.

50 De acuerdo con un segundo aspecto, la presente invención proporciona un aparato de acuerdo con la reivindicación 12 para fabricar un artículo compuesto a partir de un material compuesto, comprendiendo el aparato una fuente de radiación pulsada y un controlador para controlar el funcionamiento de la fuente de radiación pulsada para exponer una superficie de contacto, que entra en contacto con otra superficie durante dicha fabricación, a impulsos de radiación emitidos por la fuente de radiación pulsada, en el que los impulsos de radiación emitidos por la fuente de radiación pulsada están configurados para aumentar la adherencia de superficie de la superficie de contacto.

Breve descripción de los dibujos

Varias características y ventajas de la invención quedarán claras a partir de la siguiente descripción de realizaciones de la invención, dada únicamente a modo de ejemplo, que se realiza con referencia a los dibujos adjuntos, de los cuales:

5 La figura 1 es un gráfico de temperatura frente a tiempo que ilustra cómo varía la temperatura de superficie de un material compuesto cuando se expone a un impulso de radiación electromagnética;

La figura 2 es un gráfico de temperatura frente a tiempo que ilustra cómo varía la temperatura de superficie de un material compuesto cuando se expone a una secuencia de impulsos de radiación electromagnética;

10 Las figuras 3a y 3b son diagramas esquemáticos de cabezales alternativos del tipo empleado en sistemas AFP de acuerdo con realizaciones de la presente invención;

La figura 4 es un diagrama esquemático de un sistema alternativo en el que capas de material compuesto depositado previamente se mueven por debajo de un conjunto de fuentes de radiación pulsada según realizaciones de la presente invención

15 Las figuras 5a y 5b son diagramas esquemáticos que ilustran dos tipos de reflector conformado que pueden emplearse para centrar impulsos de radiación que son emitidos por respectivas fuentes de radiación pulsada sobre objetivos respectivos;

Las figuras 5c y 5d son diagramas esquemáticos que ilustran dos tipos de reflector conformado que pueden emplearse para centrar impulsos de radiación que son emitidos por respectivas fuentes de radiación pulsada sobre objetivos respectivos a través de filtros de radiación;

20 La figura 6 es un diagrama esquemático de un circuito para controlar un sistema AFP de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

25 A continuación, se describen más detalladamente varias realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos que se acompañan. Se apreciará que la aplicación de la invención no está limitada a los detalles del método y la disposición de componentes, como se expone en la siguiente descripción o se ilustra en los dibujos. Será evidente para una persona experta en la técnica que son posibles otras realizaciones de la presente invención que no se detallan en la descripción y que estarán dentro del ámbito de aplicación de las presentes reivindicaciones. En consecuencia, la siguiente descripción no debe interpretarse como limitativa de ninguna manera y el ámbito de aplicación de la protección se define únicamente en las reivindicaciones adjuntas.

30 En términos generales, las realizaciones de la presente invención emplean una disposición de calentamiento alternativa, que puede usarse en todo tipo de procesos de fabricación manual o AFP, para calentar de forma controlable una "superficie de contacto" de al menos uno de: un molde o una herramienta sobre la que se va a depositar una capa o haz de prepreg; una capa o haz de prepreg que está a punto de depositarse, por ejemplo, sobre un molde o herramienta; una capa o haz previamente depositado de prepreg antes de depositar otras capas o haces sobre el mismo; o un artículo compuesto o parte que se está reparando. Se apreciará que el calentamiento de una superficie de contacto, por ejemplo, para aumentar la adherencia, típicamente da como resultado un calentamiento de la mayor parte del material por debajo de la superficie de contacto. El grado y profundidad de calentamiento de la mayor parte del material depende de varios factores tales como, por ejemplo, la intensidad y la longitud o longitudes de onda de la radiación a la que está expuesta la superficie de contacto y las características de calentamiento (por ejemplo, conductividad) del material que se está calentando. La superficie de contacto se denomina aquí superficie de contacto ya que, una vez calentada, entra en contacto con otra superficie.

45 El sistema de calentamiento según las realizaciones de la presente invención emplea como fuente de calor una fuente de radiación electromagnética pulsada (o simplemente una "fuente de radiación pulsada"). Tal como se describe después, las realizaciones de la presente invención emplean, como fuente de radiación pulsada, una lámpara de destellos de Xenón de tipo generalmente conocido, que puede emitir un espectro de radiación de banda relativamente ancha que incluye uno o más de componentes de radiación IR, luz visible y ultravioleta (UV).

50 Tal como se utiliza en el presente documento, una lámpara de destellos es un tipo de lámpara de arco eléctrico diseñada para proporcionar impulsos cortos (o destellos) de radiación incoherente de alta energía con un contenido espectral relativamente amplio. Las lámparas de destellos se han utilizado en aplicaciones fotográficas, así como en varias aplicaciones científicas, industriales y médicas. El uso de un sistema de radiación pulsada, en lugar de un sistema de calentamiento continuo, abre una serie de nuevas opciones para controlar la temperatura de calentamiento, como se describirá aquí.

55 Las lámparas de destellos conocidas comprenden típicamente una longitud de tubo de vidrio que forma una bombilla cerrada con electrodos en cada extremo. La bombilla se llena con un gas que, cuando se "activa", se ioniza y conduce un impulso de alto voltaje entre los electrodos para producir la radiación (que, por lo general, incluye luz

visible). Se pueden usar gases nobles, tales como argón, xenón y criptón y proporcionar diferentes espectros de salida respectivos adecuados para diferentes aplicaciones. Se conoce ajustar el espectro de salida de una lámpara de destellos seleccionando diferentes combinaciones de gas, presión de gas, voltaje y densidad de corriente, entre otras cosas. También se pueden usar otros gases que incluyen, aunque no se limitan a, nitrógeno, neón o helio. El vidrio que forma la envuelta exterior de una bombilla suele ser de cuarzo fundido y puede doparse con materiales (tales como cerio) para suprimir o filtrar partes no deseadas del espectro. Tal como se usa en el presente documento, por motivos de conveniencia, el término "lámpara de destellos" abarca típicamente al menos la bombilla y el circuito de activación asociado.

En el presente documento, para calentar las superficies de contacto, el proceso puede optimizarse ajustando uno o más de una serie de parámetros de sistema, que incluyen, aunque no se limitan a: el número de impulsos, el ancho de impulso (o duración de destello), la intensidad de impulso y la frecuencia de impulso. Tal como se describe después, también se pueden emplear reflectores conformados o 3D para centrar y controlar la dirección de la radiación emitida. Reflectores 3D adecuados pueden comprender superficies planas, curvadas individualmente o doblemente curvadas.

Los ensayos han demostrado que una lámpara de destellos de xenón es capaz de calentar superficies de contacto, por ejemplo, de muestras de materiales compuestos, de forma rápida y constante y de manera controlable, normalmente superando el rendimiento de otras fuentes de calor, tales como fuentes de calor IR conocidas. Además, después de un impulso, los gases se enfrían relativamente rápido, es decir, retienen menos calor residual que los calentadores a base de filamentos (una vez "apagados"), lo que significa que las lámparas de destellos proporcionan un mayor control sobre la velocidad de calentamiento y enfriamiento durante el funcionamiento, en comparación con calentadores a base de filamentos, y pueden evitar subsistemas de calentamiento y enfriamiento completamente suplementarios que se enseñan en la técnica anterior. Esta mayor capacidad de control de calentamiento y enfriamiento también admite, por ejemplo, mayores velocidades de fabricación, por lo que se pueden aumentar las velocidades relativas entre un calentador y una superficie de contacto que se calienta.

Los ensayos también han demostrado que las fuentes de calor pulsado de lámparas de destellos tienen la capacidad de generar temperaturas de superficie e internas en materiales compuestos que son adecuadas para usar tanto con materiales termoplásticos como con materiales termocurables; los primeros requieren típicamente temperaturas más altas para sus procesos de fabricación (hasta 500 °C o 600 °C para el curado) mientras que los segundos requieren típicamente temperaturas más bajas (hasta 250 °C para el curado) para sus procesos de fabricación. Además, las fuentes de calor pulsado tienen aplicación en muchos otros procesos de materiales compuestos, tales como conformación en caliente, donde se calienta un material compuesto y luego se presiona entre dos caras de un molde, y en la reparación de artículos compuestos, donde un material de reparación se calienta y se introduce en un área dañada (que también puede, además o en su lugar, calentarse) para formar una unión entre partes adyacentes (que actúa como un "pegamento" o "soldadura" al enfriar). Las realizaciones de la invención abarcan todos los procesos de fabricación de materiales compuestos de este tipo.

La figura 1 es un gráfico que muestra una temperatura de superficie ilustrativa de una muestra de material compuesto frente al perfil de tiempo que se obtiene a partir de un solo destello de una lámpara de destellos de xenón sobre la superficie de una muestra de material prepreg compuesto.

Tal como se ilustra en la figura 1, un solo impulso (destello) en aproximadamente el tiempo T1 provoca un calentamiento relativamente rápido de la superficie de la muestra de material compuesto. La duración de impulso puede controlarse típicamente desde unos pocos milisegundos hasta decenas de milisegundos, y el tiempo de calentamiento del material compuesto generalmente coincide con la duración de impulso durante una fase de calentamiento P1. Después del impulso, a partir del tiempo T2, la superficie del material compuesto se enfría con relativa rapidez, aunque el cambio de temperatura no es tan rápido como en la fase de calentamiento. Se muestra que la fase de enfriamiento tiene un perfil de caída de calor razonablemente exponencial, con una reducción característica inicialmente rápida de la temperatura, por ejemplo, durante una primera parte P2 de la fase de enfriamiento, seguida de una reducción relativamente más lenta de la temperatura, por ejemplo, durante la parte restante P3 de la fase de enfriamiento. En general, la fase de enfriamiento (P2 + P3) es relativamente mucho más larga que la fase de calentamiento P1, no volviendo la temperatura de superficie al punto de partida durante un período de tiempo significativo, tal vez, variando de milisegundos a segundos. Con respecto a un material compuesto, y más en general con respecto a cualquier otra superficie de contacto que se está calentando, se ha demostrado, mediante ensayos, que un perfil de enfriamiento depende de varios factores tales como el material de las herramientas (u otra superficie de contacto), el espesor de la configuración compuesta, la temperatura ambiente y cualquier temperatura residual que quede en la bombilla (u otra fuente de calor pulsado).

Tal como se ilustra en el gráfico de la figura 2, se puede emplear una secuencia de impulsos (destellos) en sucesión rápida para elevar la temperatura de superficie de una capa de prepreg (o cualquier otra superficie de contacto, tal como una herramienta) de una manera extremadamente controlada. La temperatura puede controlarse, por ejemplo, de acuerdo con el número de impulsos y el tiempo entre impulsos, lo que, en el ejemplo ilustrativo mostrado, es un impulso aproximadamente cada cinco segundos. Naturalmente, se pueden emplear frecuencias de impulso más altas y más bajas dependiendo del perfil de calentamiento requerido. Una vez que la superficie ha alcanzado una temperatura objetivo, el tiempo entre impulsos se puede aumentar para mantener la temperatura deseada.

Naturalmente, otros parámetros de impulso, tales como intensidad del impulso, pueden modificarse en lugar de, o además de, la frecuencia de impulso para controlar y mantener temperaturas objetivo. Se apreciará que una temperatura media variable en el tiempo 200 en la superficie, debido al calentamiento relativamente corto P1 y a fases de enfriamiento P2 + P3 relativamente más largas, está más cerca de la temperatura durante la parte más lenta P3 de la fase de enfriamiento que la temperatura durante la parte inicial P2 de la fase de enfriamiento (como se ilustra en la figura 1). Esto ilustra el potencial de emplear múltiples impulsos para lograr y después mantener una temperatura objetivo. La combinación de calentamiento rápido (durante los impulsos) y enfriamiento relativamente lento (entre los impulsos) proporciona un nuevo método de control de temperatura durante la fabricación o reparación de artículos compuestos. Por ejemplo, de acuerdo con realizaciones de la presente invención, como la temperatura de superficie varía entre los picos más altos y las áreas de enfriamiento más bajas, la demora de tiempo entre calentar las superficies y juntar las superficies puede variarse para alcanzar la temperatura óptima para el proceso. En consecuencia, se pueden aprovechar los picos de temperatura de superficie, sin tener que calentar la mayor parte de un material a esa temperatura alta.

Parte de un sistema AFP ejemplar según una realización de la presente invención, se ilustra en la figura 3a. Las partes del sistema que no se ilustran generalmente se conocen de la técnica anterior.

Tal como se muestra, un cabezal AFP 300, que normalmente se monta en el extremo de un brazo robotizado controlado por ordenador (no mostrado) de una manera conocida, se usa para formar capas 305 de material compuesto aplicando haces 310 de material compuesto sobre las capas previamente depositadas 305 de material compuesto. Tal como se ilustra, el cabezal AFP 300 contiene una lámpara de destellos 315a delante (en una dirección de desplazamiento del cabezal 300, el eje x) de un rodillo 320, que actúa para establecer y aplicar presión a un haz 310 más reciente. Tal como se muestra, la lámpara de destellos 315a actúa para calentar una región 325a, una "región de calentamiento" de la superficie de contacto, de los haces previamente depositados 305, antes de establecer el haz nuevo 310, con el fin de aumentar la adherencia de superficie de los haces previamente depositados. El aumento de adherencia mejora la adhesión entre los haces previamente establecidos 305 y el haz nuevo 310.

Parte de un sistema AFP ejemplar alternativo de acuerdo con una realización de la presente invención se ilustra en la figura 3b. Los elementos de la figura 3b que son los mismos que los de la figura 3a se indican con los mismos números de referencia y no se describen nuevamente. A diferencia de la figura 3a, una lámpara de destellos 315b en la figura 3b está montada sobre un cabezal 300 y orientada de modo que los impulsos de radiación emitidos se dirigen a una región de calentamiento 325b de un haz 310 que se mueve a través del cabezal 300 y se coloca. Al igual que en la figura 3b, la operación de calentamiento está destinada a aumentar la adherencia y a mejorar la adhesión entre los haces previamente depositados 305 y el haz nuevo 310.

En otras realizaciones alternativas de la invención, pueden montarse y disponerse varias lámparas de destellos (u otras fuentes de radiación pulsada) para calentar de forma sustancialmente simultánea tanto haces nuevos como capas de material compuesto previamente depositadas. Naturalmente, una o más lámparas de destellos (u otras fuentes de radiación pulsada) pueden, en su lugar o, además, montarse y disponerse para calentar cualquier otro elemento o superficie del sistema, cuando sea necesario.

En la práctica, se pueden controlar parámetros de lámpara de destellos, tal como la frecuencia de impulso, de acuerdo con una velocidad de cabezal requerida, es decir, la velocidad con la que el cabezal se mueve a través de la herramienta o de haces previamente depositados, para alcanzar y mantener una temperatura objetivo. En particular, a medida que aumenta la velocidad de cabezal, la frecuencia de los destellos aumenta también (o viceversa). El grado de calentamiento puede controlarse, además, o alternativamente, variando al menos una distancia de la lámpara de destellos desde la superficie de contacto y el ángulo de la lámpara de destellos en relación con la superficie de contacto. Además (o alternativamente) se puede colocar un filtro de radiación entre la lámpara de destellos y la superficie de contacto. Tal filtro puede formarse como parte de la bombilla de la lámpara de destellos o como una estructura intermedia entre la bombilla y la superficie de contacto que se calienta.

En otras realizaciones, la lámpara de destellos puede no estar contenida en un cabezal que deposita haces. Por ejemplo, la lámpara de destellos puede estar contenida, sin limitación, en un brazo robotizado diferente u otra disposición, lo que asegura que se consiga un calentamiento adecuado de la región de calentamiento. Además, o alternativamente, un sistema puede tener un lecho en el que se apoya una herramienta o capas de material compuesto previamente depositadas, y el lecho puede estar dispuesto para moverse con respecto a un cabezal estático, o cada uno del cabezal y el lecho puede estar dispuesto para moverse uno con respecto a otro, por ejemplo, a lo largo del mismo eje (por ejemplo, el eje x) de movimiento. Es decir, las realizaciones de la presente invención incorporan, en términos generales y sin limitación, un cabezal (u otra disposición que contiene la fuente de radiación pulsada) y una herramienta o capas previamente depositadas de material compuesto (o capas a punto de ser depositadas sobre un herramienta o capas previamente depositadas) dispuestas para moverse una con respecto a otra mediante cualquier un medio adecuado.

La figura 4 ilustra una realización de la presente invención en la que un conjunto de lámparas de destellos 400 están dispuestas para calentar una superficie de contacto que comprende capas 405 de material compuesto, que se apoyan en un lecho (no mostrado) que se mueve por debajo del conjunto 400 a lo largo de un eje de movimiento (eje

x). El conjunto de lámparas de destellos 400 puede comprender una sola lámpara de destellos o varias lámparas de destellos, por ejemplo, dispuestas en una disposición bidimensional o tridimensional. El conjunto puede montarse en un pórtico (no mostrado) por encima del lecho. Cuando hay varias lámparas de destellos, se pueden controlar para que parpadeen de forma sustancialmente simultánea (es decir, al mismo tiempo o casi al mismo tiempo en el contexto de las velocidades de fabricación que se emplean y los perfiles de calentamiento y enfriamiento que se desean) o de una manera demorada (por ejemplo, escalonada). Alternativamente, cada una de las múltiples lámparas de destellos puede tener un sistema de control independiente y estar dispuesta para parpadear cuando se requiera para alcanzar un perfil de calentamiento predeterminado en la superficie de contacto de capas previamente depositadas o en un molde. Tal disposición se puede emplear, por ejemplo, en un proceso en el que capas de material compuesto se depositan manualmente o como parte de un sistema AFP. En esta realización (y en todas las demás realizaciones), una distancia entre el conjunto de lámparas de destellos y la superficie de contacto a calentar puede controlarse a lo largo de un segundo eje (eje y), para aumentar así el control del calentamiento.

En realizaciones alternativas (no ilustradas en este documento), un conjunto de lámparas de destellos podrían montarse por debajo, además o en lugar de por encima, de una superficie de contacto para calentar. Por ejemplo, si se dispone un conjunto de lámparas de destellos por encima y por debajo (o, más generalmente, en cada lado) de una o más capas de material compuesto que forman una estructura compuesta, sería posible calentar ambas superficies de contacto respectivas de forma sustancialmente simultánea, por ejemplo, para aumentar la adherencia en ambos lados. Esta disposición podría, por ejemplo, aplicarse de manera beneficiosa en sistemas en los que se depositan capas o haces nuevos de forma sustancialmente simultánea en ambos lados de una estructura compuesta existente. Además, el uso de conjuntos de lámparas de destellos para calentar ambos lados de una estructura compuesta existente podría emplearse para calentar la mayor parte del material de manera más rápida y uniformemente. Esto, por ejemplo, puede ser deseable en aplicaciones de conformación en caliente.

Hay varias formas en las que se puede precaracterizar un grado de calentamiento de un material compuesto mediante una lámpara de destellos según realizaciones de la presente invención. Por ejemplo, el grado de calentamiento mediante una lámpara de destellos dada de la superficie de contacto de una muestra dada de material compuesto se puede caracterizar empíricamente midiendo la temperatura de superficie de la muestra mientras se varía uno de los parámetros mencionados anteriormente, que incluyen, aunque no se limitan a: la distancia de la lámpara de destellos desde la muestra, la frecuencia de impulso de la lámpara de destellos y la intensidad de impulso (potencia) y la duración de impulso. Los resultados de la caracterización pueden aplicarse después a un sistema AFP comercial, que emplea un tipo similar de lámpara de destellos para calentar un tipo similar de material compuesto, por ejemplo, para especificar los parámetros de la lámpara de destellos y la velocidad de movimiento de un cabezal. En realizaciones alternativas de la presente invención, se puede emplear un sistema de control de bucle cerrado en el que uno o más sensores de temperatura detectan la temperatura de superficie de capas de material compuesto previamente depositadas. Las señales procedentes del sensor o sensores de temperatura se alimentan a circuitos de control de cabezal y/o de lámpara de destellos, para variar uno o más parámetros de la lámpara o lámparas de destellos y/o del cabezal, para asegurar que la temperatura de la superficie del material compuesto permanezca cerca de una temperatura objetivo y no se aproxime a una temperatura de combustión del material.

Como ya se ha descrito, hay muchos parámetros de lámpara de destellos que pueden variarse para influir en el efecto de calentamiento de cualquier lámpara de destellos dada. Además, el efecto de calentamiento de una lámpara de destellos puede verse significativamente influenciado, por ejemplo, por un reflector que dirige la radiación de la lámpara de destellos hacia la región de calentamiento de un molde o de una capa de material compuesto previamente depositada. Tal como se ilustra en la figura 5a, un reflector 500 puede diseñarse de manera conocida para reflejar radiación emitida desde una lámpara de destellos 505 a una región de calentamiento relativamente estrecha 510 sobre una superficie de contacto o, como se ilustra en la figura 5b, un reflector 515 puede diseñarse para reflejar radiación emitida desde una lámpara de destellos 520 a una región de calentamiento relativamente amplia 525 en una superficie de contacto. En términos generales, el tamaño de la región puede determinarse por la forma del reflector, pero también puede variarse en funcionamiento controlando el espacio entre la lámpara de destellos y el reflector. La intensidad de la radiación reflejada también se verá significativamente influenciada por el acabado de superficie y el material del reflector. Los reflectores también pueden ser de longitud de onda selectiva, por ejemplo, comprenden un material que es más reflectante a ciertas longitudes de onda de radiación (por ejemplo, componentes de longitud de onda IR que actúan beneficiosamente para calentar el material compuesto) y menos reflectante a otros componentes de longitud de onda (por ejemplo, componentes UV que pueden actuar menos para calentar el material compuesto). Se pueden formar reflectores adecuados íntegramente en una superficie interior o exterior de una bombilla de lámpara de destellos o pueden fabricarse por separado y luego colocarse adecuadamente cerca de la bombilla de lámpara de destellos. La radiación incidente que no es reflejada por los reflectores en los ejemplos de las figuras 5a y 5b, no se ha ilustrado o no se ha tenido en cuenta en este documento únicamente por razones de simplicidad de ilustración, y será evidente para el experto en la materia que una parte importante de la radiación que alcanza la superficie de contacto será dirigida desde la lámpara de destellos; a menos que sea específicamente filtrada o bloqueada por una disposición de filtro intermedio.

En realizaciones alternativas a las ilustradas en las figuras 5a y 5b, como se muestra en las figuras 5c y 5d, las disposiciones de reflector 500, 515 pueden estar acompañadas de filtros de radiación respectivos 530, 535. Los filtros 530, 535 pueden disponerse para atenuar ciertas longitudes de onda de radiación y/o pasar determinadas

bandas de radiación de longitud de onda de manera conocida. Se pueden emplear diferentes combinaciones de reflector y filtro para muchos requisitos diferentes. Naturalmente, se pueden emplear filtros sin emplear reflectores.

Además de su capacidad de control, las lámparas de destellos pueden tener una salida de radiación de banda relativamente ancha. Por ejemplo, como se indicó anteriormente, una lámpara de destellos de xenón puede disponerse para emitir un espectro de radiación de banda relativamente ancha que incluye luz visible y componentes de radiación IR y UV. Se sabe que la salida espectral de una lámpara de destellos puede determinarse por el tipo de gas utilizado, por la presión del gas en la bombilla y por el diseño de la misma bombilla. Para cualquier diseño dado de lámpara de destellos, el espectro de salida también puede estar influenciado por la densidad de voltaje y corriente aplicados a través del gas. Por ejemplo, las densidades de corriente más altas tienden a suministrar un espectro continuo más plano mientras que las densidades de corriente más bajas pueden suministrar picos más pronunciados a diferentes longitudes de onda. Las bandas espectrales no deseadas se pueden eliminar mediante el uso de filtros. En consecuencia, para cualquier salida espectral dada que se requiera para un sistema particular de material compuesto, se puede seleccionar (o diseñar) y desplegar un sistema adecuado de filtro y lámpara de destellos.

La capacidad de seleccionar y controlar lámparas de destellos de esta manera brinda oportunidades para optimizar el perfil de radiación de salida de una lámpara de destellos. Por ejemplo, prepreg comprende tanto materiales componentes de fibra como de matriz. Cada uno de estos materiales componentes puede absorber y calentar de forma diferente para un rango de longitudes de onda dado. Tales características de calentamiento diferentes y desiguales pueden no ser deseables en algunas situaciones. De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, se selecciona una fuente de lámpara de destellos que tenga múltiples picos de radiación de salida, que correspondan sustancialmente a picos de absorción de radiación de cada uno de los materiales componentes. De esta forma, cada uno de los materiales componentes se puede calentar de acuerdo con un perfil de calentamiento similar (es decir, aumento de la temperatura frente a tiempo). Esto puede lograr un perfil de calentamiento más constante y eficiente para el material compuesto como un todo. En otras realizaciones, una lámpara de destellos se selecciona para que tenga un espectro de radiación relativamente plano (por ejemplo, sustancialmente continuo) que abarca picos de absorción de radiación de cada uno de los materiales componentes, teniendo así un perfil de calentamiento igualmente eficiente para cada material componente.

La capacidad de salida de radiación de banda relativamente ancha de lámparas de destellos ofrece oportunidades adicionales durante la fabricación de material compuesto. De acuerdo con realizaciones de la presente invención, se selecciona una lámpara de destellos que produce componentes de radiación IR y UV. Mientras que los componentes IR se seleccionan para provocar un efecto de calentamiento requerido de una superficie de contacto, por ejemplo, de un molde, capas de material compuesto depositadas previamente o capas a punto de ser depositadas, los componentes UV se seleccionan para curar al menos parcialmente (o iniciar el curado de) capas previamente depositadas de material compuesto. Además, el material de matriz del compuesto puede diseñarse preferentemente para absorber la radiación UV para mejorar el curado. Esto, por ejemplo, proporciona una oportunidad para acelerar el proceso de fabricación reduciendo, o eliminando por completo, el tiempo necesario, después de que se hayan agregado todas las capas, para calentar y curar el artículo compuesto final. Más en general, por ejemplo, el material compuesto puede diseñarse preferentemente, incluyendo el dopado con compuestos o elementos que tienen características de absorción o reacción incrementadas en respuesta a longitudes de onda de radiación particulares o bandas de longitud de onda que son emitidas por fuentes de radiación pulsada. Como ejemplo adicional, el material compuesto puede estar recubierto con una capa superficial de un material alternativo que absorbe o refleja preferentemente longitudes de onda particulares o bandas de longitud de onda que son emitidas por fuentes de radiación pulsada.

La figura 6 ilustra un sistema de control AFP ejemplar de acuerdo con realizaciones de la presente invención. El sistema de control comprende un controlador de sistema AFP 600, que controla el funcionamiento global del sistema, por ejemplo, según un programa de control incorporado. El programa de control normalmente puede modificarse cargando un código revisado, desde un terminal de usuario (no mostrado) de una manera conocida e incluye una temperatura objetivo y posiblemente un perfil de temperatura objetivo (que, por ejemplo, especifica velocidad de calentamiento y enfriamiento frente al tiempo). El controlador de sistema AFP 600 a su vez controla, a través de señalización y líneas de señalización adecuadas, un controlador de cabezal 610 y un controlador de lámpara de destellos 620. El controlador de cabezal 610 controla la velocidad y dirección de movimiento de un cabezal, que a su vez contiene una lámpara de destellos y un rodillo, por ejemplo, como se describe generalmente en relación con las figuras 3a o 3b. El controlador de la lámpara de destellos 610 controla al menos la intensidad del impulso y la temporización del impulso de la lámpara de destellos. El controlador de sistema AFP 600 recibe señales de temperatura de un sensor de temperatura 640. El sensor de temperatura 640 detecta la temperatura de al menos una superficie de contacto, por ejemplo, de una herramienta, de capas de material compuesto previamente depositado o de capas a punto de ser depositadas. Basado en las señales de temperatura del sensor de temperatura 640, y según su programa de control, el controlador de sistema AFP 600 controla el controlador de cabezal 610 para cambiar la velocidad del cabezal y/o del controlador de lámpara de destellos 620 para cambiar la intensidad y/o la frecuencia de destellos según sea necesario para alcanzar la temperatura objetivo y, si está presente, el perfil de temperatura objetivo. Los diferentes controladores en la figura 6 son típicamente controladores programables de tipo conocido, por ejemplo, que contienen circuitos de control adecuados y memorias que

contienen instrucciones de control adecuadas. Los controladores se comunican a través de interfaces eléctricas, ópticas o inalámbricas conocidas.

5 Las realizaciones anteriores se deben entender como ejemplos ilustrativos de la invención. Se prevén otras realizaciones de la invención. Por ejemplo, los sistemas de acuerdo con realizaciones de la presente invención pueden emplear varios tipos diferentes de lámparas de destellos, teniendo cada una un espectro de salida diferente (u otros parámetros diferentes). Por ejemplo, un tipo de lámpara de destellos puede emitir componentes de radiación IR significativos y otro tipo de lámpara de destellos puede emitir componentes UV significativos. Además, pueden montarse diferentes tipos de lámparas de destellos en diferentes ubicaciones: por ejemplo, se pueden montar lámparas de destellos IR delante de un rodillo en un sistema AFP para calentar capas de material compuesto
10 previamente depositadas, mientras que se pueden montar lámparas de destellos UV detrás del rodillo para producir al menos un grado de curado antes de que se deposite una nueva capa. Se conciben muchas otras disposiciones alternativas con base a las descripciones de este documento. Debe entenderse que cualquier característica descrita en relación con cualquier realización puede usarse sola o, si el contexto lo permite, en combinación con otras características descritas, y también puede usarse en combinación con una o más características de cualquier otra de
15 las realizaciones, o cualquier combinación de cualquier otra de las realizaciones. Además, también se pueden emplear equivalentes y modificaciones no descritas anteriormente sin apartarse del ámbito de aplicación de la invención, que se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para fabricar un artículo compuesto a partir de un material compuesto que comprende aumentar la adherencia de superficie de una superficie de contacto exponiendo la superficie de contacto, que entra en contacto con otra superficie durante dicha fabricación, a impulsos de radiación emitidos por al menos una fuente de radiación pulsada que comprende una lámpara de destellos (315a), en el que la exposición de la superficie de contacto a dichos impulsos provoca el calentamiento de la superficie de contacto.
- 10 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la superficie de contacto es al menos una de una capa de material compuesto que está depositada, una o más capas previamente depositadas (305) de material compuesto, un artículo que se está reparando (o un material compuesto que se está utilizando para efectuar la reparación) o una herramienta perfilada sobre la que se deposita una capa de material compuesto.
- 15 3. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende depositar una capa de material compuesto sobre una herramienta perfilada o sobre capas de material compuesto previamente depositadas.
4. Método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la capa de material compuesto se deposita progresivamente desde una primera región a una segunda región de las capas o herramienta perfilada, y la superficie de contacto o superficies de contacto, antes del sitio en el que la capa entra en contacto con las capas o herramienta perfilada, está o están expuestas a dichos impulsos de radiación.
- 20 5. Método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la capa de material compuesto se deposita progresivamente usando una disposición de cabezal, que contiene al menos una lámpara de destellos.
6. Método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la disposición de cabezal contiene un rodillo que aplica presión a la estructura resultante.
- 25 7. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye cambiar, durante dicha fabricación, al menos un parámetro seleccionado de entre: tasa de repetición de impulsos, intensidad de impulso, duración de impulso, una distancia de la fuente de radiación pulsada desde la superficie de contacto y un ángulo de incidencia de radiación que emite la fuente de radiación pulsada con respecto a la superficie de contacto.
- 30 8. Método de acuerdo con la reivindicación 7, que incluye establecer una temperatura objetivo para la superficie de contacto, supervisar la temperatura de la superficie de contacto durante dicha fabricación y controlar al menos uno de dichos parámetros para conseguir y/o mantener la temperatura objetivo en la superficie de contacto.
9. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la fuente de radiación pulsada comprende un tubo de descarga de gas; opcionalmente, en el que el tubo de descarga contiene un volumen de gas noble; y más opcionalmente, en el que el gas comprende xenón.
- 35 10. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los impulsos emitidos por la fuente de radiación pulsada comprenden un espectro que incluye una longitud de onda que actúa para al menos calentar la superficie de contacto; opcionalmente, en el que la longitud de onda está en la región visible, casi infrarroja o infrarroja del espectro.
- 40 11. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los impulsos emitidos por la fuente de radiación pulsada se centran sobre una región de calentamiento (325a) de la superficie de contacto mediante un reflector conformado o 3D (500).
- 45 12. Aparato para fabricar un artículo compuesto a partir de un material compuesto, comprendiendo el aparato; al menos una fuente de radiación pulsada que comprende una lámpara de destellos (315a), y un controlador (610) para controlar el funcionamiento de la fuente de radiación pulsada para exponer una superficie de contacto, que entra en contacto con otra superficie durante dicha fabricación, a impulsos de radiación emitidos por la fuente de radiación pulsada, en el que los impulsos de radiación emitidos por la fuente de radiación pulsada están configurados para aumentar la adherencia de superficie de la superficie de contacto, en el que la exposición de la superficie de contacto a dichos impulsos provoca el calentamiento de la superficie de contacto.
- 50 13. Aparato de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la superficie de contacto es al menos una de una capa de material compuesto que está depositada, una o más capas previamente depositadas (305) de material compuesto o una herramienta perfilada sobre la que se deposita una capa de material compuesto.
14. Aparato de acuerdo con la reivindicación 12 o la reivindicación 13, que comprende una disposición de cabezal para depositar una capa de material compuesto sobre una herramienta perfilada o sobre capas previamente depositadas (305) de material compuesto.

15. Aparato de acuerdo con la reivindicación 14, en el que la disposición de cabezal contiene la al menos una fuente de radiación pulsada.
16. Aparato de acuerdo con la reivindicación 15, en el que la disposición de cabezal contiene un rodillo configurado para aplicar presión a la estructura resultante.
- 5 17. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, que comprende un controlador (620) para cambiar, durante dicha fabricación, al menos un parámetro de la fuente de radiación pulsada seleccionado de entre: tasa de repetición de impulsos, intensidad de impulso, duración de impulso, una distancia de la fuente de radiación pulsada desde la superficie de contacto y un ángulo de incidencia de radiación que emite la fuente de radiación pulsada con respecto a la superficie de contacto.
- 10 18. Aparato de acuerdo con la reivindicación 17, que comprende un medio para establecer una temperatura objetivo para la superficie de contacto, un medio para supervisar la temperatura de la superficie de contacto durante dicha fabricación y un medio para controlar al menos uno de dichos parámetros para conseguir y/o mantener la temperatura objetivo en la superficie de contacto.
- 15 19. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12 a 18, en el que la fuente de radiación pulsada comprende un tubo de descarga de gas; opcionalmente, en el que el tubo de descarga contiene un volumen de gas noble; y más opcionalmente, en el que el gas comprende xenón.
- 20 20. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 19, en el que la fuente de radiación pulsada está dispuesta para emitir un espectro que incluye una longitud de onda que actúa para al menos calentar la superficie de contacto; opcionalmente, en el que la longitud de onda está en la región visible, casi infrarroja o infrarroja del espectro.
21. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 20, que comprende un reflector conformado o 3D (500) para centrar impulsos emitidos por la fuente de radiación pulsada sobre una región de calentamiento (325a) de la superficie de contacto.

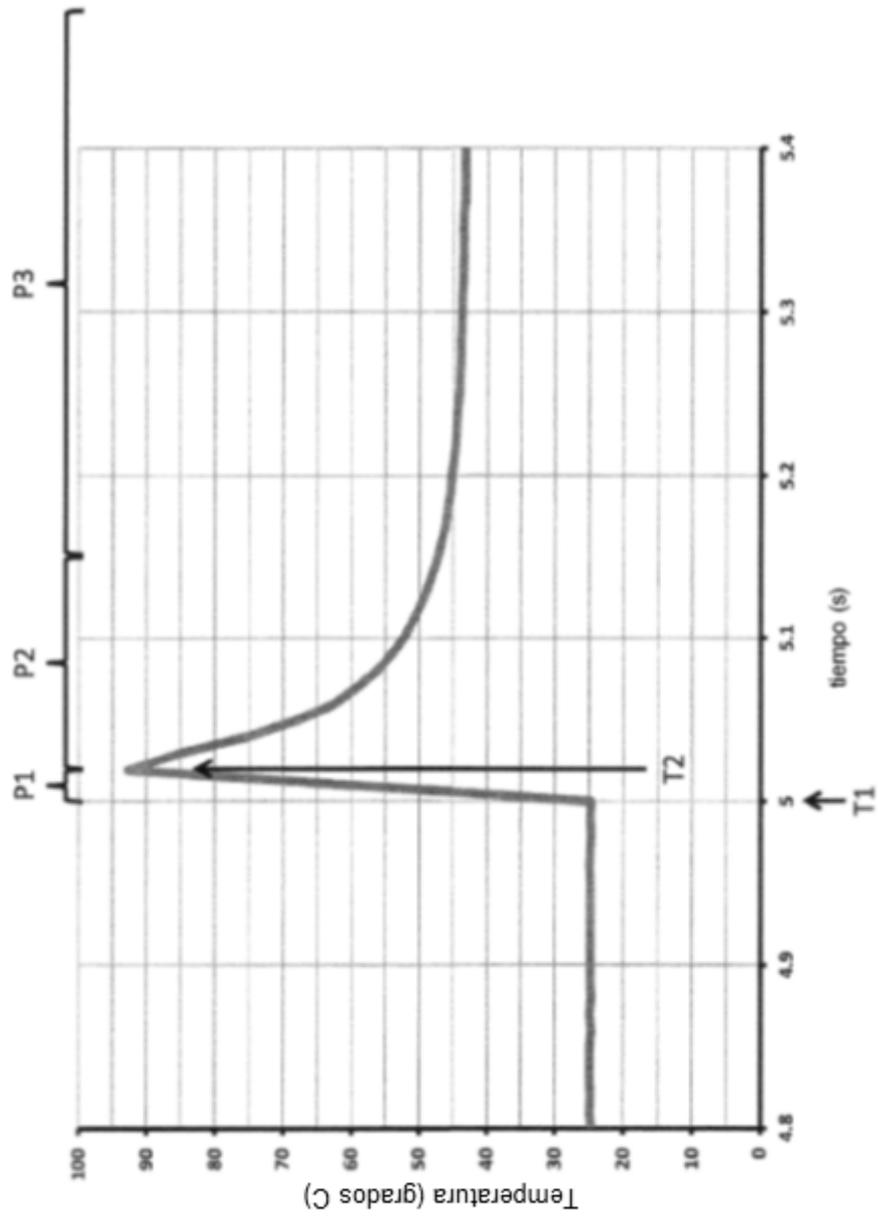


Figura 1

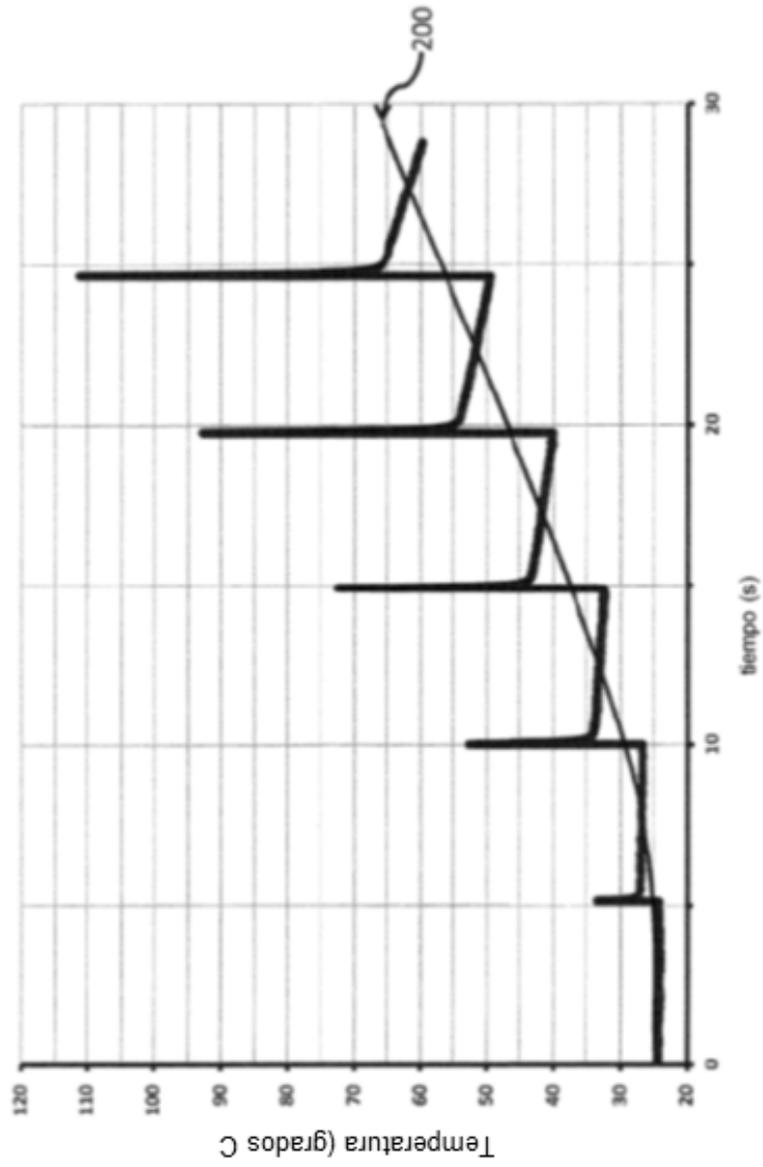


Figura 2

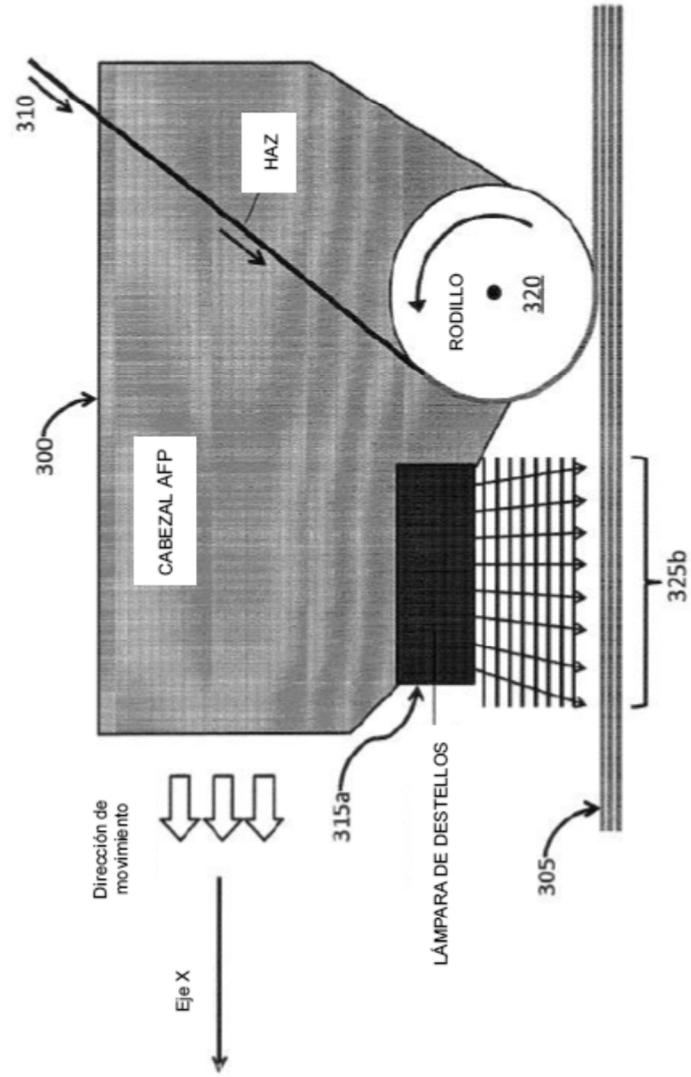


Figura 3a

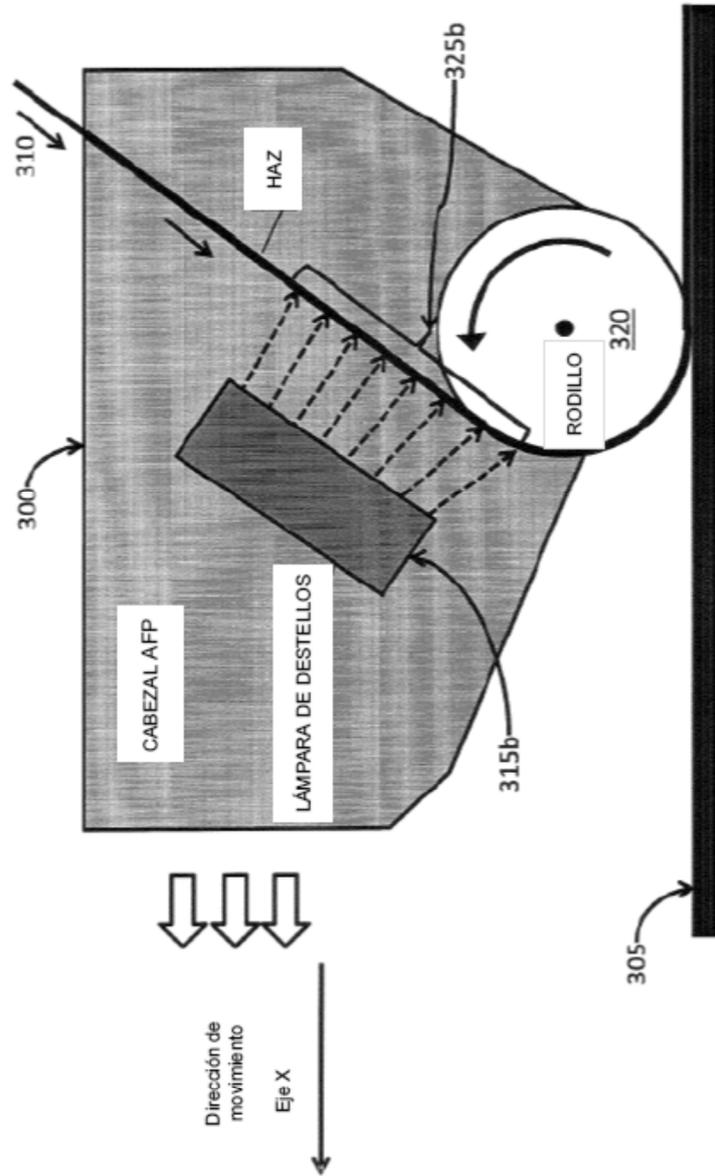


Figura 3b

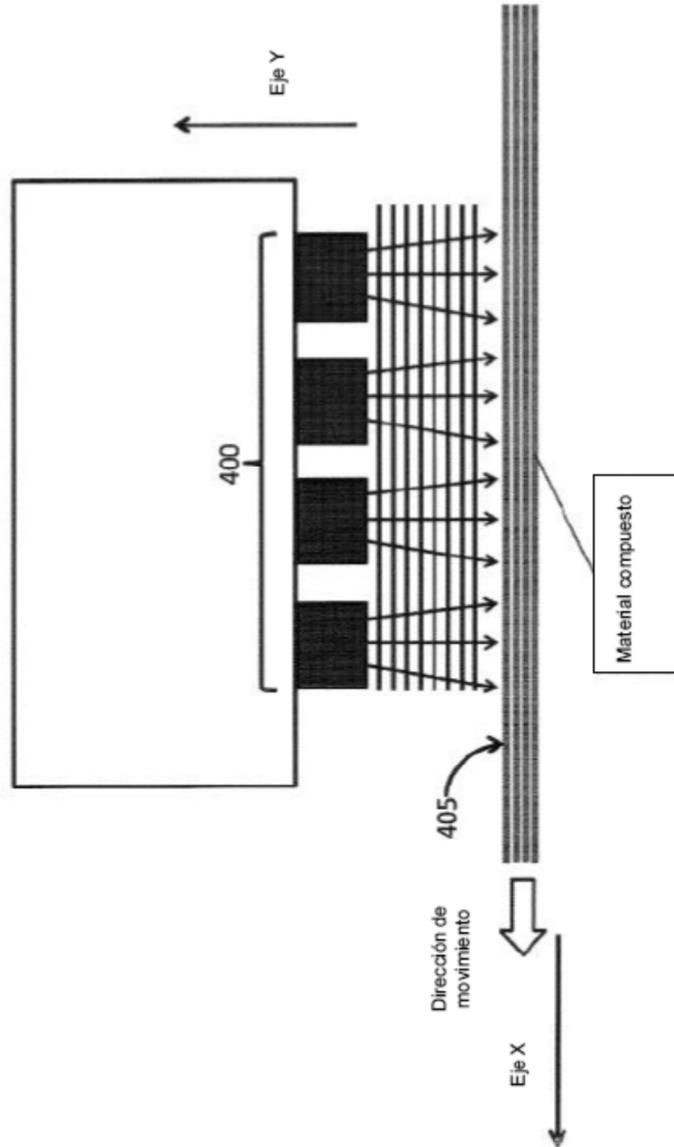


Figura 4

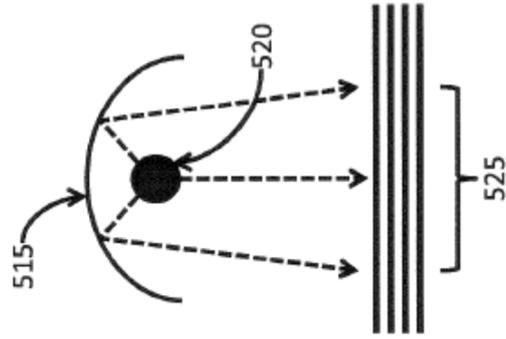


Figura 5b

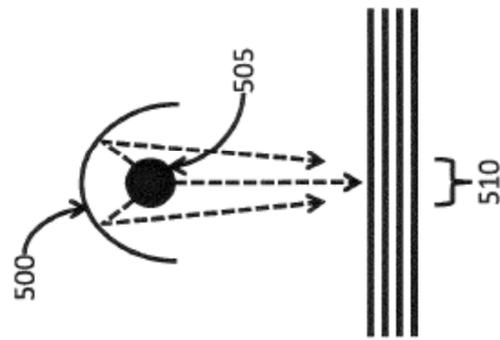


Figura 5a

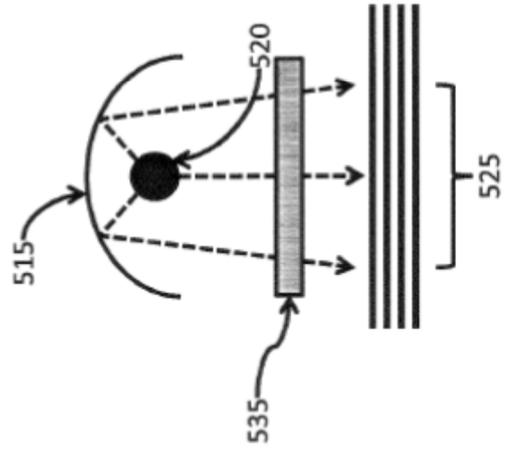


Figure 5d

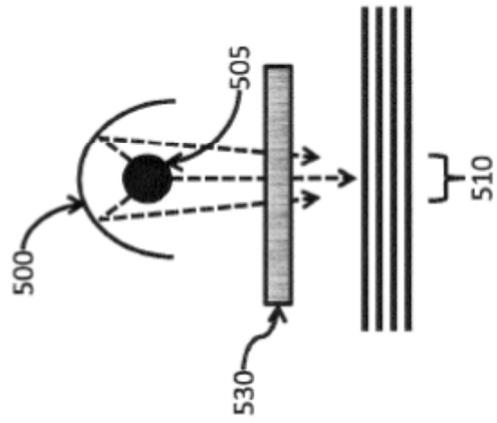


Figure 5c

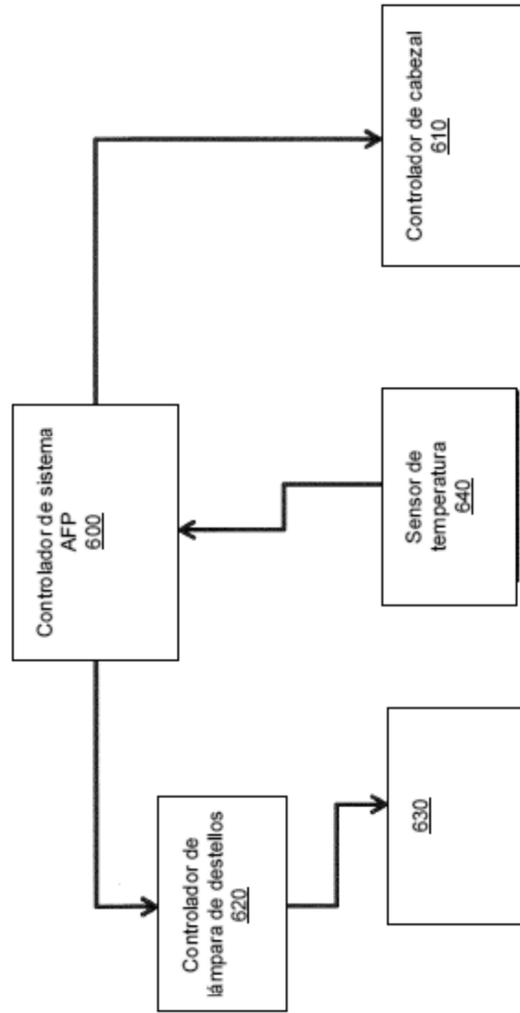


Figura 6