

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 135**

51 Int. Cl.:

A24F 47/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.04.2016 PCT/EP2016/057936**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.10.2016 WO16166064**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2016 E 16719249 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019 EP 3282871**

54 Título: **Dispositivo y método para controlar un calentador eléctrico para limitar la temperatura de conformidad con un perfil de temperatura conveniente en el tiempo**

30 Prioridad:

15.04.2015 EP 15163675

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

04.12.2019

73 Titular/es:

**PHILIP MORRIS PRODUCTS S.A. (100.0%)
Quai Jeanrenaud 3
2000 Neuchâtel , CH**

72 Inventor/es:

**BERNAUER, DOMINIQUE y
TALON, PASCAL**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 734 135 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

Dispositivo y método para controlar un calentador eléctrico para limitar la temperatura de conformidad con un perfil de temperatura conveniente en el tiempo

5 La presente descripción se refiere a un calentador eléctrico y a un método y dispositivo para controlar el calentador para evitar los picos de temperatura por encima de un perfil de temperatura predeterminado. La descripción se refiere más particularmente a un calentador eléctrico configurado para calentar un sustrato formador de aerosol y un método y dispositivo para evitar sobrecalentamientos no convenientes del sustrato formador de aerosol. El dispositivo y método descritos son particularmente aplicables a dispositivos para fumar calentados eléctricamente.

15 Los cigarrillos tradicionales suministran humo como resultado de la combustión del tabaco y la envoltura, que ocurre a temperaturas que pueden exceder 800 grados Celsius durante una bocanada. A estas temperaturas, el tabaco se degrada térmicamente por pirolisis y combustión. El calor de la combustión libera y genera varios productos gaseosos de la combustión y destilados del tabaco. Los productos se arrastran a través del cigarrillo y se enfrían y se condensan para formar un humo que contiene los sabores y aromas asociados con la acción de fumar. A las temperaturas de combustión, no solamente se generan los sabores y aromas sino también un número de compuestos no deseados.

20 Se conocen los sistemas para fumar calentados eléctricamente, que operan a temperaturas más bajas. Calentado a una temperatura más baja, el sustrato formador de aerosol (que en caso de un dispositivo para fumar es a base de tabaco) no combustiona y se generan mucho menos compuestos no deseados.

25 Es conveniente en tales sistemas para fumar calentados eléctricamente, y en otros sistemas generadores de aerosol calentados eléctricamente, asegurar tanto como sea posible que la combustión del sustrato no ocurra, incluso en condiciones ambientales extremas y bajo patrones de uso extremos. Es por lo tanto conveniente controlar la temperatura de los elementos o elemento de calentamiento en el dispositivo para reducir el riesgo de combustión mientras que aún se calienta hasta una temperatura suficiente para asegurar un aerosol conveniente.

30 Es además conveniente que los sistemas generadores de aerosol calentados eléctricamente sean capaces de producir un aerosol que sea constante en el tiempo. Particularmente, en el caso en que el aerosol es para consumo humano, como en un dispositivo para fumar calentado. En dispositivos en los que se calienta un sustrato exhaustivo continua o repetidamente en el tiempo esto puede ser difícil, ya que las propiedades del sustrato formador de aerosol pueden cambiar significativamente con el calentamiento continuo o repetido, tanto con relación a la cantidad como a la distribución de los constituyentes formadores de aerosol que permanecen en el sustrato y con relación a la temperatura del sustrato. En particular, un usuario de un dispositivo de calentamiento continuo o repetido puede experimentar un deterioro del sabor, gusto, y sensación del aerosol cuando el sustrato le falta el formador de aerosol que porta la nicotina y, en ciertos casos, el saborizante. Por lo tanto, un suministro de aerosol constante se proporciona en el tiempo de manera que el primer aerosol suministrado es esencialmente comparable con un aerosol suministrado final durante la operación.

40 Para producir un aerosol constante, sería conveniente controlar la temperatura del sustrato de conformidad con un perfil de temperatura particular y temporal. Un sistema y método para lograr esto se describe en el documento WO2014/102091. Sin embargo, un perfil en el que una temperatura objetivo para el sustrato formador de aerosol cambia abruptamente, y en particular cae abruptamente, requiere un proceso de control rápido para controlar la temperatura del calentador usado para calentar el sustrato. El documento WO 2014/040988 describe un método para controlar un elemento de calentamiento eléctrico, que comprende: mantener la temperatura del elemento de calentamiento a una temperatura objetivo suministrando pulsos de corriente eléctrica al elemento de calentamiento; monitorear el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica; y determinar si el ciclo de trabajo difiere de un ciclo de trabajo o intervalo de ciclos de trabajo esperado, y si es así, reducir la temperatura objetivo, o detener el suministro de corriente al elemento de calentamiento o limitar el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica suministrados al elemento de calentamiento.

55 Es un objetivo de la presente descripción proporcionar un sistema generador de aerosol y método que proporciona un control rápido de un calentador eléctrico para permitir que se siga un perfil de temperatura conveniente sin sobrecalentamiento.

En un primer aspecto de la presente descripción, se proporciona un método de control de calentamiento en un sistema generador de aerosol que comprende un calentador, que comprende:

60 comparar un parámetro medido, indicativo de la temperatura del calentador, con un valor objetivo para ese parámetro;

si el parámetro medido excede el valor objetivo por más que o es igual a una primera cantidad, entonces evitar un suministro de energía al calentador por un primer periodo de tiempo; y

65 si el parámetro medido excede el valor objetivo, pero por menos que la primera cantidad, entonces evitar el suministro de energía al calentador por un segundo periodo de tiempo, más corto que el primer periodo de tiempo.

- 5 El método puede comprender variar el valor objetivo con el tiempo. El método puede comprender variar discontinuamente el valor objetivo con el tiempo. Los cambios de paso escalón repentinos en el valor objetivo, representativos de un cambio de paso escalón en una temperatura objetivo, requieren cambios repentinos en el suministro de energía al calentador. Proporcionando periodos diferentes para evitar el suministro de energía en dependencia de la cantidad por la cual el parámetro medido excede un valor objetivo, es posible reducir rápidamente la temperatura del calentador cuando el valor objetivo cae abruptamente y reducir más gradualmente la temperatura cuando el valor objetivo es constante o solamente gradualmente cambiante.
- 10 El método proporciona una manera altamente sensible y simple de controlar la temperatura del calentador. Los sistemas generadores de aerosol anteriores tienen una tendencia a usar un control Proporcional-Integral-Derivativo (PID) para el calentador. Sin embargo, el control PID es relativamente complicado desde el punto de vista computacional y por lo tanto tiene un tiempo de respuesta más largo y algunas veces sufre de problemas de sobrepaso, particularmente en sistemas accionados por bocanadas. El control PID requiere además la optimización de los coeficientes PID para ajustar el diseño particular del sistema, que requieren un trabajo analítico extensivo en un laboratorio.
- 15 Ventajosamente, el método comprende, si el parámetro medido no excede el valor objetivo, suministrar energía al calentador.
- 20 Además de controlar la energía suministrada al calentador en base al parámetro medido, la energía suministrada al calentador puede controlarse limitando la cantidad de energía que puede suministrarse al calentador en un periodo de tiempo dado. Esto evita que demasiada energía se suministre a un sustrato formador de aerosol incluso si la temperatura del calentador permanece en o por debajo de un nivel objetivo. El método puede comprender suministrar energía al calentador como pulsos de corriente eléctrica, y si el parámetro medido no excede el valor objetivo, determinar si el suministro de energía resultaría en el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica que exceden un ciclo de trabajo máximo sobre un primer periodo de tiempo, y suministrar energía al calentador solamente si el suministro de energía no resultaría en el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica que exceden el ciclo de trabajo máximo.
- 25 El parámetro medido es la resistencia eléctrica del calentador. Esto tiene la ventaja de que elimina la necesidad de un sensor separado. Sin embargo, esto además significa que para proporcionar una medida de la temperatura del calentador, la energía debe aplicarse al calentador, calentando de esta manera el sustrato formador de aerosol. En consecuencia, para proporcionar un enfriamiento rápido del calentador es conveniente no medir la resistencia del calentador durante el primer o segundo periodo de tiempo.
- 30 El sistema generador de aerosol puede ser un sistema para fumar calentado eléctricamente. Este sistema para fumar calentado eléctricamente puede configurarse para calentar un sustrato formador de aerosol, tal como un sustrato de tabaco.
- 35 En un segundo aspecto de la descripción, se proporciona un dispositivo generador de aerosol calentado eléctricamente que comprende:
un calentador;
un suministro de energía eléctrica; y
un controlador; en donde el controlador se configura para: comparar un parámetro medido, indicativo de la temperatura del calentador con un valor objetivo para ese parámetro; y
40 si el parámetro medido excede el valor objetivo por más que o es igual a una primera cantidad, evitar el suministro de energía al calentador por un primer periodo de tiempo; y
45 si el parámetro medido excede el valor objetivo pero por menos que la primera cantidad, entonces evitar el suministro de energía al calentador por un segundo periodo de tiempo, más corto que el primer periodo de tiempo.
- 50 El dispositivo puede configurarse para recibir y calentar un sustrato formador de aerosol durante el uso.
- El controlador puede configurarse para variar el valor objetivo con el tiempo de conformidad con un perfil objetivo conveniente almacenado en una memoria. El perfil objetivo almacenado en una memoria puede modificarse en base a los parámetros medidos, tal como un tipo de sustrato formador de aerosol en el dispositivo, o el comportamiento de las tomas de bocanadas de un usuario o la identidad de un usuario.
- 55 El controlador puede configurarse para variar discontinuamente el valor objetivo con el tiempo.
- 60 El controlador puede configurarse para suministrar energía al calentador desde el suministro de energía si el parámetro medido no excede el valor objetivo.
El controlador puede configurarse para suministrar energía al calentador como pulsos de corriente eléctrica, y, si el parámetro medido no excede el valor objetivo, determinar si el suministro de energía resultaría en el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica que exceden un ciclo de trabajo máximo sobre un primer periodo de tiempo, y suministrar energía al calentador solamente si el suministro de energía no resultaría en el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica que exceden el ciclo de trabajo máximo.
- 65

El parámetro medido puede ser la resistencia eléctrica del calentador. El controlador puede configurarse para medir la resistencia del calentador durante periodos cuando la energía se suministra al calentador.

El sistema puede ser un sistema para fumar calentado eléctricamente.

Si el controlador se dispone para proporcionar energía al elemento de calentamiento como pulsos de corriente eléctrica, la energía proporcionada al elemento de calentamiento puede entonces ajustarse ajustando el ciclo de trabajo de la corriente eléctrica. El ciclo de trabajo puede ajustarse alterando el ancho del pulso, o la frecuencia de los pulsos o ambos. Alternativamente, el controlador puede disponerse para proporcionar la energía al elemento de calentamiento como una señal continua de CD.

El controlador puede comprender un medio de detección de temperatura configurado para medir una temperatura del elemento de calentamiento o una temperatura cercana al elemento de calentamiento para proporcionar una temperatura medida.

El controlador puede comprender además un medio para identificar una característica de un sustrato formador de aerosol en el dispositivo y una memoria que aloja una tabla de búsqueda de instrucciones para controlar la energía y las características del sustrato formador de aerosol correspondientes.

Tanto en el primero como en el segundo aspecto de la invención, el calentador puede comprender un material eléctricamente resistivo. Los materiales eléctricamente resistivos adecuados incluyen pero no se limitan a: semiconductores tales como cerámicas dopadas, cerámicas eléctricamente "conductoras" (tales como, por ejemplo, disiliciuro de molibdeno), carbono, grafito, metales, aleaciones de metal y materiales compuestos fabricados de un material cerámico y un material metálico. Tales materiales compuestos pueden comprender cerámicas dopadas o no dopadas. Ejemplos de cerámicas dopadas adecuadas incluyen carburos de silicio dopado. Entre los ejemplos de metales adecuados se incluyen titanio, zirconio, tantalio, platino, oro y plata. Entre los ejemplos de aleaciones de metales adecuadas se incluyen acero inoxidable, níquel, cobalto, cromo, aluminio, titanio, zirconio, hafnio, niobio, molibdeno, tantalio, wolframio, estaño, galio, manganeso, aleaciones que contienen oro e hierro; y superaleaciones basadas en níquel, hierro, cobalto, acero inoxidable, Timetal® y aleaciones basadas en hierro-manganeso-aluminio. En los materiales compuestos, el material eléctricamente resistivo puede opcionalmente incorporarse, encapsularse o revestirse con un material aislante o viceversa, en dependencia de las cinéticas de transferencia de energía y las propiedades fisicoquímicas externas requeridas.

Tanto en el primer como en el segundo aspecto de la invención, el calentador puede comprender un elemento de calentamiento interno o un elemento de calentamiento externo, o ambos elementos de calentamiento interno y externo, donde "interno" y "externo" hacen referencia al sustrato formador de aerosol. Un elemento de calentamiento interno puede adoptar cualquier forma adecuada. Por ejemplo, un elemento de calentamiento interno puede adoptar la forma de una lámina de calentamiento. La lámina de calentamiento puede formarse a partir de un sustrato de cerámica con una o más pistas de calentamiento resistivas, formadas a partir de platino u otro material adecuado, depositado sobre uno o ambos lados de la lámina. Alternativamente, el calentador interno puede adoptar la forma de un revestimiento o sustrato con diferentes porciones electroconductoras, o un tubo metálico eléctricamente resistivo. Alternativamente, el elemento de calentamiento interno puede consistir en una o más agujas o barras calentadoras que corren a través del centro del sustrato formador de aerosol. Otras alternativas incluyen un filamento o alambre de calentamiento, por ejemplo un alambre o placa de calentamiento de Ni-Cr (níquel-cromo), platino, tungsteno o de aleación. De manera opcional, el elemento de calentamiento interno puede depositarse dentro de un material portador rígido o sobre este. En una modalidad de este tipo, el elemento de calentamiento eléctricamente resistivo puede formarse mediante el uso de un metal con una relación definida entre temperatura y resistividad. En tal dispositivo ejemplar, el metal puede formarse como una pista sobre un material aislante adecuado, tal como material de cerámica, y luego intercalarse en otro material aislante, tal como un vidrio. Los calentadores que se formen de esta manera pueden usarse para calentar y monitorear la temperatura de los elementos de calentamiento durante la operación.

Un elemento de calentamiento externo puede adoptar cualquier forma adecuada. Por ejemplo, un elemento de calentamiento externo puede adoptar la forma de una o más envolturas de papel calentadoras flexibles sobre un sustrato dieléctrico, tal como una poliimida. Las láminas de calentamiento flexible pueden tener una forma para conformar el perímetro de la cavidad de recepción del sustrato. Alternativamente, un elemento de calentamiento externo puede adoptar la forma de una rejilla o rejillas metálicas, una tarjeta de circuitos impresos flexible, un dispositivo de interconexión moldeado (MID), un calentador de cerámica, un calentador de fibra de carbono flexible o puede formarse por medio del uso de una técnica de revestimiento, tal como la deposición de vapor de plasma, sobre un sustrato con una forma adecuada. Un elemento de calentamiento externo también puede formarse por medio del uso de un metal con una relación definida entre temperatura y resistividad. En tales dispositivos ilustrativos, el metal puede formarse como una pista entre dos capas de materiales aislantes adecuados. Un elemento de calentamiento externo que se forma de esta manera puede usarse para calentar y controlar la temperatura del elemento de calentamiento externo durante la operación.

El calentador ventajosamente calienta el sustrato formador de aerosol por medio de la conducción. El calentador puede estar al menos parcialmente en contacto con el sustrato, o el portador en el cual se deposita el sustrato.

Alternativamente, el calor de un elemento de calentamiento interno o externo puede conducirse al sustrato por medio de un elemento conductor del calor.

Tanto en el primero como en el segundo aspecto de la invención, durante la operación, el sustrato formador de aerosol puede contenerse completamente dentro del dispositivo generador de aerosol. En este caso, el usuario puede tomar una bocanada a una boquilla del dispositivo generador de aerosol. Alternativamente, durante la operación, un artículo para fumar que contiene el sustrato formador de aerosol puede estar parcialmente contenido dentro del dispositivo generador de aerosol. En ese caso, el usuario puede tomar una bocanada directamente al artículo para fumar. El elemento de calentamiento puede posicionarse dentro de una cavidad en el dispositivo, en donde la cavidad se configura para recibir un sustrato formador de aerosol de manera que durante el uso el elemento de calentamiento está dentro del sustrato formador de aerosol.

El artículo para fumar puede tener una forma esencialmente cilíndrica. El artículo para fumar puede ser esencialmente alargado. El artículo para fumar puede tener una longitud y una circunferencia esencialmente perpendiculares a la longitud. El sustrato formador de aerosol puede tener una forma esencialmente cilíndrica. El sustrato formador de aerosol puede ser esencialmente alargado. El sustrato formador de aerosol también puede tener una longitud y una circunferencia esencialmente perpendiculares a la longitud.

El artículo para fumar puede tener una longitud total entre aproximadamente 30 mm y aproximadamente 100 mm. El artículo para fumar puede tener un diámetro externo entre aproximadamente 5 mm y aproximadamente 12 mm. El artículo para fumar puede comprender un tapón de filtro. El tapón de filtro puede localizarse en el extremo aguas abajo del artículo para fumar. El tapón de filtro puede ser un tapón de filtro de acetato de celulosa. El tapón de filtro tiene una longitud de aproximadamente 7 mm en una modalidad, pero puede tener una longitud de entre aproximadamente 5 mm a aproximadamente 10 mm.

En una modalidad, el artículo para fumar tiene una longitud total de aproximadamente, 45 mm. El artículo para fumar puede tener un diámetro externo de, aproximadamente, 7,2 mm. Además, el sustrato formador de aerosol puede tener una longitud de, aproximadamente, 10 mm. Alternativamente, el sustrato formador de aerosol puede tener una longitud de, aproximadamente, 12 mm. Además, el diámetro del sustrato formador de aerosol puede ser entre, aproximadamente, 5 mm y, aproximadamente, 12 mm. El artículo para fumar puede comprender una envoltura de papel externa. Además, el artículo para fumar puede comprender una separación entre el sustrato formador de aerosol y el tapón de filtro. La separación puede ser de, aproximadamente, 18 mm, pero puede ubicarse en el intervalo de, aproximadamente, 5 mm a, aproximadamente, 25 mm. La separación se rellena preferentemente en el artículo para fumar por un intercambiador de calor que enfría el aerosol cuando pasa a través del artículo para fumar desde el sustrato hacia el tapón de filtro. El intercambiador de calor puede ser, por ejemplo, un filtro una base de polímeros, por ejemplo un material PLA rizado.

Tanto en el primero como en el segundo aspecto de la invención, el sustrato formador de aerosol puede ser un sustrato formador de aerosol sólido. Alternativamente, el sustrato formador de aerosol puede comprender tanto componentes sólidos como líquidos. El sustrato formador de aerosol puede comprender un material que contiene tabaco y que contiene compuestos volátiles con sabor a tabaco que se liberan del sustrato al calentarse. Alternativamente, el sustrato formador de aerosol puede comprender un material que no es de tabaco. El sustrato formador de aerosol puede comprender además un formador de aerosol. Los ejemplos de formadores de aerosol adecuados son la glicerina y el propilenglicol.

Si el sustrato formador de aerosol es un sustrato sólido formador de aerosol, este puede comprender, por ejemplo, uno o más de: polvo, gránulos, píldora, fragmentos, espaguetis, tiras o láminas que contengan uno o más de lo siguiente: hoja de hierba, hoja de tabaco, fragmentos de nervaduras de tabaco, tabaco reconstituido, tabaco homogeneizado, tabaco extrudido, hoja moldeada de tabaco y tabaco expandido. El sustrato sólido formador de aerosol puede estar en forma suelta o puede proporcionarse en un recipiente o cartucho adecuados. De manera opcional, el sustrato sólido formador de aerosol puede contener tabaco adicional o compuestos volátiles sin sabor a tabaco que se liberen al calentarse el sustrato. El sustrato sólido formador de aerosol también puede contener cápsulas que, por ejemplo, incluyan tabaco adicional o compuestos saborizantes volátiles que no son de tabaco y dichas cápsulas pueden derretirse durante el calentamiento del sustrato sólido formador de aerosol.

Como se usa en la presente descripción, el tabaco homogeneizado se refiere a un material formado mediante la aglomeración de partículas de tabaco. El tabaco homogeneizado puede adoptar la forma de una lámina. El material de tabaco homogeneizado puede tener un contenido formador de aerosol superior al 5 % en relación con el peso en seco. Alternativamente, el material de tabaco homogeneizado puede tener un contenido formador de aerosol de entre 5 % y 30 % en peso en relación con el peso en seco. Pueden formarse láminas de material de tabaco homogeneizado mediante la aglomeración de tabaco en forma de partículas obtenido mediante trituración o de otro modo al dividir una o ambas láminas de hoja de tabaco y tallos de hoja de tabaco. Alternativa o adicionalmente, las láminas de material de tabaco homogeneizado pueden comprender uno o más de lo siguiente: polvo de tabaco, finos de tabaco y otros productos secundarios del tabaco en partículas que se forman, por ejemplo, durante el tratamiento, la manipulación y el transporte del tabaco. Las láminas de material de tabaco homogeneizado pueden comprender un aglutinante intrínseco o más, es decir, aglutinantes endógenos del tabaco, un aglutinante extrínseco o más, es decir, aglutinantes

exógenos del tabaco, o una combinación de estos para ayudar a aglomerar las partículas de tabaco; alternativa o adicionalmente, las láminas de material de tabaco homogeneizado pueden comprender otros aditivos, que incluyen, pero no se limitan a, fibras de tabaco y otras fibras, formadores de aerosol, humectantes, plastificantes, saborizantes, rellenos, solventes acuosos y no acuosos, y sus combinaciones.

5 Opcionalmente, el sustrato sólido formador de aerosol puede proporcionarse o incorporarse en un portador térmicamente estable. El portador puede tener la forma de polvo, gránulos, píldoras, fragmentos, espaguetis, tiras o láminas. Alternativamente, el portador puede ser un portador tubular que tiene una capa delgada del sustrato sólido depositada en su superficie interna, o en su superficie externa, o en ambas superficies interna y externa. Un portador tubular de este tipo puede formarse, por ejemplo, de un papel, o material tipo papel, una manta no tejida de fibra de carbono, un tamiz metálico de malla abierta de masa baja, o una lámina metálica perforada o cualquier otra matriz polimérica térmicamente estable.

15 El sustrato sólido formador de aerosol puede depositarse en la superficie del portador en forma de, por ejemplo, una lámina, espuma, gel o suspensión. El sustrato sólido formador de aerosol puede depositarse en toda la superficie del portador, o alternativamente, puede depositarse en un patrón con el fin de proporcionar un suministro del sabor no uniforme durante su uso.

20 Aunque se hace referencia anteriormente a sustratos sólidos formadores de aerosol, estará claro para un experto en la técnica que pueden usarse otras formas de sustrato formador de aerosol con otras modalidades. Por ejemplo, el sustrato formador de aerosol puede ser un sustrato líquido formador de aerosol. Si se proporciona un sustrato líquido formador de aerosol, el dispositivo generador de aerosol comprende preferentemente medios para retener el líquido. Por ejemplo, el sustrato líquido formador de aerosol puede retenerse en un recipiente. Alternativa o adicionalmente, el sustrato líquido formador de aerosol puede absorberse hacia dentro de un material portador poroso. El material portador poroso puede hacerse de cualquier cuerpo o tapón absorbente adecuado, por ejemplo, un metal espumoso o material de plástico, polipropileno, terileno, fibras de nilón o cerámica. El sustrato líquido formador de aerosol puede retenerse en el material portador poroso antes de su uso del dispositivo generador de aerosol o alternativamente, el material del sustrato líquido formador de aerosol puede liberarse dentro del material portador poroso durante, o inmediatamente antes de su uso. Por ejemplo, el sustrato líquido formador de aerosol puede proporcionarse en una cápsula. La cubierta de la cápsula preferentemente se derrite después de su calentamiento y libera el sustrato líquido formador de aerosol hacia dentro del material portador poroso. La cápsula puede contener opcionalmente un sólido en combinación con el líquido.

35 Alternativamente, el portador puede ser un conjunto de fibras o tela no tejida en el cual se incorporan los componentes del tabaco. El conjunto de fibras o tela no tejida puede comprender, por ejemplo, fibras de carbón, fibras celulósicas naturales, o fibras de derivados de celulosa.

40 Tanto en el primero como en el segundo aspecto de la invención, el dispositivo generador de aerosol puede comprender además un suministro de energía para suministrar energía al elemento de calentamiento. El suministro de energía puede ser cualquier suministro de energía adecuado, por ejemplo una fuente de tensión de CD. En una modalidad, el suministro de energía es una batería de iones de litio. Alternativamente, el suministro de energía puede ser una batería de níquel-hidruro metálico, una batería de níquel-cadmio, o una batería una base de litio, por ejemplo, una batería de litio-cobalto, una de litio-hierro-fosfato, titanato de litio o una de litio-polímero.

45 El controlador puede comprender un microprocesador, y ventajosamente comprende un microprocesador programable. El controlador puede comprender una memoria no volátil. El dispositivo puede comprender una interfaz configurada para permitir la transferencia de datos hacia y desde el controlador desde dispositivos externos. La interfaz puede permitir la carga de un software al controlador para ejecutarse en el microprocesador programable. La interfaz puede ser una interfaz alámbrica, tal como un puerto micro USB, o puede ser una interfaz inalámbrica.

50 En un tercer aspecto de la invención, se proporcionan circuitos eléctricos para un dispositivo generador de aerosol que se hace funcionar eléctricamente, los circuitos eléctricos que se disponen para llevar a cabo el método del primer aspecto de la invención.

55 En un cuarto aspecto de la invención se proporciona un programa informático que, cuando se ejecuta en circuitos eléctricos programables para un dispositivo generador de aerosol que se hace funcionar eléctricamente, provoca que los circuitos eléctricos programables lleven a cabo el método del primer aspecto de la invención. En un quinto aspecto de la invención, se proporciona un medio de almacenamiento legible por ordenador que tiene almacenado un programa informático de conformidad con el cuarto aspecto de la invención.

60 Los ejemplos de la invención se describirán ahora en detalle, con referencia a los dibujos acompañantes, en los cuales:

la Figura 1 es un diagrama esquemático de un dispositivo generador de aerosol;

65 la Figura 2 ilustra una evolución de un límite del ciclo de trabajo máximo durante una sesión de fumado usando un dispositivo del tipo mostrado en la Figura 1;

la Figura 3 es una ilustración esquemática de un perfil de temperatura para un elemento de calentamiento de acuerdo con una modalidad de la invención;

5 la Figura 4 es una ilustración esquemática de un suministro de aerosol constante que resulta del perfil de temperatura de la Figura 3;

la Figura 5 ilustra un perfil de temperatura objetivo de acuerdo con la presente invención;

10 la Figura 6 es un diagrama esquemático de un circuito de control de temperatura para un dispositivo del tipo mostrado en la Figura 1; y

la Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de control de acuerdo con una modalidad de la invención.

15 En la Figura 1, se muestran de manera simplificada los componentes de una modalidad de un dispositivo generador de aerosol calentado eléctricamente 100. Particularmente, los elementos del dispositivo generador de aerosol calentado eléctricamente 100 no se dibujan a escala en la Figura 1. Se han omitido los elementos que no son relevantes para comprender esta modalidad, a fin de simplificar la Figura 1.

20 El dispositivo generador de aerosol calentado eléctricamente 100 comprende un alojamiento 10 y un sustrato formador de aerosol 12, por ejemplo un cigarrillo. El sustrato formador de aerosol 12 se empuja hacia dentro del alojamiento 10 para entrar en proximidad térmica con el elemento de calentamiento 14. El sustrato formador de aerosol 12 liberará un intervalo de compuestos volátiles a diferentes temperaturas. Controlando la temperatura máxima de operación del dispositivo generador de aerosol calentado eléctricamente 100 para que esté por debajo de la temperatura de liberación de algunos de los compuestos volátiles, puede evitarse la liberación o formación de estos constituyentes del humo.

25 Dentro del alojamiento 10, hay un suministro de energía eléctrica 16, por ejemplo, una batería de iones de litio recargable. Un microcontrolador 18 se conecta al elemento de calentamiento 14, el suministro de energía eléctrica 16, y una interfaz de usuario 20, por ejemplo, un botón o monitor. El microcontrolador 18 tiene un software incorporado para controlar la energía suministrada al elemento de calentamiento 14, a fin de regular su temperatura. Típicamente el sustrato formador de aerosol se calienta hasta alcanzar una temperatura de entre 250 y 450 grados centígrados.

35 El microcontrolador proporciona energía al elemento de calentamiento como pulsos de corriente eléctrica. El microcontrolador puede programarse para limitar el ciclo de trabajo máximo permitido de los pulsos de corriente. Puede haber un ciclo de trabajo máximo absoluto, en este ejemplo de 95 % y un ciclo de trabajo máximo variable basado en un perfil temporal almacenado, de manera que el ciclo de trabajo máximo permitido cambia con el tiempo después de la activación del elemento de calentamiento. La Figura 2 ilustra el progreso de una sesión de fumado usando un dispositivo del tipo mostrado en la Figura 1 en un ejemplo en el cual, para simplicidad de la ilustración, la temperatura objetivo es constante. La temperatura objetivo del elemento de calentamiento se indica por la línea 30, y como puede verse se mantiene a 375°C a lo largo de la sesión de fumado, que dura por seis minutos en total. La sesión de fumado se divide en fases por el microcontrolador, con límites diferentes del ciclo de trabajo máximo en diferentes fases. El ciclo de trabajo en este contexto significa el porcentaje de tiempo que se suministra la energía. En el ejemplo ilustrado en la Figura 2, en una primera fase el ciclo de trabajo se limita a 95 % por 30 segundos. Durante este periodo el elemento de calentamiento eleva su temperatura hasta la temperatura objetivo. En una segunda fase, nuevamente de 45 30 segundos, el ciclo de trabajo se limita a 65 %. Se requiere menos energía para mantener la temperatura del elemento de calentamiento que la que se requiere para calentarlo. En una tercera fase de 30 segundos el ciclo de trabajo se limita a 60 %. En una cuarta fase de 90 segundos el ciclo de trabajo se limita a 55 %, en una quinta fase de 60 segundos el ciclo de trabajo se limita un 50 %, y en una sexta fase de 120 segundos el ciclo de trabajo se limita a 45 %.

50 Cuando el sustrato formador de aerosol se agota se retira menos calor por vaporización de manera que se requiere menos energía para mantener la temperatura del elemento de calentamiento a la temperatura objetivo. Además, la temperatura de las partes circundantes del dispositivo aumenta con el tiempo y por lo tanto absorben menos energía con el tiempo. En consecuencia, para reducir la oportunidad de la combustión, la energía máxima permitida se reduce con el tiempo para una temperatura objetivo dada. Como regla general, la energía máxima permitida o ciclo de trabajo máximo, dividido por la temperatura objetivo, se reduce progresivamente con el tiempo después de la activación del elemento de calentamiento durante una única sesión de fumado.

60 Sin embargo, es típicamente conveniente tener una temperatura que varíe sobre el curso de un ciclo de fumado. la Figura 3 es una ilustración esquemática de un perfil de temperatura para un elemento de calentamiento. La línea 60 representa la temperatura del elemento de calentamiento en el tiempo.

65 En una primera fase 70, la temperatura del elemento de calentamiento se eleva desde una temperatura ambiente hasta una primera temperatura 62. La temperatura 62 está dentro de un intervalo de temperaturas permisible entre una temperatura mínima 66 y una temperatura máxima 68. El cambio de temperatura permisible se ajusta de manera que los compuestos volátiles deseados se vaporizan del sustrato pero los compuestos no deseados, que se vaporizan

a temperaturas más altas, no se vaporizan. El intervalo de temperaturas permisible está también por debajo de la temperatura a la que puede ocurrir la combustión del sustrato bajo condiciones de operación normales, es decir temperatura, presión, humedad, comportamiento de bocanadas del usuario y composición del aire normales.

5 En una segunda fase 72, la temperatura del elemento de calentamiento se reduce hasta una segunda temperatura 64. La segunda temperatura 64 está dentro del intervalo de temperaturas permisible pero es menor que la primera temperatura.

10 En una tercera fase 74, la temperatura del elemento de calentamiento aumenta progresivamente hasta un tiempo de desactivación 76. La temperatura del elemento de calentamiento permanece dentro del intervalo de temperaturas permisible a lo largo de la tercera fase.

15 La Figura 4 es una ilustración esquemática del perfil de suministro de un constituyente clave del aerosol con el perfil de temperatura del elemento de calentamiento como se ilustra en la Figura 3. Después de un aumento inicial en el suministro después de la activación del elemento de calentamiento, el suministro se mantiene constante hasta que el elemento de calentamiento se desactiva. La temperatura en aumento en la tercera fase compensa el agotamiento del sustrato formador de aerosol.

20 La Figura 5 ilustra un perfil de temperatura objetivo ilustrativo basado en el perfil de temperatura real mostrado en la Figura 3, en el que las tres fases de operación pueden verse claramente. En una primera fase 70, la temperatura objetivo se ajusta a T_0 . La energía se proporciona al elemento de calentamiento para aumentar la temperatura del elemento de calentamiento a T_0 tan rápido como sea posible. En el momento t_1 la temperatura objetivo cambia a T_1 , lo que significa que la primera fase 70 termina y la segunda fase comienza. La temperatura objetivo se mantiene a T_1 hasta el momento t_2 . En el momento t_2 la segunda fase termina y la tercera fase 74 comienza. Durante la tercera fase 25 74, la temperatura objetivo aumenta linealmente en el tiempo hasta el momento t_3 , en cuyo momento la temperatura objetivo es T_2 y la energía deja de suministrarse al elemento de calentamiento.

30 La Figura 6 ilustra los circuitos de control usados para proporcionar la regulación de temperatura descrita de acuerdo con una modalidad de la invención.

El calentador 14 se conecta a la batería a través de la conexión 22. La batería 16 proporciona una tensión V_2 . En serie con el elemento de calentamiento 14, se inserta un resistor adicional 24, con resistencia conocida r , y se conecta a una tensión V_1 , intermedia entre tierra y tensión V_2 . La modulación de frecuencia de la corriente se controla por el microcontrolador 18 y se suministra mediante su salida analógica 30 al transistor 26 que actúa como un interruptor simple.

35 La regulación es parte del software integrado en el microcontrolador 18, como se describirá. Una indicación de la temperatura del elemento de calentamiento (en este ejemplo la resistencia eléctrica del elemento de calentamiento) se determina por la medición de la resistencia eléctrica del elemento de calentamiento. La indicación de la temperatura se usa para ajustar la corriente suministrada al elemento de calentamiento para mantener el elemento de calentamiento cerca de una temperatura objetivo. La indicación de la temperatura se determina a una frecuencia elegida para coincidir con el tiempo requerido para el proceso de control, y puede determinarse con tanta frecuencia como una vez cada 1 ms.

45 La entrada analógica 21 en el microcontrolador 18 se usa para recolectar la tensión V_2 en el lado de batería del calentador 14. La entrada analógica 23 en el microcontrolador se usa para recolectar la tensión V_1 en el lado de tierra del calentador. La entrada analógica 25 en el microcontrolador proporciona la imagen de la corriente eléctrica I que fluye hacia el resistor adicional 24 y hacia el elemento de calentamiento 14.

50 La resistencia del calentador que se mide a una temperatura particular es $R_{\text{calentador}}$. Para que el microprocesador 18 mida la resistencia del calentador 14, pueden determinarse tanto la corriente a través del calentador 14 y la tensión a través del calentador 14. Entonces, la ley de Ohm puede usarse para determinar la resistencia:

$$V = IR \tag{1}$$

55 En la Figura 6, la tensión a través de calentador es $V_2 - V_1$ y la corriente a través del calentador es I . Por lo tanto:

$$R_{\text{calentador}} = \frac{V_2 - V_1}{I} \tag{2}$$

60

$$I = \frac{V_1}{r} \tag{3}$$

65

De manera que, combinando (2) y (3) da:

$$R_{\text{calentador}} = \frac{(V2-V1)}{V1} r \tag{4}$$

Por lo tanto, el microprocesador 18 puede medir $V2$ y $V1$, con el sistema generador de aerosol que se usa y, conociendo el valor de r , puede determinar la resistencia del calentador a una temperatura particular, $R_{\text{calentador}}$. La resistencia del calentador se correlaciona con la temperatura. Una aproximación lineal puede usarse para relacionar la temperatura T con la resistencia medida $R_{\text{calentador}}$ a una temperatura T de conformidad con la fórmula siguiente:

$$T = \frac{R_{\text{calentador}}}{AR_0} + T_0 - \frac{1}{A} \tag{5}$$

donde A es el coeficiente de resistividad térmica del material del elemento de calentamiento y R_0 es la resistencia del elemento de calentamiento una temperatura ambiente T_0 .

Por lo tanto la temperatura del elemento de calentamiento puede compararse con una temperatura objetivo almacenada en una memoria y puede determinarse si, y por cuánto, la temperatura real excede la temperatura objetivo.

Sin embargo, en el proceso de control no es necesario calcular la temperatura. De hecho, no es ni siquiera necesario calcular $R_{\text{calentador}}$. En lugar de esto, el microcontrolador 18 determina si $V2-V1$ es menor que o igual a I^*R_{objetivo} donde R_{objetivo} es un perfil de resistencia objetivo. Esto evita la necesidad de llevar a cabo cualquier cálculo de división y por lo tanto reduce el número de ciclos de computadora requeridos. R_{objetivo} puede calcularse al inicio de cada fase de un perfil de calentamiento, en base al perfil de temperatura objetivo almacenado en una memoria y los valores de calibración del calentador.

Otros métodos más complejos para aproximar la relación entre la resistencia y la temperatura pueden usarse si una aproximación lineal simple no es lo suficientemente exacta sobre el intervalo de temperaturas de operación. Por ejemplo, en otra modalidad, una relación puede derivarse en base a una combinación de dos o más aproximaciones lineales, cada una que cubre un intervalo de temperaturas diferente. Este esquema depende de tres o más puntos de calibración de la temperatura en los que se mide la resistencia del calentador. Para temperaturas intermedias los puntos de calibración, los valores de resistencia se interpolan desde los valores en los puntos de calibración. Las temperaturas en los puntos de calibración se eligen para cubrir el intervalo de temperaturas esperado del calentador durante la operación.

Una ventaja de estas modalidades es que no se requiere un sensor de temperatura, que puede ser voluminoso y caro. Además, el valor de resistencia puede usarse directamente por el microcontrolador en lugar de la temperatura. Si el valor de resistencia se mantiene dentro de un intervalo deseado, entonces también lo estará la temperatura del elemento de calentamiento. En consecuencia, la temperatura real del elemento de calentamiento no necesita calcularse. Sin embargo, es posible usar un sensor de temperatura separado y conectarlo al microcontrolador para proporcionar la información necesaria sobre la temperatura.

La Figura 7 ilustra un proceso de control que puede usarse para controlar la temperatura de un calentador para asegurar que siga un perfil de temperatura objetivo tal como el perfil mostrado en la Figura 5 y se mantenga por debajo de un ciclo de trabajo máximo, como se ilustra en la Figura 2 a lo largo del proceso de calentamiento.

El proceso de control es un lazo de control que tiene un periodo de 1 ms. El proceso inicia en la etapa 100 suministrando corriente al elemento de calentamiento por 500 μ s. Es necesario para el calentador estar encendido por este periodo para registrar una observación de la temperatura. Entonces, en la etapa 110 la resistencia del elemento de calentamiento R se compara con una resistencia objetivo (o, como se explica, la tensión a través del elemento de calentamiento se compara con I^*R_{objetivo}). Si R es menor que o igual a R_{objetivo} entonces el proceso se mueve a la etapa 120, en la que se revisa si suministrar un pulso adicional de corriente resultaría en el ciclo de trabajo de la energía suministrada que excede un ciclo de trabajo máximo permitido sobre los anteriores 50 ms. Si el suministro de un pulso adicional de corriente no resultaría en que se exceda el ciclo de trabajo máximo permitido, entonces se suministra un pulso adicional de 500 μ s de duración al elemento de calentamiento en la etapa 130 antes de que el proceso regrese a la etapa 100. Si el suministro de un pulso adicional de corriente resultaría en que se exceda el ciclo de trabajo máximo permitido, entonces el proceso pasa a la etapa 140, en la que no se suministra corriente al calentador por 1 ms, lo que corresponde a un ciclo del lazo de control, que regresa a la etapa 100.

Si en la etapa 110 se determina que R es mayor que R_{objetivo} entonces el proceso se mueve a la etapa 150, en la que se revisa si R es mayor que R_{objetivo} por una cantidad correspondiente a una temperatura igual a o más de 10°C. Si no, entonces el proceso pasa a la etapa 160 en la que se evita que la energía se suministre al elemento de calentamiento

- 5 por 7 ms. Si R es mayor que $R_{objetivo}$ por una cantidad correspondiente a una temperatura igual a o más que 10°C , entonces el proceso pasa a la etapa 170, en la que se evita que energía la energía se suministra al elemento de calentamiento por 100 ms. Este periodo mucho más largo de retención de la energía en el elemento de calentamiento antes de revisar nuevamente la temperatura resulta en un enfriamiento más rápido, que se necesita cuando la temperatura objetivo cae rápidamente. Debido a que el proceso de revisar la temperatura del elemento de calentamiento involucra inherentemente suministrar energía al elemento de calentamiento, no es conveniente revisar la temperatura más frecuentemente cuando se requiere el enfriamiento rápido.
- 10 Está claro que en el proceso ilustrado en la Figura 7, para que se suministre un pulso de corriente al calentador, deben pasarse dos pruebas. La primera prueba es que la temperatura del calentador no esté por encima del objetivo y la segunda prueba es que el suministro de un pulso de corriente no resultaría en que se exceda el ciclo de trabajo máximo permitido. Esta segunda prueba proporciona una revisión de que el sustrato formador de aerosol no se sobrecalentó.
- 15 Debe estar claro que, los ejemplos de modalidades descritos anteriormente se brindan a modo ilustrativo pero no limitante. En función de las modalidades ilustrativas descritas anteriormente, otras modalidades coherentes con las modalidades ilustrativas anteriores ahora serán evidentes para un experto en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Un método de control de calentamiento en un sistema generador de aerosol (100) que comprende un calentador (14), que comprende:
5 comparar un parámetro medido (R), indicativo de la temperatura del calentador, con un valor objetivo ($R_{objetivo}$) para ese parámetro;
si el parámetro medido (R) excede el valor objetivo ($R_{objetivo}$) por más que o es igual a una primera cantidad, evitando entonces un suministro de energía al calentador (14) por un primer periodo de tiempo; y
10 si el parámetro medido (R) excede el valor objetivo ($R_{objetivo}$), pero por menos que la primera cantidad, evitando entonces el suministro de energía al calentador (14) por un segundo periodo de tiempo, más corto que el primer periodo de tiempo.
2. Un método de conformidad con la reivindicación 1, que comprende variar el valor objetivo ($R_{objetivo}$) con el tiempo.
- 15 3. Un método de conformidad con la reivindicación 2, que comprende variar discontinuamente el valor objetivo ($R_{objetivo}$) con el tiempo.
4. Un método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, que comprende, si el parámetro medido (R) no excede el valor objetivo ($R_{objetivo}$), suministrar energía al calentador (14).
- 20 5. Un método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, que comprende suministrar energía al calentador (14) como pulsos de corriente eléctrica, y en donde, si el parámetro medido no excede el valor objetivo ($R_{objetivo}$), comprende determinar si el suministro de energía resultaría en el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica que exceden un ciclo de trabajo máximo sobre un primer periodo de tiempo, y suministrar energía al calentador solamente si el suministro de energía no resultaría en el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica que exceden el ciclo de trabajo máximo.
- 25 6. Un método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde el parámetro medido (R) es la resistencia eléctrica del calentador (14).
- 30 7. Un método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde el sistema generador de aerosol (100) es un sistema para fumar calentado eléctricamente.
- 35 8. Un método de conformidad con la reivindicación 7, en donde el sistema para fumar calentado eléctricamente se configura para calentar un sustrato de tabaco.
9. Un sistema generador de aerosol calentado eléctricamente (100), que comprende:
40 un calentador (14)
un suministro de energía eléctrica; y
un controlador (18); en donde el controlador se configura para: comparar un parámetro medido, indicativo de la temperatura del calentador con un valor objetivo para ese parámetro; y
45 si el parámetro medido (R) excede el valor objetivo ($R_{objetivo}$) por más que o es igual a una primera cantidad, entonces evitar un suministro de energía al calentador (14) por un primer periodo de tiempo; y
si el parámetro medido (R) excede el valor objetivo ($R_{objetivo}$), pero por menos que la primera cantidad, entonces evitar el suministro de energía al calentador (14) por un segundo periodo de tiempo, más corto que el primer periodo de tiempo.
- 50 10. Un sistema de conformidad con la reivindicación 9, en donde el controlador (18) se configura para variar el valor objetivo ($R_{objetivo}$) con el tiempo de conformidad con un perfil objetivo conveniente almacenado en una memoria.
- 55 11. Un sistema de conformidad con la reivindicación 10 en donde el controlador (18) se configura para variar discontinuamente el valor objetivo ($R_{objetivo}$) con el tiempo.
12. Un sistema de conformidad con cualquier reivindicación de la 9 a la 11, en donde el controlador (18) se configura para suministrar energía al calentador (14) desde el suministro de energía si el parámetro medido (R) no excede el valor objetivo ($R_{objetivo}$).
- 60 13. Un sistema de conformidad con cualquier reivindicación de la 9 a la 12, en donde el controlador (18) se configura para suministrar energía al calentador (14) como pulsos de corriente eléctrica, y en donde, si el parámetro medido (R) no excede el valor objetivo ($R_{objetivo}$), determinar si el suministro de energía resultaría en el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica que exceden un ciclo de trabajo máximo sobre un primer periodo de tiempo, y suministrar energía al calentador (14) solamente si el suministro de energía no resultaría en el ciclo de trabajo de los pulsos de corriente eléctrica que exceden el ciclo de trabajo máximo.
- 65

14. Un sistema de conformidad con cualquier reivindicación de la 9 a la 13, en donde el parámetro medido (R) es la resistencia eléctrica del calentador (14) y en donde el controlador (18) se configura para medir la resistencia eléctrica del calentador (14) durante periodos en los que la energía se suministra al calentador.
- 5 15. Un sistema de conformidad con cualquier reivindicación de la 9 a la 14, en donde el sistema es un sistema para fumar calentado eléctricamente.

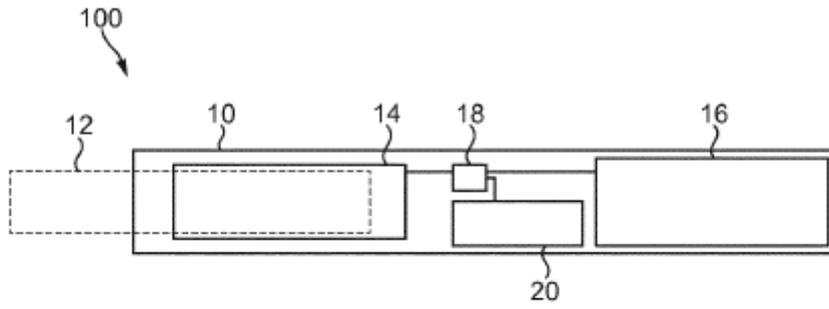


Figura 1

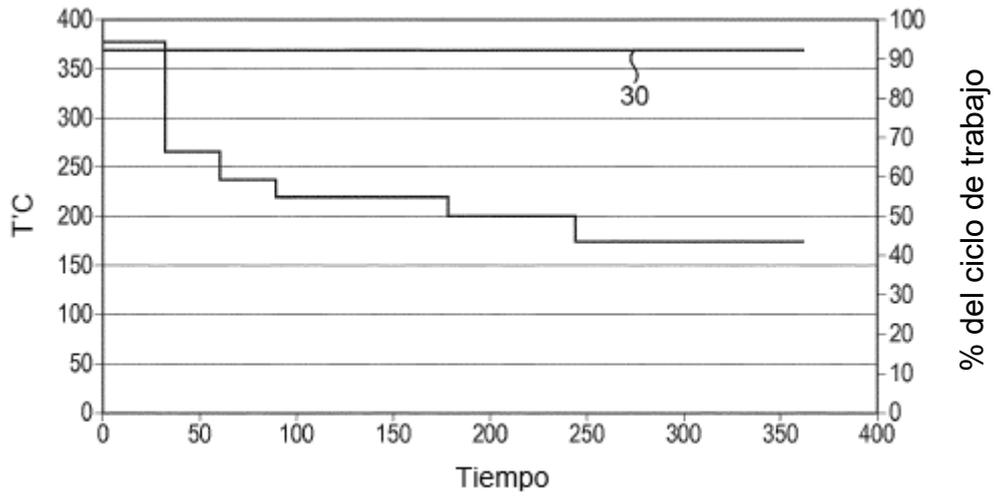


Figura 2

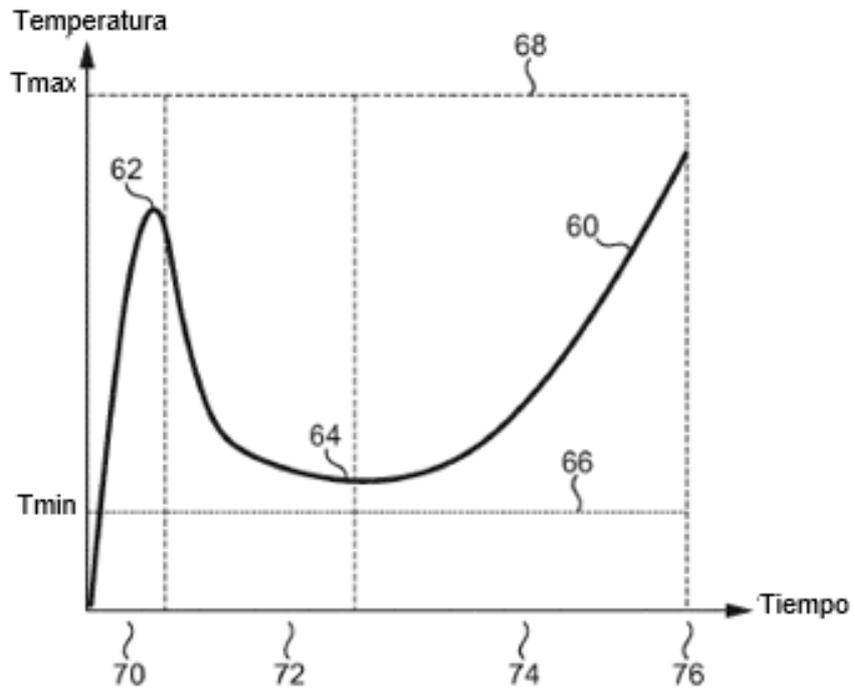


Figura 3

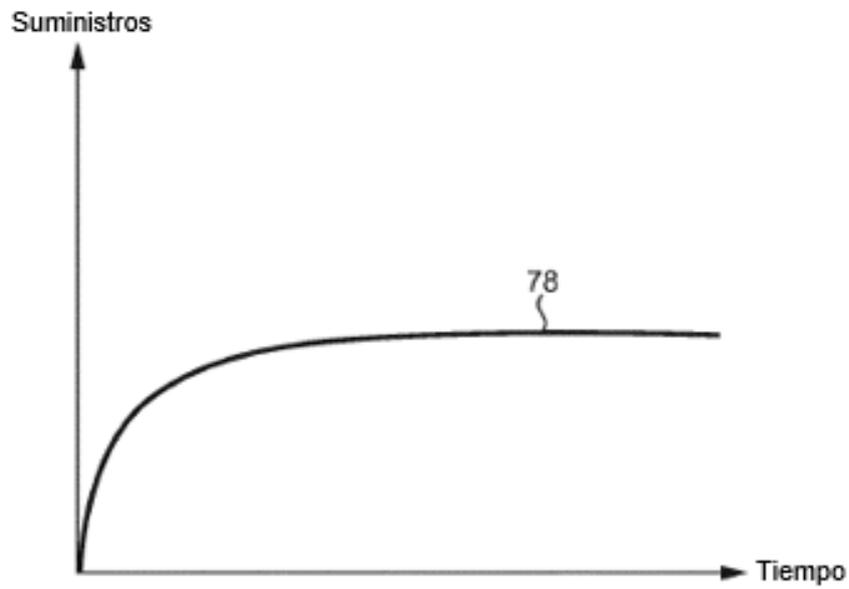


Figura 4

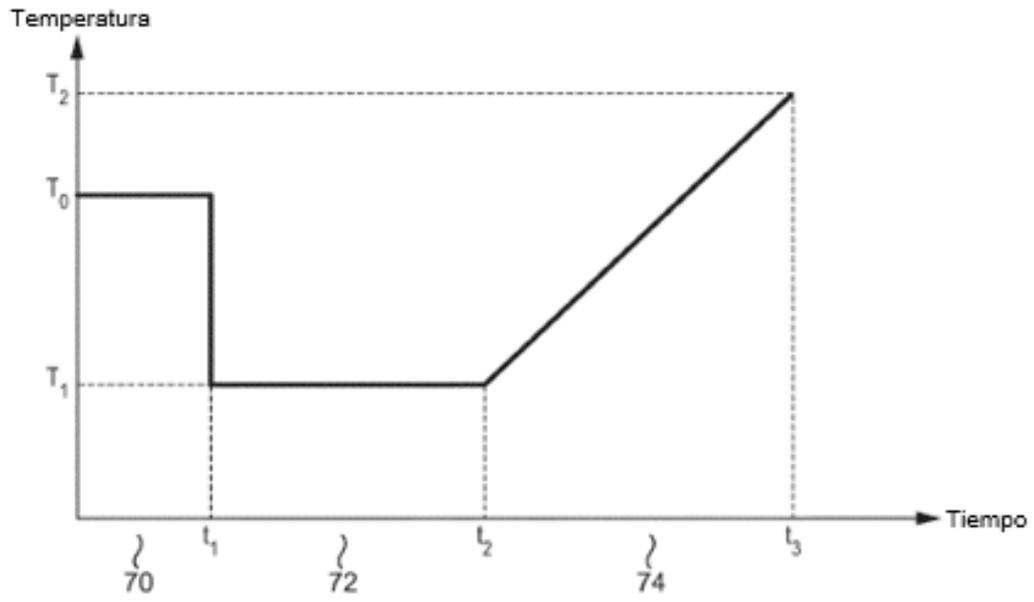


Figura 5

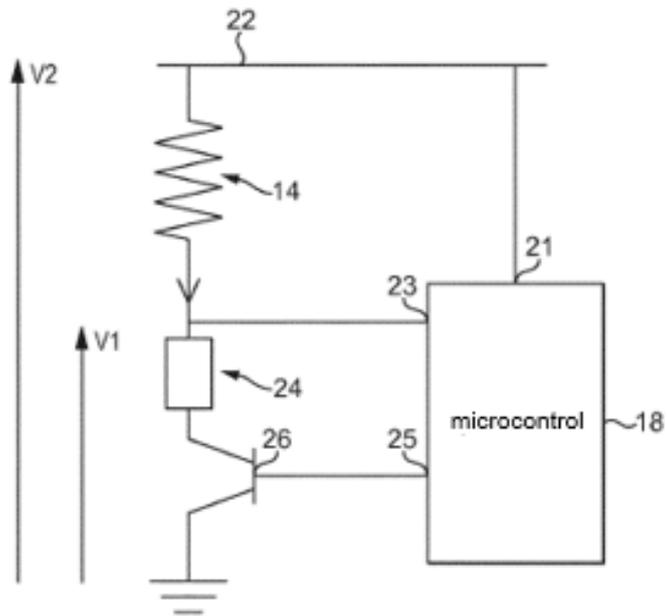


Figura 6

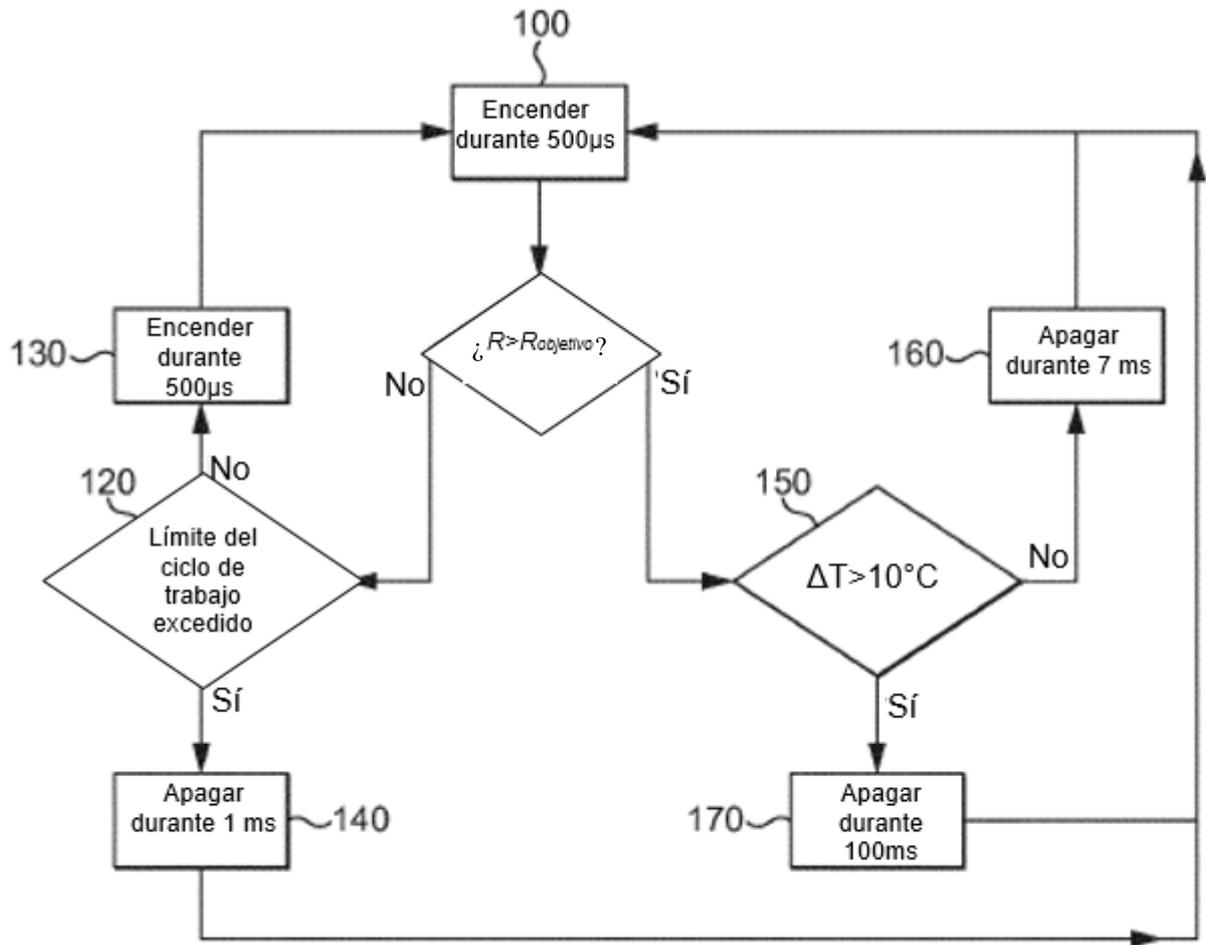


Figura 7