

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 819 864**

51 Int. Cl.:

<b>H05B 1/02</b>	(2006.01)
<b>H05B 3/04</b>	(2006.01)
<b>H05B 3/48</b>	(2006.01)
<b>H05B 3/82</b>	(2006.01)
<b>F24H 1/10</b>	(2006.01)
<b>F24H 9/20</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.03.2017 PCT/US2017/020206**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **08.09.2017 WO17151772**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.03.2017 E 17711882 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2020 EP 3424264**

54 Título: **Haz de calentador para control adaptativo**

30 Prioridad:

**02.03.2016 US 201615058838**

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

**19.04.2021**

73 Titular/es:

**WATLOW ELECTRIC MANUFACTURING  
COMPANY (100.0%)  
12001 Lackland Road  
St. Louis, MO 63146, US**

72 Inventor/es:

**EVERLY, MARK y  
STEINHAUSER, LOUIS, P.**

74 Agente/Representante:

**CURELL SUÑOL, S.L.P.**

**ES 2 819 864 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**

Haz de calentador para control adaptativo

**5 Campo**

La presente divulgación se refiere a calentadores eléctricos y más particularmente, a calentadores para calentar un flujo de fluido tal como intercambiadores de calor.

**10 Antecedentes**

Los sistemas de calentador según el preámbulo de la reivindicación 1 independiente se han dado a conocer, por ejemplo, en la patente US 3 340 382.

15 Un fluido calentador puede estar en forma de un calentador de cartucho, que presenta una configuración de barra para calentar fluido que fluye a lo largo o más allá de una superficie exterior del calentador de cartucho. El calentador de cartucho puede estar dispuesto dentro de un intercambiador de calor para calentar el fluido que fluye a través del intercambiador de calor. Si el calentador de cartucho no está sellado de manera apropiada, puede entrar humedad y fluido en el calentador de cartucho contaminando el material de aislamiento que aísla eléctricamente un elemento de calentamiento resistivo con respecto a la envuelta de metal del calentador de cartucho, dando como resultado una ruptura dieléctrica y un fallo consiguiente del calentador. La humedad también puede provocar cortocircuitos entre conductores de potencia y la envuelta de metal exterior. El fallo del calentador de cartucho puede provocar un tiempo de inactividad costoso del aparato que utiliza el calentador de cartucho.

**25 Sumario**

Según un primer aspecto, la presente invención se refiere a un sistema de calentador según la reivindicación 1.

30 Según un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un aparato para calentar fluido según la reivindicación 32.

Según un tercer aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento de control de un sistema de calentamiento según la reivindicación 17.

**35 Dibujos**

Con el fin de que pueda entenderse correctamente la divulgación, a continuación, se describirán diversas formas de la misma, proporcionadas a título de ejemplo, haciéndose referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

40 la figura 1 es una vista en perspectiva de un haz de calentador construido según las enseñanzas de la presente divulgación;

la figura 2 es una vista en perspectiva de un conjunto de calentador del haz de calentador de la figura 1;

45 la figura 3 es una vista en perspectiva de una variante de un conjunto de calentador del haz de calentador de la figura 1;

la figura 4 es una vista en perspectiva del conjunto de calentador de la figura 3, en la que la envuelta exterior del conjunto de calentador se ha retirado por motivos de claridad;

50 la figura 5 es una vista en perspectiva de un cuerpo de núcleo del conjunto de calentador de la figura 3;

la figura 6 es una vista en perspectiva de un intercambiador de calor que incluye el haz de calentador de la figura 1, en la que el haz de calentador está parcialmente desensamblado del intercambiador de calor para exponer el haz de calentador con fines de ilustración; y

55 la figura 7 es un diagrama de bloques de un procedimiento de funcionamiento de un sistema de calentador que incluye un haz de calentador construido según las enseñanzas de la presente divulgación.

**60 Descripción detallada**

Haciendo referencia a la figura 1, un sistema de calentador construido según las enseñanzas de la presente divulgación se indica de manera general mediante la referencia 10. El sistema de calentador 10 incluye un haz de calentador 12 y un dispositivo de suministro de potencia 14 conectado eléctricamente al haz de calentador 12. El dispositivo de suministro de potencia 14 incluye un controlador 15 para controlar el suministro de potencia al haz de calentador 12. Un "haz de calentador", tal como se utiliza en la presente divulgación, se refiere a un aparato de

calentador que incluye dos o más dispositivos de calentamiento físicamente diferenciados que pueden controlarse de manera independiente. Por tanto, cuando uno de los dispositivos de calentamiento en el haz de calentador presenta un fallo o se degrada, los dispositivos de calentamiento restantes en el haz de calentador 12 pueden continuar funcionando.

5

En una forma, el haz de calentador 12 incluye una brida de montaje 16 y una pluralidad de conjuntos de calentador 18 fijados a la brida 16 de montaje. La brida de montaje 16 incluye una pluralidad de aberturas 20 a través de las cuales se extienden los conjuntos de calentador 18. Aunque los conjuntos de calentador 18 están dispuestos en paralelo en esta forma, debe entenderse que posiciones/disposiciones alternativas de los conjuntos de calentador 18 se encuentran dentro del alcance de la presente divulgación.

10

Tal como se muestra adicionalmente, la brida de montaje 16 incluye una pluralidad de orificios de montaje 22. Utilizando tornillos o pernos (no mostrados) a través de los orificios de montaje 22, la brida 16 de montaje puede ensamblarse a una pared de un vaso o una tubería (no mostrada) que porta un fluido que va a calentarse. Al menos una porción de los conjuntos de calentador 18 están sumergidos en el fluido dentro del vaso o la tubería para calentar el fluido en esta forma de la presente divulgación.

15

Haciendo referencia a la figura 2, que ilustra una forma de realización que no es según la presente invención, los conjuntos de calentador 18 según una forma pueden estar en forma de un calentador de cartucho 30. El calentador de cartucho 30 es un calentador en forma de tubo que generalmente incluye un cuerpo de núcleo 32, un alambre de calentamiento resistivo 34 envuelto alrededor del cuerpo de núcleo 32, una envuelta de metal 36 que encierra el cuerpo de núcleo 32 y el alambre de calentamiento resistivo 34 en la misma, y un material aislante 38 que rellena el espacio en la envuelta de metal 36 para aislar eléctricamente el alambre de calentamiento resistivo 34 con respecto a la envuelta de metal 36 y para conducir térmicamente el calor desde el alambre de calentamiento resistivo 34 hasta la envuelta de metal 36. El cuerpo de núcleo 32 puede realizarse a partir de cerámica. El material aislante 38 puede ser óxido de magnesio (MgO) compacto. Una pluralidad de conductores de potencia 42 se extienden a través del cuerpo de núcleo 32 a lo largo de una dirección longitudinal y están conectados eléctricamente a los alambres de calentamiento resistivo 34. Los conductores de potencia 42 también se extienden a través de una pieza de extremo 44 que sella la envuelta exterior 36. Los conductores de potencia 42 están conectados al dispositivo de suministro de potencia 14 externo (mostrado en la figura 1) para suministrar potencia desde el dispositivo de suministro de potencia 14 externo hasta el alambre de calentamiento resistivo 32. Aunque la figura 2 sólo muestra dos conductores de potencia 42 que se extienden a través de la pieza 44 de extremo, más de dos conductores de potencia 42 pueden extenderse a través de la pieza 44 de extremo. Los conductores de potencia 42 pueden estar en forma de pasadores conductores. Diversas construcciones y detalles estructurales y eléctricos adicionales de calentadores de cartucho se exponen en más detalle en las patentes estadounidenses n.ºs 2.831.951 y 3.970.822, que están legalmente cedidas junto con la presente solicitud.

20

25

30

35

Alternativamente, pueden utilizarse múltiples alambres de calentamiento resistivo 34 y múltiples pares de conductores de potencia 42 para formar múltiples circuitos de calentamiento que pueden controlarse de manera independiente para potenciar la fiabilidad del calentador de cartucho 30. Por tanto, cuando uno de los alambres de calentamiento resistivo 34 presenta un fallo, los alambres resistivos 34 restantes pueden continuar generando calor sin provocar que el calentador de cartucho 30 entero presente un fallo y sin provocar un tiempo de inactividad de la máquina costoso.

40

Haciendo referencia a las figuras 3 a 5, los conjuntos de calentador 50 pueden estar en forma de un calentador de cartucho que presenta una configuración similar a la de la figura 2 excepto por el número de cuerpos de núcleo y el número de conductores de potencia utilizados. Más específicamente, los conjuntos de calentador 50 incluyen, cada uno, una pluralidad de unidades de calentador 52, y una envuelta de metal exterior 54 que encierra la pluralidad de unidades de calentador 52 en la misma, junto con una pluralidad de conductores de potencia 56. Se proporciona un material aislante (no mostrado en las figuras 3 a 5) entre la pluralidad de unidades de calentamiento 52 y la envuelta de metal exterior 54 para aislar eléctricamente las unidades de calentador 52 con respecto a la envuelta de metal exterior 54. La pluralidad de unidades de calentador 52 incluyen, cada una, un cuerpo de núcleo 58 y un elemento de calentamiento resistivo 60 que rodea el cuerpo de núcleo 58. El elemento de calentamiento resistivo 60 de cada unidad de calentador 52 puede definir uno o más circuitos de calentamiento para definir una o más zonas de calentamiento 62.

45

50

55

En la presente forma, cada unidad de calentador 52 define una zona de calentamiento 62 y la pluralidad de unidades de calentador 52 en cada conjunto de calentador 50 están alineadas a lo largo de una dirección longitudinal X. Por tanto, cada conjunto de calentador 50 define una pluralidad de zonas de calentamiento 62 alineadas a lo largo de la dirección longitudinal X. El cuerpo de núcleo 58 de cada unidad de calentador 52 define una pluralidad de orificios/aberturas pasantes 64 para permitir que los conductores de potencia 56 se extiendan a través de los mismos. Los elementos de calentamiento resistivo 60 de las unidades de calentador 52 están conectados a los conductores de potencia 56, que, a su vez, están conectados a un dispositivo de suministro de potencia 14 externo. Los conductores de potencia 56 suministran la potencia desde el dispositivo de suministro de potencia 14 hasta la pluralidad de unidades de calentador 50. Conectando de manera apropiada los conductores de potencia 56 a los elementos de calentamiento resistivo 60, los elementos de calentamiento resistivo 60 de la

60

65

5 pluralidad de unidades de calentamiento 52 pueden controlarse de manera independiente mediante el controlador 15 del dispositivo de suministro de potencia 14. Como tal, el fallo de un elemento de calentamiento resistivo 60 para una zona de calentamiento 62 particular no afectará al funcionamiento apropiado de los elementos de calentamiento resistivo 60 restantes para las zonas de calentamiento 62 restantes. Además, las unidades de calentador 52 y los conjuntos de calentador 50 pueden ser intercambiables para una facilidad de reparación o ensamblaje.

10 En la presente forma, se utilizan seis conductores de potencia 56 para cada conjunto de calentador 50 para suministrar potencia a cinco circuitos de calentamiento eléctricos independientes en las cinco unidades de calentador 52. Alternativamente, pueden conectarse seis conductores de potencia 56 a los elementos de calentamiento resistivo 60 de una manera que define tres circuitos completamente independientes en las cinco unidades de calentador 52. Es posible tener cualquier número de conductores de potencia 56 para formar cualquier número de circuitos de calentamiento controlados de manera independiente y zonas de calentamiento 62 controladas de manera independiente. Por ejemplo, pueden utilizarse siete conductores de potencia 56 para proporcionar seis zonas de calentamiento 62. Pueden utilizarse ocho conductores de potencia 56 para proporcionar siete zonas de calentamiento 62.

15 Los conductores de potencia 56 pueden incluir una pluralidad de conductores de suministro de potencia y retorno de potencia, una pluralidad de conductores de retorno de potencia y un único conductor de suministro de potencia, o una pluralidad de conductores de suministro de potencia y un único conductor de retorno de potencia. Si el número de zonas de calentador es  $n$ , el número de conductores de suministro y retorno de potencia es  $n + 1$ .

20 Alternativamente, puede crearse un número superior de zonas de calentamiento 62 eléctricamente diferenciadas mediante multiplexación, conmutación sensible a la polaridad y otras topologías de circuito mediante el controlador 15 del dispositivo de suministro de potencia 14 externo. La utilización de multiplexación o diversas disposiciones de matrices térmicas para aumentar el número de zonas de calentamiento dentro del calentador de cartucho 50 para un número dado de conductores de potencia (por ejemplo, un calentador de cartucho con seis conductores de potencia para 15 o 30 zonas) se divulga en las patentes US n.<sup>os</sup> 9.123.755, 9.123.756, 9.177.840, 9.196.513, y sus solicitudes relacionadas, que están legalmente cedidas junto con la presente solicitud.

25 Con esta estructura, cada conjunto de calentador 50 incluye una pluralidad de zonas de calentamiento 62 que pueden controlarse de manera independiente para variar la salida de potencia o distribución de calor a lo largo de la longitud del conjunto de calentador 50. El haz de calentador 12 incluye una pluralidad de tales conjuntos de calentador 50. Por tanto, el haz de calentador 12 proporciona una pluralidad de zonas de calentamiento 62 y una distribución de calor personalizada para calentar el fluido que fluye a través del haz de calentador 12 para adaptarse a aplicaciones específicas. El dispositivo de suministro de potencia 14 puede estar configurado para modular la potencia a cada una de las zonas de calentamiento 62 controladas de manera independiente.

30 Por ejemplo, un conjunto de calentamiento 50 puede definir "m" zonas de calentamiento, y el haz de calentador puede incluir "-+-+--" conjuntos de calentamiento 50. Por tanto, el haz de calentador 12 puede definir  $m \times k$  zonas de calentamiento. La pluralidad de zonas de calentamiento 62 en el haz de calentador 12 pueden controlarse de manera individual y dinámica en respuesta a condiciones de calentamiento y/o requisitos de calentamiento, incluyendo, pero sin limitarse a, la vida útil y la fiabilidad de las unidades de calentador individuales 52, los tamaños y costes de las unidades de calentador 52, el flujo de calentador local, características y funcionamiento de las unidades de calentador 52, y la salida de potencia total.

35 Cada circuito se controla de manera individual a una temperatura deseada o a un nivel de potencia deseado de modo que la distribución de temperatura y/o potencia se adapta a variaciones en los parámetros de sistema (por ejemplo variación/tolerancias de fabricación, condiciones variables del entorno, condiciones de flujo de entrada variables tales como temperatura de entrada, distribución de temperatura de entrada, velocidad de flujo, distribución de velocidad, composición de fluido, capacidad calorífica de fluido, etc.). Más específicamente, las unidades de calentador 52 pueden no generar la misma salida de calor cuando se hacen funcionar al mismo nivel de potencia debido a variaciones de fabricación, así como diversos grados de degradación del calentador a lo largo del tiempo. Las unidades de calentador 52 pueden controlarse de manera independiente para ajustar la salida de calor según una distribución de calor deseada. Las tolerancias de fabricación individuales de componentes del sistema de calentador y tolerancias de ensamblaje del sistema de calentador se aumentan en función de la potencia modulada del suministro de potencia, o, dicho de otro modo, debido a la alta fidelidad de control de calentador, no se necesita que la tolerancia de fabricación de componentes individuales sea tan apretada/estrecha.

40 Las unidades de calentador 52 pueden incluir, cada una, un sensor de temperatura (no mostrado) para medir la temperatura de las unidades de calentador 52. Cuando se detecta un punto caliente en las unidades de calentador 52, el dispositivo de suministro de potencia 14 puede reducir o desconectar la potencia a la unidad de calentador 52 particular en la que se detecta el punto caliente para evitar un sobrecalentamiento o fallo de la unidad de calentador 52 particular. El dispositivo de suministro de potencia 14 puede modular la potencia a las unidades de calentador 52 adyacentes a la unidad de calentador 52 deshabilitada para compensar la salida de calor reducida a partir de la unidad de calentador 52 particular.

5 El dispositivo de suministro de potencia 14 puede incluir algoritmos de múltiples zonas para desconectar o reducir el nivel de potencia suministrado a cualquier zona particular, y para aumentar la potencia a las zonas de calentamiento adyacentes a la zona de calentamiento particular que está deshabilitada y presenta una salida de calor reducida. Modulando cuidadosamente la potencia a cada zona de calentamiento, puede mejorarse la fiabilidad global del sistema. Detectando el punto caliente y controlando el suministro de potencia en consecuencia, el sistema de calentador 10 presenta una seguridad mejorada.

10 El haz de calentador 12 con las múltiples zonas de calentamiento 62 controladas de manera independiente puede lograr un calentamiento mejorado. Por ejemplo, algunos circuitos en las unidades de calentador 52 pueden hacerse funcionar a un ciclo de trabajo nominal (o "típico") de menos del 100% (o a un nivel de potencia promedio que es una fracción de la potencia que se produciría por el calentador con tensión de línea aplicada). Los ciclos de trabajo inferiores permiten la utilización de alambres de calentamiento resistivo con un diámetro mayor, mejorando de ese modo la fiabilidad.

15 Normalmente, zonas más pequeñas emplearán un tamaño de alambre más fino para lograr una resistencia dada. El control de potencia variable permite utilizar un tamaño de alambre más grande, y puede permitirse un valor de resistencia inferior, al tiempo que se protege al calentador frente a sobrecargas con un límite de ciclo de trabajo asociado a la capacidad de disipación de potencia del calentador.

20 La utilización de un factor de ajuste a escala puede asociarse a la capacidad de las unidades de calentador 52 o la zona de calentamiento 62. Las múltiples zonas de calentamiento 62 permiten una determinación y control más precisos del haz de calentador 12. La utilización de un factor de ajuste a escala específico para un circuito/zona de calentamiento particular permitirá una temperatura (o nivel de potencia) más agresiva (es decir, superior) en casi todas las zonas, lo cual conduce, a su vez, a un diseño más pequeño y menos costoso para el haz de calentador 12. Un factor de ajuste a escala y procedimiento de este tipo se divulgan en la patente US n.º 7.257.464, que está legalmente cedida junto con la presente solicitud.

25 Puede hacerse que los tamaños de las zonas de calentamiento controladas por los circuitos individuales sean iguales o diferentes para reducir el número total de zonas necesarias para controlar la distribución de temperatura o potencia hasta una precisión deseada.

30 Haciendo de nuevo referencia a la figura 1, se muestra que los conjuntos de calentador 18 son un calentador de un único extremo, es decir, el pasador conductor se extiende únicamente a través de un extremo longitudinal de los conjuntos de calentador 18. El conjunto de calentador 18 puede extenderse a través de la brida 16 de montaje o una pantalla (no mostrada) y sellarse a la brida 16 o pantalla. Como tal, los conjuntos de calentador 18 pueden extraerse de manera individual y sustituirse sin extraer la brida 16 de montaje del vaso o tubo.

35 Alternativamente, el conjunto de calentador 18 puede ser un calentador "de doble extremo". En un calentador de doble extremo, la envuelta de metal está doblada para dar una forma de horquilla y los conductores de potencia pasan a través de ambos extremos longitudinales de la envuelta de metal de modo que ambos extremos longitudinales de la envuelta de metal pasan a través de, y se sellan a, la brida o pantalla. En esta estructura, se necesita extraer la brida o la pantalla a partir del alojamiento o del vaso antes de sustituir el conjunto de calentador 18 individual.

40 Haciendo referencia a la figura 6, se incorpora un haz de calentador 12 en un intercambiador de calor 70. El intercambiador de calor 70 incluye un alojamiento 72 sellado que define una cámara interna (no mostrada), un haz de calentador 12 dispuesto dentro de la cámara interna del alojamiento 72. El alojamiento 72 sellado incluye una entrada de fluido 76 y una salida de fluido 78 a través de las cuales se dirige fluido hacia dentro y hacia fuera de la cámara interna del alojamiento 72 sellado. El fluido se calienta mediante el haz de calentador 12 dispuesto en el alojamiento 72 sellado. El haz de calentador 12 puede estar dispuesto o bien para flujo cruzado o bien para flujo paralelo con respecto a su longitud.

45 El haz de calentador 12 está conectado a un dispositivo de suministro de potencia 14 externo que puede incluir unos medios para modular la potencia, tales como unos medios de conmutación o un transformador variable, para modular la potencia suministrada a una zona individual. La modulación de potencia puede realizarse en función del tiempo o basándose en la temperatura detectada de cada zona de calentamiento.

50 El alambre de calentamiento resistivo también puede funcionar como sensor utilizando la resistencia del alambre resistivo para medir la temperatura del alambre resistivo y utilizando los mismos conductores de potencia para enviar información de medida de temperatura al dispositivo de suministro de potencia 14. Unos medios de detección de temperatura para cada zona permitirán el control de temperatura a lo largo de la longitud de cada conjunto de calentador 18 en el haz de calentador 12 (hasta la resolución de la zona individual). Por tanto, puede prescindirse de los medios de detección y los circuitos de detección de temperatura adicionales, reduciendo así los costes de fabricación. La medición directa de la temperatura del circuito de calentador es una ventaja distintiva cuando se intenta maximizar el flujo de calor en un circuito dado al tiempo que se mantiene un nivel de fiabilidad deseado para el sistema porque elimina o minimiza muchos de los

errores de medición asociados con la utilización de un sensor independiente. La temperatura del elemento de calentamiento es la característica que tiene la mayor influencia sobre la fiabilidad del calentador. La utilización de un elemento resistivo para funcionar como calentador y como sensor se divulga en la patente US n.º 7.196.295, que está legalmente cedida junto con la presente solicitud.

5

Alternativamente, los conductores de potencia 56 pueden realizarse a partir de metales diferentes de tal manera que los conductores de potencia 56 de metales diferentes pueden crear un termopar para medir la temperatura de los elementos de calentamiento resistivo. Por ejemplo, al menos un conjunto de un conductor de suministro de potencia y uno de retorno de potencia puede incluir materiales diferentes de tal manera que se forma una unión entre los materiales diferentes y un elemento de calentamiento resistivo de una unidad de calentador y se utiliza para determinar la temperatura de una o más zonas. La utilización de detección “integrada” y “altamente acoplada térmicamente”, tal como la utilización de metales diferentes para el calentador, conduce a la generación de una señal de tipo termopar. La utilización de los conductores de potencia integrados y acoplados para la medición de la temperatura se divulga en la solicitud US publicada n.º 2016/0353521, que está legalmente cedida junto con la presente solicitud.

10

15

El controlador 15 para modular la potencia eléctrica suministrada a cada zona puede ser un sistema de control automático de bucle cerrado. El sistema de control automático de bucle cerrado 15 recibe la realimentación de temperatura a partir de cada zona y controla de manera automática y dinámica el suministro de potencia a cada zona, controlando de ese modo de manera automática y dinámica la distribución de potencia y temperatura a lo largo de la longitud de cada conjunto de calentador 18 en el haz de calentador 12 sin monitorización y ajuste humanos continuos o frecuentes.

20

Las unidades de calentador 52 tal como se divulgan en la presente memoria también pueden calibrarse utilizando una variedad de procedimientos incluyendo, pero sin limitarse a, energizar y tomar muestras de cada unidad de calentador 52 para calcular su resistencia. Después puede compararse la resistencia calculada con una resistencia calibrada para determinar una razón de resistencia o un valor para después determinar temperaturas de unidad de calentador reales. Se divulgan unos procedimientos a título de ejemplo en las patentes US n.ºs 5.280.422 y 5.552.998, que están legalmente cedidas junto con la presente solicitud.

25

30

Una forma de calibración incluye hacer funcionar el sistema de calentador 10 en por lo menos un modo de funcionamiento, controlar el sistema de calentador 10 para generar una temperatura deseada para al menos una de las zonas de calentamiento 62 controladas de manera independiente, recopilar y registrar datos para la al menos una zona de calentamiento 62 controlada de manera independiente para el modo de funcionamiento, después acceder a los datos registrados para determinar especificaciones de funcionamiento para un sistema de calentamiento que presenta un número reducido de zonas de calentamiento controladas de manera independiente, y después utilizar el sistema de calentamiento con el número reducido de zonas de calentamiento controladas de manera independiente. Los datos pueden incluir, a modo de ejemplo, niveles de potencia y/o información de temperatura, entre otros datos de funcionamiento a partir del sistema de calentador 10 del que se recopilan y registran sus datos.

35

40

En una variación de la presente divulgación, el sistema de calentador puede incluir un conjunto de calentador individual 18, en vez de una pluralidad de conjuntos de calentador en un haz 12. El conjunto de calentador individual 18 comprenderá una pluralidad de unidades de calentador 52, definiendo cada unidad de calentador 52 al menos una zona de calentamiento controlada de manera independiente. De manera similar, los conductores de potencia 56 están conectados eléctricamente a cada una de las zonas de calentamiento 62 controladas de manera independiente en cada una de las unidades de calentador 62, y el dispositivo de suministro de potencia está configurado para modular la potencia a cada una de las zonas 62 de calentador controladas de manera independiente de las unidades de calentador a través de los conductores de potencia 56.

50

Haciendo referencia a la figura 7, un procedimiento de control 100 de un sistema de calentador incluye proporcionar un haz de calentador que comprende una pluralidad de conjuntos de calentador en la etapa 102. Cada conjunto de calentador incluye una pluralidad de unidades de calentador. Cada unidad de calentador define al menos un circuito de calentamiento controlado de manera independiente (y por consiguiente, zona de calentamiento). La potencia a cada una de las unidades de calentador se suministra a través de conductores de potencia conectados eléctricamente a cada una de las zonas de calentamiento controladas de manera independiente en cada una de las unidades de calentador en la etapa 104. La temperatura dentro de cada una de las zonas se detecta en la etapa 106. La temperatura puede determinarse utilizando un cambio en la resistencia de un elemento de calentamiento resistivo de al menos una de las unidades de calentador. La temperatura de zona puede determinarse inicialmente midiendo la resistencia de la zona (o midiendo la tensión de circuito, si se utilizan materiales apropiados).

55

60

Los valores de temperatura pueden digitalizarse. Las señales pueden comunicarse a un microprocesador. Los valores de temperatura medidos (detectados) pueden compararse con una temperatura objetivo (deseada) para cada zona en la etapa 108. La potencia suministrada a cada una de las unidades de calentador puede modularse basándose en la temperatura medida para lograr las temperaturas objetivo en la etapa 110.

65

Opcionalmente, el procedimiento puede incluir además utilizar un factor de ajuste a escala para ajustar la potencia de modulación. El factor de ajuste a escala puede ser una función de una capacidad de calentamiento de cada zona de calentamiento. El controlador 15 puede incluir un algoritmo, que incluye posiblemente un factor de ajuste a escala y/o un modelo matemático del comportamiento dinámico del sistema (incluyendo conocimiento sobre el tiempo de actualización del sistema), para determinar la cantidad de potencia que va a proporcionarse (mediante ciclo de trabajo, activación de ángulo de fase, modulación de tensión o técnicas similares) a cada zona hasta la siguiente actualización. La potencia deseada puede convertirse en una señal, que se envía a un conmutador u otro dispositivo de modulación de potencia para controlar la salida de potencia a las zonas de calentamiento individuales.

En la presente forma, cuando se desconecta por lo menos una zona de calentamiento debido a un estado anómalo, las zonas restantes continúan proporcionando un vataje deseado sin fallos. La potencia se modula a una zona de calentamiento funcional para proporcionar un vataje deseado cuando se detecta un estado anómalo en al menos una zona de calentamiento. Cuando se desconecta al menos una zona de calentamiento basándose en la temperatura determinada, las zonas restantes continúan proporcionando un vataje deseado. La potencia se modula a cada una de las zonas de calentamiento en función de al menos una de señales recibidas, un modelo y en función del tiempo.

Por motivos de seguridad o control de procedimiento, los calentadores típicos se hacen funcionar generalmente hasta por debajo de una temperatura máxima permisible con el fin de prevenir que una ubicación particular del calentador supere una temperatura dada debido a reacciones químicas o físicas no deseadas en la ubicación particular, tales como combustión/fuego/oxidación, coquización, ebullición, etc. Por tanto, esto se permite normalmente mediante un diseño de calentador conservativo (por ejemplo, grandes calentadores con baja densidad de potencia y gran parte de su área de superficie cargada con un flujo de calor mucho menor de lo que podría ser posible de otro modo).

Sin embargo, con el haz de calentador de la presente divulgación, es posible medir y limitar la temperatura de cualquier ubicación dentro del calentador hasta una resolución del orden del tamaño de las zonas de calentamiento individuales. Puede detectarse un punto caliente lo suficientemente grande como para influir en la temperatura de un circuito individual.

Dado que la temperatura de las zonas de calentamiento individuales puede ajustarse de manera automática y limitarse en consecuencia, la limitación dinámica y automática de la temperatura en cada zona mantendrá esta zona y todas las demás zonas que van a funcionar a un nivel de potencia/flujo de calor óptimo sin temor de superar el límite de temperatura deseado en cualquier zona. Esto produce una ventaja en la precisión de medición de temperatura de límite alto con respecto a la práctica actual de sujetar un termopar independiente en la envuelta de uno de los elementos en un haz. El margen reducido y la capacidad de modular la potencia a zonas individuales pueden aplicarse de manera selectiva a las zonas de calentamiento, de manera selectiva e individual, en vez de aplicarse a un conjunto de calentador completo, reduciendo de ese modo el riesgo de superar un límite de temperatura predeterminado.

Las características del calentador de cartucho pueden variar con el tiempo. Esta característica variable con el tiempo requerirá de lo contrario que el calentador de cartucho se diseñe para un único régimen de flujo seleccionado (de peor caso) y por tanto que el calentador de cartucho funcione en un estado inferior al óptimo para otros estados de flujo.

Sin embargo, con control dinámico de la distribución de potencia a lo largo de todo el haz hasta una resolución del tamaño de núcleo debido a las múltiples unidades de calentamiento proporcionadas en el conjunto de calentador, puede lograrse una distribución de potencia optimizada para diversos estados de flujo, en contraposición a tan sólo una distribución de potencia correspondiente únicamente a un estado de flujo en el calentador de cartucho típico. Por tanto, el haz de calentador de la presente solicitud permite un aumento del flujo de calor total para todos los demás estados de flujo.

Además, el control de potencia variable puede aumentar la flexibilidad de diseño de calentador. La tensión puede desacoplarse de la resistencia (en gran medida) en el diseño de calentador y los calentadores pueden diseñarse con el diámetro de alambre máximo que puede ajustarse en el calentador. Esto permite una capacidad aumentada para disipación de potencia para un tamaño de calentador y nivel de fiabilidad (o vida útil del calentador) dados y permite reducir el tamaño del haz para un nivel de potencia global dado. En esta disposición, la potencia puede modularse mediante un ciclo de trabajo variable que forma parte de los controladores de vataje variable actualmente disponibles o en desarrollo. El haz de calentador puede protegerse mediante un límite programable (o previamente programado si se desea) del ciclo de trabajo para una zona dada para evitar "sobrecargar" el haz de calentador.

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de calentador (10) que comprende un haz de calentador (12), comprendiendo el haz de calentador (12): una pluralidad de conjuntos de calentador (18), comprendiendo cada conjunto de calentador (18) una pluralidad de unidades de calentador (52), definiendo cada unidad de calentador (52) por lo menos una zona de calentamiento (62) controlada de manera independiente; una pluralidad de conductores de potencia (56) conectados eléctricamente a cada una de entre dicha por lo menos una zona de calentamiento (62) controlada de manera independiente en cada una de las unidades de calentador (52); y unos medios para detectar la temperatura dentro de cada una de las zonas (62) de calentamiento controladas de manera independiente; y un dispositivo de suministro de potencia (14);
- caracterizado por que el dispositivo de suministro de potencia (14) incluye un controlador (15) configurado para modular la potencia en cada una de las zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente de las unidades de calentador (52) a través de los conductores de potencia (56) basándose en la temperatura detectada dentro de cada una de las zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente para proporcionar un vataje deseado a lo largo de una longitud de cada uno de los conjuntos de calentador (18).
2. Sistema de calentador (10) según la reivindicación 1, que comprende asimismo un sistema de control automático de bucle cerrado (15) configurado para controlar la potencia del dispositivo de suministro de potencia basándose en las temperaturas detectadas dentro de por lo menos una de las zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente.
3. Sistema de calentador (10) según la reivindicación 1, en el que los conductores de potencia (56) comprenden uno de entre: una pluralidad de conductores de suministro de potencia y retorno de potencia, una pluralidad de conductores de retorno de potencia y un único conductor de suministro de potencia, o una pluralidad de conductores de suministro de potencia y un único conductor de retorno de potencia.
4. Sistema de calentador (10) según la reivindicación 1, en el que las unidades de calentador (52) de los conjuntos de calentador (18) presentan la misma estructura de tal manera que las unidades de calentador (52) de los conjuntos de calentador (18) sean intercambiables.
5. Sistema de calentador (10) según la reivindicación 1, en el que por lo menos un conjunto de un conductor de suministro de potencia y de retorno de potencia comprenden materiales diferentes de tal manera que se forme una unión entre los materiales diferentes y un elemento de calentamiento resistivo (34) de una unidad de calentador (52) y se utiliza para determinar la temperatura de una o más de las zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente.
6. Sistema de calentador (10) según la reivindicación 1, en el que el número de las zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente es  $n$ , y el número de los conductores de suministro y retorno de potencia es  $n+1$ .
7. Sistema de calentador (10) según la reivindicación 1, en el que cada conjunto de calentador (18) define un eje y la pluralidad de conjuntos de calentador (18) están dispuestos de tal manera que sus ejes estén dispuestos en paralelo entre sí.
8. Sistema de calentador (10) según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de unidades de calentador (52) incluyen, cada una, un cuerpo de núcleo (32) y un elemento de calentamiento resistivo (34) que rodea el cuerpo de núcleo (32).
9. Sistema de calentador (10) según la reivindicación 8, en el que los conductores de potencia (56) se extienden a través de los cuerpos de núcleo (32) de las unidades de calentador (52).
10. Sistema de calentador (10) según la reivindicación 9, en el que los cuerpos de núcleo (32) del conjunto de calentador (18) son recibidos dentro de una envuelta de metal (36).
11. Sistema de calentador (10) según la reivindicación 8, en el que el cuerpo de núcleo (32) de cada unidad de calentador (52) define una pluralidad de orificios pasantes (64).
12. Sistema de calentador (10) según la reivindicación 11, en el que los conductores de potencia (56) se extienden en la pluralidad de orificios pasantes (64) de los cuerpos de núcleo (32).
13. Sistema de calentador (10) según la reivindicación 8, en el que los cuerpos de núcleo (32) de las unidades de calentador (52) están realizados a partir de cerámica.
14. Sistema de calentador (10) según la reivindicación 8, en el que los cuerpos de núcleo (32) de cada uno de los conjuntos de calentador (18) son recibidos dentro de una envuelta de metal (36).

15. Sistema de calentador (10) según la reivindicación 14, que comprende asimismo un material aislante (38) dispuesto entre los cuerpos de núcleo (32) y la envuelta de metal (36).
- 5 16. Sistema de calentador (10) según la reivindicación 1, en el que el número de los conjuntos de calentador (18) es k, el número de las zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente de cada uno de los conjuntos de calentador (18) es m, y un número total de las zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente definidas por el haz de calentador (12) es m x k.
- 10 17. Procedimiento de control de un sistema de calentamiento (10) que comprende: proporcionar una pluralidad de conjuntos de calentador (18), comprendiendo el conjunto de calentador (18) una pluralidad de unidades de calentador (52), definiendo cada unidad de calentador (52) por lo menos una zona de calentamiento (62) controlada de manera independiente; suministrar potencia a cada una de entre dicha por lo menos una zona de calentamiento (62) controlada de manera independiente en cada una de las unidades de calentador (52) a través de una pluralidad de conductores de potencia (56), estando los conductores de potencia (56) conectados eléctricamente a cada una de entre dicha por lo menos una zona de calentamiento (62) controlada de manera independiente en cada una de las unidades de calentador (52); y detectar una temperatura dentro de cada una de las zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente;
- 15 20 caracterizado por que el procedimiento comprende modular la potencia suministrada a cada una de las zonas (62) de calentamiento controladas de manera independiente de las unidades de calentador (52) a través de los conductores de potencia (56) basándose en la temperatura detectada dentro de cada una de las zonas (62) de calentamiento controladas de manera independiente para proporcionar un vataje deseado a lo largo de una longitud del conjunto de calentador (18).
- 20 25 18. Procedimiento según la reivindicación 17, que comprende asimismo comparar las temperaturas detectadas con temperaturas objetivo y modular la potencia suministrada para lograr las temperaturas objetivo.
- 30 19. Procedimiento según la reivindicación 17, que comprende asimismo utilizar un factor de ajuste a escala para ajustar la potencia de modulación.
- 35 20. Procedimiento según la reivindicación 19, que comprende asimismo utilizar el factor de ajuste a escala en función de una capacidad de calentamiento de cada zona de calentamiento (62).
- 40 21. Procedimiento según la reivindicación 17, que comprende asimismo desconectar por lo menos una de las zonas (62) de calentamiento controladas de manera independiente basándose en la temperatura detectada mientras se continúa proporcionando el vataje deseado a las restantes de las zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente.
- 45 22. Procedimiento según la reivindicación 17, en el que cuando la temperatura detectada en por lo menos una de las zonas de calentamiento (62) se desvía de una temperatura objetivo, se modula la potencia a dicha por lo menos una zona de calentamiento (62) para lograr la temperatura objetivo.
- 50 23. Procedimiento según la reivindicación 17, en el que la detección de la temperatura incluye determinar la temperatura utilizando un cambio en la resistencia de un elemento de calentamiento resistivo (34) de por lo menos una de las unidades de calentador (52).
- 55 24. Procedimiento según la reivindicación 23, que comprende asimismo desconectar por lo menos una de las zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente basándose en la temperatura detectada, mientras se continúa proporcionando el vataje deseado en las restantes de las zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente.
- 60 25. Procedimiento según la reivindicación 17, en el que se modula la potencia en cada una de las zonas de calentamiento (62) en función de por lo menos una de las señales recibidas, de un modelo y en función del tiempo.
- 65 26. Procedimiento según la reivindicación 17, que comprende asimismo calibrar el sistema de calentamiento (10) según las etapas siguientes:
- hacer funcionar el sistema de calentador (10) en por lo menos un modo de funcionamiento;
- controlar el sistema de calentador (10) para activar por lo menos una de entre la pluralidad de zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente para generar una temperatura deseada;
- recopilar y registrar datos para dicha por lo menos una de las zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente y dicho por lo menos un modo de funcionamiento;

acceder a los datos registrados para determinar especificaciones de funcionamiento para el sistema de calentador (10) cuando se desconecta dicha por lo menos una de entre la pluralidad de zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente; y

5 hacer funcionar el sistema de calentador (10) estando desconectada dicha por lo menos una de entre la pluralidad de zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente.

27. Procedimiento según la reivindicación 26, en el que los datos se seleccionan de entre el grupo que consiste en unos niveles de potencia e información de temperatura.

10

28. Procedimiento según la reivindicación 17, en el que la pluralidad de unidades de calentador (52) están dispuestas a lo largo de una dirección longitudinal del conjunto de calentador (18) para definir la pluralidad de zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente a lo largo de la dirección longitudinal del conjunto de calentador (18).

15

29. Procedimiento según la reivindicación 17, que comprende asimismo proporcionar un total de  $m \times k$  zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente, en el que el número de los conjuntos de calentador (18) es  $k$ , y el número de las zonas (62) de calentamiento controladas de manera independiente de cada uno de los conjuntos de calentador (18) es  $m$ .

20

30. Procedimiento según la reivindicación 29, que comprende asimismo desconectar por lo menos una de las zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente mientras se continúa suministrando potencia a las restantes de las zonas (62) de calentamiento controladas de manera independiente para proporcionar el vataje deseado a lo largo de la longitud del conjunto de calentador (18).

25

31. Procedimiento según la reivindicación 17, en el que la pluralidad de zonas de calentamiento (62) controladas de manera independiente se controlan de manera individual y dinámica para lograr una distribución de potencia predeterminada a través del sistema de calentador.

30 32. Aparato para calentar fluido que comprende:

un alojamiento (72) sellado que define una cámara interna y que presenta una entrada de fluido (76) y una salida de fluido (78); y

35

el sistema de calentador (10) según la reivindicación 1 dispuesto dentro de la cámara interna del alojamiento (72),

en el que el haz de calentador (12) está adaptado para proporcionar una distribución de calor predeterminada a un fluido dentro del alojamiento (72).

40

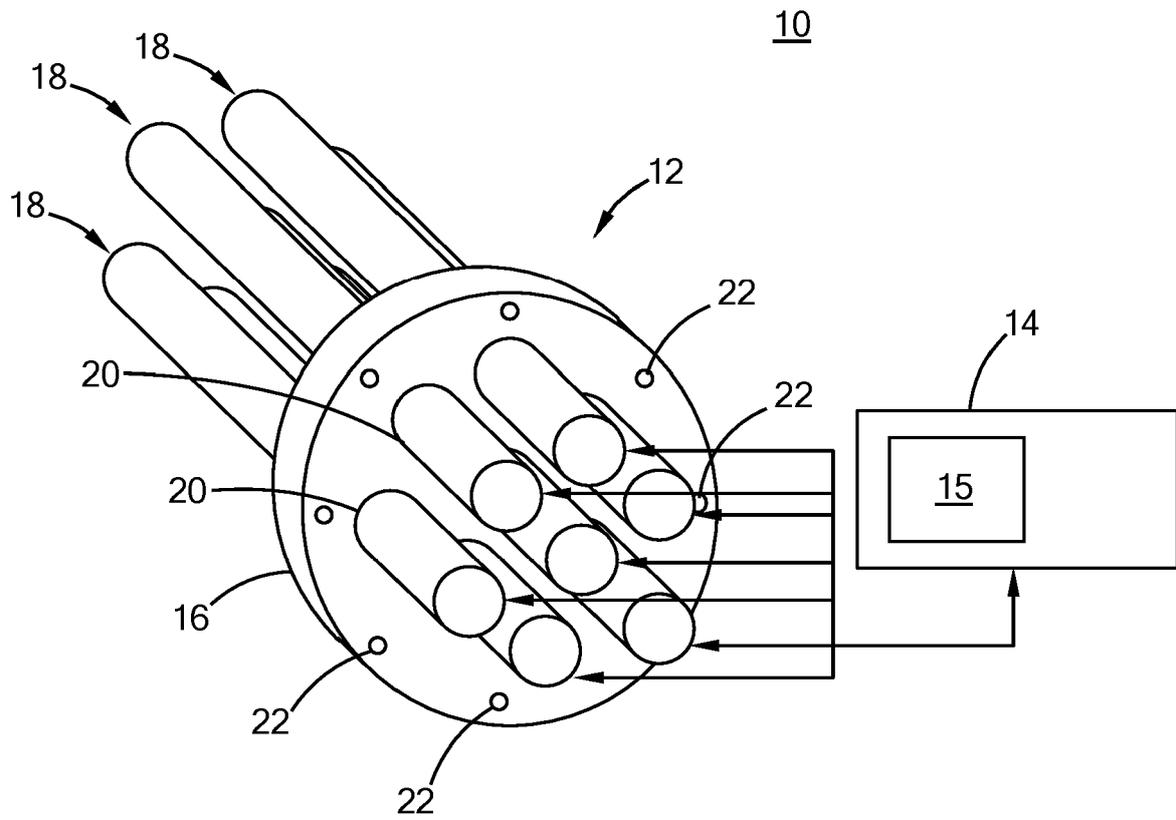


FIG. 1

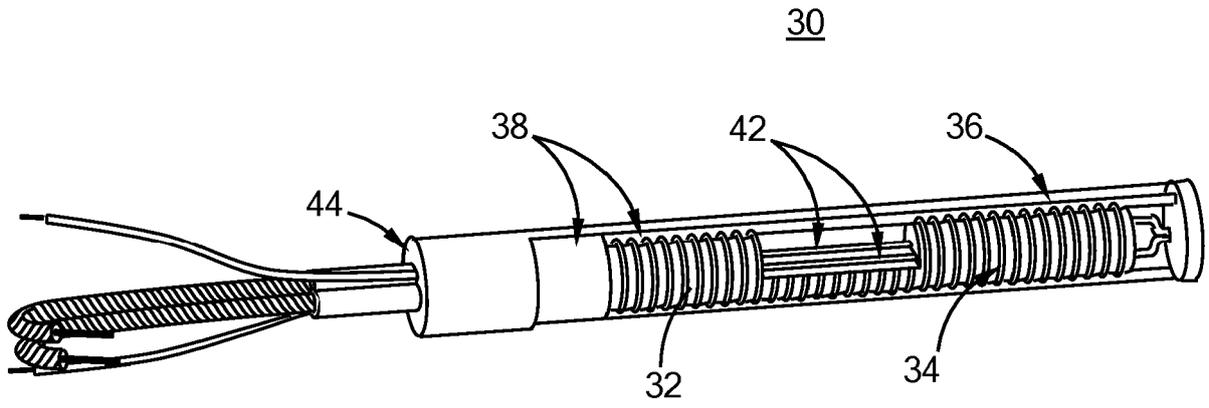


FIG. 2

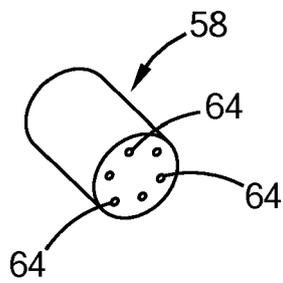
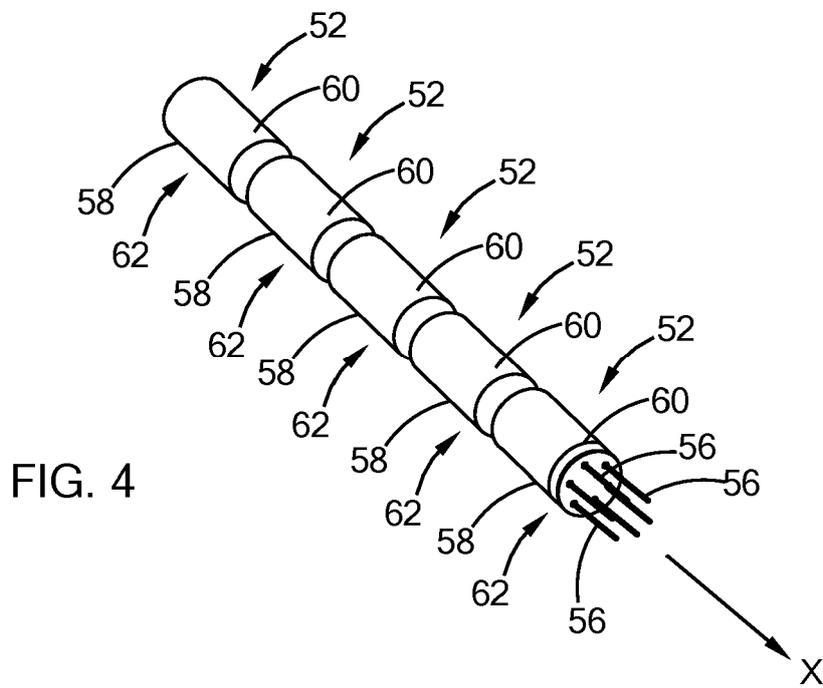
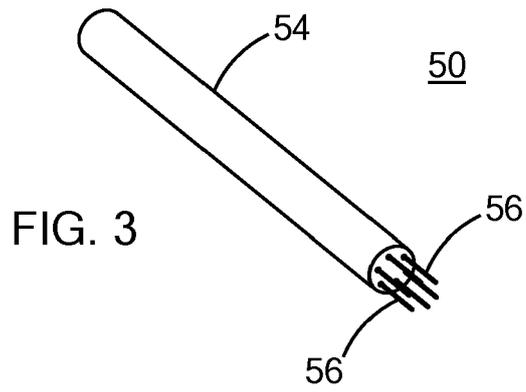


FIG. 5

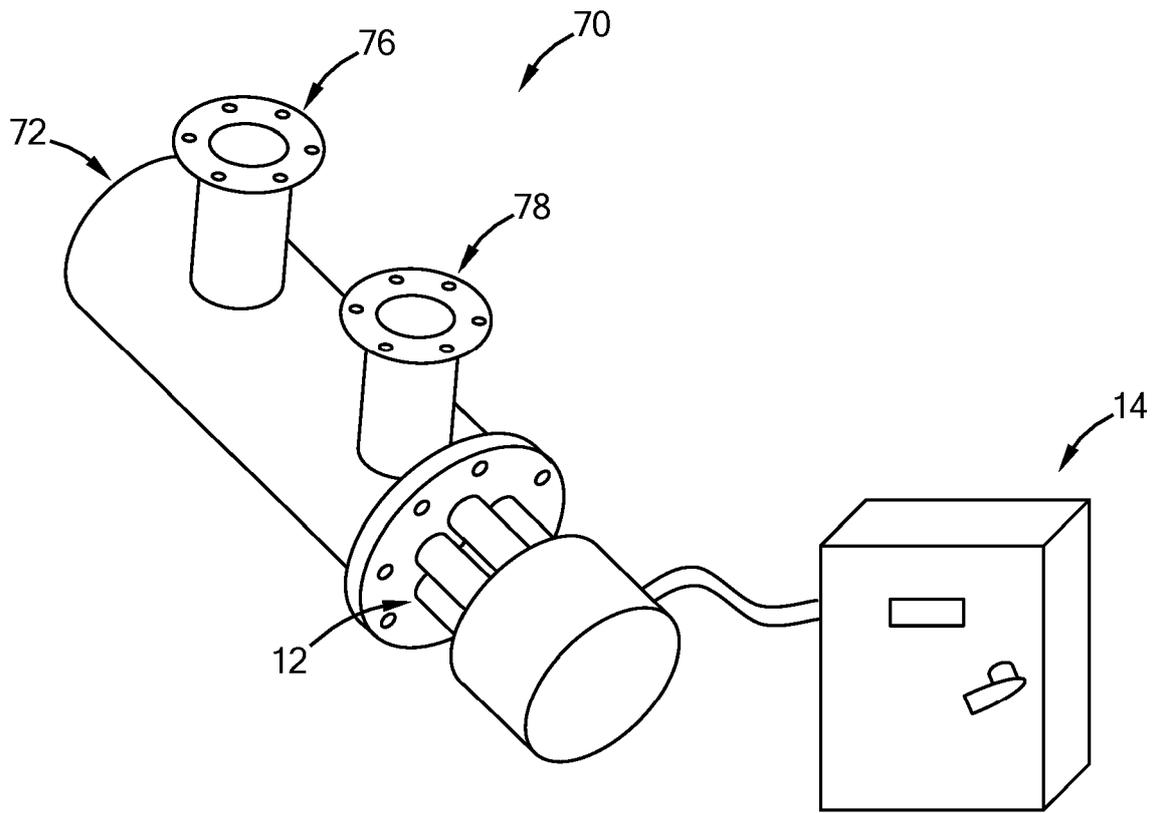


FIG. 6

100

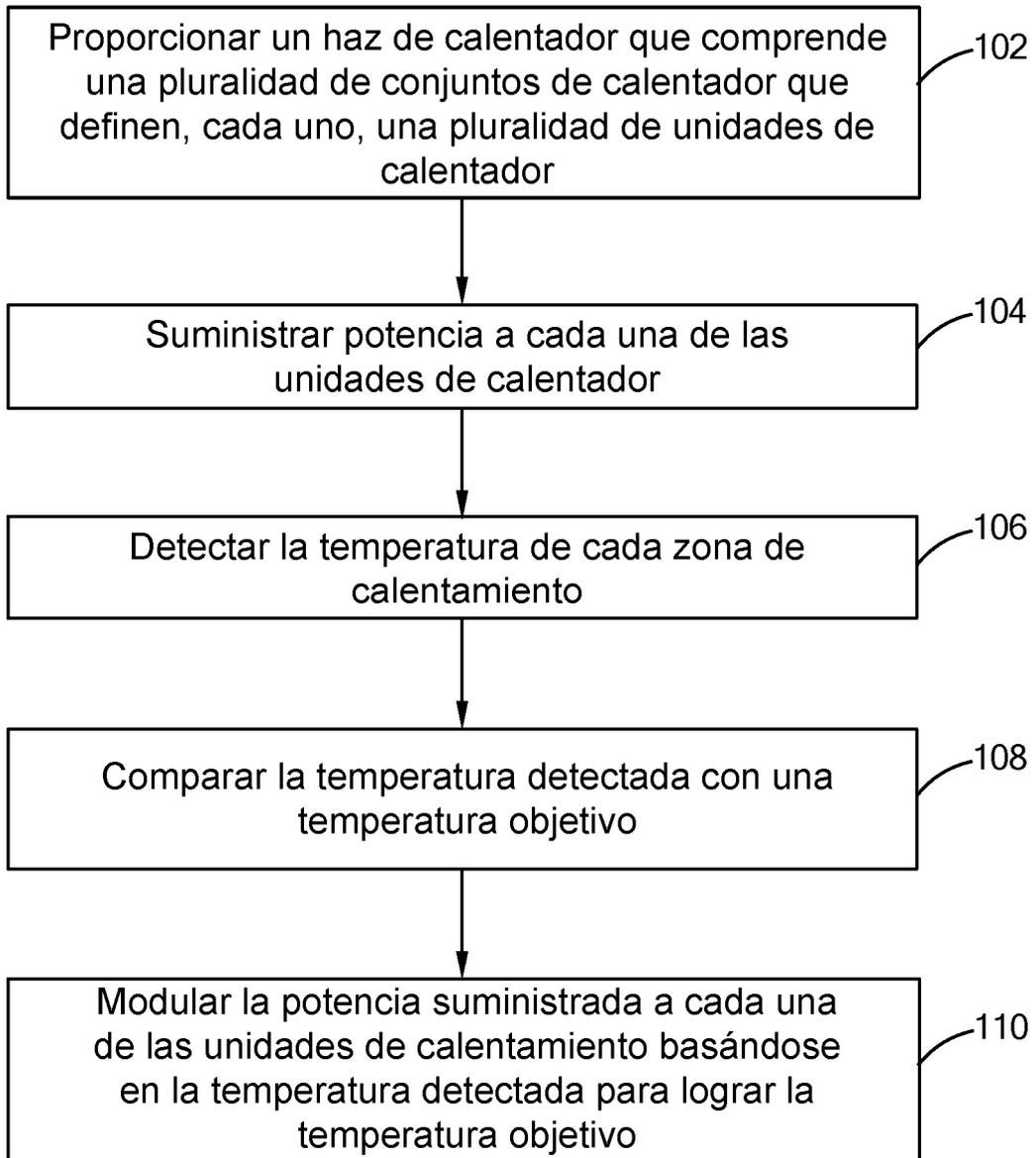


FIG. 7