(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 393 852**

(51) Int. CI.:

F27D 21/00 (2006.01)
F27D 21/02 (2006.01)
B01J 8/06 (2006.01)
C01B 3/38 (2006.01)
B01J 8/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **10164994 .5**
(96) Fecha de presentación: **04.06.2010**
(97) Número de publicación de la solicitud: **2258997**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **08.12.2010**

(54) Título: **Método para la adquisición de datos de temperatura**

(30) Prioridad:

05.06.2009 US 478858

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:

28.12.2012

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:

28.12.2012

(73) Titular/es:

AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (100.0%)
7201 HAMILTON BOULEVARD
Allentown, PA 18195-1501, US

(72) Inventor/es:

ESMAILI, ALI;
LI, XIANMING JIMMY;
LICHT, WILLIAM ROBERT;
FOGASH, KEVIN BOYLE;
SMITH IV, OLIVER JACOB;
HERB, BLAINE EDWARD y
BZIK, THOMAS JOSEPH

(74) Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para la adquisición de datos de temperatura.

La presente descripción se refiere a la adquisición de datos de temperatura en áreas con características geométricas complejas. En particular, la presente descripción se refiere a la adquisición de datos de temperatura en tubos de proceso en un horno.

En general, la eficiencia energética de los procesos industriales es cada vez más importante. Para muchos procesos, tales como la producción de hidrógeno, la eficiencia del proceso está relacionada con la capacidad de monitorear / mantener ciertas temperaturas. La medición de la temperatura en las zonas con características geométricas complejas puede presentar varios desafíos. Por ejemplo, al medir las temperaturas en lugares específicos de la geometría característica, la inconsistencia en la adopción de las medidas en la ubicación específica de la geometría característica puede resultar en medidas inconsistentes. Un control más preciso de la temperatura en la ubicación específica sobre la geometría característica puede permitir una mayor eficiencia energética, permitiendo utilizar datos más precisos para el control de proceso.

Un área que tiene características geométricas complejas es un horno (incluyendo, pero no limitado a, un reformador de vapor de metano). Un tipo de horno puede utilizar numerosos tubos de proceso (incluyendo una configuración que tiene más de 400 tubos de proceso) que contienen un catalizador (por ejemplo, un catalizador de reformado) para el transporte de un fluido de proceso (por ejemplo, vapor de agua y un hidrocarburo). El horno, en un ejemplo, puede incluir tubos de proceso que se extienden verticalmente, posicionados en filas paralelas con unos 30 a 60 tubos en cada fila. La distancia entre dos filas de tubos es de alrededor de 2 a 3 metros. Los tubos pueden extenderse verticalmente sobre 12 metros y tiene un diámetro exterior de 100 a 150 milímetros. Los tubos pueden colocarse en la fila con una separación de centro a centro de 250 a 500 mm. Aproximadamente 10 a 20 quemadores pueden colocarse entre cada conjunto de dos filas de tubos. Un total de ocho o más filas de tubos y nueve o más filas de quemadores pueden ser incluidos en el horno.

Una forma de mejorar la eficiencia de un horno es mantener una uniformidad de temperatura entre los tubos de proceso a una elevación predeterminada en el horno. Por lo tanto, la medición o vigilancia de la temperatura de cada uno de los tubos de proceso en una posición predeterminada o elevación puede ser necesario para obtener la mejora de la eficiencia deseada. Además, los tubos de proceso de un horno puede estar bajo presiones internas muy altas (de hasta aproximadamente 50 atmósferas) y a temperaturas muy altas (hasta alrededor de 950 °C). Por lo tanto, un ligero cambio de temperatura puede reducir la vida útil de un tubo de proceso. Por ejemplo, el funcionamiento a unos 10 °C por encima de la temperatura de diseño para el tubo puede reducir la vida útil del tubo hasta la mitad. El coste de reparación y/o sustitución de los tubos puede ser alto debido al uso de aleaciones especiales en los tubos que son necesarios para permitir que los tubos sobrevivan a las condiciones de funcionamiento del horno. Como tal, los operadores de hornos también miden / monitorean las temperaturas del tubo para evitar que se sobrepase la temperatura de diseño del tubo, además de tratar de obtener mejoras de eficiencia.

En un método de medir / monitorear la temperatura de los tubos de proceso, el operador podrá utilizar un pirómetro óptico. Cuando se utiliza el pirómetro óptico, el operador apunta el dispositivo en una posición predeterminada en un tubo de proceso y luego activa el dispositivo. Tras la activación, el pirómetro óptico mide la radiación térmica e indica o registra una temperatura correspondiente a la posición predeterminada en el tubo de proceso. El operador repite el proceso para cada uno de los tubos. El uso del pirómetro óptico tiene varios inconvenientes en que puede ocurrir la exposición a temperaturas elevadas, la misma ubicación predeterminada puede no ser utilizada para todos los tubos, la temperatura de un tubo seleccionado puede no ser medida, el mismo tubo puede ser medido dos veces inadvertidamente en lugar del tubo adyacente deseado, y el proceso puede tomar demasiado tiempo resultando en fluctuaciones de temperatura para los tubos.

Por lo tanto, lo que se necesita es proporcionar un método para medir la temperatura de características geométricas complejas utilizando un proceso estandarizado que permite la recogida de datos más rápida.

BREVE SUMARIO

De acuerdo con un aspecto, la descripción está dirigida a un método para determinar la información de temperatura en una pluralidad de tubos de proceso en un horno de acuerdo con la reivindicación 1. El método comprende la captura de una pluralidad de imágenes de un área interior de un horno. Al menos algunas imágenes de la pluralidad de imágenes se asocian a diferentes porciones de la zona interior del horno y cada imagen de la pluralidad de imágenes incluye datos de píxeles asociados con un subconjunto de la pluralidad de tubos colocados en el interior del horno. El método también comprende la identificación de cada tubo del subconjunto de la pluralidad de tubos en cada imagen de la pluralidad de imágenes, el procesamiento de una parte de los datos de píxeles asociado con cada tubo identificado para obtener un valor que representa una medida de tendencia central para cada tubo identificado del subconjunto de la pluralidad de tubos en cada imagen de la pluralidad de imágenes y procesamiento el valor que representa la medida de tendencia central para cada tubo identificado para obtener información de temperatura de la pluralidad de tubos.

Procesando el valor que representa la medida de tendencia central para cada tubo identificado puede comprender la determinación de un valor de temperatura para cada tubo identificado a partir del valor correspondiente que representa la medida de tendencia central para cada tubo identificado. El método también puede comprender el establecimiento de una correlación entre los valores obtenidos previamente que representan medidas de tendencia central y las correspondientes temperaturas medidas y en el que la determinación del valor de temperatura para cada tubo identificado a partir del valor correspondiente que representa la medida de tendencia central utiliza la correlación. El método puede comprender además la generación de un modelo geométrico de la pluralidad de tubos colocados en el horno. Alternativamente, la identificación de cada tubo puede comprender la identificación de un borde de un tubo de la pluralidad de tubos y la superposición de una cuadrícula en la imagen correspondiente usando un modelo geométrico de la pluralidad de tubos colocados en el horno y el borde identificado de un tubo. La superposición de una cuadrícula puede comprender la asignación de una retícula que corresponden a los bordes de cada tubo de la pluralidad de tubos en la imagen correspondiente. El procesamiento de una parte de los datos de píxeles puede comprender la identificación de un segmento de la cuadrícula correspondiente a cada tubo identificado y procesamiento de los datos de píxeles asociados con el segmento identificado para obtener el valor que representa la medida de tendencia central para el tubo correspondiente identificado.

La identificación de un segmento de la red puede comprender la identificación de segmentos situados en una elevación predeterminada de cada tubo identificado. Los datos de píxeles pueden comprender datos para una pluralidad de canales y el procesamiento de una parte de los datos de píxeles puede comprender el procesamiento de los datos para cada canal de la pluralidad de canales para obtener un valor de canal para cada canal de la pluralidad de canales. El procesamiento de una parte de los datos de píxeles puede comprender el procesamiento de los valores de canal para la pluralidad de canales para obtener el valor que representa la medida de tendencia central para el tubo identificado. Procesando el valor que representa la medida de tendencia central para cada tubo identificado puede comprender además la determinación de los tubos de la pluralidad de tubos que tienen una pluralidad de correspondientes valores de temperatura determinados y el procesamiento de la pluralidad de los correspondientes valores de temperatura determinados para cada tubo determinado de la pluralidad de tubos a obtener un valor único de la temperatura para cada tubo determinado. Procesando el valor que representa la medida de tendencia central para cada tubo identificado para obtener información de temperatura puede comprender la generación de un valor que representa la medida de tendencia central para cada tubo identificado en una pluralidad de elevaciones.

Un aspecto adicional de la divulgación puede comprender la corrección de la distorsión de imagen en cada imagen de la pluralidad de imágenes y la corrección de la distorsión de rotación en cada imagen de la pluralidad de imágenes. La captura de una pluralidad de imágenes de un área interior puede comprender la captura de la pluralidad de imágenes en una secuencia predeterminada. Un aspecto adicional del método puede comprender la muestra la información de la temperatura para la pluralidad de tubos.

Según otro aspecto, la descripción se refiere a un procedimiento para la adquisición de datos de temperatura para una pluralidad de tubos de proceso en una cámara según la reivindicación 13. El método comprende la captura de una imagen de una primera zona interior de la cámara. La primera imagen está asociada con una primera parte de la zona interior. La primera imagen comprende datos de imagen de la primera pluralidad de particularidades posicionadas dentro de la zona interior. El método también comprende la captura de una segunda imagen de la zona interior de la cámara. La segunda imagen se asocia con una segunda porción de la superficie interior. La segunda imagen incluye datos de imagen de la segunda pluralidad de particularidades situadas dentro de la zona interior. El método comprende además la identificación de la pluralidad de particularidades dentro de los datos de imagen primero y los segundos datos de imagen y generar una representación del área interior, basada en los datos de la imagen primera, los datos de imagen de segunda y la identificación de cada particularidad de la pluralidad de particularidades en la zona interior. La representación de área interior comprende datos relativos a la pluralidad de particularidades posicionadas dentro de la zona interior. El método comprende también el establecimiento de una correlación entre la representación zona interior y la información relacionada con la temperatura de la zona interior, y el cálculo de temperaturas de la pluralidad de particularidades en la zona interior de la representación de área interior utilizando la correlación establecida.

Un aspecto adicional del método puede comprender la generación y visualización de un gráfico de las temperaturas calculadas. La generación de una representación de área interior puede comprender la determinación de cada particularidad de la pluralidad de particularidades que tienen una pluralidad de valores calculados, que genera un valor consolidado para cada particularidad determinada de la pluralidad de particularidades sobre la base de la pluralidad de valores calculados para la correspondiente particularidad determinada y la representación del interior de área puede comprender el valor consolidado para cada particularidad determinada de la pluralidad de particularidades.

Otros aspectos del método pueden comprender la asociación de los datos de la imagen primera a una particularidad correspondiente identificada en la primera imagen y el cálculo de un valor para cada particularidad identificada en la primera imagen utilizando los datos asociados de la primera imagen. La cámara puede ser un horno y la pluralidad

de las particularidades pueden ser una pluralidad de tubos de proceso. La generación de una representación de área interior puede comprender la generación de una representación interior en una pluralidad de elevaciones dentro de la cámara. Otro aspecto del método puede comprender la generación y visualización de un diagrama en tres dimensiones de la información de la temperatura.

De acuerdo con un aspecto adicional, la descripción se refiere a un sistema para adquirir información de la temperatura en una pluralidad de particularidades en un horno. El sistema comprende un dispositivo configurado para capturar una imagen digital de un área interior de un horno. La imagen digital comprende datos de imagen en el área interior del horno y la zona interior del horno incluye una pluralidad de particularidades. El sistema también comprende un dispositivo de cálculo que tiene un microprocesador, un dispositivo de memoria y un programa ejecutable por el microprocesador. El dispositivo de computación está configurado para recibir los datos de imagen desde el dispositivo. El sistema comprende además una base de datos que almacena una relación entre los valores de píxel y los valores de temperatura. El microprocesador y el programa están configurados para procesar los datos de imagen para obtener los valores de píxel para cada particularidad de la pluralidad de particularidades en la imagen digital y para determinar una temperatura para cada particularidad de la pluralidad de particularidades basadas en la relación almacenada en la base de datos.

Una ventaja de la presente descripción es la mejora del control de las temperaturas de los tubos de proceso para obtener eficiencia mejorada del horno y para extender la vida operativa de los tubos de proceso.

Otra ventaja de la presente descripción es un proceso normalizado de medición / control.

Todavía otra ventaja de la presente descripción es para reducir la cantidad de tiempo que los operadores están expuestos a altas temperaturas del horno.

Todavía otra ventaja de la presente descripción es la mejora de ahorro de costes y ahorro de tiempo para el proceso de medición / control.

Otros aspectos del método y del sistema se describen en la presente memoria. Las particularidades como se discutieron anteriormente, así como otras características y ventajas de la presente descripción serán apreciados y entendidos por los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada y los dibujos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE VARIAS VISTAS DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 muestra una vista en sección transversal de un horno.

La Figura 2 muestra una representación de los campos de visión de una cámara utilizada para adquirir datos de imágenes desde el horno.

La Figura 3 muestra un gráfico de contorno ejemplar de las diferencias de temperatura para una elevación predeterminada de un horno.

Siempre que sea posible, los mismos números de referencia se utilizarán en todos los dibujos para representar las mismas partes.

DESCRIPCION DETALLADA

La presente descripción se describirá ahora más completamente con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestra un ejemplo de realización de la divulgación. Esta divulgación puede, sin embargo, realizarse de muchas formas diferentes y no debe interpretarse como limitación de las realizaciones aquí expuestas.

Los artículos "un" y "una" cómo se usa en la presente memoria significan uno o más cuando se aplican a cualquier característica en las realizaciones de la presente invención descrita en la memoria descriptiva y reivindicaciones. El uso de "un" y "una" no limita el significado a una sola característica a menos que dicho límite se indique específicamente. El artículo "el" precedente a sustantivos en singular o plural o frases sustantivas denotan una característica particular especificada o características particulares especificadas y puede tener una connotación singular o plural dependiendo del contexto en el que se utilizan. El adjetivo "cualquiera" significa uno, algunos, o todos indiscriminadamente de cualquier cantidad. Como se usa en la presente memoria, "pluralidad" significa "al menos dos."

La Figura 1 muestra una representación en sección transversal de un horno 102 con tubos de proceso 104 situados dentro de un área interior 106 del horno 102. El horno 102 puede ser un reformador de vapor de metano, reformador de metanol, cracker de etileno, un horno de recalentamiento de plataformas, una cámara de calor radiante, u otro tipo similar de horno, reformador o cámara. Los tubos 104 se pueden colocar en una pluralidad de filas 112 separadas por elementos de calentamiento o de los quemadores 108. En otra forma de realización, otras características, por ejemplo, elementos de intercambio de calor y/u otras estructuras adecuadas, en la zona interior 106 del horno 102 pueden ser usados en lugar o además de los tubos 104. Los tubos 104 pueden extenderse ya sea vertical u horizontalmente en el horno 102. Los quemadores 108 pueden estar dispuestos en filas y se utilizan para elevar la temperatura de la zona interior 106 del horno 102 a una temperatura deseada para llevar a cabo el proceso

o actividad que se realiza en el interior del horno 102. En una realización, las filas de tubos 104 y filas de quemadores 108 pueden ser sustancialmente paralelas. A lo largo del perímetro del horno 102 están puertos de vista que permiten a los tubos 104, a los quemadores 108 y a cualquier otra estructura o particularidad dentro del horno 102 para ser vistos y/o analizados desde un punto exterior al horno 102. En una realización, los pares de puertos de visualización 110 pueden estar colocados en el perímetro del horno 102 en extremos opuestos de una fila de quemadores 108.

El horno 102 puede tener puertos de visualización 110 en uno o más niveles o elevaciones. Tener puertos de vista 110 en más de un nivel permite una mayor capacidad de visión de los tubos 104.

El proceso comienza por tomar una serie de imágenes digitales de los tubos 104 en el horno 102 a través de los puertos de visualización. Las imágenes digitales pueden ser tomadas por una cámara digital o cualquier otro dispositivo capaz de capturar información de la imagen digital. Las imágenes digitales se pueden obtener al apuntar la cámara digital a través de cada puerto de visualización 110 y luego la captura de la información de la imagen correspondiente, es decir, "tomar una foto" de la parte correspondiente de la zona interior.

En una realización, la cámara digital, se puede colocar en un monopié u otro dispositivo similar para intentar mantener el tono deseado, guiñada, y ángulos de balanceo en las imágenes digitales y para ayudar en el posicionamiento de la lente de la cámara en el centro del puerto de la vista 110. Además, la cámara puede ajustarse en un modo manual para mantener una velocidad de apertura más consistente y el enfoque puede ser ajustado a infinito.

Para obtener una imagen del área interior 106 del horno 102, que incluye los tubos 104, la cámara puede ser colocada brevemente a un puerto de visualización 110 con el operador apuntando la cámara a través del puerto de visualización 110 y, posteriormente, presionando el botón de disparo para capturar la imagen y luego quitar la cámara del puerto de visualización 110. La Figura. 2 muestra los campos de visión 120 de la cámara al tomar imágenes desde varios puertos de visualización 110. Como puede verse en la Figura. 2, cada campo de visión de la cámara incluye una porción de una o más filas de tubos 104. El período de tiempo que la cámara está apuntando a través del puerto de visualización 110 debe reducirse al mínimo para proteger la cámara y el operador de la exposición excesiva al calor radiante, sin embargo, la cámara no debe estar en movimiento cuando el botón disparador se está deprimido para asegurar que la imagen no esté borrosa. El procedimiento se puede repetir para cada puerto de visualización 110 en el perímetro del horno 102.

La cámara puede captar una imagen (o imágenes múltiples) a través del puerto de visualización de una porción del área interior 106 del horno 102. La imagen puede incluir una fila de tubos 104 situados a lo largo del lado izquierdo de la imagen y la otra fila de tubos 104 situada a lo largo del lado derecho de la imagen. Además, la imagen puede incluir un puerto de visualización opuesto. El puerto de visualización opuesto se puede utilizar para capturar una imagen desde la pared opuesta del horno 102. En una realización, la imagen puede incluir otras estructuras y/o características de la zona interior 106 del horno 102 que están dentro del campo de visión de la cámara.

En otra realización, la parte de la zona interior 106 capturado en una imagen puede superponerse o incluir porciones similares de la zona interior 106 capturado en otras imágenes. Dicho de otra manera, la parte de la zona interior 106 que se muestra en una imagen puede incluir estructuras o características que se muestran también en otras imágenes. Por ejemplo, las imágenes tomadas de los puertos de visualización 110 contiguos pueden mostrar lados opuestos del mismo tubo 104. De manera similar, las imágenes tomadas de los puertos de visualización opuestos 110 puede mostrar el mismo tubo 104 en diferentes ángulos. Además, las imágenes no se requiere que correspondan o se asignen a regiones específicas o exclusivos de la zona interior 106 y pueden mostrar las regiones sustancialmente similares o porciones de la zona interior 106. En todavía otra realización, una imagen muestra una parte diferente de la zona interior 106, si la imagen incluye una estructura o característica que no se muestra en la otra imagen o muestra las mismas estructuras o características en diferentes ángulos o perspectivas que las otras imágenes.

En una realización, las imágenes de la zona interior 106 y los tubos 104 de cada puerto de visualización 110 pueden ser capturados de acuerdo con una secuencia predeterminada o a lo largo de un camino predeterminado 202 alrededor del perímetro del horno 102, como se muestra en la Figura 2. Camino predeterminado 202 puede extenderse en sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario. Mediante la captura de imágenes en una secuencia predeterminada, la identificación posterior de la porción de área interior 106 capturada en cada imagen puede ser realizada rápidamente, ya que cada paso de la secuencia o la ruta de acceso corresponde a una parte conocida de la superficie interior 106. En otra realización, las imágenes de la zona interior 106 y tubos 104 se pueden tomar en cualquier orden deseado o la secuencia con el requisito adicional de que la porción correspondiente de la superficie interior 106 se correlacionan con la imagen captada. Desde horno 102 puede incluir puertos de visualización 110 en lados opuestos del horno 102 y en cada lado de una fila de tubos 104, todos los tubos 104 puede ser incluidos en al menos dos imágenes, y muchos de los 104 tubos puede ser incluidos en al menos cuatro imágenes.

En una realización, una sola cámara se utiliza para capturar todas las imágenes de la zona interior 106 del horno 102. Utilizando la única cámara para capturar todas las imágenes puede aumentar la consistencia del posterior procesamiento y análisis de los datos de imagen, porque las imágenes se capturan en condiciones de cámara uniformes como señal uniforme a niveles de ruido y las sensibilidades uniformes a diferentes longitudes de onda. En otra realización, una pluralidad de cámaras se pueden utilizar para capturar imágenes, pero el posterior procesamiento y análisis de los datos de la imagen deberían tener en cuenta las diferencias en las condiciones de la cámara tales como las diferencias en las sensibilidades a diferentes longitudes de onda y las diferencias de señal a ruido como resultado de diferencias en las condiciones entre las cámaras y/o modelos de cámaras. La contabilidad de las diferencias en las condiciones de la cámara es necesaria para hacer que los datos de imagen obtenidos a partir de una cámara se corresponden con datos de imagen adquiridos de otra cámara.

Al capturar una imagen de la superficie interior 106 del horno 102, la cámara puede incluir uno o más filtros para prevenir o reducir ciertas longitudes de onda de luz lleguen a la cámara o sensor. La imagen o el sensor pueden incluir dispositivos de carga acoplada (CCD) y/o complementario dispositivos de semiconductor de óxido de metal (CMOS). En una realización, el filtro puede ser diseñado para permitir el 50% de la luz a una longitud de onda predeterminada para pasar a través del filtro y llega al sensor. El filtro está diseñado además para permitir menos luz, es decir, menos del 50% de la luz, a pasar a través del filtro en longitudes de onda que son menores que la longitud de onda predeterminada, y para permitir más luz, es decir, mayor que 50% de la luz, para pasar a través del filtro en longitudes de onda que son mayores que la longitud de onda predeterminada. En una realización, la longitud de onda predeterminada puede ser de alrededor de 715 nm. En otras realizaciones, la longitud de onda predeterminada puede ser de entre aproximadamente 300 nm o menos y/o 1000 nm o más.

El generador de imágenes o un sensor que se incorpora en la cámara puede incluir píxeles que registran la intensidad de luz recibida en el píxel. El número de píxeles de la cámara corresponde a la resolución de la cámara. En una realización, la cámara puede tener una resolución de entre aproximadamente 1 megapíxeles (aproximadamente 1 millón de píxeles) a alrededor de 10 megapíxeles (aproximadamente 10 millones de píxeles) o más. Cada píxel en el generador de imágenes o sensor puede tener uno o más componentes o canales que registran la intensidad de la luz. En una realización, cada píxel del generador de imágenes o sensor puede tener tres componentes o canales, que pueden corresponder al color rojo (R), verde (G) y azul (B). Los canales o componentes del píxel puede ser configurados para ser más receptivos a la luz en determinadas frecuencias predeterminadas y menos receptivos a la luz a otras frecuencias predeterminadas cuando se graba la intensidad de la luz. En otras palabras, la luz de ciertas frecuencias predeterminadas puede contribuir más a la medición de la intensidad total de la luz que luz en otras frecuencias predeterminadas. Cuando se captura una imagen, las intensidades para cada canal o componente de cada píxel se almacenan como datos de imagen o datos de píxeles. En una realización, los píxeles se configuran para medir la intensidad de la luz en el espectro visible.

Después de que las imágenes del horno 102 se obtienen, los datos de imagen correspondientes a cada una de las imágenes pueden ser cargados en un ordenador o en otro dispositivo de procesamiento para el procesamiento y análisis adicionales. Cada una de las imágenes a continuación, pueden procesarse utilizando el equipo para corregir, es decir, reducir o eliminar, cualquier distorsión en la imagen. Antes de cada imagen pueda ser procesada para corregir la distorsión en la imagen, un modelo de transformación para representar cada lente y la combinación de cámara utilizados para captar imágenes puede ser construido o creado. Para crear un modelo de transformación, una serie de modelos de distorsión radial puede ser creada para las lentes y la combinación de cámara. Un modelo de distorsión radial determina la cantidad de distorsión radial que puede ser introducida por una lente calibrada y combinación de cámara para una longitud focal seleccionada (que representa la posibilidad de una lente de zoom) y la distancia focal seleccionada. Una vez que el modelo de transformación se ha creado para una combinación de lentes y la cámara, el modelo de transformación se puede aplicar a las imágenes capturadas por la combinación lente y la cámara para corregir cualquier distorsión. Métodos para la corrección de la distorsión son conocidos en la técnica. Cualquier método adecuado para la corrección de la distorsión puede ser utilizado en relación con el presente método.

Además de la corrección de distorsión, cada una de las imágenes puede ser procesada usando el ordenador para corregir cualquier rotación o desviación ("corrección de rotación") desde una posición específica, por ejemplo, una "posición centrada." Corrección de rotación se puede realizar para corregir la orientación vertical de la imagen ("ángulo de balanceo"), para corregir el ángulo "arriba y abajo" ("cabeceo") y la "izquierda y derecha" ángulo ("guiñada"). En una realización, el ángulo de balanceo y cabeceo se puede corregir mediante la detección del borde (s) del (de los) último tubo (s) 104 en la imagen y la posición del puerto de visualización opuesto 110 y luego ajustando la imagen de manera que el borde (s) del último tubo (s) 104 en la imagen son verticales. En otra realización, la guiñada se puede corregir utilizando la información de la geometría del horno. Métodos para la corrección de rotación son conocidos en la técnica. Cualquier método adecuado para la corrección de rotación puede ser utilizado en relación con el presente método.

Las imágenes "corregidas", pueden procesarse utilizando el equipo para detectar o determinar los bordes de los tubos 104 y/o cualesquiera otras características deseables, por ejemplo, puerto de visualización opuesto 110, en la imagen. Los bordes detectados de los tubos 104 y las características detectadas de la imagen pueden ajustarse o

modificarse en vista de un modelo geométrico del horno 102. Un modelo geométrico es una representación de la posición en el espacio de cada particularidad en el horno (típicamente representado por x, y, z las coordenadas y un punto de referencia). Sobre la base de las especificaciones de diseño, tales como la distancia entre filas, la separación tubo a tubo y la distancia entre la pared y el primer tubo, un modelo geométrico "como-diseñado" puede ser desarrollado. Debido a las tolerancias de fabricación y el movimiento del tubo resultante de la expansión térmica, los tubos y otras particularidades del horno pueden no estar situados precisamente en la misma posición que en el modelo geométrico "como-diseñado". Este modelo puede ser modificado posteriormente para que coincida con las condiciones reales de funcionamiento del horno mediante la comparación de los bordes detectados en las imágenes con el modelo geométrico. Esto permite que los tubos o de otras particularidades se identifiquen.

El modelo geométrico se utiliza como punto de partida para identificar a cada tubo. La detección de bordes se utiliza para ajustar la ubicación de la particularidad, ya que los tubos pueden inclinarse o moverse en un ambiente de alta temperatura.

El borde de los bancos de tubos y la ubicación del puerto de visualización se estiman basándose en un esquema de modelado que incorpora tanto la información geométrica como el resultado de la detección de bordes de la imagen. La información de la detección de bordes de procesamiento de imágenes se reconcilia con los datos geométricos.

El algoritmo o proceso de detección de bordes se estima la posible ubicación de los bordes y proporciona una distribución de probabilidad de donde se encuentra de cada borde. La distribución de probabilidad de la ubicación del borde es comparada con el modelo geométrico. Puesto que hay varios bordes que se encuentran, al mismo tiempo, el error entre la información geométrica y de la densidad de probabilidad de la ubicación de los bordes se reducen al mínimo para obtener la ubicación final de los bordes.

Usando el modelo geométrico y los bordes del tubo identificadas y otras características, cada tubo 104 en cada imagen puede ser identificado y segmentado. Comenzando con el borde detectado del último tubo 104 en una fila, una cuadrícula puede ser superpuesta sobre una porción de la imagen correspondiente a la fila de tubos. La cuadrícula puede estar separada de manera irregular y puede ser basada en las dimensiones y la configuración del modelo geométrico tal como la distancia entre filas de tubo y la distancia entre centros de tubos. Las líneas verticales de la cuadrícula superpuesta corresponden a los bordes de los tubos 104 basado en las posiciones conocidas de los tubos 104 a partir del modelo geométrico. La separación entre las líneas de la cuadrícula puede variar de 1 a 100 píxeles o más píxeles en función de la resolución de la cámara utilizada. La cuadrícula puede incluir una fila de segmentos que tienen una longitud y/o altura predeterminada. Los segmentos pueden estar centrados en torno a una elevación predeterminada.

Cada segmento de la fila de segmentos se comprueba entonces para determinar si el segmento es parte de un tubo 104 o es otra parte de la zona interior 106 como parte de valor atípico o detección de defectos. Si un segmento no es parte de un tubo 104, el segmento se descarta. Los segmentos restantes, que corresponden a los tubos 104 en el horno 102, se usan luego en el análisis para determinar una temperatura de cada uno de los tubos 104 en la imagen correspondiente. En una realización, el método utilizado para determinar los valores atípicos o si un segmento es parte de un tubo se basa en un árbol de clasificación. El árbol de clasificación se desarrolla utilizando la información del modelo geométrico. Una serie de diferentes estadísticas están probados para un segmento y basándose en el resultado de las pruebas, un segmento se determina que es bueno (parte de un tubo) o malo (no es un tubo).

La temperatura de los tubos 104 se determina basándose en los datos de píxeles de todas las imágenes. Para determinar un valor de temperatura para un tubo 104 en una imagen, los datos de píxeles en el segmento de tubo correspondiente 104 se procesa para determinar un valor que representa una medida de tendencia central, que se correlaciona entonces a una temperatura. El valor de la temperatura o de la temperatura es un valor representativo para un tubo. La temperatura del tubo varía a lo largo de su longitud y una o más elevaciones seleccionadas se miden para proporcionar un valor(es) de temperatura representativo(s) para un tubo. El procesamiento de los datos de píxeles, por ejemplo, valores de intensidad, comienza con la obtención de un valor que representa una medida de tendencia central, para cada canal o componente, a partir de los datos de píxeles de los píxeles en el segmento. En una realización, el valor que representa una medida de tendencia central puede ser una mediana de los datos de píxeles. Sin embargo, en otras realizaciones, el valor que representa una medida de tendencia central puede ser una media, media robusta, modo u otra medida estadística derivada de los datos de píxeles. El valor que representa una medida de tendencia central para cada canal o componente se correlaciona entonces a un valor de temperatura. En una realización, el valor de la temperatura para un segmento determinado a partir del valor que representa una medida de tendencia central también puede asignar un valor de incertidumbre. El valor de incertidumbre puede cuantificar la confianza en el valor de temperatura determinado. Numerosos factores tales como la distancia del tubo de la (longitud del camino, "d") de la cámara, el ángulo de la cámara (formado por una línea central de la cámara y la posición del tubo 104, "α"), el número de píxeles en el segmento que representa el tubo, puede afectar a la confianza de una determinación de valor de la temperatura. Si los datos de píxel incluye múltiples canales o componentes, el valor de la temperatura para cada uno de los canales o componentes pueden ser promediados utilizando una técnica de promedio estadístico, por ejemplo, media, media ponderada, etc, para obtener un valor único de la temperatura para el segmento, lo que corresponde a un tubo 104.

Para obtener una correlación entre los valores de temperatura y los datos de píxeles, una relación entre las temperaturas conocidas y los datos de píxeles puede ser formada y se almacenan en una base de datos u otro dispositivo de memoria para la accesibilidad en el futuro. Una técnica para obtener la relación entre los datos de los píxeles y de la temperatura implica la captura de una imagen de la zona interior 106 y a continuación, poco después, la captura de la imagen con la adquisición de las mediciones de temperatura de los tubos en la parte de la zona interior correspondiente a la imagen. Las mediciones de temperatura de los tubos se pueden realizar con un pirómetro óptico u otro dispositivo adecuado. Los valores que representan una medida de tendencia central de la imagen, que corresponden a los tubos 104, se comparan entonces con las mediciones de temperatura para establecer una correlación o relación entre la temperatura y el valor de píxel. Otras técnicas para obtener información de la temperatura en los tubos 104 también se pueden utilizar para establecer la relación o correlación de los valores de píxel. Una vez que una relación o correlación entre las temperaturas y valores de píxeles se ha establecido, la correlación puede utilizarse para el procesamiento posterior de las imágenes.

Una vez que los valores de temperatura para cada tubo 104 en cada imagen estén determinados, los valores de temperatura de las imágenes se pueden combinar juntos para proporcionar información de la temperatura en todos los tubos 104 en el horno 102. El valor de la temperatura de cada tubo 104 en cada imagen se extrae y se utiliza para generar una representación de la información de temperatura para todos los tubos 104 del horno 102. Cuando un tubo 104 en particular tiene varios valores de temperatura como resultado de que el tubo 104 está en más de una imagen, los valores de temperatura pueden ser promediados utilizando una técnica de promedio estadístico, por ejemplo, media, media ponderada, etc. La incertidumbre de los valores de temperatura puede ser incluida como un factor en el cálculo de una media ponderada. Una vez que la extracción y el procesamiento de los valores de temperatura de las imágenes se han completado, un valor de temperatura para cada tubo 104 en el horno 102 se puede visualizar.

En otra forma de realización, en lugar de determinar un valor de temperatura para cada tubo 104 en cada imagen, los datos de píxeles del segmento o los valores que representen una medida de tendencia central se puede continuar para ser procesados de una manera similar a la descrita anteriormente (incluyendo la aplicación de los valores de incertidumbre) para generar una representación del horno 102 en datos de píxeles o valores estadísticos. Los datos de píxeles o valores que representen una medida de tendencia central en la representación del horno se puede convertir entonces a temperaturas utilizando la relación o correlación discutida anteriormente para obtener una representación del horno sobre la base de los valores de temperatura.

En una realización, un método de regresión multivariante (por ejemplo, mínimo cuadrático parcial) se puede utilizar para establecer una correlación entre la temperatura de los tubos específicos para los que las mediciones de temperatura independientes están disponibles y los datos de los píxeles de una imagen. La correlación puede incorporar variables incluyendo, pero no limitado a, los valores de píxel de los canales, por ejemplo, valores *R*, *G, B*, *d*, a, otras medidas cuantificables adecuadas, y/o combinaciones de los mismos. Por ejemplo, el valor de correlación de la temperatura del tubo se puede representar como T_j (para el tubo j) y las variables independientes como x_{ij}, donde *i* denota la j-sima variable, de una lista parcial de variables donde *x* ϵ {*R, G*, *B*, 1/*d*, $\frac{1}{d^2}, \alpha, \ldots\}$.

Otras variables asociadas con la temperatura del tubo puede incluir los *R*, *G*, *B* de los tubos anteriores y siguientes. La temperatura del tubo 104 en una posición predeterminada se puede representar como una combinación lineal de estas variables con coeficientes desconocidos A_i de tal manera que $\hat{T}_j = \sum_i A_i x_{ij}$. Dado un conjunto de mediciones de temperatura independientes, T_j, donde *j*= 1, 2, ..., *n*, que puede provenir de un pirómetro, los coeficientes desconocidos se puede determinar mediante la minimización del error entre los datos reales y la predicción en el sentido de mínimos cuadráticos:

$$\underset{j=1,n}{\mathbf{Min}} \left\{ \left(T_j - \hat{T}_j \right)^2 \right\} = \underset{j=1,n}{\mathbf{Min}} \left\{ \left(T_j - \sum_i A_i x_{ij} \right)^2 \right\}.$$

Estas evaluaciones pueden ser sistemáticamente realizadas con la ayuda de las herramientas estándar de software estadístico y matemático (por ejemplo, Matlab®). El resultado final de las evaluaciones puede generar una correlación entre los datos de imagen y las temperaturas de los tubos 104 en los mínimos cuadráticos $\hat{T} = \sum_i A_i x_i$ permitiendo estimaciones de temperatura para todos los tubos en las imágenes (no sólo aquellos para los que están disponibles mediciones de temperatura independientes).

Haciendo referencia a la Figura 3, la información de temperatura con respecto a los tubos 104 de horno 102 se puede mostrar como un gráfico de contorno o de otro tipo adecuado (color) de representación gráfica. La Figura 3 muestra un gráfico de contorno ejemplar de la información de diferencia de temperaturas de los tubos 104 de un horno 102 a una elevación predeterminada. El gráfico puede identificar los tubos de proceso individuales y filas. Como se muestra, el gráfico ilustra que el horno incluye regiones de temperatura 502 encima de la media, regiones de temperatura inferior a la media 504, y las regiones de temperatura media 506.

En una realización, el proceso descrito aquí se puede aplicar a una pluralidad de elevaciones dentro del horno 102 y puede ser utilizado para generar una vista tridimensional o representación de datos de temperatura. Puertos de visualización 110 pueden estar situados en las porciones superiores e inferiores del horno 102. La realización del proceso descrito anteriormente con ambos puertos de visualización en las porciones superiores e inferiores del horno 102 permite la generación de un gráfico para la porción superior y la porción inferior del horno 102. En una realización, los cálculos adicionales que incorporan diferencias previstas en la temperatura en las diversas elevaciones se incorporan al gráfico tridimensional. La incorporación de las diferencias esperadas en la temperatura permite que el gráfico tenga en cuenta las anomalías de tubos específicos 104. En otra realización, múltiples filas de segmentos a diferentes elevaciones pueden ser analizadas a partir de imágenes. El uso de múltiples segmentos en diferentes elevaciones también se puede utilizar para generar una representación tridimensional de la información de temperatura.

En una realización, el proceso descrito en este documento puede ser utilizado para adquirir la temperatura de otras estructuras o características que pueden estar situadas en un horno o cámara 102, tales como paredes verticales y techos. Después de procesar los datos de imagen a partir de imágenes, la temperatura de las estructuras del horno 102 puede ser determinada por la correlación de la temperatura medida de las estructuras dentro del horno de 102 a valores estadísticos correspondientes a las características. Esto se hace en un método que es similar a lo descrito anteriormente para los tubos. Estas características pueden tener diferentes propiedades de radiación que los de los tubos que requiere un conjunto diferente de parámetros de correlación (B_j en lugar de A_j). Es necesario determinar los valores de estos coeficientes desconocidos a partir de las mediciones de temperatura independientes.

Realizaciones dentro del alcance de la presente solicitud incluyen productos de programa que comprende medios legibles por máquina para transportar o tener instrucciones ejecutables por máquina o estructuras de datos almacenadas en el mismo. Tales medios legibles por máquina puede ser cualquier medio disponible que se puede acceder por un ordenador de propósito general o un ordenador de propósito especial o de otra máquina con un procesador. A modo de ejemplo, tales medios legibles por máquina pueden comprender RAM, ROM, EPROM, EEPROM, CD-ROM u otro almacenamiento de disco óptico, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnéticos, o cualquier otro medio que pueda utilizarse para transportar o almacenar código de programa deseado en forma de instrucciones ejecutables por máquina o estructuras de datos y que se puede acceder por un ordenador de propósito general o un ordenador de propósito especial o de otra máquina con un procesador. Cuando se transfiere información o se proporciona por una red u otra conexión de comunicaciones (ya sea cableada, inalámbrica o una combinación de alámbrica o inalámbrica) a una máquina, la máquina correctamente ve la conexión como un medio legible por máquina. Por lo tanto, tal conexión se denomina correctamente un medio legible por máquina. Combinaciones de los anteriores también se incluyen dentro del alcance de los medios legibles por máquina. Instrucciones ejecutables por máquina comprenden, por ejemplo, instrucciones y datos que hacen que un ordenador de propósito general, un ordenador de propósito especial, o máquinas de procesamiento de propósito especial lleve a cabo una cierta función o grupo de funciones.

Mientras que sólo ciertas características y realizaciones de la invención se han mostrado y descrito, muchas modificaciones y cambios pueden ocurrir a los expertos en la técnica (por ejemplo, variaciones en los tamaños, dimensiones, estructuras, formas y proporciones de los varios elementos, valores de parámetros (por ejemplo, temperaturas, presiones, etc), disposiciones de montaje, uso de materiales, colores, orientaciones, etc) sin apartarse materialmente de las nuevas enseñanzas y ventajas de la materia objeto expuesto en las reivindicaciones. El orden o la secuencia de las etapas de proceso o método puede variar o re-secuenciado de acuerdo con realizaciones alternativas. Por lo tanto, debe entenderse que las reivindicaciones adjuntas están destinadas a cubrir todas estas modificaciones y cambios que caigan dentro del verdadero espíritu de la invención. Además, en un esfuerzo por proporcionar una descripción concisa de los ejemplos de realización, todas las características de una implementación real puede que no se han descrito (es decir, aquellos que no guardan relación con el mejor modo actualmente contemplado de llevar a cabo la invención, o aquellos no relacionados con permitir la invención reivindicada). Se debe apreciar que en el desarrollo de cualquier implementación real, tales, como en cualquier proyecto de ingeniería o diseño, numerosas decisiones específicas de aplicación pueden ser efectuadas. Tal esfuerzo de desarrollo podría ser complejo y lento, pero sin embargo sería un empeño rutinario de diseño, fabricación, y la fabricación para los expertos ordinarios que tengan el beneficio de esta descripción, sin excesiva experimentación.

REIVINDICACIONES

1. Un método para determinar la información de temperatura en una pluralidad de tubos de proceso (104) que contienen un catalizador para transportar un fluido de proceso en un horno (102), seleccionado de un reformador de vapor de metano, reformador de metanol, cracker de etileno o tipo similar de horno, reformador o cámara comprendiendo el método:

capturar una pluralidad de imágenes de un área interior (106) de un horno (102), estando asociados por lo menos algunas imágenes de la pluralidad de imágenes con diferentes partes de la zona interior del horno, y en el que cada imagen de la pluralidad de imágenes comprende datos de píxeles asociados con un subconjunto de la pluralidad de tubos (104) colocados en el interior del horno;
la identificación de cada tubo del subconjunto de la pluralidad de tubos en cada imagen de la pluralidad de imágenes;
el procesamiento de una parte de los datos de píxeles asociada con cada tubo (104) identificado para obtener un valor que representa una medida de tendencia central para cada tubo identificado del subconjunto de la pluralidad de tubos (104) en cada imagen de la pluralidad de imágenes; y
procesar el valor que representa la medida de tendencia central para cada tubo identificado (104) para obtener información de temperatura de la pluralidad de tubos (104).

2. El método según la reivindicación 1 en el que el procesamiento el valor que representa la medida de tendencia central para cada tubo identificado (104) comprende la determinación de un valor de temperatura para cada tubo identificado (104) a partir del valor correspondiente que representa la medida de tendencia central para cada tubo identificado (104).

3. El método según la reivindicación 2, que comprende además:

establecer una correlación entre los valores obtenidos previamente que representan medidas de tendencia central y las correspondientes temperaturas medidas, y en el que para determinar el valor de temperatura para cada tubo identificado (104) a partir del valor correspondiente que representa la medida de tendencia central se utiliza la correlación.

4. El método según la reivindicación 2 o 3 en el que el procesamiento del valor que representa la medida de tendencia central para cada tubo identificado (104) comprende además:

determinar tubos (104) de la pluralidad de tubos que tienen una pluralidad de correspondientes valores de temperatura determinados y;
procesar la pluralidad de los correspondientes valores de temperatura determinados para cada tubo determinado (104) de la pluralidad de tubos (104) para obtener un valor único de temperatura para cada tubo determinado (104).

5. El método según una cualquier de las reivindicaciones precedentes, en el que el procesamiento del valor que representa la medida de tendencia central para cada tubo identificado para obtener información de temperatura comprende la generación de un valor que representa la medida de tendencia central para cada tubo identificado (104) en una pluralidad de elevaciones.

6. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además generar un modelo geométrico de la pluralidad de tubos (104) colocados en el horno.

7. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que la identificación de cada tubo (104) comprende:

identificar un borde de un tubo (104) de la pluralidad de tubos (104), y
superposición de una cuadrícula en la imagen correspondiente usando un modelo geométrico de la pluralidad de tubos (104) colocados en el horno y el borde identificado de un tubo (104).

8. El método según la reivindicación 7 en el que la superposición de una cuadrícula comprende la asignación de líneas de la cuadrícula para que correspondan a los bordes de cada tubo (104) de la pluralidad de tubos en la imagen correspondiente.

9. El método según la reivindicación 8, en el que el procesamiento de una parte de los datos de píxeles comprende:

identificar un segmento de la cuadrícula correspondiente a cada tubo (104) identificado, y
procesar los datos de píxeles asociados con el segmento identificado para obtener el valor que representa la medida de tendencia central para el tubo correspondiente identificado (104).

10. El método según la reivindicación 9, en el que la identificación de un segmento de la cuadrícula comprende la identificación de segmentos situados a una elevación predeterminada de cada tubo identificado (104).

11. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que:

los datos de píxeles comprenden datos para una pluralidad de canales; y
el procesamiento de una parte de los datos de píxeles comprende el procesamiento de los datos para cada canal de la pluralidad de canales para obtener un valor de canal para cada canal de la pluralidad de canales.

12. El método según la reivindicación 11, en el que el procesamiento de una parte de los datos de píxeles comprende el procesamiento de los valores de canal para la pluralidad de canales para obtener el valor que representa la medida de tendencia central para el tubo identificado (104).

13. Un método para la adquisición de datos de temperatura para una pluralidad de tubos de proceso (104) que contienen un catalizador para transportar un fluido de proceso en una cámara, seleccionada de un reformador de vapor de metano, reformador de metanol, cracker de etileno o tipo similar de horno, reformador o cámara, comprendiendo el método:

capturar una primera imagen de un área interior de la cámara, estando asociada la primera imagen con una primera parte de la zona interior, y en el que la primera imagen comprende datos de primera imagen de la pluralidad de tubos (104) posicionados dentro de la zona interior;
capturar una segunda imagen de la zona interior de la cámara, estando asociada la segunda imagen con una segunda porción de la zona interior, y en el que la segunda imagen comprende datos de la segunda imagen de la pluralidad de tubos (104) situados dentro de la zona interior;
la identificación de la pluralidad de tubos dentro de los datos de la primera imagen y de la segunda imagen;
generar una representación del área interior, basada en los datos de la primera imagen, datos de la segunda imagen, y la identificación de cada tubo (104) de la pluralidad de tubos (104) en la zona interior, en el que la representación de área interior comprende datos relativos a la pluralidad de tubos (104) posicionados dentro de la zona interior;
establecer una correlación entre la representación de área interior y la información de temperatura relacionada con el área interior; y
el cálculo de las temperaturas de la pluralidad de tubos (104) en la zona interior de la representación del área interior utilizando la correlación establecida.

14. El método según la reivindicación 13, en el que la generación de una representación de área interior comprende:

determinar cada tubo de la pluralidad de tubos que tienen una pluralidad de valores calculados;
generar un valor consolidado para cada tubo determinado de la pluralidad de tubos (104), basándose en la pluralidad de valores calculados para el tubo (104) correspondiente determinado, y
en el que la representación área interior comprende el valor consolidado para cada tubo determinado de la pluralidad de tubos (104).

15. El método según la reivindicación 14 que comprende además:

asociar los datos de la primera imagen a un tubo correspondiente identificado en la primera imagen; y
calcular un valor para cada tubo identificado en la primera imagen utilizando los datos asociados de la primera imagen.

16. El método según la reivindicación 15, en el que la generación de una representación del área interior comprende la generación de una representación interior en una pluralidad de elevaciones dentro de la cámara.

17. El método según la reivindicación 15 o 16, que comprende además la generación y visualización de un diagrama en tres dimensiones de la información de temperatura.

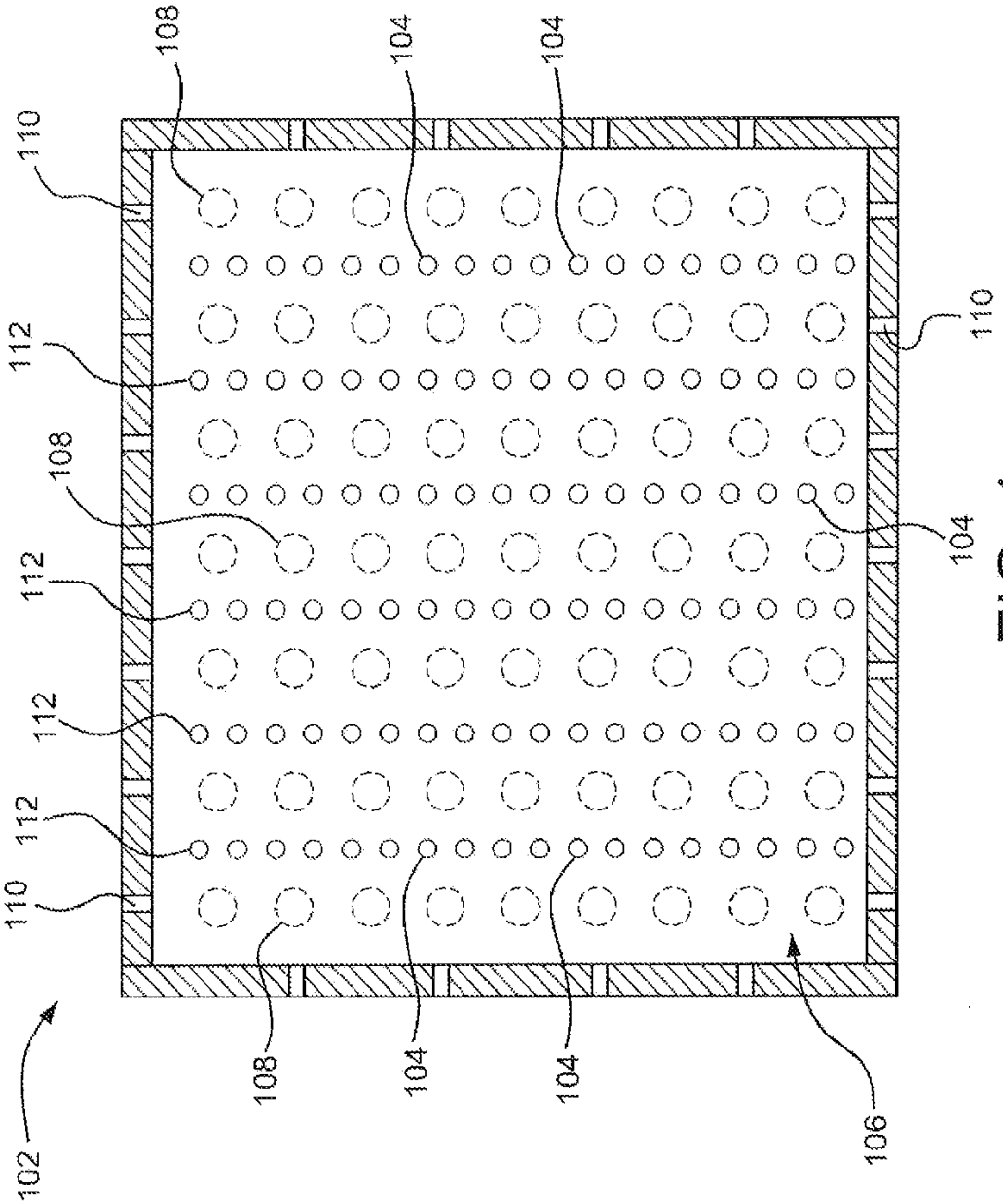
108
104
104
110
112
108
112
112
112
110
110
104
108
104
104
102
106

FIG. 1

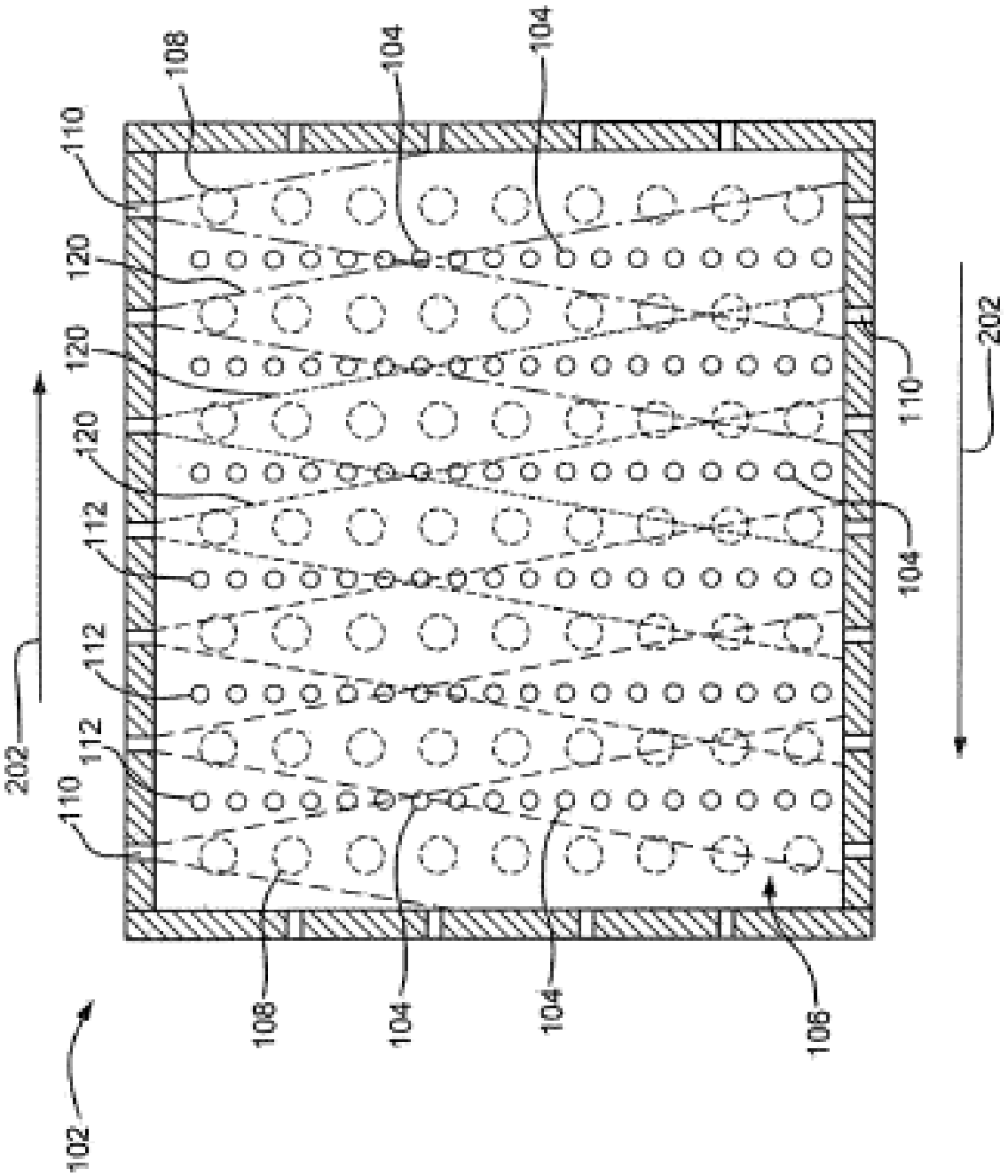
108
104
104
110
120
120
120
112
112
112
110
202
202
110
104
102
108
104
104
106

FIG. 2

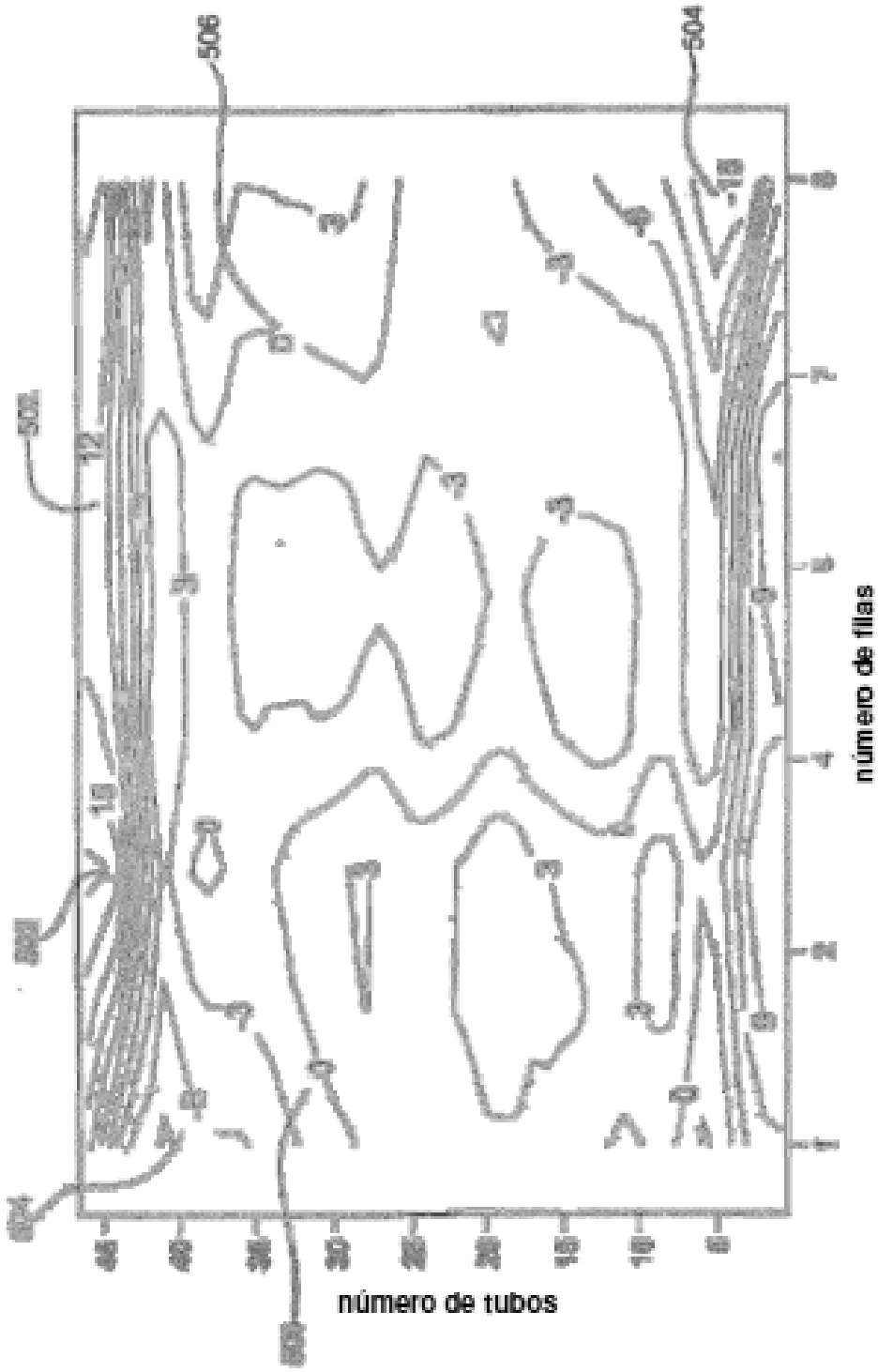

FIG. 3