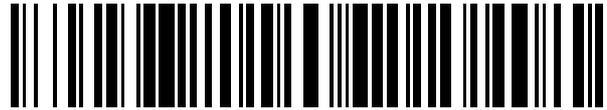


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 629**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/10** (2006.01)

**B01D 53/30** (2006.01)

**B01D 46/44** (2006.01)

**B01D 46/02** (2006.01)

**B01D 46/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.10.2008 E 12190732 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.09.2015 EP 2554240**

54 Título: **Método y dispositivo para eliminar mercurio de un gas de proceso**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.12.2015**

73 Titular/es:

**ALSTOM TECHNOLOGY LTD. (100.0%)**  
**Brown Boveri Strasse 7**  
**5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

**LINDAU, LEIF**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 554 629 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**

Método y dispositivo para eliminar mercurio de un gas de proceso.

**Campo de la Invención**

5 La presente invención se refiere a un método de eliminación, al menos parcialmente, de mercurio de un gas de proceso por medio de un sorbente que absorbe el mercurio y un filtro que tiene al menos una superficie filtrante.

La presente invención se refiere adicionalmente a un sistema de depuración de gases, que es operativo para eliminar, al menos parcialmente, mercurio de un gas de proceso, comprendiendo el sistema de depuración de gases un sistema de suministro de sorbente que es operativo para suministrar un sorbente que absorbe mercurio a dicho gas de proceso, y un filtro que tiene al menos una superficie filtrante y que es operativo para recoger dicho sorbente.

10 **Antecedentes de la Invención**

15 En la combustión de un combustible, tal como carbón, petróleo, turba, desechos, etc, en una planta de combustión, tal como una planta de energía, se genera un gas de proceso caliente, conteniendo dicho gas de proceso, entre otros componentes, mercurio, Hg. Dado que el mercurio es peligroso para la salud humana y para el medio ambiente, usualmente es necesario eliminar el mercurio del gas de proceso antes que éste pueda descargarse al aire ambiente. La eliminación de mercurio se realiza a menudo por mezcla del gas de proceso caliente con un sorbente sólido, tal como carbón activo pulverizado, que adsorbe el mercurio y que puede eliminarse luego del gas de proceso caliente en un filtro, tal como una cámara de bolsas.

20 US 5.505.766 describe un sistema de depuración de gases en el cual se suministra un sorbente a una cámara de bolsas desde un silo. El sorbente forma una capa de sorbente sobre los filtros de bolsa de la cámara de bolsas. Cuando se ha formado una capa de sorbente suficientemente gruesa sobre los filtros de bolsa, se deja entrar el gas de proceso caliente en la cámara de bolsas. Cuando la eliminación de mercurio disminuye, se retira de la línea un compartimiento de la cámara de bolsas, a fin de que el sorbente cargado de mercurio pueda retirarse, y puede añadirse sorbente nuevo a las bolsas, antes que el gas de proceso se deje entrar de nuevo en el compartimiento en cuestión.

25 Si bien el sistema de depuración de gases de US 5.505.766 asegura que estará siempre disponible una capa de sorbente sobre los filtros de bolsa para la eliminación de mercurio del gas de proceso, es también un proceso complicado que requiere un control avanzado y equipo costoso. Adicionalmente, la cámara de bolsas tiene que estar sobredimensionada comparada con la operación normal, a fin de permitir que un compartimiento se retire de una vez de la línea para su limpieza.

30 **Sumario de la Invención**

35 Un objeto de la presente invención es proporcionar un método de eliminación, al menos parcial, de mercurio de un gas de proceso por medio de un sorbente que absorbe el mercurio y un filtro que tiene al menos una superficie filtrante con las características de la reivindicación 1, y proporcionar un sistema de depuración de gases con las características de la reivindicación 4, que es operativo para eliminar, al menos parcialmente, mercurio de un gas de proceso.

40 Una ventaja de este método es que la capacidad de eliminación de mercurio del filtro puede aumentarse, temporalmente, dejando que quede una mayor cantidad del sorbente sobre la superficie filtrante después de la limpieza debido a una limpieza menos intensa de la superficie filtrante, sin aumentar el consumo de sorbente. La medida del primer parámetro hace que sea posible conseguir dicha capacidad de eliminación de mercurio incrementada en caso necesario.

Objetos y características adicionales de la presente invención serán evidentes a partir de la descripción y las reivindicaciones.

**Breve descripción de los dibujos**

45 La invención se describirá a continuación con mayor detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

Fig. 1 es una vista lateral esquemática de una planta de energía.

Fig. 2 es un diagrama de flujo e ilustra un método de control de la limpieza de los filtros de bolsa de una cámara de bolsas.

Fig. 3 es un diagrama de flujo e ilustra un método alternativo, de control de la limpieza de los filtros de bolsa de una

cámara de bolsas que no forma parte de la invención.

Fig. 4 es un diagrama esquemático, e ilustra el efecto de la operación de un sistema de depuración de gases de acuerdo con el método de la reivindicación 2.

#### Descripción de realizaciones preferidas

5 Fig. 1 es una vista esquemática lateral e ilustra una planta de energía 1, como se ve en una vista lateral. La planta de energía 1 comprende una caldera 2. Durante la combustión de un combustible, tal como carbón o petróleo, se genera en la caldera 2 un gas de proceso caliente, al que se hace referencia a menudo como gas de chimenea. El gas de chimenea, que contiene sustancias contaminantes, con inclusión de partículas de polvo y mercurio, sale de la caldera 2 por un conducto de gas 4. El conducto de gas 4 es operativo para dirigir el gas de chimenea a un colector primario de polvo 6, que es opcional, en forma de, por ejemplo, un precipitador electrostático, un ejemplo del cual se describe en US 4.502.872, o una cámara de bolsas, un ejemplo de la cual se describe en US 4.336.035. El colector primario de polvo 6 es operativo para eliminar la mayor parte de las partículas de polvo del gas de chimenea.

10 Un conducto de gas 8 es operativo para dirigir el gas de chimenea desde el colector primario de polvo 6 a un colector secundario de polvo 10. El colector secundario de polvo 10 es un filtro de tela, por lo cual se entiende que el gas de chimenea se ve obligado a pasar a través de una superficie filtrante formada por un material textil. El colector secundario de polvo 10 ilustrado en Fig. 1 es un filtro de tela del denominado tipo de cámara de bolsas, que comprende una pluralidad de filtros de bolsa 12 hechos de un género textil. La tela de los filtros de bolsa 12 forma superficies filtrantes por medio de las cuales puede eliminarse del gas de chimenea el material particulado. Una descripción detallada de un ejemplo de una cámara de bolsas puede encontrarse en US 4.336.035. La cámara de bolsas 10 tiene tres compartimientos 14, 16, 18. Cada uno de dichos compartimientos 14, 16, 18 puede comprender típicamente 2 a 20.000 filtros de bolsa 12. Como puede verse por referencia a Fig. 1, el conducto 8 es operativo para suministrar un flujo separado de gas de chimenea a cada uno de los compartimientos 14, 16, 18.

15 El gas de chimenea pasa a través del material de género textil del filtro de bolsa 12 respectivo, de tal modo que las partículas de polvo contenidas en el gas de chimenea quedan capturadas en el exterior de las bolsas 12. Cuando pasan a través del material textil de los filtros de bolsa 12, asimismo, las partículas de polvo muy pequeñas se eliminan del gas de chimenea, dando como resultado una eliminación muy eficiente de las partículas de polvo. El gas de chimenea depurado entra en una cámara de sobrepresión de gas limpio 20, 22, 24 del compartimiento 14, 16, 18 respectivo. Un conducto de gas limpio 26 es operativo para dirigir el gas de chimenea depurado desde cada una de las cámaras de sobrepresión respectivas 20, 22, 24 a una chimenea 28, que es operativa para descargar el gas de chimenea depurado al aire ambiente.

20 Un silo de almacenamiento de sorbente 30 es operativo para contener un sorbente que es adecuado para adsorber mercurio, en particular mercurio en forma gaseosa. Un sorbente adecuado podría ser carbono activado o coque en forma pulverizada. Un conducto de suministro de sorbente 32 es operativo para dirigir el sorbente desde el silo 30 al conducto 8, en el cual el sorbente se mezcla con el gas de chimenea.

25 El sorbente, al ser un material particulado, se recogerá sobre la tela de los filtros de bolsa 12. El material de tela soporta la formación de una torta de polvo en la cara externa de cada uno de los filtros de bolsa 12. Dicha torta de polvo, que contendrá el sorbente suministrado desde el silo 30, es muy eficiente en la eliminación de mercurio del gas de chimenea, dado que el gas de chimenea tiene que pasar a través de la torta de polvo. Cuando pasa a través de una torta de polvo de este tipo, que contiene el sorbente, existe una probabilidad alta de que el mercurio contenido en el gas de chimenea quede adsorbido en la torta de polvo.

30 La torta de polvo formada sobre el filtro de bolsa 12 respectivo aumentará la caída de presión del gas de chimenea a lo largo de la cámara de bolsas 10. Por tanto, será necesario realizar una limpieza intermitente de los filtros de bolsa 12. Cada compartimiento 14, 16, 18 está provisto de un tanque 34, 36, 38 que contiene gas presurizado, usualmente en la forma de aire presurizado. El aire presurizado puede suministrarse, como impulsos de aire, por tuberías 40 a los filtros de bolsa 12. Dichos impulsos de aire obligan a expandirse los filtros de bolsa 12 y hacen que las tortas de polvo se desprendan de las bolsas 12 y caigan a una tolva respectiva 42, 44, 46 desde la cual las partículas de polvo recogidas pueden transportarse a distancia para tratamiento ulterior, evacuación, etc.

35 Una unidad de control 48 es operativa para controlar en qué momento deben limpiarse los filtros de bolsa 12. Cada compartimiento 14, 16, 18 está provisto en un transductor de presión que mide la caída de presión a través de los filtros de bolsa 12 de dicho compartimiento específico 14, 16, 18. Una señal es enviada por cada uno de los transductores de presión a la unidad de control 48. Por razones de claridad de ilustración se representa en Fig. 1 únicamente el transductor de presión 50 del primer compartimiento 14.

40 Un primer analizador de mercurio 52 es operativo para medir la concentración de mercurio en el gas de chimenea en el conducto 8, aguas arriba de la cámara de bolsas 10. El primer analizador de mercurio 52 mide así la concentración de mercurio gaseoso, Hg, en el gas de chimenea antes que el sorbente haya producido efecto alguno. Un segundo analizador de mercurio 54 es operativo para medir la concentración de mercurio gaseoso en el gas de

chimenea en el conducto de gas depurado 26, aguas abajo de la cámara de bolsas 10. El segundo analizador de mercurio 54 mide así la concentración de mercurio en el gas de chimenea depurado. Los analizadores de mercurio 52, 54 son operativos para enviar señales a la unidad de control 48. Preferiblemente, las medidas son realizadas por los analizadores de mercurio 52, 54, y las señales correspondientes se envían a la unidad de control 48, al menos una vez cada 30 minutos a fin de obtener una respuesta rápida a condiciones cambiantes. La unidad de control 48 tiene en cuenta las señales procedentes de los transductores de presión, de los cuales se ilustra en Fig. 1 sólo un transductor 50, y las señales de los analizadores de mercurio 52, 54 cuando controlan la operación de los tanques 34, 36, 38, es decir, cuando controlan la limpieza de los filtros de bolsa 12 del compartimiento respectivo 14, 16, 18 por medio de impulsos, de una manera que se describirá con mayor detalle más adelante. Adicionalmente, la unidad de control 48 puede controlar también el suministro de sorbente desde el silo de sorbente 30 de una manera que se describirá con mayor detalle más adelante.

Como se ha descrito anteriormente en esta memoria, la unidad de control 48 recibe una señal procedente del transductor de presión 50 que indica la caída de presión actual a lo largo de los filtros de bolsa 12 del primer compartimiento 14. Esta caída de presión medida puede designarse DP. La unidad de control 48 trabaja adicionalmente con dos puntos de ajuste para caída de presión. Un primer punto de ajuste de caída de presión, que puede designarse DPHigh, indica una caída de presión por encima de la cual es deseable una limpieza de los filtros de bolsa 12, dado que una caída de presión superior a DPHigh está asociada con un consumo de energía incrementado para forzar el paso del gas de chimenea a través de los filtros de bolsa 12 del compartimiento 14. Un segundo punto de ajuste de caída de presión, que puede designarse DPHighHigh, indica una caída de presión a la cual tiene que iniciarse una limpieza de los filtros de bolsa 12, debido asimismo a que dicha caída de presión elevada afecta a la integridad mecánica de la cámara de bolsas 10. La Tabla 1 siguiente indica la base para la limpieza de las bolsas 12 a diferentes caídas de presión medidas, DP:

Tabla 1. Limpieza de los filtros de bolsa, en relación con la caída de presión

Relación de DP a los puntos de ajuste	DP < DPHigh	DPHigh < DP < DPHighHigh	DP > DPHighHigh
Limpieza de los filtros de bolsa	No	Depende también de otras condiciones	Sí

Como se ha descrito anteriormente en esta memoria, la unidad de control 48 recibe también una señal del primer analizador de mercurio 52. La concentración de mercurio medida en el gas de chimenea en el conducto 8 puede designarse HGIN. La unidad de control 48 trabaja adicionalmente con un punto de ajuste de mercurio para la concentración de mercurio aguas arriba de la cámara de bolsas 10. Dicho punto de ajuste de mercurio podría ser igual a la concentración media de mercurio en el gas de chimenea, aguas arriba de la cámara de bolsas 10, es decir, en el conducto 8, y podría designarse HGMEAN. La unidad de control 48 utiliza la concentración medida HGIN como primer parámetro y compara tal concentración con el punto de ajuste de mercurio HGMEAN. Cuando HGIN es menor que o igual a HGMEAN, la limpieza de los filtros de bolsa 12 está basada únicamente en la caída de presión DP. De ahí que, si HGIN es igual a, o menor que, HGMEAN, los filtros de bolsa 12 se limpian, sometiendo los mismos a impulsos de aire presurizado como se describe anteriormente en esta memoria, tan pronto como la caída de presión DP medida, caída de presión que se utiliza como segundo parámetro, excede de DPHigh. Dicho método da como resultado el consumo de energía mínimo posible, y una eliminación suficiente de mercurio.

No obstante, en situaciones en las que la concentración medida de mercurio HGIN es mayor que el punto de ajuste de mercurio HGMEAN, es deseable mantener una torta de polvo comparativamente gruesa sobre los filtros de bolsa 12, dado que una torta de polvo gruesa es más eficiente para eliminar mercurio del gas de chimenea comparada con una torta de polvo delgada. Por tanto, en tales situaciones, en las que la concentración de mercurio de entrada, es decir, HGIN, es comparativamente alta, la unidad de control 48 retrasa la limpieza de los filtros de bolsa 12, de tal modo que la limpieza de los filtros de bolsa 12 no comienza hasta que la caída de presión DP medida excede del segundo punto de ajuste de caída de presión DPHighHigh. Así pues, en situaciones de alta concentración de mercurio de entrada, se acepta una mayor caída de presión a través de la cámara de bolsas 10, dado que dicha mayor caída de presión da también como resultado que los filtros de bolsa 12 tengan sobre ellos una torta de polvo más gruesa, que contiene sorbente y que es eficaz para eliminar dicha concentración elevada de mercurio, sin requerir una dosificación incrementada de sorbente procedente del silo 30. La caída de presión DP medida a lo largo de la cámara de bolsas 10 funciona así como un indicador indirecto de la eficiencia de eliminación de la cámara de bolsas 10, dado que existe una relación entre la caída de presión DP y el espesor de la torta de polvo sobre los filtros de bolsa 12, y una relación similar entre el espesor de la torta de polvo sobre los filtros de bolsa 12 y la eficiencia de eliminación de mercurio de la cámara de bolsas 10.

La Tabla 2 siguiente indica las diferentes decisiones acerca de la limpieza que son tomadas por la unidad de control 48:

Tabla 2. Decisiones tomadas por la unidad de control 48

Relación de HGIN al punto de ajuste	HGIN $\leq$ HGMEAN	HGIN $>$ HGMEAN
Limpieza de los filtros de bolsa	Tan pronto como DP $>$ DPHigh	No hasta que DP $>$ DPHighHigh

5

De este modo, el sistema de depuración de gases, que comprende la cámara de bolsas 10 y el silo de sorbente 30, es operativo para eliminar eficazmente el mercurio del gas de chimenea también en situaciones en las que la concentración de mercurio de entrada es mayor que la normal.

10 Fig. 2 ilustra de una manera gráfica el método, descrito anteriormente en esta memoria, de acuerdo con el cual la unidad de control 48 controla en qué momento deberían ser limpiados los filtros de bolsa 12 del primer compartimiento 14 de la cámara de bolsas 10 por sometimiento de los mismos a impulsos. En un primer paso, designado 60 en Fig. 2, la unidad de control 48 ha recibido una señal procedente del primer analizador de mercurio 52 acerca de la concentración medida de mercurio en el gas de chimenea en el conducto 8. La unidad de control 48 comprueba si la concentración medida de mercurio, HGIN, es mayor que la concentración media de mercurio de entrada, HGMEAN. Si la respuesta en el primer paso 60 es "SÍ", entonces la unidad de control 48 procede a un segundo paso de primera alternativa, designado 62 en Fig. 2, en el cual la unidad de control 48 comprueba si la caída de presión DP medida es mayor que el segundo punto de ajuste de caída de presión, DPHighHigh. Si la respuesta en el primer paso 60 es "NO", entonces la unidad de control 48 procede a un segundo paso de segunda alternativa, designado 64 en Fig. 2, en el cual la unidad de control 48 comprueba si la caída de presión DP medida es mayor que el primer punto de ajuste de caída de presión DPHigh.

25 Si el resultado de la comprobación en el segundo paso de primera alternativa 62 es "NO", entonces la unidad de control 48 vuelve al primer paso 60 sin realizar limpieza alguna de los filtros de bolsa 12. De acuerdo con el primer paso 60, se compara una nueva concentración de mercurio medida HGIN con la concentración media de mercurio HGMEAN. Así, en tal situación, la torta de polvo se mantiene sobre los filtros de bolsa 12 durante un periodo de tiempo prolongado, a fin de aumentar la capacidad de eliminación de mercurio de la cámara de bolsas 10, sin tener que añadir más sorbente que en concentraciones de mercurio normales. Si el resultado de la comprobación en el segundo paso de primera alternativa 62 es "SÍ", entonces la unidad de control 48 procede a un tercer paso de primera alternativa, designado 66 en Fig. 2, en el cual se limpian las bolsas 12. Preferiblemente, el tercer paso de primera alternativa 66 incluye una limpieza parcial de los filtros de bolsa 12. Dicha limpieza parcial de los filtros de bolsa 12 podría realizarse suministrando una presión de aire inferior a la normal desde los tanques 34, 36, 38, o suministrando dicha presión de aire durante un periodo de tiempo más corto. Una limpieza parcial de los filtros de bolsa 12 significa limpiar a una intensidad de limpieza inferior a la normal, y tiene la ventaja de dejar que quede más sorbente sobre los filtros de bolsa 12, de tal modo que incluso después de dicha limpieza parcial queda una cierta eliminación de mercurio.

35 Si el resultado de la comprobación en el segundo paso de la segunda alternativa 64 es "NO", entonces la unidad de control 48 vuelve al primer paso 60 sin realizar limpieza alguna de los filtros de bolsa 12, dado que dicha limpieza no es necesaria. Si el resultado de la comprobación en el segundo paso de la segunda alternativa 64 es "SÍ", entonces la unidad de control 48 procede a un tercer paso de segunda alternativa, designado 68 en Fig. 2, en el cual se limpian los filtros de bolsa 12. El tercer paso de la segunda alternativa 68 representa una limpieza total, es decir, limpieza con eficiencia limpiadora normal, dando como resultado la eliminación de prácticamente la totalidad del sorbente de los filtros de bolsa 12. En una situación de este tipo, en la que la concentración de mercurio HGIN es igual a, o menor que, la concentración media de mercurio HGMEAN, entonces no hay necesidad alguna de una torta de polvo adicional sobre los filtros de bolsa 12, y, por tanto, la limpieza de los filtros de bolsa 12 se controla basándose únicamente en la caída de presión.

45 Después de haber limpiado los filtros de bolsa 12 en el tercer paso 66 ó 68, la unidad de control 48 vuelve al primer paso 60.

El método ilustrado en Fig. 2 podría aplicarse a la cámara de bolsas 10 considerada como un todo, lo que significa

que la totalidad de los compartimientos 14, 16, 18 se limpian al mismo tiempo cuando la unidad de control 48 procede al tercer paso 66 ó 68. Sin embargo, a menudo es más ventajoso aplicar el método ilustrado en Fig. 2 por separado a cada uno de los tres compartimientos 14, 16, 18. De ahí que podría ocurrir, en una situación en la que HGIN es mayor que HGMEAN, que uno de los compartimientos, por ejemplo, el compartimiento 14, tenga que limpiarse, porque la caída de presión DP a lo largo de dicho compartimiento 14, como se mide por el transductor de presión 50, exceda del segundo punto de ajuste de caída de presión DPHighHigh. Los otros dos compartimientos 16 y 18 pueden, sin embargo, no necesitar limpieza, por lo cual se entiende que la caída de presión a través de dichos compartimientos respectivos 16, 18 es menor que DPHighHigh, lo que significa que dichos dos compartimientos 16, 18 podrían mantener sus tortas de polvo gruesas y mantener una alta eficiencia de eliminación de mercurio. Así pues, la menor eliminación de mercurio del compartimiento 14, causada por la necesidad de limpieza de los filtros de bolsa 12 de dicho compartimiento 14, podría ser compensada por los otros compartimientos 16, 18, de tal modo que la eliminación de mercurio de la cámara de bolsas 10 considerada como un todo sería suficientemente eficiente.

En una realización alternativa que no forma parte de la invención, la unidad de control 48 podría recibir una señal procedente del segundo analizador de mercurio 54, que mide la concentración de mercurio en el gas de chimenea depurado, es decir, el gas de chimenea en el conducto de gas limpio 26. Dicha señal podría ser utilizada por la unidad de control 48 para controlar en qué momento debería realizarse la limpieza de los filtros de bolsa 12. Por ejemplo, si la concentración de mercurio medida en el conducto de gas limpio 26 es sustancialmente menor que el límite de emisión de mercurio, entonces la unidad de control 48 podría controlar la limpieza de los filtros de bolsa 12 basándose en la caída de presión DP con relación al primer punto de ajuste de caída de presión DPHigh, es decir, de una manera similar a la indicada en Fig. 2 con referencia a la segunda alternativa del segundo paso 64. Por el contrario, si la concentración medida de mercurio en el conducto de gas limpio 26 está muy próxima al límite de emisión de mercurio, o incluso es mayor que dicho límite, entonces la unidad de control 48 podría controlar la limpieza de los filtros de bolsa 12 basándose en la caída de presión DP con relación al segundo punto de ajuste de caída de presión DPHighHigh, es decir, de manera similar a la indicada en Fig. 2 con referencia a la primera alternativa del segundo paso 62, para mantener una torta gruesa de polvo sobre las bolsas 12 a fin de mantener una alta eficiencia en la eliminación de mercurio.

Fig. 3, ilustra de una manera gráfica el método alternativo que no forma parte de la invención, descrito anteriormente en esta memoria, de acuerdo con el cual la unidad de control 48 controla el momento en que los filtros de bolsa 12 del primer compartimiento 14 de la cámara de bolsas 10 deberían limpiarse por sometimiento de los mismos a impulsos. En un primer paso, designado 160 en Fig. 3, la unidad de control 48 ha recibido una señal procedente del segundo analizador de mercurio 54 acerca de la concentración de mercurio medida en el gas de chimenea limpio en el conducto 26. La unidad de control 48 comprueba si la concentración de mercurio medida, HGOUT, está próxima a, o es incluso mayor que, la concentración límite de emisión de mercurio, HGLIM, que podría ser una concentración establecida, por ejemplo, por las autoridades ambientales. Si la respuesta es "SÍ", entonces la unidad de control 48 procede a una primera alternativa de segundo paso, designada 162 en Fig. 2, que tiene una función similar a la primera alternativa del segundo paso 62 descrita anteriormente en esta memoria con referencia a Fig. 2. Así, en una situación en la que la concentración de mercurio de salida, HGOUT, está próxima a, o es incluso mayor que el límite de emisión de mercurio, HGLIM, se deja permanecer la torta de polvo sobre los filtros de bolsa 12 durante un periodo de tiempo prolongado, a fin de aumentar la capacidad de eliminación de mercurio de la cámara de bolsas 10, sin tener que añadir más sorbente que en concentraciones de mercurio normales. Si la respuesta en el primer paso 160 es "NO", entonces la unidad de control 48 procede a una segunda alternativa de segundo paso, designada 164 en Fig. 3, que tiene una función similar a la segunda alternativa del segundo paso 64 descrita anteriormente en esta memoria con referencia a Fig. 2. Un tercer paso 166, subsiguiente a la respuesta "SÍ" en el paso 162 ó 164, implica una limpieza completa de los filtros de bolsa 12. Como alternativa, la limpieza de los filtros de bolsa 12 podría realizarse de maneras diferentes, dependiendo del resultado del primer paso 160, de una manera similar, es decir, a una eficiencia de limpieza baja o normal, como se describe anteriormente en esta memoria con referencia a Fig. 2 concerniente a los terceros pasos 66 y 68. Después de haber limpiado los filtros de bolsa 12 en el tercer paso 166, la unidad de control 48 vuelve al primer paso 160.

El método descrito con referencia a Fig. 3 podría utilizarse para controlar la limpieza de los filtros de bolsa 12 de la cámara de bolsas 10 como un todo, o para controlar, por separado, la limpieza de las bolsas 12 de cada compartimiento respectivo 14, 16, 18.

En otra realización adicional que no forma parte de la invención, la unidad de control 48 podría utilizar información procedente de ambos analizadores de mercurio primero y segundo 52, 54. Por ejemplo, la unidad de control 48 podría controlar la limpieza de los filtros de bolsa 12 basándose en la señal del primer analizador de mercurio 52, y podría controlar la dosificación de sorbente procedente del silo 30 basándose en un tercer parámetro, que podría estar basado en la señal procedente del segundo analizador de mercurio 54. En dicha realización alternativa que no forma parte de la invención, una concentración alta de mercurio, es decir,  $HGIN > HGMEAN$ , se gestiona, ante todo, retrasando la limpieza de los filtros de bolsa 12, de acuerdo con el método ilustrado anteriormente en esta memoria con referencia a Fig. 2. Si esto no es suficiente, de tal manera que se mide una emisión incrementada de mercurio, HGOUT, por el segundo analizador de mercurio 54, entonces la dosificación de sorbente del silo 30 se incrementa, a fin de aumentar más la capacidad de la cámara de bolsas 10 para eliminar mercurio del gas de chimenea. Por tanto,

la limpieza de los filtros de bolsa 12 se controla basándose en la concentración de mercurio de entrada, HGIN, y la dosificación de sorbente se basa en la concentración de mercurio de salida, HGOUT.

Fig. 4 ilustra un ejemplo esquemático del efecto de la unidad de control 48 que controla la limpieza de la cámara de bolsas 10 de acuerdo con el método descrito anteriormente en esta memoria con referencia a Fig. 2. Por razones de claridad, el ejemplo de Fig. 4 se refiere a la limpieza simultánea de todos los compartimientos 14, 16, 18, que no es necesariamente el mejor modo de realización de la limpieza, como se ha descrito anteriormente en esta memoria. El eje y de la izquierda se refiere a la concentración de mercurio en  $\text{mg}/\text{Nm}^3$  de gas seco, y el eje y de la derecha se refiere a la caída de presión a través de la cámara de bolsas 10, en Pascal. El eje x es una escala de tiempo. Entre los tiempos T0 y T1 ilustrados en Fig. 4, la concentración medida de mercurio en el conducto 8, HGIN, es menor que el punto de ajuste de mercurio, que es la concentración media de mercurio, HGMEAN, tal como se ha medido durante, por ejemplo, los 10 últimos días. Así, durante T0 a T1, se inicia una limpieza total de los filtros de bolsa 12, de acuerdo con la segunda alternativa del tercer paso 68 descrita anteriormente en esta memoria con referencia a Fig. 2, cada vez que la caída de presión DP a lo largo de la cámara de bolsas 10 excede de DPHigh. Sin embargo, en el momento T1 la unidad de control 48 detecta, de acuerdo con el primer paso 60 según Fig. 2, que HGIN excede del punto de ajuste de mercurio HGMEAN. En respuesta a esta observación, la unidad de control 48 retrasa la limpieza de los filtros de bolsa 12, de acuerdo con la primera alternativa del segundo paso 62 ilustrada en Fig. 2, hasta que la caída de presión DP a lo largo de la cámara de bolsas 10 excede de DPHighHigh. Cuando la caída de presión DP excede de DPHighHigh, se realiza una limpieza parcial de los filtros de bolsa 12 de acuerdo con la primera alternativa del tercer paso 66 ilustrada en Fig. 2. Una limpieza parcial de este tipo da como resultado que, como se ilustra en Fig. 4, la caída de presión DP a lo largo de la cámara de bolsas 10 se reduce desde DPHighHigh a aproximadamente DPHigh. Así pues, comenzando en T1, se deja que la torta de polvo aumente de espesor sobre los filtros de bolsa 12, hasta que DP excede de DPHighHigh, y la torta de polvo no se retira totalmente por la limpieza parcial.

Como puede verse por una referencia a Fig. 4, la concentración de mercurio en el conducto de gas limpio 26, es decir, HGOUT, no aumenta después de T1, a pesar de la cantidad incrementada de mercurio en el gas de chimenea aguas arriba de la cámara de bolsas 10. Por tanto, la caída de presión incrementada a lo largo de la cámara de bolsas 10 después del tiempo T1 proporciona una torta de polvo más gruesa, que aumenta la capacidad de eliminación de mercurio.

En el tiempo T2 mostrado en Fig. 4, la unidad de control 48 detecta que HGIN ha disminuido hasta por debajo de HGMEAN. Así, después del tiempo T2, la limpieza de las bolsas 12 se controla de nuevo basándose en la caída de presión DP únicamente, y por tanto la decisión de limpiar o no limpiar los filtros de bolsa 12 se toma en la segunda alternativa del segundo paso 64 ilustrada en Fig. 2.

Se ha descrito anteriormente en esta memoria que el punto de ajuste de mercurio es la concentración media de entrada de mercurio HGMEAN. El valor HGMEAN puede ser un valor fijo, basado en la experiencia, o puede ser una media móvil real a largo plazo, tal como una media mensual de la concentración de mercurio como se mide en el conducto 8. Se apreciará que podrían utilizarse también otros puntos de ajuste de mercurio. Ejemplos de tales puntos de ajuste de mercurio incluyen un valor específico fijo, no relacionado con la media, tal como  $10 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ , o un valor que está relacionado con la concentración media de mercurio de entrada, por ejemplo, un punto de ajuste de mercurio podría ser 120% del valor HGMEAN. Adicionalmente, el punto de ajuste de mercurio podría calcularse continuamente basándose en una ecuación matemática. La base para dicha ecuación matemática podrían ser parámetros como temperatura, flujo de gas de chimenea, flujo de sorbente, etc. La unidad de control 48 podría ser operativa también para optimizar el suministro de sorbente y la caída de presión DP a la cual se inicia la limpieza de los filtros de bolsa 12 de tal manera que se minimicen los costes globales de operación, y la emisión de mercurio se mantenga por debajo del límite de emisión especificado por las autoridades.

Se ha descrito anteriormente en esta memoria con referencia a Figs. 2 y 3, que la limpieza de las superficies filtrantes se retrasa cuando se desea temporalmente una eficiencia incrementada de eliminación de mercurio. Con referencia a Fig. 2 se ha descrito también que la eficiencia de limpieza durante periodos en los que se desea una eficiencia incrementada de eliminación de mercurio puede ser menor, véase el paso 66 que ilustra una limpieza parcial, comparada con periodos en los que no hay deseo alguno de eficiencia incrementada de eliminación de mercurio, véase el paso 68 que ilustra una limpieza total. De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, la eficiencia limpiadora de la limpieza de las superficies filtrantes podría hacerse menor durante periodos en los que se desea una eliminación de mercurio incrementada, sin combinar esto con un retraso de la limpieza. Por tanto, un deseo de una capacidad de eliminación incrementada con respecto a mercurio podría ser gestionado, por ejemplo, como una primera alternativa, que no forma parte de la invención, que se ilustra en Fig. 3, retrasando la limpieza de las superficies filtrantes, o, como una segunda alternativa indicada por los pasos 66 y 68 de Fig. 2, por limpieza de las superficies filtrantes a una intensidad de limpieza menor, o, como una tercera alternativa que se ilustra en Fig. 2, por combinación del retraso de la limpieza de las superficies filtrantes con la limpieza de las superficies filtrantes a una intensidad de limpieza menor. Así pues, la eliminación incrementada de mercurio en momentos de altas concentraciones de mercurio puede conseguirse por retraso de la limpieza de las superficies filtrantes y/o por

limpieza de las superficies filtrantes a una intensidad de limpieza inferior.

Se ha descrito anteriormente en esta memoria que la unidad de control 48 compara un primer parámetro en la forma de la concentración de mercurio medida, como se mide aguas arriba o aguas abajo (que no forma parte de la invención) de la cámara de bolsas 10, con un punto de ajuste de mercurio. La unidad de control 48 puede ser operativa también para predecir la carga de mercurio futura, y para controlar la limpieza de los filtros de bolsa 12 basándose en dicha predicción. Por ejemplo, la unidad de control 48 podría calcular la derivada de la concentración de mercurio de entrada, HGIN de Fig. 4. Basándose en dicha derivada, la unidad de control 48 podría predecir que la concentración de mercurio de entrada está a punto de aumentar rápidamente y actuar de acuerdo con ello, retrasando la limpieza de los filtros de bolsa 12, y posiblemente aumentando también el suministro de sorbente desde el silo 30. En tal caso, el punto de ajuste de mercurio es una tasa de cambio de la concentración de mercurio, con la cual se compara la derivada de la concentración de mercurio medida cuando la unidad de control 48 debe determinar si la limpieza de los filtros de bolsa debe retrasarse o no. Adicionalmente, podría utilizarse también una función más avanzada para obtener un valor de un primer parámetro que es indicativo de la cantidad de mercurio que precisa ser eliminada en el filtro. Dicha función podría calcular un valor de mercurio, para uso como dicho primer parámetro, basado en el valor absoluto de la concentración de mercurio medida y la primera derivada de la concentración de mercurio medida, y la segunda derivada de la concentración de mercurio medida. Una función de este tipo tendría el aspecto general de:

$$\text{Valor de Mercurio} = F( \text{HGIN}(t), d1(\text{HGIN}(t)), d2(\text{HGIN}(t)) ) \quad [\text{eq. 1.1}]$$

El valor de mercurio calculado por medio de la función anterior, eq. 1.1, podría compararse con un punto de ajuste de mercurio correspondiente. De acuerdo con una alternativa adicional, podría obtenerse una función que tenga en cuenta también la concentración de mercurio medida en el gas de proceso depurado, es decir, en el conducto de gas limpio 26, y la derivada de dicha concentración de mercurio. Una función de este tipo tendría el aspecto general de:

$$\text{Valor de Mercurio} = F( \text{HGIN}(t), \text{HGOUT}(t), d(\text{HGIN}(t)), d(\text{HGOUT}(t)) ) \quad [\text{eq. 1.2}]$$

Dicha función tendría en cuenta por tanto ambas concentraciones de mercurio de entrada y de salida, y la tasa de cambios en tales concentraciones. El valor de mercurio calculado por medio de la función anterior, eq. 1.2, podría utilizarse como dicho primer parámetro y compararse con un punto de ajuste de mercurio correspondiente. Así pues, existen varias maneras de obtener un primer parámetro que es indicativo de la cantidad de mercurio que precisa ser eliminada en el filtro. En su aplicación más sencilla, la concentración de mercurio se mide aguas arriba o aguas abajo (que no forma parte de la invención) del filtro y se compara, en forma de un primer parámetro, con un punto fijo de ajuste de mercurio. En aplicaciones más avanzadas, la concentración de mercurio se mide tanto aguas arriba como aguas abajo (que no forma parte de la invención) del filtro y se calcula un primer parámetro en forma de un valor de mercurio basándose en una función compleja, tal como la de eq. 1.2, y se compara con un punto de ajuste de mercurio que podría calcularse en sí mismo basándose en otra función compleja. Una ecuación muy sencilla para calcular un primer parámetro en la forma de un valor de mercurio se da en eq. 1.3:

$$\text{Valor de Mercurio} = \text{HGIN} + \text{HGOUT} \cdot \text{constante K} \quad [\text{eq. 1.3}]$$

La constante K de eq. 1.3 podría ser típicamente 5-15. Un primer parámetro calculado de acuerdo con eq. 1.3 podría compararse con un punto de ajuste de mercurio que sea la concentración media de mercurio de entrada multiplicada por un factor 2. Por tanto, cuando el primer parámetro, calculado de acuerdo con eq. 1.3, es mayor que  $\text{HGMEAN} \cdot 2$ , entonces la limpieza de los filtros de bolsa 12 debería retrasarse, y/o hacerse a una intensidad de limpieza menor.

Con referencia a Fig. 4, se ha descrito que la caída de presión DP a lo largo de la cámara de bolsas 10 se mide, y se utiliza para controlar el momento en que deberían limpiarse los filtros de bolsa 12. Se apreciará que pueden medirse también otros parámetros con el propósito de establecer cuándo se requiere la limpieza de las bolsas 12. Un ejemplo de este tipo es la resistencia al flujo de los filtros en Pa s/m, que puede calcularse a partir de la ratio de la señal para la caída de presión medida del filtro y la señal para el flujo de gas medido. De acuerdo con una alternativa adicional, podrían utilizarse temporizadores simples para controlar el momento en que debería iniciarse la limpieza de los filtros de bolsa 12, con tal que las condiciones operativas de la cámara de bolsas 10 sean muy estables en lo que respecta al flujo de gas de proceso, y la cantidad de material recogida por unidad de tiempo. Así, por ejemplo, cuando la cantidad de mercurio es baja, las bolsas podían limpiarse cada 30 minutos. Cuando la cantidad de mercurio aumenta por encima del punto de ajuste de mercurio, la limpieza de las bolsas podría hacerse sólo cada 45 minutos, a fin de aumentar la eficiencia de eliminación de mercurio de la cámara de bolsas 10 por formación de tortas de polvo más gruesas.

Se ha descrito anteriormente en esta memoria que el filtro es una cámara de bolsas 10. Se apreciará que pueden

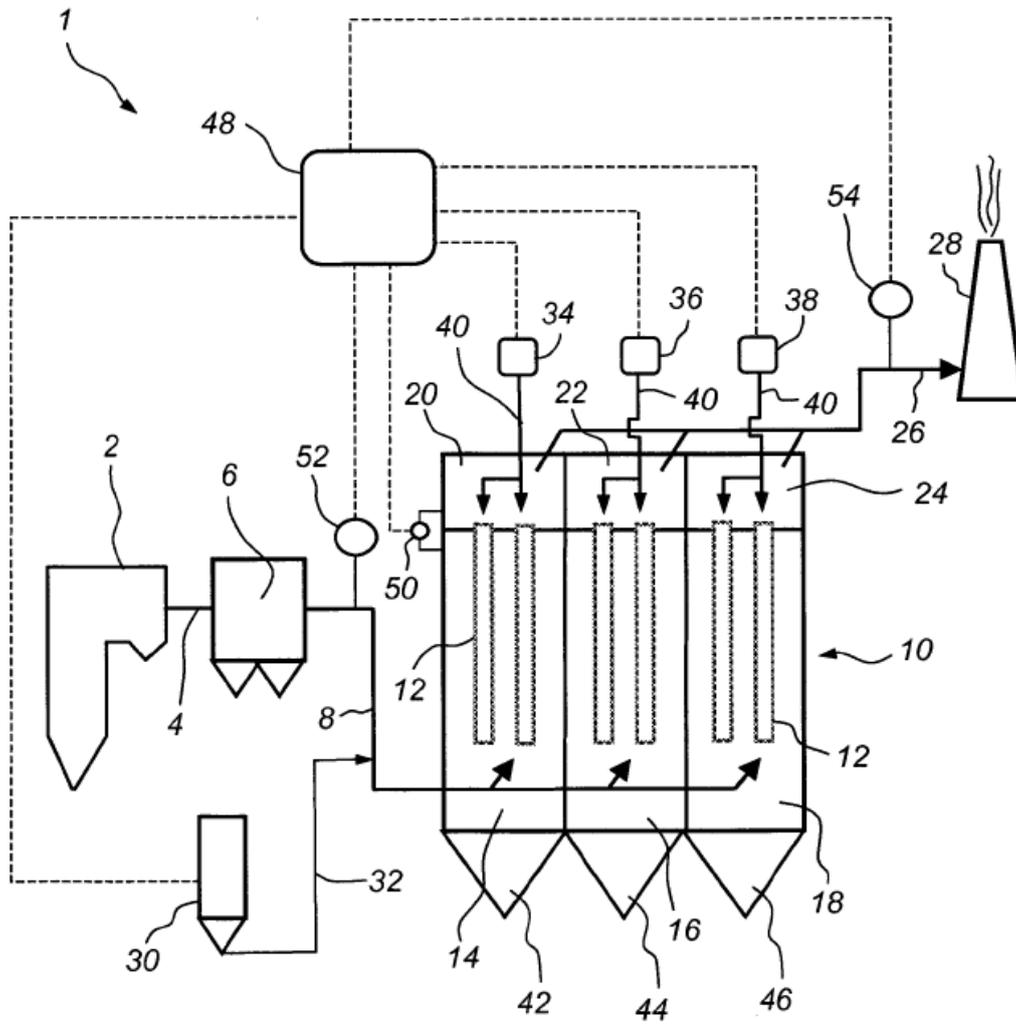
- utilizarse también otros tipos de filtros de tela, que no tengan filtros de bolsa. Por ejemplo, tales filtros de tela podrían tener bolsas de tela o paredes planas de tela, a través de las cuales tiene que pasar el gas de proceso. Todavía adicionalmente, sería posible también utilizar otros tipos de filtros, tales como precipitadores electrostáticos, tales como el descrito anteriormente en esta memoria con referencia a US 4.502.872, o ciclones. Usualmente, sin embargo, se prefieren filtros de tela, dado que una torta de polvo, a través de la cual tiene que pasar el gas de proceso, se acumula fácilmente sobre un filtro de este tipo. Como se ha descrito anteriormente en esta memoria, la influencia del espesor de la torta de polvo, por retraso de la limpieza de la superficie filtrante y/o por realización de la limpieza a una intensidad de limpieza inferior, cuando es necesario teniendo en cuenta la cantidad de mercurio que precisa ser eliminada en el filtro, tiene un gran efecto sobre la capacidad de eliminación de mercurio del filtro.
- 5
- 10 Resumiendo, un método de eliminación de mercurio de un gas de proceso por medio de un sorbente y un filtro 10 implica aplicar dicho sorbente a al menos una superficie filtrante 12 del filtro 10. Se miden un primer parámetro HGIN; HGOUT, que es indicativo de la cantidad de mercurio que es necesario eliminar en dicho filtro 10, y un segundo parámetro DP, que es indicativo de la cantidad de material que se ha recogido sobre dicha superficie filtrante 12. El valor medido de dicho primer parámetro HGIN; HGOUT se compara con un punto de ajuste de mercurio HGMEAN. Cuando dicho valor medido de dicho primer parámetro HGIN; HGOUT es mayor que dicho punto de ajuste de mercurio HGMEAN, la limpieza de dicha superficie filtrante 12 se retrasa, en comparación con el momento sugerido por el valor medido de dicho segundo parámetro DP, y/o se realiza a una intensidad de limpieza menor.
- 15

## REIVINDICACIONES

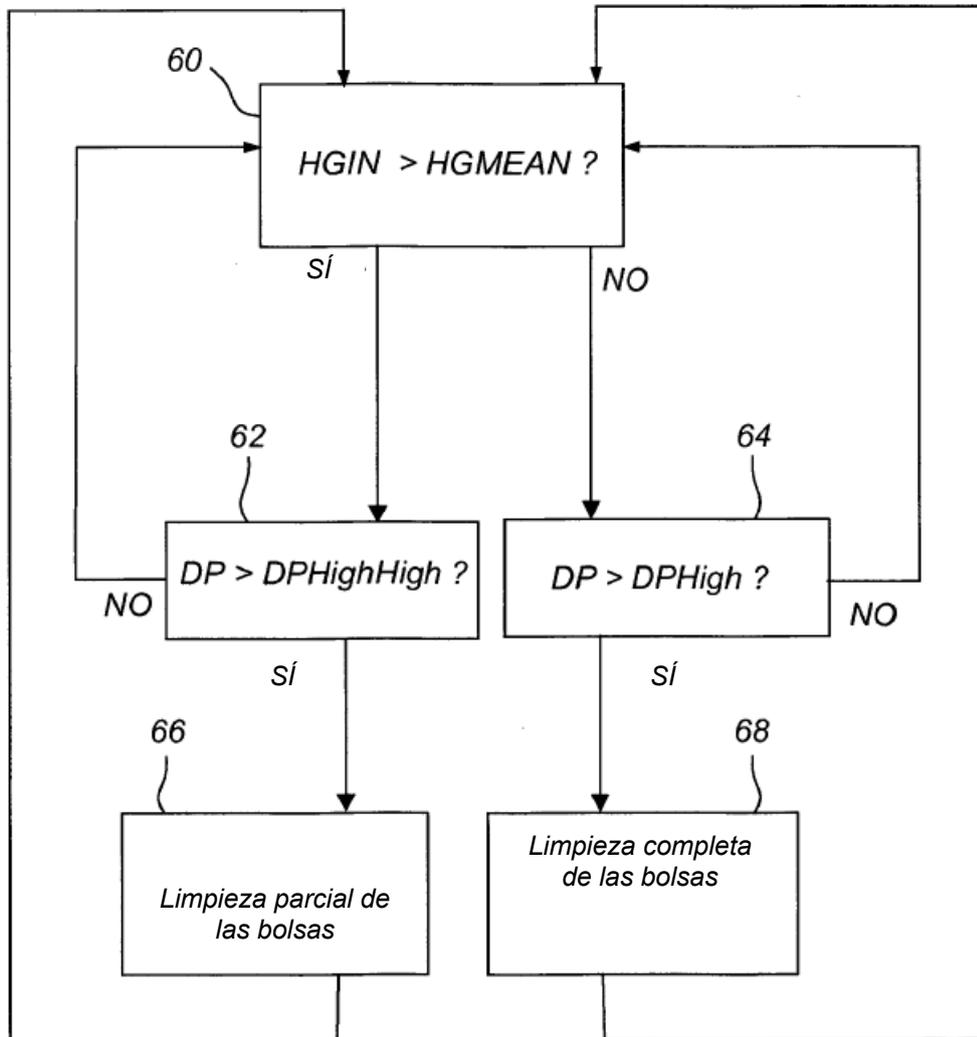
1. Un método de eliminación, al menos parcial, de mercurio de un gas de proceso por medio de un sorbente que absorbe el mercurio, y un filtro (10) que tiene al menos una superficie filtrante (12), comprendiendo el método:
- 5 aplicar dicho sorbente a dicha al menos una superficie filtrante (12) mezclándolo con el gas de proceso aguas arriba del filtro (10),
- medir aguas arriba del filtro (10) al menos un primer parámetro (HGIN), que es indicativo de la cantidad de mercurio que es necesario eliminar en dicho filtro (10),
- 10 medir al menos un segundo parámetro (DP), que es indicativo de la cantidad de material que se ha recogido sobre dicha superficie filtrante (12) y que se utiliza para determinar en qué momento debería limpiarse la superficie filtrante (12),
- comparar un valor medido de dicho primer parámetro (HGIN) con un punto de ajuste de mercurio (HGMEAN), y
- 15 limpiar dicha superficie filtrante (12) a una primera intensidad de limpieza (66), cuando dicho valor medido de dicho primer parámetro (HGIN) está indicando una cantidad de mercurio que es mayor que la cantidad de mercurio indicada por dicho punto de ajuste de mercurio (HGMEAN) y al mismo tiempo dicho valor medido de dicho segundo parámetro (DP) es indicativo de una caída de presión (DP) que es mayor que una caída de presión indicada por un segundo punto de ajuste de caída de presión (DPHighHigh), y a una segunda intensidad de limpieza (68), que es mayor en eficiencia limpiadora que dicha primera intensidad de limpieza (66), cuando dicho valor medido de dicho primer parámetro (HGIN) está indicando una cantidad de mercurio que es igual a, o menor que, la cantidad de mercurio indicada por dicho punto de ajuste de mercurio (HGMEAN) y al mismo tiempo dicho valor medido de dicho segundo parámetro (DP) es indicativo de una caída de presión (DP) que es mayor que una caída de presión indicada por una primer punto de ajuste de caída de presión (DPHigh), en donde el segundo punto de ajuste de caída de presión (DPHighHigh) es mayor que el primer punto de ajuste de caída de presión (DPHigh) y no se realiza ninguna limpieza si las condiciones anteriores no se cumplen.
- 20
- 25 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho punto de ajuste de mercurio (HGMEAN) está relacionado con la concentración de mercurio en el gas de proceso aguas arriba del filtro (10), estando dicho primer parámetro (HGIN) relacionado con la concentración de mercurio en el gas de proceso aguas arriba del filtro (10).
3. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde dicho filtro es un filtro de tela (10), en el cual el gas de proceso se hace pasar a través de una superficie filtrante (12) en forma de una tela.
- 30 4. Un sistema de depuración de gases, que es operativo para eliminar, al menos parcialmente, mercurio de un gas de proceso, que comprende un sistema de suministro de sorbente (30; 32) que es operativo para suministrar un sorbente de absorción de mercurio a dicho gas de proceso aguas arriba de la superficie filtrante (12) de un filtro (10) que tiene al menos una superficie filtrante (12) y que es operativo para recoger dicho sorbente en donde,
- 35 dicho sistema de depuración de gases (10, 30, 32) comprende una unidad de control (48) que es operativa para controlar a qué intensidad se debe limpiar dicha superficie filtrante (12) del material que se ha recogido sobre ella, dicha unidad de control (48) es operativa adicionalmente para recibir una primera señal concerniente a una medida de al menos un primer parámetro (HGIN), que es indicativo de la cantidad de mercurio que precisa ser eliminada en dicho filtro (10), y una segunda señal concerniente a una medida de al menos un segundo parámetro (DP), que es indicativo de la cantidad de material que se ha recogido sobre dicha superficie filtrante (12) y que se utiliza para determinar el momento en que la superficie filtrante (12) debe ser limpiada, siendo operativa adicionalmente la unidad de control (48) para comparar un valor medido de dicho primer parámetro (HGIN) con un punto de ajuste de mercurio (HGMEAN), y para limpiar dicha superficie filtrante (12) a una primera intensidad de limpieza (66), cuando dicho valor medido de dicho primer parámetro (HGIN) está indicando una cantidad de mercurio que es mayor que la cantidad de mercurio indicada por dicho punto de ajuste de mercurio (HGMEAN) y al mismo tiempo dicho valor medido de dicho segundo parámetro (DP) es indicativo de una caída de presión (DP) que es mayor que una caída de presión indicada por un segundo punto de ajuste de caída de presión (DPHighHigh), y a una segunda intensidad de limpieza (68), que es mayor en eficiencia limpiadora que dicha primera intensidad de limpieza (66), cuando dicho valor medido de dicho primer parámetro (HGIN) está indicando una cantidad de mercurio que es igual a, o menor que, la cantidad de mercurio indicada por dicho punto de ajuste de mercurio (HGMEAN) y al mismo tiempo dicho valor medido de dicho segundo parámetro (DP) es indicativo de una caída de presión (DP) que es mayor que una caída de presión indicada por un primer punto de ajuste de caída de presión (DPHigh), en donde el segundo punto de ajuste de caída de presión (DPHighHigh) es mayor que el primer punto de ajuste de caída de presión (DPHigh) y en donde la unidad de control (48) es operativa para no realizar ninguna limpieza si no se cumplen las condiciones anteriores.
- 40
- 45
- 50

5. Un sistema de depuración de gases de acuerdo con la reivindicación 4, en donde dicho punto de ajuste de mercurio (HGMEAN) está relacionado con la concentración de mercurio en el gas de proceso aguas arriba del filtro (10), un primer analizador de mercurio (52) operativo para medir la concentración de mercurio en el gas de proceso aguas arriba del filtro (10), estando relacionada dicha concentración con dicho primer parámetro (HGIN).

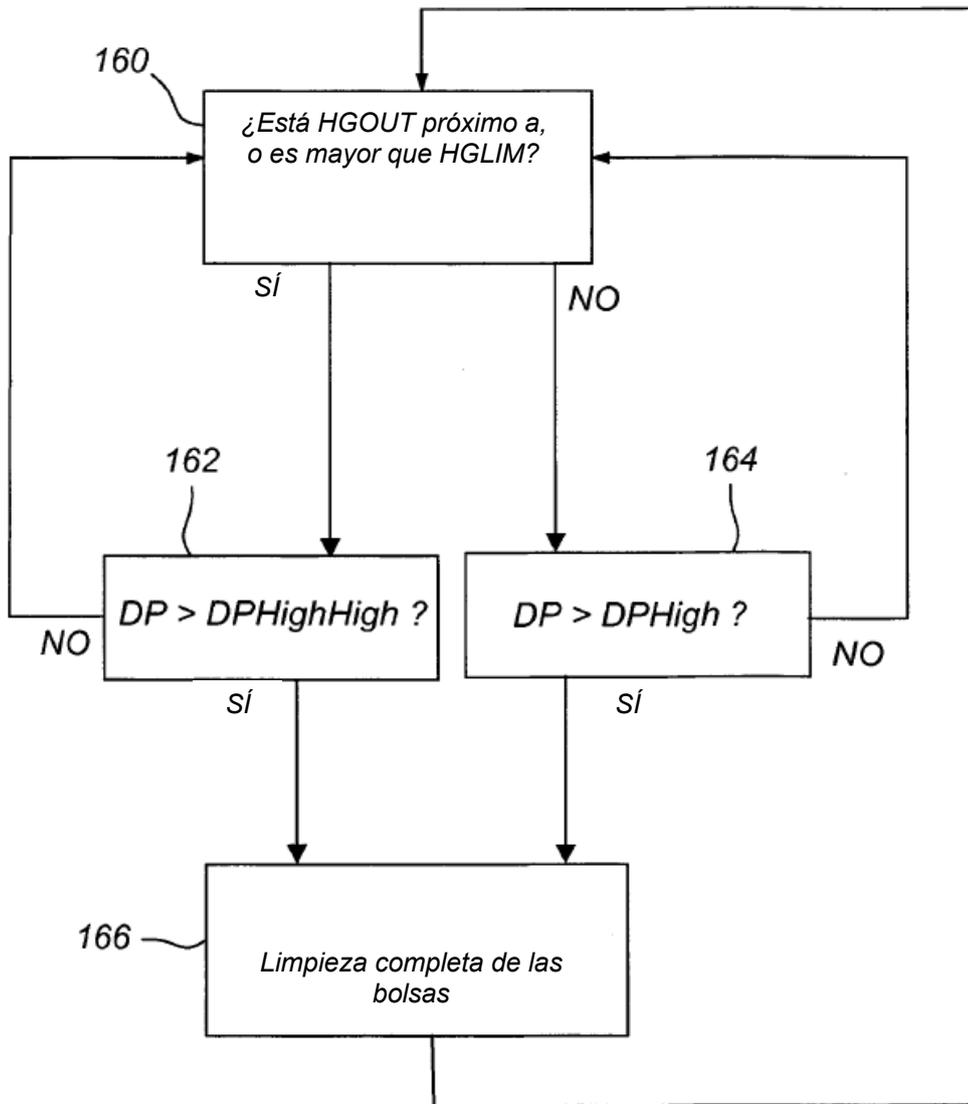
5



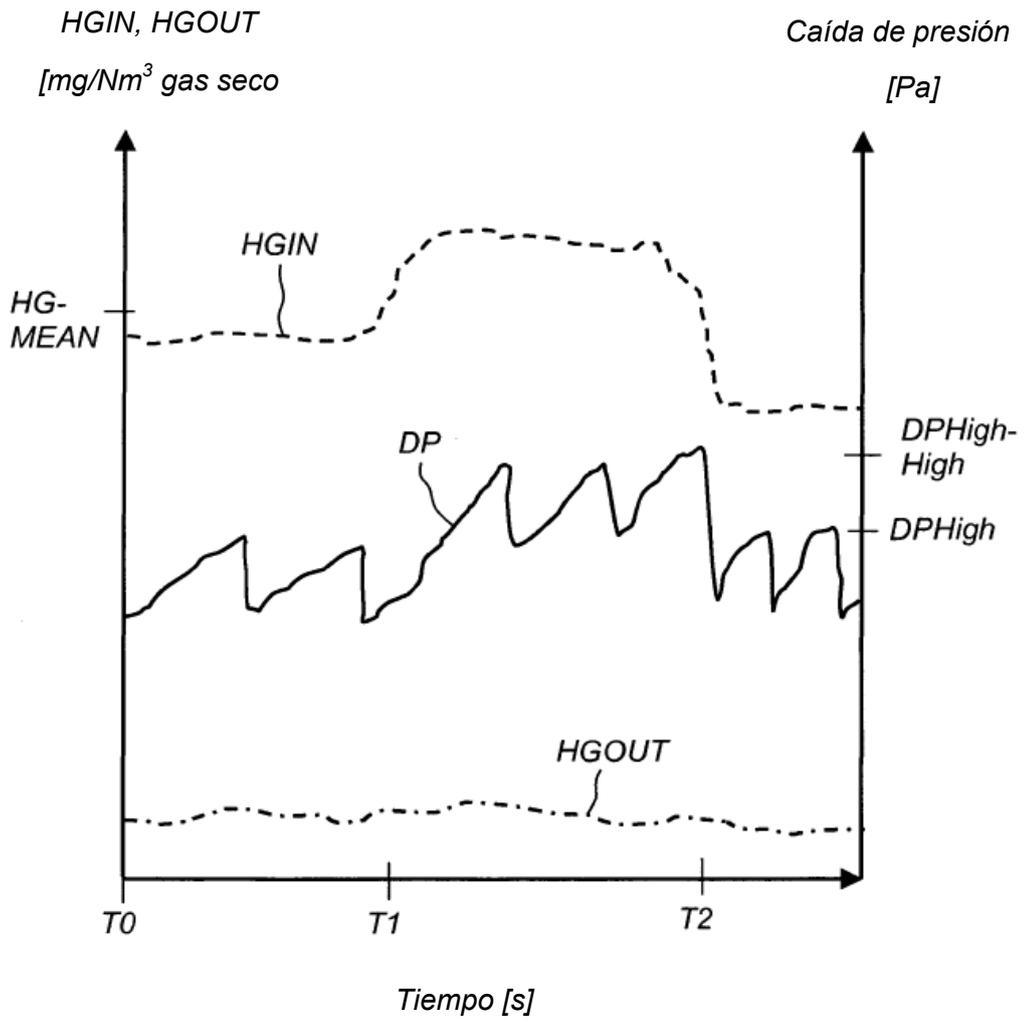
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3.**



**Fig. 4**