

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 802 273**

51 Int. Cl.:

F23N 5/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2014 PCT/US2014/032016**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.10.2014 WO14160866**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2014 E 14776404 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 2981764**

54 Título: **Sonda in situ con diagnóstico y compensación mejorados**

30 Prioridad:

29.03.2013 US 201361806629 P
25.03.2014 US 201414224680

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.01.2021

73 Titular/es:

ROSEMOUNT INC. (100.0%)
6021 Innovation Boulevard
Shakopee, MN 55379, US

72 Inventor/es:

KRAMER, JAMES, D.;
NEMER, JOSEPH, C.;
WEY, ANNI, S.;
SIMMERS, DOUGLAS, E. y
STOJKOV, MARK

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 802 273 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

Sonda in situ con diagnóstico y compensación mejorados

Antecedentes

5 Las industrias de procesos industriales dependen principalmente de fuentes de energía que incluyen uno o más procesos de combustión. Dichos procesos de combustión incluyen la operación de un horno o caldera para generar energía a partir de la combustión, que luego es usada para el proceso. Si bien la combustión proporciona energía de costo relativamente bajo, su uso por lo general está regulado y se busca maximizar la eficiencia de la combustión. En consecuencia, un objetivo de la industria de gestión de procesos es reducir la producción de gases de efecto invernadero por la maximización de la eficiencia de combustión de los hornos y calderas existentes.

10 Los analizadores *in situ* o en proceso son usados comúnmente para la monitorización, optimización y control de los procesos de combustión. Típicamente, estos analizadores emplean sensores que son calentados a temperaturas relativamente altas y son operados directamente encima o cerca de la zona de combustión del horno o caldera. Los analizadores de combustión, tal como los que son comercializados bajo la designación comercial Oxymitter o el Transmisor de Gases de Combustión Modelo 6888 disponibles de Rosemount Analytical, Inc. de Solon, Ohio (una
15 unidad comercial de Emerson Process Management), a menudo emplean sensores de óxido de zirconia calentados a una temperatura mayor que aproximadamente 700° Celsius.

Los analizadores *in situ* por lo general emplean un filtro de metal sinterizado u otro difusor colocado entre una celda de medición y el gas de combustión del proceso para permitir que el gas de combustión del proceso sea difundido a la zona de medición mientras son minimizados los efectos de flujo y es reducida la contaminación de la celda de
20 medición. El difusor permite con facilidad que el gas de combustión del proceso entre en contacto con la celda de medición calentada. Sin embargo, si el difusor es obstruido de manera parcial o total, puede introducir errores en la medición. Por lo tanto, proporcionar una sonda de oxígeno *in situ* que pueda diagnosticar mejor las obstrucciones del difusor y/o compensar los efectos de tales obstrucciones avanzaría en la técnica de la medición y el control analítico del proceso. El documento US 2011/012040 describe un transmisor de combustión de proceso conocido.

Sumario

Es proporcionado un transmisor de combustión de proceso. El transmisor incluye una sonda de proceso extensible en un flujo de escape de combustión de proceso. La sonda de proceso tiene una celda de medición y un difusor que definen una cámara dentro de la sonda de proceso. El circuito electrónico está acoplado a la celda de medición y está
30 configurado para proporcionar una indicación relativa a un proceso de combustión en base a una señal de salida de la celda de medición. Un sensor de presión está acoplado al circuito electrónico y está acoplado de manera fluida a la cámara. El circuito electrónico está configurado para proporcionar una calibración ajustada en base a la presión de un gas de calibración medida dentro de la cámara y en la señal de salida de la celda de medición durante una calibración.

Breve descripción de los dibujos

35 La FIG. 1 es una vista esquemática de un analizador *in situ* con el que las realizaciones de la presente invención son particularmente útiles.

La FIG. 2 es una vista esquemática en despiece de un transmisor de oxígeno analítico de proceso de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques de un transmisor de oxígeno analítico de proceso de acuerdo con una realización de la presente invención.

40 La FIG. 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento para calibrar un transmisor de oxígeno analítico de proceso de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada de realizaciones ilustrativas

La FIG. 1 es una vista esquemática de un analizador de combustión de proceso *in situ*. El transmisor 10 puede ser cualquier analizador adecuado, incluido el Transmisor de Gases de Combustión X-Stream O₂ mencionado con
45 anterioridad. El transmisor 10 incluye un ensamblaje de sonda 12 que está dispuesto dentro de una pila o chimenea 14 y mide al menos un parámetro relacionado con la combustión que ocurre en el quemador 16. De manera típica, el transmisor 10 es un transmisor de oxígeno, pero puede ser cualquier dispositivo que mida cualquier parámetro adecuado relacionado con el proceso de combustión. El quemador 16 está acoplado de manera operativa a una fuente de aire u oxígeno 18 y a una fuente 20 de combustible. Cada una de las fuentes 18 y 20 preferentemente está acoplada
50 al quemador a través de una válvula de algún tipo para suministrar una cantidad controlada de oxígeno y/o combustible al quemador 16 para controlar el proceso de combustión. El transmisor 10 mide la cantidad de oxígeno en el flujo de escape de combustión y proporciona una indicación del nivel de oxígeno al controlador de combustión 22. El controlador 22 controla una o ambas válvulas 24, 26 para proporcionar un control de combustión de circuito cerrado. El transmisor 10 incluye un sensor de oxígeno que de manera típica emplea un sustrato de sensor de óxido de zirconia para proporcionar una señal eléctrica indicativa de la concentración de oxígeno, contenido o porcentaje en el escape.
55

De manera periódica y/o cuando sea deseado, el transmisor 10 es calibrado por medio del suministro de un gas de

calibración desde la fuente 28 a la sonda 12. Al medir la respuesta de los sensores dentro de la sonda 12 al gas de calibración, los errores pueden ser detectados y compensados. En algunos casos, las especificaciones publicadas requieren un caudal mínimo del gas de calibración para garantizar que el área de la celda esté completamente llena con gas de calibración y que no puedan ser mezclados gases de combustión con los gases de prueba de calibración. En una especificación, es requerido un caudal de gas de calibración mínimo de 0,13 Nm³/h.

Durante un período de meses o años, el elemento difusor de la sonda 12 puede resultar obstruido total o parcialmente. Cuando esto ocurre, el caudal mínimo requerido por algunas especificaciones publicadas (tal como 0,13 Nm³/hr) solo será logrado a presiones elevadas. En el caso de la calibración manual, un técnico aumentará la presión del gas de calibración hasta que sea observado el caudal deseado. Por ejemplo, un técnico de instrumentos puede llevar a cabo una calibración con un difusor muy obstruido y notar cuando es abierta la botella de gas de calibración que una presión de gas de calibración de 137,9 kPa solo proporciona un flujo de 0,053 Nm³/hr en lugar del flujo nominal de 0,13 Nm³/hr. En este caso, el técnico ajusta el regulador de presión del gas de calibración hasta alcanzar el valor de 0,13 Nm³/hr deseado. La presión resultante requerida para lograr dicho caudal puede ser mayor que 137,9 kPa, e incluso puede presurizar la celda de medición del ensamblaje de sonda hasta cierto punto. Incluso una calibración llevada a cabo en la que la celda de medición es presurizada en el orden de 13,8 kPa (aproximadamente 1422,4 mm de columna de agua) afecta el proceso de calibración propiamente dicho e introduce errores. Esto es debido a que la celda de medición vuelve a las presiones de funcionamiento normales después de la calibración y lee un valor erróneo, tal como un valor artificialmente bajo (0,5% de O₂). Además, cuando el difusor está parcial o completamente obstruido, el gas de calibración puede quedar atrapado entre la celda de medición y el difusor, lo cual influye de manera no deseada en las mediciones variables del proceso.

Además, durante la operación, cuando el difusor está parcialmente obstruido, provoca que el tiempo de respuesta de la variable de proceso disminuya, debido a una difusión más lenta de los gases de combustión o escape a través del difusor parcialmente o completamente obstruido a la celda de medición.

De acuerdo con la presente invención, la contrapresión del gas de calibración y/o la presión próxima a la propia celda de medición es medida durante la calibración. Dado que la celda de medición sella un lado de la sonda, el gas de calibración debe fluir o ser difundido a través del difusor. Por lo tanto, si el difusor está bloqueado, parcial o completamente, el gas de calibración no puede escapar y aumenta la contrapresión o la presión de la cámara. Si la presión es medida y excede un umbral, puede ser proporcionada una indicación de obstrucción. Esta indicación puede ser proporcionada por una alarma anunciada localmente en el dispositivo, transmitida a través de un bucle o segmento de comunicación de proceso, o ambos. Además, la magnitud de la presión observada durante la calibración puede estar relacionada con un error de calibración que puede ser compensado. Más aún, también pueden ser tomadas medidas correctivas adicionales en función de la cantidad de obstrucción. Por ejemplo, si el difusor está obstruido al 50%, el transmisor puede esperar más tiempo después de la calibración antes de proporcionar mediciones variables del proceso para permitir al gas de calibración más tiempo para escapar a través del difusor parcialmente obstruido.

La FIG. 2 es una vista esquemática de un analizador de combustión de proceso *in situ* de acuerdo con la presente invención. El ensamblaje de sonda 12 por lo general está configurado para alojar un ensamblaje de núcleo de sensor que incluye un difusor 32 dispuesto junto a la celda de medición 36. La celda de medición 36 y el ensamblaje de calentador 38 están acoplados de manera eléctrica a un circuito electrónico contenido en la placa electrónica 42 en la carcasa 44. El transmisor 10 también incluye una pluralidad de entradas de gas 46 y 48 para recibir aire de referencia y gas de calibración, respectivamente.

Como es ilustrado en la FIG. 2, el transmisor 10 incluye un sensor de presión 50 que está acoplado de manera fluida a la cámara o región 52 entre la celda de medición 36 y el difusor 32. En la realización mostrada en la FIG. 2, el sensor de presión 50 está dispuesto a lo largo de la línea de gas de calibración (que es mostrada acoplada a la entrada 48) y de ese modo mide la presión de la región próxima al gas de calibración 52. Sin embargo, en otras realizaciones, el sensor de presión 50 puede estar dispuesto dentro de la región 52. El sensor de presión 50 está acoplado de manera eléctrica al circuito electrónico en la placa electrónica 42. Por lo tanto, el sensor de presión 50 puede proporcionar una indicación eléctrica de la presión dentro de la región 52 durante la calibración, el funcionamiento normal o ambos. El sensor de presión 50 puede ser cualquier tipo de sensor de presión adecuado, incluido un diafragma desviable, un sensor de presión basado en capacitancia, un medidor de deformación de diafragma desviable, un sensor de presión basado en resistencia o cualquier otro tipo de sensor de presión adecuado. Sin embargo, el sensor de presión debe estar configurado para la exposición a presiones relativamente bajas y temperaturas relativamente altas de funcionamiento en los entornos de gases de combustión. Además, el sensor de presión 50 puede estar dispuesto cerca del gas de combustión o en el área de la carcasa electrónica (seguro).

La tecnología de detección de óxido de zirconia ha medido históricamente el oxígeno del proceso por el uso del aire ambiental o del instrumento como referencia (20,95% de oxígeno). Periódicamente, el sensor dentro de la celda de medición 38 puede requerir ser calibrado en la que una cantidad de oxígeno controlada con precisión puede ser introducida en el sensor y expuesta a la celda de medición 36. En consecuencia, los puertos 46 y 48 están acoplados a los conductos que dirigen los gases de referencia y calibración a la celda de medición 36. El gas de referencia es proporcionado a un lado del sustrato de óxido de zirconia que está lejos del gas de proceso. Sin embargo, durante la calibración, es suministrado gas de calibración al lado del sustrato de zirconia opuesto al lado expuesto al gas de referencia. De esta manera, cada lado está expuesto a un gas. El gas de calibración debe inundar la región 52 y

expulsar el difusor 32. Sin embargo, si el difusor está parcialmente conectado, la capacidad del gas de calibración para expulsar el difusor 32 es reducida. Esto da como resultado una mayor presión de gas de calibración, como fue establecido con anterioridad. Si el gas de calibración tiene una presión más alta que la nominal, esta presión más alta genera una lectura aumentada de oxígeno por el sensor de oxígeno en el gas de calibración. Si el sensor está calibrado a esta presión más alta, entonces, cuando la presión es reducida a la presión de funcionamiento normal, el sensor calibrado tiene una lectura demasiado baja. Sin embargo, por medio de la medición de la presión real en la región 52 durante la calibración, este efecto puede ser medido y compensado. Además, la magnitud de la presión en sí misma puede ser usada para proporcionar una indicación general del grado de obstrucción del difusor. Finalmente, el grado de obstrucción determinado a partir de la medición de presión puede ser usado para aumentar la cantidad de tiempo que el transmisor espera después de la calibración antes de proporcionar mediciones de oxígeno del proceso. Por lo tanto, en un difusor parcialmente obstruido, el gas de calibración tiene más tiempo para ser difundido fuera de la región 52 antes de que sean proporcionadas las mediciones de oxígeno del proceso.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques de un transmisor de oxígeno analítico de proceso de acuerdo con la presente invención. Para mayor claridad, solo está representada una porción, la región 52, del ensamblaje de sonda 12. Sin embargo, la FIG. 3 indica componentes adicionales de la placa electrónica 42. De manera específica, el circuito electrónico en la placa electrónica 42 incluye el controlador 60 acoplado al módulo de comunicación 62 y el circuito de medición 64. Además, el controlador 60 también está acoplado de manera operativa al solenoide 66, que controla el flujo de gas de calibración desde la fuente 28 hasta la cámara 52. El controlador 60 puede ser cualquier dispositivo adecuado que ejecute una secuencia de instrucciones para llevar a cabo una o más funciones de control. En una realización, el controlador 60 es un microprocesador.

El módulo de comunicación 62 está acoplado al controlador 60 y permite que el controlador 60 esté en comunicación con uno o más dispositivos de proceso, tal como el controlador de combustión 22 (mostrado en la FIG. 1) de acuerdo con un protocolo de comunicación estándar de la industria de procesos cableados. Los ejemplos de dichos protocolos incluyen el Protocolo HART® de transductor remoto direccionable de autopista y protocolos de comunicación de procesos inalámbricos, tal como IEC 62591.

El circuito medición 64, en una realización, incluye un convertidor analógico a digital configurado para medir una característica eléctrica, tal como la capacitancia, del sensor de presión 50 que es indicativo de presión dentro de la cámara 52 y proporciona una indicación digital de la misma al controlador 60. Los circuitos de medición 64 también pueden incluir circuitos de amplificación, filtrado y/o linealización adecuados de acuerdo con lo deseado.

Durante el funcionamiento normal, el controlador 60 mantiene el solenoide 66 en un estado desconectado, para de ese modo aislar la fuente de gas de calibración 28 de la cámara 52. Los gases de combustión del proceso de combustión son difundidos a través del difusor 32 y entran en contacto con el sensor de oxígeno 68. El sensor de oxígeno 68, de acuerdo con las técnicas conocidas produce un voltaje relacionado con la diferencia en la presión parcial de oxígeno entre el lado del proceso 70 en la cámara 52 y el lado de referencia 72. Este voltaje es medido por medio de un circuito de medición adecuado, tal como el circuito de medición 64, y es indicado al controlador 60. El controlador 60 luego comunica, a través del módulo de comunicación 62, una salida variable del proceso a cualquier dispositivo adecuado, tal como el controlador de combustión 22.

La FIG. 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento para calibrar un transmisor de oxígeno analítico de proceso de acuerdo con una realización de la presente invención. El procedimiento indicado en la FIG. 4, también es descrito con respecto al diagrama de bloques de la FIG. 3. El procedimiento 100 comienza en el bloque 102, en el que el controlador 60 conecta el solenoide 66 y provoca que el gas de calibración de la fuente 28 fluya hacia la cámara 52 y la llene. El gas de calibración fluye fuera de la cámara 52 a través del difusor 32. Mientras el gas de calibración fluye, el controlador 60 monitoriza la presión dentro de la cámara 52 a través del sensor de presión 50 y el circuito de medición 64, como es indicado en el bloque 104. La presión monitorizada es comparada con un umbral en el bloque 106, y si la presión está por encima del umbral, entonces el controlador 60 indica la conexión del difusor en el bloque 108. Esta indicación puede ser a través de un anuncio local, a través de la comunicación a través del módulo 62, o ambos. Una vez que es generado el anuncio/indicación de obstrucción, el control pasa al bloque 110. Además, si la presión monitorizada no está por encima del umbral, entonces el control pasa simplemente del bloque 106 al bloque 110.

En el bloque 110, la salida del sensor 68 es obtenida en respuesta al gas de calibración. En el bloque 112, la calibración es ajustada en función de la presión medida durante el bloque 104. Por lo tanto, si el difusor está parcialmente obstruido y la presión se vuelve lo suficientemente alta como para generar errores de calibración, dicha presión puede ser medida y la calibración en sí misma es ajustada en función de la presión. La relación entre la presión medida y el efecto sobre la calibración puede ser caracterizada en cualquier formato adecuado, incluida una tabla de búsqueda 114 o un cálculo de ajuste de curva, 116. Estas relaciones pueden ser obtenidas a través de pruebas y proporcionadas por el fabricante del dispositivo. Una vez que el ajuste es obtenido, los nuevos valores de calibración son almacenados en el bloque 118. Una vez que los valores de calibración son almacenados, el controlador 60 desenergiza el solenoide 66 y cesa el flujo de gas de calibración. En el bloque 120, el controlador 60 espera hasta que haya transcurrido el tiempo suficiente antes de proceder al bloque 122 y comenzar la operación con los nuevos valores de calibración. Este período de espera, de acuerdo con una realización de la presente invención, es ajustado en función de la presión medida durante el bloque 104. Por lo tanto, si es medida una presión más alta (indicativa de obstrucción parcial), el gas de calibración tardará más en ser difundido fuera de la cámara 52. Por lo tanto, el controlador 60 espera más

tiempo antes de proceder al bloque 122.

Si bien algunas técnicas pueden proporcionar una indicación de un difusor conectado en función de la velocidad con la que el sensor responde a los cambios del proceso, es considerado que las realizaciones de la presente invención proporcionen un diagnóstico más rápido y más cuantificado que tales técnicas.

- 5 Si bien la presente invención ha sido descrita con referencia a realizaciones preferentes, los expertos en la técnica reconocerán que se pueden hacer cambios en cuanto a la forma y detalle sin apartarse del ámbito de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un transmisor de combustión de proceso (10) que comprende: una sonda de proceso (12) extensible en un flujo de escape de combustión de proceso, la sonda de proceso (12) tiene una celda de medición y un difusor (32), la celda de medición y el difusor (32) definen una cámara (52) dentro de la sonda de proceso (12); un circuito electrónico acoplado a la celda de medición y configurado para proporcionar una indicación relativa a un proceso de combustión en base a una señal de salida de la celda de medición; un sensor de presión (50) acoplado de manera operativa al circuito electrónico y acoplado de manera fluida a la cámara (52); y en el que el circuito electrónico está configurado para proporcionar una calibración ajustada en base a la presión de un gas de calibración medida dentro de la cámara y en la señal de salida de la celda de medición durante una calibración.
2. El transmisor de combustión de proceso de la reivindicación 1, en el que el circuito electrónico está configurado para proporcionar una indicación de obstrucción del difusor (32) en base a dicha presión medida durante la calibración.
3. El transmisor de combustión de proceso (10) de la reivindicación 2, en el que la indicación es un anuncio local.
4. El transmisor de combustión de proceso (10) de la reivindicación 2, en el que la indicación es comunicada de acuerdo con un protocolo de comunicación de proceso.
5. El transmisor de combustión de proceso (10) de la reivindicación 1, en el que el circuito electrónico está configurado para reanudar las mediciones de proceso después de la calibración por el uso de la calibración ajustada.
6. El transmisor de combustión de proceso (10) de la reivindicación 5, en el que el circuito electrónico está configurado para esperar una cantidad de tiempo seleccionada después de la calibración antes de reanudar las mediciones de proceso.
7. El transmisor de combustión de proceso (10) de la reivindicación 6, en el que la cantidad de tiempo es seleccionada en base a la presión medida durante la calibración.
8. El transmisor de combustión de proceso (10) de la reivindicación 1, en el que el circuito electrónico incluye un controlador (60) acoplado al circuito al circuito de medición (64) y en el que el circuito de medición (64) está acoplado de manera operativa al sensor de presión (50).
9. El transmisor de combustión de proceso de la reivindicación 8, y en el que el circuito electrónico además comprende un módulo de comunicación (62) acoplado al controlador (60) y configurado para comunicación de acuerdo con un protocolo de comunicación de proceso.
10. Un procedimiento de calibración de un transmisor de combustión de proceso (10), el procedimiento comprende: proporcionar un flujo de gas de calibración dentro de una cámara (52) definida, al menos parcialmente, por una celda de medición y un difusor (32); medir una presión de gas de calibración en la cámara (52) mientras fluye el gas de calibración; medir la respuesta de la celda de medición al gas de calibración; y proporcionar una calibración ajustada en base a la respuesta de la celda de medición y la presión medida.
11. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que la celda de medición incluye un sensor de oxígeno.
12. El procedimiento de la reivindicación 10, y que además comprende proporcionar una indicación de obstrucción del difusor en base a la presión medida.
13. El procedimiento de la reivindicación 10, y que además comprende esperar una cantidad de tiempo seleccionada después de la calibración para comenzar a proporcionar mediciones de proceso por el uso de la calibración ajustada.
14. El procedimiento de la reivindicación 13, en el que la cantidad de tiempo seleccionada está basada en la presión medida durante la calibración.
15. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, que además comprende medir una presión dentro de la cámara (52) durante el funcionamiento normal y proporcionar una salida variable de proceso compensada.

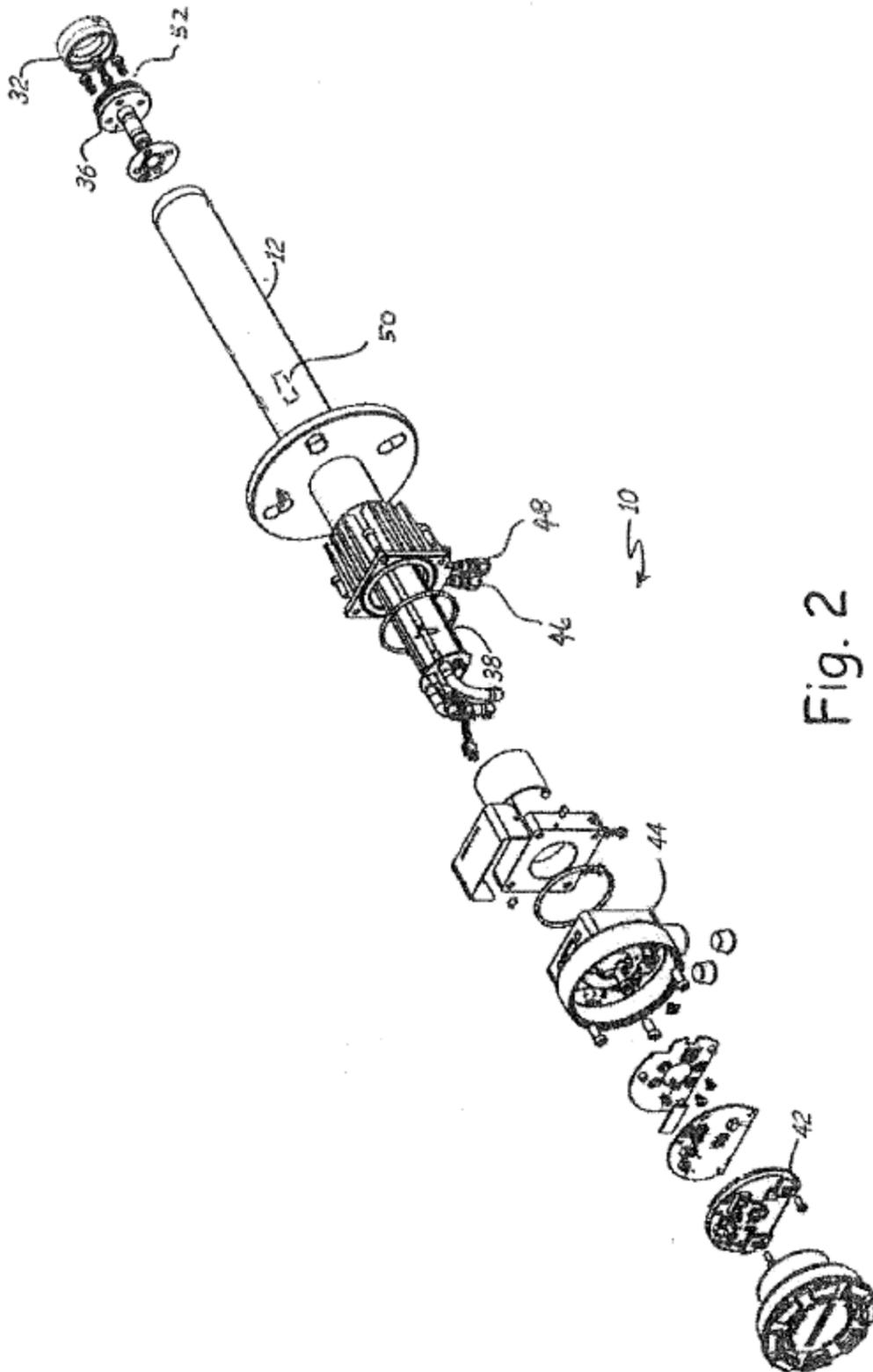


Fig. 2

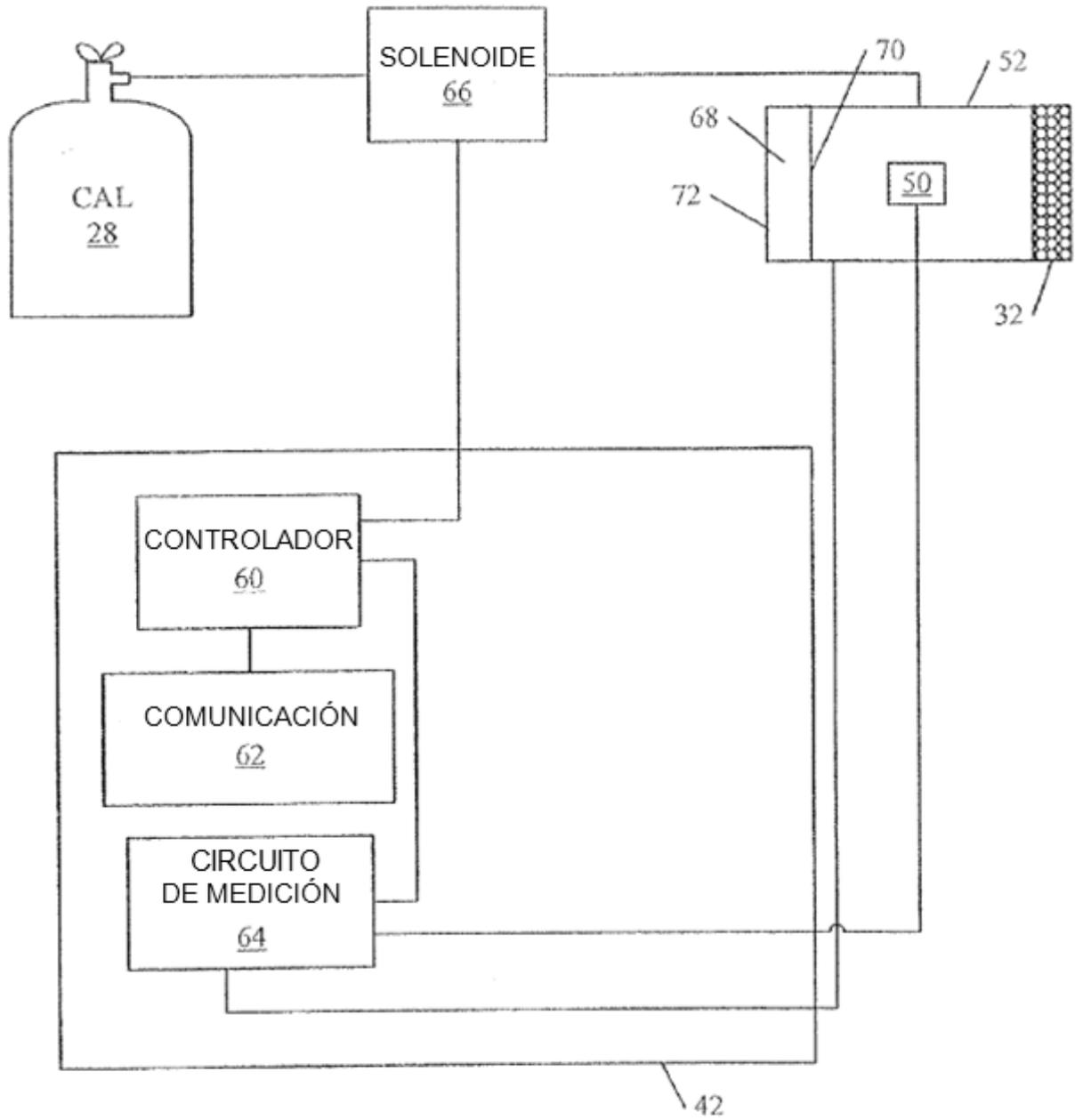


Fig. 3

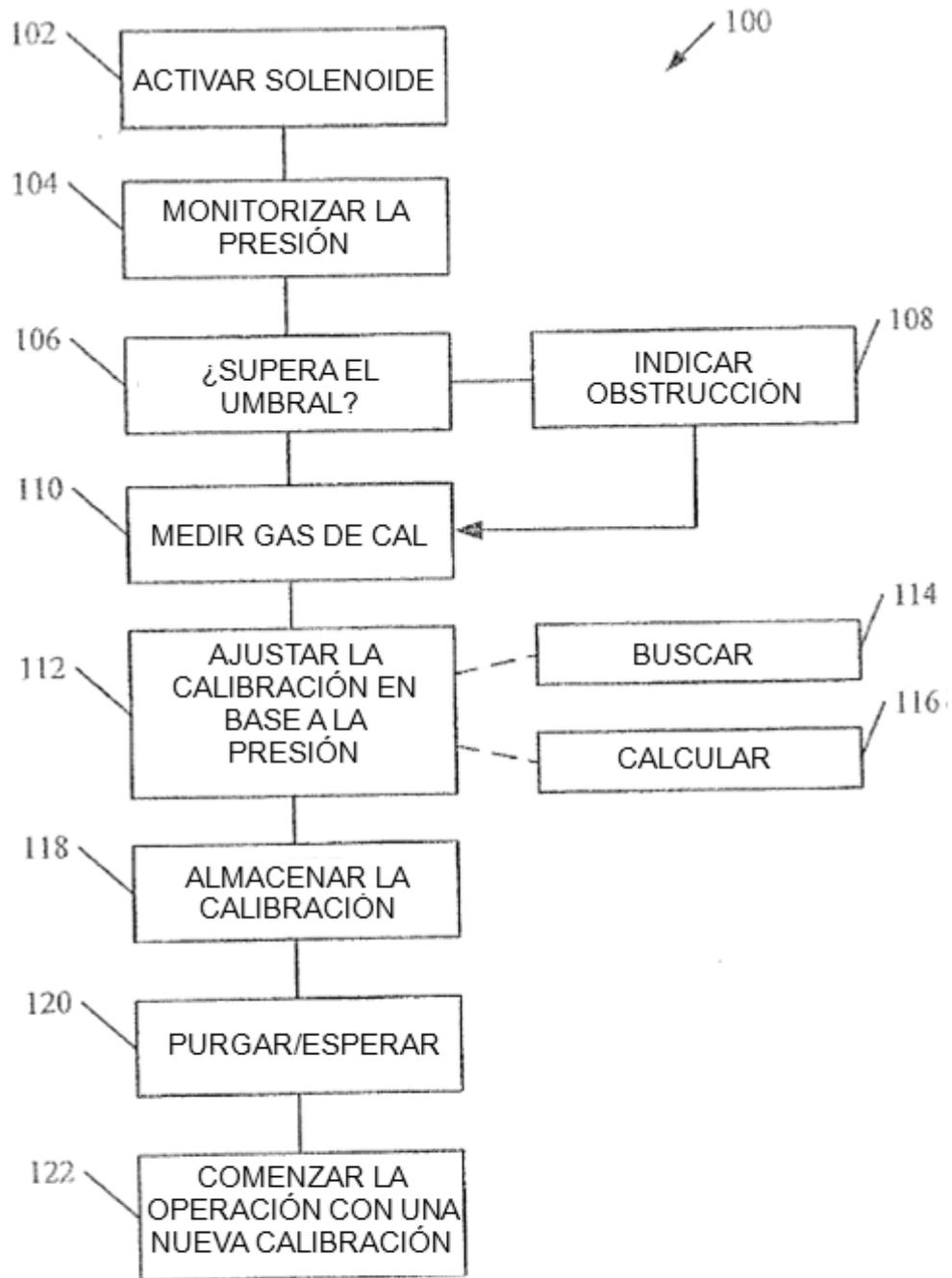


Fig. 4