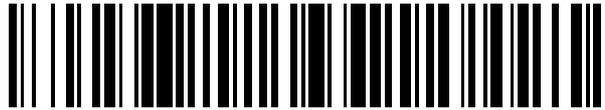


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 431 956**

51 Int. Cl.:

G01N 29/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2002 E 02715872 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2013 EP 1286159**

54 Título: **Equipo y método para medir ultrasónicamente la concentración y el caudal de un gas**

30 Prioridad:

22.01.2001 JP 2001012861
22.01.2001 JP 2001012862

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.11.2013

73 Titular/es:

TEIJIN LIMITED (100.0%)
6-7 MINAMIHOMMACHI 1-CHOME, CHUO-KU
OSAKA-SHI, OSAKA 541-0054, JP

72 Inventor/es:

FUJIMOTO, NAOTOSHI

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 431 956 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

Equipo y método para medir ultrasónicamente la concentración y el caudal de un gas

La invención se refiere a un aparato ultrasónico y un método para medir la concentración de gas oxígeno en un gas de muestra, que es suministrado desde un concentrador de oxígeno usada para un fin médico.

- 5 Es bien sabido que la velocidad de propagación de las ondas ultrasónicas a través de un gas de muestra es presentada por una función de la concentración y la temperatura del gas de muestra. La velocidad de las ondas ultrasónicas $C(m/s)$ que se propagan a través de un gas de muestra es presentada por la siguiente ecuación (1), con el peso molecular medio M y la temperatura $T(K)$.

$$C = (\kappa RT/M)^{1/2} \dots (1)$$

- 10 Donde:

κ : relación del calor específico molecular a volumen constante y el calor específico molecular a presión constante

R : constante universal de los gases

- 15 Por lo tanto, medir la velocidad de las ondas ultrasónicas $C(m/s)$ que se propagan a través de un gas de muestra y la temperatura $T(K)$ del gas de muestra proporcionará el peso molecular medio M del gas de muestra mediante un cálculo. Por ejemplo, el peso molecular medio M de un gas de muestra que contiene una mezcla gaseosa de oxígeno-nitrógeno de una relación de mezcla $P:(1-P)$ ($0 \leq P \leq 1$) será calculado por $M = M_{O_2}P + M_{N_2}(1-P)$, donde M_{O_2} : peso molecular del oxígeno, y M_{N_2} : peso molecular del nitrógeno. Por lo tanto, la concentración de oxígeno P se obtendrá mediante un cálculo en base a la medida del peso molecular medio M . Cuando el gas de muestra es una mezcla de oxígeno-nitrógeno, $\kappa=1,4$, y es razonable sobre un amplio intervalo de la relación de mezcla oxígeno-nitrógeno.
- 20

- 25 Cuando la velocidad de las ondas ultrasónicas que se propagan a través de un gas de muestra es $C(m/s)$ y la velocidad de flujo del gas de muestra es $V(m/s)$, la velocidad de las ondas ultrasónicas $V_1(m/s)$ que se propagan en la dirección hacia delante en relación al flujo del gas de muestra es $V_1=C+V$, y la velocidad de las ondas ultrasónicas $V_2(m/s)$ que se propagan en la dirección hacia atrás en relación al flujo del gas de muestra es $V_2=C-V$. Por lo tanto, la velocidad de flujo del gas de muestra $V(m/s)$ se calcula mediante la siguiente ecuación (2).

$$V = (V_1 - V_2)/2 \dots (2)$$

El caudal (m^3/s) del gas de muestra se obtendrá multiplicando ésta por el área de sección (m^2) del conducto a través del que fluye el gas de muestra.

- 30 Se han desarrollado métodos y aparatos para medir la concentración de un cierto gas o la velocidad de flujo de un gas de muestra, usando el principio anterior, en base a la velocidad de propagación o el tiempo de propagación de ondas ultrasónicas a través del gas de muestra. Por ejemplo, la publicación de patente japonesa no examinada (Kokai) N° 6-213877 describe un aparato para medir la concentración y el caudal de un gas de muestra midiendo el tiempo de propagación de ondas ultrasónicas que se propagan entre dos transductores ultrasónicos dispuestos de manera opuesta en un conducto a través del que fluye el gas de muestra. Además, las publicaciones de patente japonesa no examinadas (Kokai) N° 7-209265 y N° 8-233718 describen un aparato para medir la concentración de un cierto gas contenido en un gas de muestra midiendo la velocidad de propagación o el tiempo de propagación de ondas ultrasónicas que se propagan a través de un volumen con un aparato de tipo reflectante que incluye un transductor ultrasónico y un reflector dispuesto de manera opuesta.
- 35

- 40 En tal método y aparato para medir la concentración y el caudal usando la velocidad de propagación de las ondas ultrasónicas, es necesario determinar de manera precisa la longitud de propagación de las ondas ultrasónicas, esto es, la distancia entre los transductores o entre el transductor y el reflector, y el diámetro interno del conducto. Sin embargo, la longitud de propagación y el diámetro interno de un conducto son afectados de manera adversa por los cambios en el tamaño del conducto debidos a los cambios en la temperatura del gas de muestra. Además, la longitud de propagación de las ondas ultrasónicas y el diámetro interno de un conducto también son afectados por las exactitudes al manufacturar o ensamblar el conducto, ensamblar el transductor ultrasónico y el reflector y manufacturar el transductor ultrasónico. Por lo tanto, es difícil obtener la longitud de propagación de las ondas ultrasónicas y el diámetro interno de un conducto de manera precisa, lo que reduce la exactitud de la medida.
- 45

- 50 Las publicaciones de patente japonesa no examinadas (Kokai) N° 6-213877 y N° 8-233718 descritas anteriormente describen un factor de corrección de temperatura introducido para mejorar las características de temperatura de los resultados de la medida de la concentración. Además, hay un método en el que las relaciones entre la temperatura, la velocidad de propagación de las ondas ultrasónicas y la concentración son almacenadas en un dispositivo de memoria como una tabla. Sin embargo, para obtener tal factor de corrección de temperatura o tabla, se debe suministrar al dispositivo un gas de muestra a diversas temperaturas diferentes para obtener previamente las características de temperatura del aparato. Por lo tanto, se requiere una gran cantidad de esfuerzo.

Además, se ha propuesto un método para minimizar las características de temperatura de los resultados de la medida en el que la totalidad de un aparato es dispuesta bajo un control de temperatura para la medida a una temperatura constante. Sin embargo, en este método hay un problema, que es difícil controlar de manera precisa la temperatura del aparato, en particular el conducto, además de la necesidad de una instalación independiente para realizar el control de temperatura.

El documento US-A1-5.247.826 describe un sensor de concentración de gases y/o de caudal aparente adecuado para medir la concentración de oxígeno y el caudal aparente de un gas administrado a un paciente para fines médicos. Dos transductores piezoeléctricos montados sobre una tarjeta de circuitos impresos están interconectados por un tubo enrollado alargado. Se hace fluir el gas alrededor de uno de los transductores, a través del tubo y alrededor del otro transductor. Periódicamente, uno de los transductores es energizado con un único pulso de duración corta para transmitir una onda sónica a través del gas hacia el otro transductor. Se mide el tiempo de propagación para la onda sónica. Los dos transductores se usan alternativamente como transmisores y como receptores, de tal modo que el tiempo de propagación de la onda se mide tanto en la dirección como contra la dirección del flujo del gas. Está situado un termistor en el centro del tubo enrollado para medir la temperatura del gas. A partir de los tiempos medidos, la temperatura medida y las fórmulas almacenadas, un microprocesador calcula la concentración de oxígeno y/o el caudal aparente para el gas. El sensor también se puede usar para medir otros componentes de una mezcla de gases.

El documento US-A1-5.060.507 describe un método y aparato para monitorizar y controlar una mezcla de fluidos que usa una técnica de detección acústica pulsando una muestra de fluido y un fluido de referencia en cámaras alargadas con ondas sonoras generadas en un extremo de las cámaras y detectando las frecuencias resonantes en las cámaras, o el lapso de tiempo para que las ondas sonoras crucen las cámaras, con transductores dispuestos cerca del otro extremo de las cámaras, y comparando ratiométricamente las medidas basadas en el tiempo.

El documento JP-A-04353751 describe un aparato para medir el coeficiente de expansión capaz de medir de manera precisa el coeficiente de expansión de una muestra sin aplicar carga a la muestra en el momento de la medida. Una muestra es calentada por un calentador o enfriada por un enfriador para que se ajuste al valor de temperatura fijado por un panel de operación que establece un valor de temperatura para medir el coeficiente de expansión/factor de encogimiento de la muestra. Se fija un extremo de la muestra y el borde más extremo del otro extremo de la muestra calentada o enfriada y las proximidades del mismo son irradiados con la luz que proviene de una pieza emisora de luz, y la cantidad de cambio de la longitud de la muestra es detectada en base a la cantidad de luz transmitida. A partir del valor de temperatura fijado y la cantidad detectada de cambio de la longitud de la muestra, se calcula el coeficiente de expansión/factor de encogimiento de la muestra.

Un objeto de la presente invención es proporcionar un aparato y método ultrasónico medidor de la concentración que permite la calibración del aparato mediante un método sencillo y puede medir de manera precisa la concentración de un cierto gas en un gas de muestra independientemente de la temperatura del gas de muestra.

Además, otro objeto de la presente invención es proporcionar un aparato y método ultrasónico medidor del caudal que permite la calibración del aparato por un método sencillo y puede medir de manera precisa el caudal de un gas de muestra independientemente de la temperatura del gas de muestra.

Según la presente invención, se proporciona un aparato ultrasónico para medir la concentración de un gas, que comprende: un conducto para hacer fluir un gas, la concentración del cual se va a medir; un dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico montado en el interior del conducto; un reflector montado en el interior del conducto para enfrentarse al dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico; un conmutador de transmisión-recepción para cambiar el modo de operación del dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico entre un modo de transmisión para transmitir ondas ultrasónicas y un modo de recepción para recibir ondas ultrasónicas; una fuente de gas de calibración para suministrar un gas de calibración, el componente y proporción de componente del cual son conocidos, al conducto; un sensor de temperatura, dispuesto en el conducto, para medir la temperatura del gas de calibración que fluye a través del conducto; medios de cálculo del tiempo de propagación para calcular el periodo de tiempo en el que las ondas ultrasónicas se propagan a través del gas de calibración en el conducto en base al momento en que el dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico transmite las ondas ultrasónicas y el momento en que el dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico recibe las ondas ultrasónicas reflejadas por el reflector; medios de calibración para calibrar una longitud de referencia entre el dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico y el reflector en base a los resultados del cálculo por los medios de cálculo del tiempo de propagación; medios de almacenamiento del coeficiente de expansión lineal para almacenar el coeficiente de expansión lineal del material que forma el conducto; y medios de corrección para corregir y calcular la longitud de referencia calibrada en base al coeficiente de expansión lineal y la temperatura, medida por el sensor de temperatura, del gas de muestra que fluye a través del conducto para la medida de la concentración.

Además, según la invención, se proporciona un método para medir la concentración de un gas mediante un aparato ultrasónico medidor de concentraciones de gases, que comprende un conducto para hacer fluir el gas, la concentración del cual se va a medir, un dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico montado en el interior del conducto, un reflector montado en el interior del conducto para enfrentarse al dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico, y un conmutador de transmisión-recepción para cambiar el modo de operación del dispositivo de

transmisión-recepción ultrasónico entre un modo de transmisión para transmitir ondas ultrasónicas y un modo de recepción para recibir ondas ultrasónicas, y unos medios de almacenamiento del coeficiente de expansión lineal para almacenar el coeficiente de expansión lineal del material que forma el conducto, comprendiendo el método, antes del inicio del procedimiento para medir la concentración del gas a ser medida, las etapas de: suministrar un gas de calibración, el componente y proporción de componente del cual son conocidos, al conducto; medir la temperatura del gas de calibración que fluye a través del conducto mediante un sensor de temperatura dispuesto en el conducto; generar ondas ultrasónicas mediante el dispositivo de transmisión ultrasónico; cambiar el modo de operación del dispositivo de transmisión-recepción del modo de transmisión para transmitir las ondas ultrasónicas al modo de recepción para recibir las ondas ultrasónicas; calcular el periodo de tiempo de propagación en el que las ondas ultrasónicas se propagan a través del gas de calibración en el conducto en base al momento en que el dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico transmite las ondas ultrasónicas y el momento en que el dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico recibe las ondas ultrasónicas reflejadas por el reflector; calibrar una longitud de referencia entre el dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico y el reflector en base a los resultados del cálculo; medir la temperatura del gas de muestra hecho fluir a través del conducto para la medida de la concentración; y corregir y calcular la longitud de referencia calibrada en base al coeficiente de expansión lineal y la temperatura, medida por el sensor de temperatura, del gas de muestra que fluye a través del conducto para la medida de la concentración.

Además, según la invención, se proporciona un aparato ultrasónico para medir la concentración de un gas, que comprende: un conducto para hacer fluir un gas, la concentración del cual se va a medir; un primer dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico montado en el interior del conducto; un segundo dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico montado en el interior del conducto para enfrentarse al primer dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico; un conmutador de transmisión-recepción para cambiar el modo de operación del primer y segundo dispositivos de transmisión-recepción ultrasónicos entre un modo de transmisión para transmitir ondas ultrasónicas y un modo de recepción para recibir ondas ultrasónicas; una fuente de gas de calibración para suministrar un gas de calibración, el componente y proporción de componente del cual son conocidos, al conducto; un sensor de temperatura, dispuesto en el conducto, para medir la temperatura del gas de calibración que fluye a través del conducto; medios de cálculo del tiempo de propagación para calcular un primer periodo de tiempo de propagación en el que las ondas ultrasónicas se propagan a través del gas de calibración en el conducto en base al momento en que el primer dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico transmite las ondas ultrasónicas y el momento en que el segundo dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico recibe las ondas ultrasónicas y un segundo periodo de tiempo de propagación en el que las ondas ultrasónicas se propagan a través del gas de calibración en el conducto en base al momento en que el segundo dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico transmite las ondas ultrasónicas y el momento en que el primer dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico recibe las ondas ultrasónicas; y medios de calibración para calibrar una longitud de referencia entre el primer y segundo dispositivos de transmisión-recepción ultrasónicos en base a los resultados del cálculo de los medios de cálculo del tiempo de propagación; medios de almacenamiento del coeficiente de expansión lineal para almacenar el coeficiente de expansión lineal del material que forma el conducto; y medios de corrección para corregir y calcular la longitud de referencia calibrada en base al coeficiente de expansión lineal y la temperatura, medida por el sensor de temperatura, del gas de muestra que fluye a través del conducto para la medida de la concentración.

Además, según la invención, se proporciona un método para medir la concentración de un gas mediante un aparato ultrasónico que mide concentraciones de gases, que comprende un conducto para hacer fluir el gas, la concentración del cual se va a medir, un primer dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico montado en el interior del conducto, un segundo dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico montado en el interior del conducto para enfrentarse al primer dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico, y un conmutador de transmisión-recepción para cambiar el modo de operación del primer y segundo dispositivos de transmisión-recepción ultrasónicos entre un modo de transmisión para transmitir ondas ultrasónicas y un modo de recepción para recibir ondas ultrasónicas, y unos medios de almacenamiento del coeficiente de expansión lineal para almacenar el coeficiente de expansión lineal del material que forma el conducto, comprendiendo el método, antes del inicio del procedimiento para medir la concentración del gas a ser medida, las etapas de: suministrar un gas de calibración, el componente y proporción de componente del cual son conocidos, al conducto; medir la temperatura del gas de calibración que fluye a través del conducto mediante un sensor de temperatura dispuesto en el conducto; generar ondas ultrasónicas mediante el primer dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico y recibir las ondas ultrasónicas mediante el segundo dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico; cambiar el modo de operación del primer dispositivo de transmisión-recepción del modo de transmisión al modo de recepción y el modo de operación del segundo dispositivo de transmisión-recepción del modo de recepción al modo de transmisión; calcular un primer periodo de tiempo de propagación en el que las ondas ultrasónicas se propagan a través del gas de calibración en el conducto en base al momento en que el primer dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico transmite las ondas ultrasónicas y el momento en que el segundo dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico recibe las ondas ultrasónicas, y un segundo periodo de tiempo de propagación en el que las ondas ultrasónicas se propagan a través del gas de calibración en el conducto en base al momento en que el segundo dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico transmite las ondas ultrasónicas y el momento en que el primer dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico recibe las ondas ultrasónicas; calibrar una longitud de referencia entre el primer y segundo dispositivos de transmisión-recepción ultrasónicos en base a los resultados del cálculo; medir la temperatura del gas de muestra hecho fluir a través del conducto para la medida de la concentración; y corregir y

calcular la longitud de referencia calibrada en base al coeficiente de expansión lineal y la temperatura, medida por el sensor de temperatura, del gas de muestra que fluye a través del conducto para la medida de la concentración.

La Figura 1 es un diagrama esquemático de un aparato según una primera realización de la invención; y

La Figura 2 es un diagrama esquemático de un aparato según una segunda realización de la invención.

5 Se describirá a continuación una realización preferida de la presente invención. En la realización descrita a continuación, se indica un caso como ejemplo, en el que el gas de muestra está compuesto de una mezcla de oxígeno y nitrógeno. Sin embargo, el gas de muestra mensurable no está limitado a un gas de muestra de oxígeno y nitrógeno, y la presente invención puede ser aplicada a una mezcla que incluya otros gases.

10 La Figura 1 muestra un diagrama esquemático de un aparato ultrasónico medidor de concentraciones de gases según una primera realización de la presente invención. El aparato 100 incluye un conducto 102 para hacer fluir un gas de muestra o un gas de calibración. El conducto 102 tiene una parte 108 recta y partes 104 y 106 perpendiculares conectadas a los extremos de la parte recta. Está provisto de manera fija un transductor 118 ultrasónico en un extremo del interior de la parte 108 recta como dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico, y está montado de manera fija un reflector 122 en el otro extremo del interior de la parte 108 recta para enfrentarse al transductor 118 ultrasónico. En esta realización, la distancia entre el transductor 118 ultrasónico y el reflector 122 se define como longitud de ensayo.

15 Un conmutador 124 de transmisión-recepción está conectado al transductor 118 ultrasónico. El conmutador 124 de transmisión-recepción cambia el modo de operación del transductor 118 ultrasónico entre un modo de transmisión en el que el transductor 118 ultrasónico transmite ondas ultrasónicas y un modo de recepción en el que el transductor 118 ultrasónico recibe las ondas ultrasónicas. El conmutador 124 de transmisión-recepción está conectado a un microcomputador 126 de tal modo que la operación de cambio del conmutador 124 de transmisión-recepción es controlada por el microcomputador 126.

20 La parte 104 perpendicular, dispuesta en el lado corriente arriba en relación a la dirección de flujo del gas a través del conducto 102, tiene un orificio 104a de entrada. Una fuente 112 de gas de muestra y una fuente 114 de gas de calibración están conectadas al orificio 104a de entrada mediante un conducto 110 de suministro. La fuente 112 de gas de muestra incluye un recipiente (no mostrado) para contener un gas de muestra o una mezcla que incluye un gas, la concentración del cual se va a medir, y una válvula reductora de la presión (no mostrada) provista entre el recipiente y el conducto 110 de suministro.

25 La fuente 114 de gas de calibración puede incluir un recipiente (no mostrado) para contener un gas de calibración, el componente y la proporción de componente del cual son conocidos, por ejemplo, una mezcla gaseosa que incluye 20% de oxígeno y 80% de nitrógeno, y una válvula reductora de la presión (no mostrada) provista entre el recipiente y el conducto 110 de suministro. La fuente 114 de gas de calibración también puede incluir un regulador 113 de temperatura, que proporciona medios para cambiar la temperatura del dispositivo 100, en particular el conducto 102. En el ejemplo mostrado en la Figura 1, el regulador 113 de temperatura incluye un hilo 113a calentador y una fuente 113b de energía eléctrica para suministrar la energía eléctrica al hilo 113a calentador.

30 La parte 106 perpendicular, dispuesta en el lado corriente abajo en relación a la dirección de flujo del gas a través del conducto 102, tiene un orificio 106a de salida. El gas de muestra o el gas de calibración usados para la medida de la concentración o la calibración son emitidos a través del orificio 106a de salida. Puede estar dispuesto ventajosamente un aparato procesador de gases (no mostrado) corriente abajo del orificio 106 de salida en el caso de que el gas emitido no sea adecuado para ser emitirse directamente a la atmósfera.

35 Están dispuestos sensores de temperatura 116 y 120, para medir la temperatura del gas de muestra o el gas de calibración que fluyen a través del conducto 102, preferiblemente en las partes 104 y 106 perpendiculares de tal modo que no estorban el flujo en la parte 108 recta. Los sensores 116 y 120 de temperatura están conectados al microcomputador 126. En esta conexión, si los cambios en la temperatura del gas de muestra son pequeños, puede ser dispuesto sólo uno de los sensores 116 o 120 de temperatura.

40 Un controlador 128 para controlar el transductor 118 ultrasónico, un receptor 130 para la conversión A/D de las señales del transductor 118 ultrasónico, una unidad 134 de visualización para indicar, por ejemplo, el estado de operación del dispositivo 100 y los resultados de medida y la memoria 133, que incluye un dispositivo de memoria no volátil o un dispositivo de disco para almacenar el sistema de operación para el microcomputador 126 y diversos parámetros están conectados al microcomputador 126.

La operación de la primera realización se describirá a continuación.

45 Primero, antes del inicio del procedimiento normal de medida para medir la concentración de un cierto gas contenido en el gas de muestra, la longitud de ensayo entre el dispositivo 118 de transmisión-recepción ultrasónico y el reflector 122 es calibrada, de acuerdo con la secuencia descrita a continuación, para obtener la longitud de referencia L_0 .

Una mezcla gaseosa, el componente y la proporción de componente de la cual se conocen, por ejemplo una mezcla gaseosa de oxígeno-nitrógeno cuya relación de mezcla es $P:(1-P)$ ($0 \leq P \leq 1$), es suministrada al conducto 102 como gas de calibración. En ese momento, las temperaturas del gas de calibración son medidas por los dos sensores 116 y 120 de temperatura, y el valor medio de las mismas es almacenado en la memoria 132 como temperatura de referencia $T_0(K)$. La temperatura de referencia $T_0(K)$ puede ser cualquier valor que no exceda del intervalo de temperatura de trabajo del dispositivo.

Durante el suministro del gas de calibración, el microcomputador 126 transmite pulsos para generar las ondas ultrasónicas al controlador 128. Un pulso de voltaje es suministrado al transductor 118 ultrasónico desde el controlador 128 mediante el conmutador 124 de transmisión-recepción. El transductor 118 ultrasónico genera ondas ultrasónicas correspondientes al pulso de voltaje. Las ondas ultrasónicas generadas por el transductor 118 ultrasónico se propagan a través del gas de muestra que fluye a través de la parte 108 recta del conducto 102 y son reflejadas por el reflector 122 para volver al transductor 118 ultrasónico. A fin de habilitar al transductor 118 ultrasónico para recibir las ondas ultrasónicas devueltas, el conmutador 124 de transmisión-recepción cambia el modo de operación del transductor ultrasónico del modo de transmisión al modo de recepción justo después de la aplicación del pulso de voltaje al transductor 118 ultrasónico. El transductor 118 ultrasónico genera una señal eléctrica correspondiente a las ondas ultrasónicas recibidas hacia el microcomputador 126 mediante el conmutador 124 de transmisión-recepción y el receptor 130. El microcomputador 126 calcula el tiempo de propagación $t_0(s)$ en base al momento en que los pulsos transmitidos son generados hacia el primer transductor 118 y el momento en que la señal eléctrica es recibida desde el transductor 118 ultrasónico.

En esta conexión, la velocidad de propagación ultrasónica $C_0(m/s)$ a través del gas de calibración a una temperatura $T_0(K)$ es calculada por la ecuación (3) en base a la ecuación (1) descrita anteriormente.

$$C_0 = ((\kappa R T_0) / (M_{O_2} P + M_{N_2} (1-P)))^{1/2} \dots (3)$$

Por otra parte, la relación

$$C_0 = 2L_0 / t_0 \dots (4)$$

da la siguiente ecuación.

$$L_0 = ((\kappa R T_0) / (M_{O_2} P + M_{N_2} (1-P)))^{1/2} \times t_0 / 2 \dots (5)$$

Además, en la primera realización, si la velocidad de propagación ultrasónica a través de un gas de calibración estático es $C(m/s)$ y la velocidad de flujo del gas de muestra desde el transductor 118 ultrasónico hacia el reflector 122 es $V(m/s)$, entonces la velocidad de propagación ultrasónica desde el transductor 118 ultrasónico hacia el reflector 122 es $C+V$ y la velocidad de propagación ultrasónica en la dirección de las ondas ultrasónicas reflejadas hacia el transductor 118 ultrasónico por el reflector 122 es $C-V$. Por consiguiente, la velocidad de propagación ultrasónica medida por el aparato 100 de la primera realización es la velocidad media de las ondas ultrasónicas recíprocas. Por lo tanto, la velocidad de flujo V del gas de muestra es cancelada para permitir la velocidad de propagación ultrasónica C a través del gas de muestra estático.

Estos cálculos son realizados por el microcomputador 126. La longitud de ensayo $L_0(m)$ así calculada a la temperatura de referencia T_0 es almacenada en la memoria 132 como longitud de referencia.

La longitud de referencia $L_0(m)$ entre el transductor 118 ultrasónico y el reflector 122 a la temperatura $T_0(K)$ es calibrada según el método anterior suministrando un gas de calibración, el componente y proporción de componente del cual son conocidos, al dispositivo 100 y midiendo el tiempo de propagación $t_0(s)$ de las ondas ultrasónicas generadas por el transductor 118 ultrasónico. Este procedimiento de calibración puede ser completado automáticamente por el microcomputador 126 mediante una operación sencilla, por ejemplo una pulsación de un botón (no mostrado) provisto sobre el dispositivo 100 cuando el gas de calibración es suministrado. Además, el procedimiento puede ser completado al instante, porque el cálculo en sí es sencillo. Además, si la posición relativa entre el transductor 118 ultrasónico y el reflector 122 es cambiada debido al cambio secular en el dispositivo 100, el dispositivo puede ser calibrado fácilmente de nuevo para renovar la temperatura de referencia y la longitud de referencia almacenadas en la memoria 132.

Se describirá a continuación un método para medir la concentración de oxígeno en un gas de muestra que contiene concentraciones desconocidas de oxígeno y nitrógeno.

Primero, se dirigirá la explicación a un ejemplo en el que el coeficiente de expansión lineal $\alpha(1/K)$ el conducto 102 es conocido.

Cuando se realiza una medida de un gas de muestra, la longitud de ensayo $L_S(m)$ a una temperatura $T_S(K)$ se puede obtener leyendo la longitud de referencia $L_0(m)$ y la temperatura de referencia $T_0(K)$ que han sido almacenadas en la memoria 132 y corrigiendo la longitud de referencia $L_0(m)$ según la siguiente ecuación (6). La temperatura medida $T_S(K)$ puede ser el valor medio de las temperaturas detectadas por los sensores 116 y 120 de temperatura.

ES 2 431 956 T3

$$L_S=L_0(1+\alpha(T_S-T_0)) \dots (6)$$

El transductor 118 ultrasónico se ajusta al modo de transmisión cuando se suministra un gas de muestra al aparato 100, como en la calibración de la longitud de ensayo del aparato 100. Después, el microcomputador 126 genera pulsos transmitidos para las ondas ultrasónicas hacia el controlador 128 de tal modo que el pulso de voltaje es suministrado al transductor 118 ultrasónico mediante el conmutador 124 de transmisión-recepción. Así, las ondas ultrasónicas, correspondientes a los pulsos transmitidos desde el microcomputador 126, son generadas por el transductor 118 ultrasónico. Justo después de eso, el transductor 118 ultrasónico opera en el modo de recepción mediante el conmutador 124 de transmisión-recepción para generar la señal eléctrica, correspondiente a las ondas ultrasónicas recibidas, hacia el microcomputador 126 mediante el conmutador 124 de transmisión-recepción y el receptor 130. El microcomputador 126 calcula el tiempo de propagación t_s (s) en base al momento en que los pulsos transmitidos son generados hacia el controlador 128 y el momento en que la señal eléctrica es recibida desde el transductor 118 ultrasónico. Después, la velocidad de propagación ultrasónica C_S (m/s) a través del gas de muestra se obtiene mediante la siguiente ecuación (7).

$$C_S=2L_S/t_s \dots (7)$$

La concentración de oxígeno P_S se obtiene mediante la siguiente ecuación (8) en base a la ecuación (3).

$$P_S=(kRT_S/C_S^2-M_{N_2})/(M_{O_2}-M_{N_2}) \dots (8)$$

Además, la concentración de oxígeno en el gas de muestra se puede obtener como una relación de la velocidad de propagación ultrasónica en el gas de muestra y las velocidades de propagación ultrasónicas en 100% de gas oxígeno y 100% de gas nitrógeno. Esto es, la velocidad de propagación ultrasónica C_{O_2} (m/s) a la temperatura T_S (K) a través de 100% de gas oxígeno y la velocidad de propagación ultrasónica C_{N_2} (m/s) a la temperatura T_S (K) a través de 100% de gas nitrógeno se pueden obtener fácilmente usando la ecuación (1). Así, se puede calcular P_S mediante la siguiente ecuación (9) con la velocidad de propagación ultrasónica C_S (m/s) a través del gas de muestra.

$$P_S=(1/C_S^2-1/C_{N_2}^2)/(1/C_{O_2}^2-1/C_{N_2}^2) \dots (9)$$

Tales cálculos son realizados por el microcomputador 126, y los resultados son indicados por la unidad 134 de visualización.

A continuación, se dirigirá la explicación a un ejemplo en el que el coeficiente de expansión lineal α (1/K) del conducto 102 es desconocido. En un caso tal, el coeficiente de expansión lineal α (1/K) se puede obtener fácilmente usando el aparato 100.

Un gas de calibración es suministrado al aparato 100 a una primera temperatura T_1 (K) fijada por el regulador 113 de temperatura. La longitud de ensayo L_1 (m) entre el dispositivo 118 de transmisión-recepción ultrasónico y el reflector 122 es medida por el método descrito anteriormente para calibrar la longitud de referencia. Después, el gas de calibración es suministrado a la temperatura T_2 (K) ($T_2 \neq T_1$) para medir la longitud de ensayo L_2 (m). En este caso, cuanto más grande es la diferencia de temperatura entre T_1 y T_2 , mejor es la exactitud del coeficiente de expansión lineal α (1/K) obtenido. Por ejemplo, la medida se puede realizar preferiblemente a temperaturas adyacentes a los valores mínimo y máximo del intervalo de temperaturas para uso del aparato.

Cuando se obtienen T_1 , L_1 , T_2 , L_2 , el coeficiente de expansión lineal α (1/K) del material que forma el conducto 102 se obtiene mediante la siguiente ecuación (10).

$$\alpha=(L_1-L_2)/L_1(T_1-T_2) \dots (10)$$

El cálculo anterior es realizado por el microcomputador 126, y el coeficiente de expansión lineal α (1/K) así obtenido es almacenado en la memoria 132.

Según el método descrito anteriormente, el coeficiente de expansión lineal α del material del conducto 102 puede ser obtenido de manera precisa suministrando un único gas de calibración al aparato 100 a dos temperaturas diferentes. Este método se puede llevar a cabo mediante una medida y cálculo sencillos. Por lo tanto, si el coeficiente de expansión lineal del material del conducto 102 cambia debido al cambio secular en el material del conducto 102, el coeficiente de expansión lineal puede ser medido fácilmente de nuevo para renovar el coeficiente de expansión lineal almacenado en la memoria 132.

En la descripción anterior, se ha explicado un ejemplo en el que la temperatura del gas de calibración suministrado al conducto 102 es regulada por el regulador 113 de temperatura, que proporciona medios para cambiar la temperatura del aparato 100, en particular el conducto 102. Esta configuración se muestra como un ejemplo de medios para cambiar la temperatura del aparato, en particular el conducto 102, mediante los cambios en la temperatura del gas de calibración con la premisa de que hay una correlación entre la temperatura del gas de calibración que fluye a través del conducto 102 y la del conducto 102. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esta configuración, y el aparato 100 puede estar dispuesto en una cámara termostática en el proceso de producción del aparato 100 de tal modo que la totalidad del aparato y la temperatura del gas suministrado al aparato

100 se fijan a una temperatura predeterminada, y el coeficiente de expansión lineal alfa se obtiene bajo tal condición.

A continuación, con referencia a la Figura 2, se describirá seguidamente una segunda realización de la presente invención. La segunda realización tiene sustancialmente la misma configuración que la primera realización, excepto que el reflector de la primera realización es reemplazado por un segundo transductor ultrasónico, que proporciona un dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico, dispuesto para enfrentarse a un primer transductor 218 ultrasónico, que proporciona un primer dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico.

Un aparato 200 ultrasónico medidor de la concentración y el caudal de gases según la segunda realización incluye un conducto 202 para hacer fluir un gas de muestra o un gas de calibración. El conducto 202 tiene una parte 208 recta y partes 204 y 206 perpendiculares conectadas a los extremos de la parte recta. La parte 208 recta comprende un miembro de conducto que tiene una sección circular, el diámetro de la cual no cambia a lo largo del eje longitudinal. Un primer transductor 218 ultrasónico, que proporciona un primer dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico, está provisto de manera fija en un extremo del interior de la parte recta, y un segundo transductor 222 ultrasónico, que proporciona un segundo dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico, está montado de manera fija en el otro extremo del interior de la parte recta para enfrentarse al primer transductor 218 ultrasónico. En esta realización, la distancia entre el primer y segundo transductores 218 y 222 ultrasónicos se define como longitud de ensayo.

Está conectado un conmutador 224 de transmisión-recepción al primer y segundo transductores 218 y 222 ultrasónicos. El conmutador 224 de transmisión-recepción cambia el modo de operación del primer y segundo transductores 218 y 222 ultrasónicos independientemente entre un modo de transmisión en el que el primer y segundo transductores 218 y 222 ultrasónicos transmiten ondas ultrasónicas, y un modo de recepción en el que primer y segundo transductores 218 y 222 ultrasónicos reciben las ondas ultrasónicas. El conmutador 224 de transmisión-recepción está conectado a un microcomputador 226 de tal modo que la operación de cambio del conmutador 224 de transmisión-recepción es controlada por el microcomputador 226.

La parte 204 perpendicular, dispuesta en el lado corriente arriba en relación a la dirección del flujo del gas a través del conducto 202, tiene un orificio 204a de entrada. Una fuente 212 de gas de muestra y una fuente 214 de gas de calibración están conectadas al orificio 204a de entrada mediante un conducto 210 de suministro. La fuente 212 de gas de muestra incluye un recipiente (no mostrado) para contener un gas de muestra o una mezcla que incluye un gas, la concentración del cual se va a medir, una válvula reductora de la presión (no mostrada) provista entre el recipiente y el conducto 210 de suministro, y una válvula reguladora de flujo (no mostrada) para regular el caudal del gas de calibración desde la fuente 214 de gas de calibración.

La fuente 214 de gas de calibración puede incluir un recipiente (no mostrado) para contener un gas de calibración, el componente y proporción de componente del cual se conocen, y una válvula reductora de la presión (no mostrada) provista entre el recipiente y en conducto 210 de suministro. La fuente 214 de gas de calibración también puede incluir un regulador 213 de temperatura, que proporciona medios para cambiar la temperatura del dispositivo 200, en particular el conducto 202. En el ejemplo mostrado en la Figura 2, el regulador 213 de temperatura incluye un hilo 213a calentador y una fuente 213b de energía eléctrica para suministrar la energía eléctrica al hilo 213a calentador.

La parte 206 perpendicular, dispuesta en el lado corriente abajo en relación a la dirección de flujo del gas a través del conducto 202, tiene un orificio 206a de salida. El gas de muestra o el gas de calibración usados para la medición de la concentración o la calibración es emitido a través del orificio 206a de salida. Puede estar dispuesto ventajosamente un aparato procesador de gases (no mostrado) corriente abajo del orificio 206 de salida en el caso de que el gas emitido no sea adecuado para emitirse directamente a la atmósfera.

Están dispuestos sensores de temperatura 216 y 220, para medir la temperatura del gas de muestra o el gas de calibración que fluyen a través del conducto 202, preferiblemente en las partes 204 y 206 perpendiculares, de tal modo que no estorban el flujo en la parte 208 recta. Los sensores 216 y 220 de temperatura están conectados al microcomputador 226. En esta conexión, si los cambios en la temperatura del gas de muestra son pequeños, puede ser dispuesto sólo uno de los sensores 216 o 220 de temperatura.

Un controlador 228 para controlar el transductor 218 ultrasónico, un receptor 230 para la conversión A/D de las señales del transductor 218 ultrasónico, una unidad 234 de visualización para indicar, por ejemplo, el estado de operación del dispositivo 200 y los resultados de medida, y la memoria 233, que incluye un dispositivo de memoria no volátil o un dispositivo de disco para almacenar el sistema de operación para el microcomputador 226 y diversos parámetros, están conectados al microcomputador 226.

La operación de la segunda realización se describirá a continuación.

Primero, antes del inicio del procedimiento normal de medida para medir la concentración de un cierto gas contenido en el gas de muestra, la longitud de ensayo entre el primer y segundo transductores 218 y 222 ultrasónicos y el diámetro D interno de la parte 208 recta del conducto 202 son calibrados para obtener la longitud de referencia L_0 y el diámetro de referencia D_0 .

En la presente realización, el gas de calibración, idéntico al de la primera realización, es suministrado al conducto

202 desde la fuente 214 de gas de calibración a una velocidad Q_0 predeterminada por la válvula reguladora de flujo. En ese momento, las temperaturas del gas de calibración son medidas por los dos sensores 216 y 220 de temperatura, y el valor medio de las mismas es almacenado en la memoria 232 como temperatura de referencia $T_0(K)$.

5 Durante el suministro del gas de calibración, son transmitidos pulsos para generar las ondas ultrasónicas hacia el controlador 228 desde el microcomputador 226. Un pulso de voltaje es suministrado al primer transductor 218 ultrasónico desde el controlador 228 mediante el conmutador 224 de transmisión-recepción. El primer transductor 218 ultrasónico genera ondas ultrasónicas correspondientes al pulso de voltaje. Las ondas ultrasónicas generadas por el primer transductor 218 ultrasónico se propagan a través del gas de muestra que fluye a través de la parte 208
10 recta del conducto 202 y son recibidas por el segundo transductor 222 ultrasónico. El segundo transductor 222 ultrasónico genera una señal eléctrica correspondiente a las ondas ultrasónicas recibidas hacia el microcomputador 226 mediante el conmutador 224 de transmisión-recepción y el receptor 230. El microcomputador 226 calcula el tiempo de propagación hacia delante $t_1(s)$ en base al momento en que los pulsos transmitidos son generados hacia el controlador 228 y el momento en que la señal eléctrica es recibida desde el segundo transductor 222 ultrasónico.

15 El conmutador 224 de transmisión-recepción cambia el modo de operación del primer transductor 218 ultrasónico del modo de transmisión al modo de recepción justo después de que la señal eléctrica del segundo transductor 222 ultrasónico es recibida, y también cambia el modo de operación del segundo transductor 222 ultrasónico del modo de recepción al modo de transmisión. Después de eso, son transmitidos pulsos para generar las ondas ultrasónicas al controlador 228 desde el microcomputador 226. Es suministrado un pulso de voltaje al segundo transductor 222
20 ultrasónico desde el controlador 228 mediante el conmutador 224 de transmisión-recepción. El segundo transductor 222 ultrasónico genera ondas ultrasónicas correspondientes al pulso de voltaje. Las ondas ultrasónicas son recibidas por el primer transductor 218 ultrasónico. El primer transductor 218 ultrasónico genera una señal eléctrica correspondiente a las ondas ultrasónicas recibidas hacia el microcomputador 226 mediante el conmutador 224 de transmisión-recepción y el receptor 230. El microcomputador 226 calcula el tiempo de propagación hacia atrás $t_2(s)$
25 en base al momento en que los pulsos transmitidos son generados hacia el controlador 228 y el momento en que la señal eléctrica es recibida desde el primer transductor 218 ultrasónico.

Obteniendo el valor medio de t_1 y t_2 , la influencia del flujo del gas de calibración en el conducto 202 puede ser eliminada. El tiempo de propagación ultrasónica t_0 es definido por la siguiente ecuación (11).

$$t_0 = (t_1 + t_2) / 2 \quad \dots (11)$$

30 En esta conexión, la velocidad de propagación ultrasónica $C_0(m/s)$ a través del gas de calibración a una temperatura $T_0(K)$ es calculada por la ecuación (3) descrita anteriormente.

Por otra parte, la relación

$$C_0 = L_0 / t_0 \quad \dots (12)$$

da la siguiente ecuación.

35
$$L_0 = ((kRT_0) / (M_{O_2}P + M_{N_2}(1-P)))^{1/2} \times t_0 \quad \dots (13)$$

Estos cálculos son realizados por el microcomputador 226. La longitud de ensayo $L_0(m)$ así calculada a la temperatura de referencia T_0 es almacenada en la memoria 232 como longitud de referencia.

Además, usando esta longitud de referencia L_0 , la velocidad de propagación hacia delante $V_{01}(m/s)$ y la velocidad de propagación hacia atrás $V_{02}(m/s)$, en relación a la dirección del flujo del gas de calibración, son representadas por
40 $V_{01} = L_0 / t_1$ y $V_{02} = L_0 / t_2$. Por lo tanto, la velocidad de flujo $V_0(m/s)$ del gas de calibración en el conducto 202 se obtiene mediante la siguiente ecuación (14), en base a la ecuación (2) descrita anteriormente.

$$V_0 = (V_{01} - V_{02}) / 2 \quad \dots (14)$$

La multiplicación de la velocidad de flujo V por el área de sección (m^2) de la parte 208 recta, perpendicular al eje de la parte 208 recta del conducto 202, da una conversión de la velocidad de flujo (m/s) en el caudal (m^3/s). Así, el
45 diámetro de referencia $D_0(m)$ a la temperatura de referencia $T_0(K)$ de la parte 208 recta da la siguiente ecuación.

$$V_0 \pi (D_0 / 2)^2 = Q_0 \quad \dots (15)$$

Por lo tanto, el diámetro de referencia $D_0(m)$ a la temperatura de referencia $T_0(K)$ puede ser obtenido por la siguiente ecuación (16).

$$D_0 = 2(Q_0 / \pi V_0)^{1/2} \quad \dots (16)$$

50 El cálculo anterior es realizado por el microcomputador 226, y el diámetro de referencia $D_0(m)$ así obtenido es almacenado en la memoria 232.

Según el método anterior, la longitud de referencia $L_0(m)$ entre el primer y segundo transductores 218 y 222 ultrasónicos es calibrada a una temperatura $T_0(K)$ suministrando un gas de calibración, el componente y la concentración del cual son conocidos, al aparato 200, y midiendo los tiempos de propagación t_1 y t_2 , en la dirección hacia delante y hacia atrás en relación a la dirección del flujo del gas de calibración, desde el primer y segundo transductores 218 y 222 ultrasónicos. Adicionalmente, suministrando el gas de calibración al aparato 200 a una velocidad predeterminada, también se puede calibrar al mismo tiempo el diámetro de referencia $D_0(m)$.

A continuación, se dirigirá la explicación a un método para medir el caudal y la concentración de oxígeno de un gas de muestra que incluye oxígeno y nitrógeno, la relación de los cuales es desconocida.

Primero, se dirigirá la explicación a un ejemplo en el que el coeficiente de expansión lineal $\alpha(1/K)$ del conducto 202 es conocido.

La longitud de ensayo $L_S(m)$ a una temperatura $T_S(K)$ se puede obtener en base a la ecuación (6) con la longitud de referencia $L_0(m)$ y la temperatura de referencia $T_0(K)$ leídas de la memoria 232. La temperatura $T_S(K)$ medida puede ser el valor medio de las temperaturas detectadas por los sensores 216 y 220 de temperatura.

El primer transductor 218 ultrasónico es ajustado al modo de transmisión por el conmutador 224 de transmisión-recepción cuando un gas de muestra es suministrado, como en la calibración de la longitud de ensayo del aparato 200. Después, el microcomputador 226 genera pulsos transmitidos para las ondas ultrasónicas hacia el controlador 228 de tal modo que el pulso de voltaje es suministrado al primer transductor 218 ultrasónico mediante el conmutador 224 de transmisión-recepción. Así, las ondas ultrasónicas, correspondientes a los pulsos transmitidos desde el microcomputador 226, son generadas por el primer transductor 218 ultrasónico, y recibidas por el segundo transductor 222 ultrasónico. El segundo transductor 222 ultrasónico genera la señal eléctrica, correspondiente a las ondas ultrasónicas recibidas, hacia el microcomputador 226 mediante el conmutador 224 de transmisión-recepción y el receptor 230. El microcomputador 226 calcula el tiempo de propagación $t_{S1}(s)$, en la dirección hacia delante, en base al momento en que los pulsos transmitidos son generados hacia el controlador 228 y el momento en que la señal eléctrica es recibida desde el segundo transductor 222 ultrasónico.

Después de la medida del tiempo de propagación $t_{S1}(s)$ en la dirección hacia delante, el conmutador 224 de transmisión-recepción cambia el modo de operación del primer transductor 218 ultrasónico del modo de transmisión al modo de recepción, y el modo de operación del segundo transductor 222 del modo de recepción al modo de transmisión. Bajo esta condición, se transmiten ondas ultrasónicas en la dirección hacia atrás en relación al flujo del gas de muestra para obtener el tiempo de propagación $t_{S2}(s)$ en la dirección hacia atrás mediante un procedimiento idéntico al usado para obtener el tiempo de propagación t_{S1} en la dirección hacia delante. En base a los tiempos de propagación t_{S1} y t_{S2} , en las direcciones hacia delante y hacia atrás, se obtiene un tiempo de propagación t_{S0} que no incluye la influencia del flujo mediante $t_{S0}=(t_{S1}+t_{S2})/2(s)$. Además, en base a estos resultados, la velocidad de propagación ultrasónica $C_S(m/s)$ a través del gas de muestra se obtiene mediante la siguiente ecuación (17).

$$C_S=L_S/t_{S0} \dots (17)$$

La concentración del gas oxígeno P_S se obtiene mediante la ecuación (8) descrita anteriormente.

Además, la concentración de oxígeno en la muestra también se puede obtener como una relación de la velocidad de propagación ultrasónica en el gas de muestra y las velocidades de propagación ultrasónica en 100% de gas oxígeno y 100% de gas nitrógeno, como en la primera realización, es decir, en base a la ecuación (9) con la velocidad de propagación ultrasónica $C_{O2}(m/s)$, a la temperatura $T_S(K)$, a través de 100% de gas oxígeno y la velocidad de propagación ultrasónica $C_{N2}(m/s)$, a la temperatura $T_S(K)$, a través de 100% de gas nitrógeno.

Tales cálculos son realizados por el microcomputador 226, y los resultados son indicados por la unidad 234 de visualización.

A continuación, se describirá un método para medir el caudal.

Para medir el caudal, la velocidad de propagación ultrasónica $V_{S1}(m/s)$, en la dirección hacia delante en relación al gas de muestra, y la velocidad de propagación ultrasónica $V_{S2}(m/s)$, en la dirección hacia atrás, se obtienen en base a las siguientes ecuaciones (18) (19) con la L_S descrita anteriormente y los tiempos de propagación t_{S1} y t_{S2} , en las direcciones hacia delante y hacia atrás.

$$V_{S1}=L_S/t_{S1} \dots (18)$$

$$V_{S2}=L_S/t_{S2} \dots (19)$$

En base a las ecuaciones (18) (19) y la ecuación (13) descrita anteriormente, la velocidad de flujo $V_S(m/s)$ del gas de muestra es representada por la siguiente ecuación (20).

$$V_S=(V_{01}-V_{02})/2 \dots (20)$$

Para convertir la velocidad de flujo $V_S(m/s)$ en el caudal $Q_S(m^3/s)$, el área de sección (m^2/s) de la parte 208 recta

debe ser obtenido previamente. El área de sección $S_S(m^2)$ de la parte 208 recta se obtiene mediante la siguiente ecuación (21) con el diámetro de referencia $D_0(m)$ y la temperatura de referencia $T_0(K)$ leída de la memoria 232, y el coeficiente de expansión lineal $\alpha(1/K)$ del material que forma el conducto 202.

$$S_S = \pi((D_0(1 + \alpha(T_S - T_0)))/2)^2 \dots (21)$$

- 5 La temperatura $T_S(K)$ es la misma que la temperatura T_S en el momento de la medida. Por tanto, el caudal $Q_S(m^3/s)$ del gas de muestra se calcula mediante la siguiente ecuación (22).

$$Q_S = V_S S_S \dots (22)$$

Los cálculos anteriores son realizados por el microcomputador 226, y la unidad 234 de visualización indica los resultados de los mismos.

- 10 A continuación, se dirigirá la explicación a un ejemplo en el que el coeficiente de expansión lineal $\alpha(1/K)$ del conducto 202 es desconocido. En un caso tal, el coeficiente de expansión lineal $\alpha(1/K)$ se puede obtener fácilmente usando el aparato 200.

- 15 Se suministra un gas de calibración al aparato 200 a una primera temperatura $T_1(K)$ fijada por el regulador 213 de temperatura. La longitud de ensayo L_1 (m) entre el primer y segundo dispositivos 218 y 222 de transmisión-recepción se mide por el método descrito anteriormente para calibrar la longitud de referencia, como en la primera realización. Después, el gas de calibración se suministra a la temperatura $T_2(K)$ ($T_2 \neq T_1$) para medir la longitud de ensayo $L_2(m)$, de la misma manera. En este caso, cuanto mayor es la diferencia de temperatura entre T_1 y T_2 , mejor es la exactitud del coeficiente de expansión lineal $\alpha(1/K)$ obtenido.

- 20 Cuando se obtienen T_1 , L_1 , T_2 , L_2 , el coeficiente de expansión lineal $\alpha(1/K)$ del material que forma el conducto 202 se obtiene mediante la ecuación (10) descrita anteriormente.

El cálculo anterior es realizado por el microcomputador 226 y el coeficiente de expansión lineal $\alpha(1/K)$ así obtenido es almacenado en la memoria 232.

Según el método descrito anteriormente, el coeficiente de expansión lineal α del material del conducto 202 puede ser obtenido de manera precisa suministrando un único gas de calibración al aparato 200 a dos temperaturas diferentes.

- 25 En la descripción anterior, se ha explicado un ejemplo en el que la temperatura del gas de calibración suministrado al conducto 202 es regulada por el regulador 213 de temperatura, que proporciona medios para cambiar la temperatura del aparato 200, en particular el conducto 202. Esta configuración se muestra como un ejemplo de medios para cambiar la temperatura del aparato, en particular el conducto 202, mediante los cambios en la temperatura del gas de calibración, con la premisa de que haya una correlación entre la temperatura del gas de calibración que fluye a través del conducto 202 y la del conducto 202. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esta configuración, y el aparato 200 puede ser dispuesto en una cámara termostática en el procedimiento de producción del aparato 200 de tal modo que la totalidad del aparato y la temperatura del gas suministrado al aparato 200 se fijan a una temperatura predeterminada, y el coeficiente de expansión lineal α se obtiene bajo tal condición.

- 35 Como se describió anteriormente, la presente invención permite que el aparato sea llevado por el propio aparato con un único gas de calibración sin un dispositivo de calibración especial.

Además, según la presente invención, el aparato puede ser recalibrado en caso de cambio secular del aparato. Además, la presente invención proporciona una medida exacta de la concentración y caudal de un gas de muestra independientemente de la temperatura del gas de muestra.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato ultrasónico para medir la concentración de un gas, que comprende:
un conducto (102) para hacer fluir un gas, la concentración del cual se va a medir;
un dispositivo (118) de transmisión-recepción ultrasónico montado en el interior del conducto (102);
- 5 un reflector (122) montado en el interior del conducto (102) para enfrentarse al dispositivo (118) de transmisión-recepción ultrasónico;
un conmutador (124) de transmisión-recepción para cambiar el modo de operación del dispositivo (118) de transmisión-recepción ultrasónico entre un modo de transmisión para transmitir ondas ultrasónicas y un modo de recepción para recibir ondas ultrasónicas;
- 10 una fuente (114) de gas de calibración para suministrar un gas de calibración, el componente y proporción de componente del cual son conocidos, al conducto (102);
un sensor (116, 120) de temperatura, dispuesto en el conducto (102), para medir la temperatura del gas de calibración que fluye a través del conducto (102);
- 15 medios (126) de cálculo del tiempo de propagación para calcular el periodo de tiempo en que las ondas ultrasónicas se propagan a través del gas de calibración en el conducto (102) en base al momento en que el dispositivo (118) de transmisión-recepción ultrasónico transmite las ondas ultrasónicas y el momento en que el dispositivo (118) de transmisión-recepción ultrasónico recibe las ondas ultrasónicas reflejadas por el reflector (122);
- 20 medios de calibración para calibrar una longitud de referencia entre el dispositivo (118) de transmisión-recepción ultrasónico y el reflector (122) en base a los resultados del cálculo por los medios (126) de cálculo del tiempo de propagación;
- medios (132) de almacenamiento del coeficiente de expansión lineal para almacenar el coeficiente de expansión lineal del material que forma el conducto (102); y
- 25 medios de corrección para corregir y calcular la longitud de referencia calibrada en base al coeficiente de expansión lineal y la temperatura, medida por el sensor (116, 120) de temperatura, del gas de muestra que fluye a través del conducto (102) para la medida de la concentración.
2. Un aparato ultrasónico para medir la concentración de un gas según la reivindicación 1, que comprende además
medios (113) de regulación de la temperatura para regular la temperatura del conducto (102); y
- 30 medios (126) de cálculo del coeficiente de expansión lineal para calcular el coeficiente de expansión lineal del material que forma el conducto (102) en base a los cambios en la longitud de referencia cuando la temperatura del conducto (102) cambia.
3. Un método para medir la concentración de un gas mediante un aparato ultrasónico medidor de concentraciones de gases que comprende un conducto (102) para hacer fluir el gas, la concentración del cual se va a medir, un dispositivo (116) de transmisión-recepción ultrasónico montado en el interior del conducto (102), un reflector (122) montado en el interior del conducto (102) para enfrentarse al dispositivo (118) de transmisión-recepción ultrasónico,
- 35 y un conmutador (124) de transmisión-recepción para cambiar el modo de operación del dispositivo (118) de transmisión-recepción ultrasónico entre un modo de transmisión para transmitir ondas ultrasónicas y un modo de recepción para recibir ondas ultrasónicas, y medios (132) de almacenamiento del coeficiente de expansión lineal para almacenar el coeficiente de expansión lineal del material que forma el conducto (102),
- 40 comprendiendo el método, antes del inicio del procedimiento para medir la concentración del gas a ser medida, las etapas de:
suministrar un gas de calibración, el componente y proporción de componente del cual son conocidos, al conducto (102);
medir la temperatura del gas de calibración que fluye a través del conducto (102) mediante un sensor (116, 120) de temperatura dispuesto en el conducto (102);
- 45 generar ondas ultrasónicas mediante el dispositivo (118) de transmisión ultrasónico;
cambiar el modo de operación del dispositivo (118) de transmisión-recepción ultrasónico del modo de transmisión para transmitir las ondas ultrasónicas al modo de recepción para recibir las ondas ultrasónicas;
calcular el periodo de tiempo de propagación en el que las ondas ultrasónicas se propagan a través del gas de calibración en el conducto (102) en base al momento en que el dispositivo (118) de transmisión-recepción

ultrasonico transmite las ondas ultrasónicas y el momento en que el dispositivo (118) de transmisión-recepción ultrasónico recibe las ondas ultrasónicas reflejadas por el reflector (122);

calibrar una longitud de referencia entre el dispositivo (118) de transmisión-recepción ultrasónico y el reflector (122) en base a los resultados del cálculo;

5 medir la temperatura del gas de muestra hecho fluir a través del conducto (102) para la medida de la concentración; y

corregir y calcular la longitud de referencia calibrada en base al coeficiente de expansión lineal y la temperatura, medida por el sensor (116, 120) de temperatura, del gas de muestra que fluye a través del conducto (102) para la medida de la concentración.

10 4. Un método según la reivindicación 3, que comprende además las etapas de calcular el coeficiente de expansión lineal del material que forma el conducto (102) en base a los cambios en la longitud de referencia cuando la temperatura del conducto (102) cambia; y

medir la temperatura del gas de muestra hecho fluir a través del conducto (102) para la medida de la concentración.

5. Un aparato ultrasónico para medir la concentración de un gas, que comprende:

15 un conducto (102) para hacer fluir un gas, la concentración del cual se va a medir;

un primer dispositivo (218) de transmisión-recepción ultrasónico montado en el interior del conducto (102);

un segundo dispositivo (222) de transmisión-recepción ultrasónico montado en el interior del conducto (102) para enfrentarse al primer dispositivo (218) de transmisión-recepción ultrasónico;

20 un conmutador (224) de transmisión-recepción para cambiar el modo de operación del primer y segundo dispositivos (218, 222) de transmisión-recepción ultrasónicos entre un modo de transmisión para transmitir ondas ultrasónicas y un modo de recepción para recibir ondas ultrasónicas;

una fuente (214) de gas de calibración para suministrar un gas de calibración, el componente y proporción de componente del cual se conocen, al conducto (202);

25 un sensor (216, 220) de temperatura, dispuesto en el conducto (202), para medir la temperatura del gas de calibración que fluye a través del conducto (202);

medios (226) de cálculo del tiempo de propagación para calcular un primer periodo de tiempo de propagación en el que las ondas ultrasónicas se propagan a través del gas de calibración en el conducto (202) en base al momento en que el primer dispositivo (218) de transmisión-recepción ultrasónico transmite las ondas ultrasónicas y el momento en que el segundo dispositivo (222) de transmisión-recepción ultrasónico recibe las ondas ultrasónicas, y un segundo periodo de tiempo de propagación en el que las ondas ultrasónicas se propagan a través del gas de calibración en el conducto (202) en base al momento en que el segundo dispositivo (222) de transmisión-recepción ultrasónico transmite las ondas ultrasónicas y el momento en que el primer dispositivo (218) de transmisión-recepción ultrasónico recibe las ondas ultrasónicas; y medios de calibración para calibrar una longitud de referencia entre el primer y segundo dispositivos (218, 222) de transmisión-recepción ultrasónicos en base a los resultados del cálculo por los medios (226) de cálculo del tiempo de propagación;

30 medios (232) de almacenamiento del coeficiente de expansión lineal para almacenar el coeficiente de expansión lineal del material que forma el conducto (202); y

medios de corrección para corregir y calcular la longitud de referencia calibrada en base al coeficiente de expansión lineal y la temperatura, medida por el sensor (216, 220) de temperatura, del gas de muestra que fluye a través del conducto (202) para la medida de la concentración.

40 6. Un aparato ultrasónico para medir la concentración de un gas según la reivindicación 5, que comprende además

medios (213) de regulación de la temperatura para regular la temperatura del conducto (202); y

medios (226) de cálculo del coeficiente de expansión lineal para calcular el coeficiente de expansión lineal del material que forma el conducto (202) en base a los cambios en la longitud de referencia cuando la temperatura del conducto (202) es cambiada.

45 7. Un método para medir la concentración de un gas mediante un aparato ultrasónico medidor de concentraciones de gases, que comprende un conducto (202) para hacer fluir el gas, la concentración del cual se va a medir, un primer dispositivo (218) de transmisión-recepción ultrasónico montado en el interior del conducto (202), un segundo dispositivo (222) de transmisión-recepción ultrasónico montado en el interior del conducto (202) para enfrentarse al primer dispositivo (218) de transmisión-recepción ultrasónico, y un conmutador (224) de transmisión-recepción para

50

cambiar el modo de operación del primer y segundo dispositivos (218, 222) de transmisión-recepción ultrasónicos entre un modo de transmisión para transmitir ondas ultrasónicas y un modo de recepción para recibir ondas ultrasónicas, y medios (232) de almacenamiento del coeficiente de expansión lineal para almacenar el coeficiente de expansión lineal del material que forma el conducto (202),

5 comprendiendo el método, antes del inicio del procedimiento para medir la concentración del gas a ser medida, las etapas de:

suministrar un gas de calibración, el componente y proporción de componente del cual son conocidos, al conducto (202);

10 medir la temperatura del gas de calibración que fluye a través del conducto (202) mediante un sensor (216, 220) de temperatura dispuesto en el conducto (202);

generar ondas ultrasónicas mediante el primer dispositivo (218) de transmisión-recepción ultrasónico y recibir las ondas ultrasónicas mediante el segundo dispositivo (222) de transmisión-recepción ultrasónico;

15 cambiar el modo de operación del primer dispositivo (218) de transmisión-recepción ultrasónico del modo de transmisión al modo de recepción y el modo de operación del segundo dispositivo (222) de transmisión-recepción ultrasónico del modo de recepción al modo de transmisión;

20 calcular un primer periodo de tiempo de propagación en el que las ondas ultrasónicas se propagan a través del gas de calibración en el conducto (202) en base al momento en que el primer dispositivo (218) de transmisión-recepción ultrasónico transmite las ondas ultrasónicas y el momento en que el segundo dispositivo (222) de transmisión-recepción ultrasónico recibe las ondas ultrasónicas, y un segundo periodo de tiempo de propagación en el que las ondas ultrasónicas se propagan a través del gas de calibración en el conducto (202) en base al momento en que el segundo dispositivo (222) de transmisión-recepción ultrasónico transmite las ondas ultrasónicas y el momento en que el primer dispositivo (218) de transmisión-recepción ultrasónico recibe las ondas ultrasónicas;

calibrar una longitud de referencia entre el primer y segundo dispositivos (218, 222) de transmisión-recepción ultrasónicos en base a los resultados del cálculo;

25 medir la temperatura del gas de muestra hecho fluir a través del conducto (202) para la medida de la concentración; y

corregir y calcular la longitud de referencia calibrada en base al coeficiente de expansión lineal y la temperatura, medida por el sensor (216, 220) de temperatura, del gas de muestra que fluye a través del conducto (202) para la medida de la concentración.

30 8. Un método según la reivindicación 7, que comprende además las etapas de calcular el coeficiente de expansión lineal del material que forma el conducto (202) en base a los cambios en la longitud de referencia cuando la temperatura del conducto (202) es cambiada; y

medir la temperatura del gas de muestra hecho fluir a través del conducto (202) para la medida de la concentración.

35 9. Un aparato ultrasónico según la reivindicación 5, para medir el caudal de un gas en dicho conducto (202), en donde:

dicha fuente de gas de calibración es además para suministrar el gas de calibración, el componente, la proporción del componente y el caudal del cual son conocidos, al conducto (202);

40 dichos medios de calibración son para calibrar la longitud de referencia entre el primer y segundo dispositivos de transmisión-recepción ultrasónicos y el diámetro interno del conducto, en base a los resultados del cálculo por los medios de cálculo del tiempo de propagación;

dichos medios de corrección son además para corregir y calcular la longitud de referencia calibrada en base al coeficiente de expansión lineal y la temperatura, medida por el sensor de temperatura, del gas de muestra que fluye a través del conducto para la medida del caudal.

45 10. Un aparato ultrasónico para medir el caudal de un gas según la reivindicación 9, que comprende además:

medios de regulación de la temperatura para regular la temperatura del conducto; y

medios de cálculo del coeficiente de expansión lineal para calcular el coeficiente de expansión lineal del material que forma el conducto en base a los cambios en la longitud de referencia cuando la temperatura del conducto es cambiada.

50 11. Un método según la reivindicación 7, para medir además el caudal de un gas mediante un aparato ultrasónico medidor de concentraciones de gases, en donde dicho conducto (202) es para hacer fluir el gas, el caudal del cual

se va a medir, comprendiendo dicho método además, antes del inicio del procedimiento para medir el caudal del gas a ser medido, las etapas de:

suministrar el gas de calibración, el componente, la proporción del componente y el caudal del cual son conocidos, al conducto (202);

5 calibrar la longitud de referencia entre el primer y segundo dispositivos (218, 222) de transmisión-recepción ultrasónicos y el diámetro interno del conducto (202), en base a los resultados del cálculo; medir la temperatura del gas de muestra hecho fluir a través del conducto (202) para la medida del caudal; y

10 corregir y calcular la longitud de referencia calibrada y el diámetro interno del conducto (202), en base al coeficiente de expansión lineal y la temperatura, medida por el sensor (216, 220) de temperatura, del gas de muestra que fluye a través del conducto (202) para la medida del caudal.

12. Un método según la reivindicación 11, que comprende además las etapas de calcular el coeficiente de expansión lineal del material que forma el conducto (202) en base a los cambios en la longitud de referencia cuando la temperatura del conducto (202) es cambiada;

medir la temperatura del gas de muestra hecho fluir a través del conducto para la medida del caudal.

Fig.1

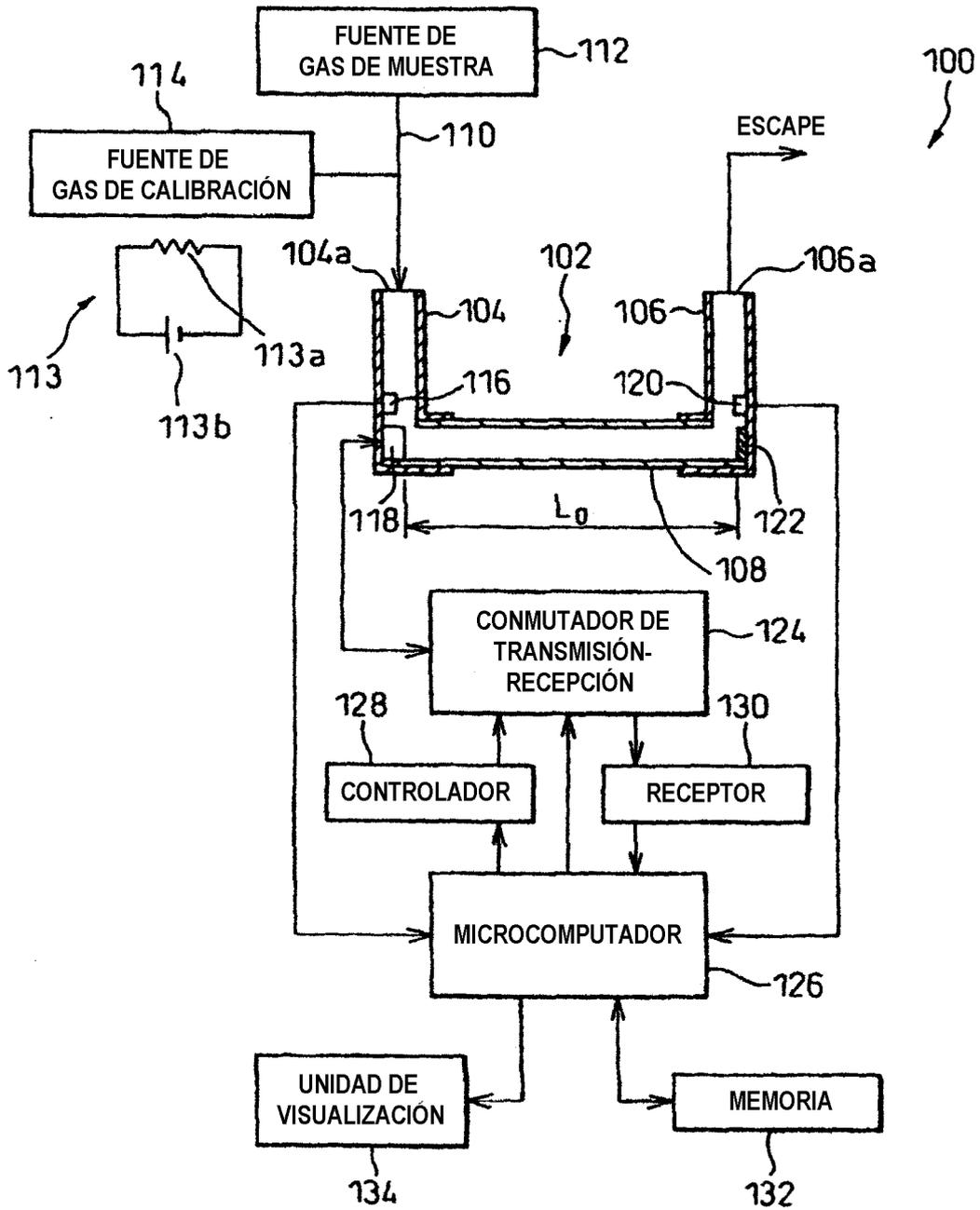


Fig.2

