

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 414 256**

51 Int. Cl.:

B01D 53/04 (2006.01)

F02M 21/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2008** **E 08701871 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2013** **EP 2244806**

54 Título: **Limpieza de combustible para motores alimentados por gas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.07.2013

73 Titular/es:

PPTEK LIMITED (100.0%)
Orchard Business Park, North End Road, Yapton
West Sussex BN18 0GA , GB

72 Inventor/es:

HAYWARD, JOHN

74 Agente/Representante:

PÉREZ BARQUÍN, Eliana

ES 2 414 256 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

Limpieza de combustible para motores alimentados por gas

- 5 La presente invención se refiere a limpieza de combustible para motores alimentados por gas, por ejemplo motores alternativos de combustión interna y motores de turbina de gas.

10 Estos dos tipos de motor adolecen de un deterioro en el rendimiento y corrosión de sus piezas internas si el combustible gaseoso que se les suministra contiene impurezas. Esto sucede, especialmente, cuando el combustible es, o contiene como componente principal, metano. Dichos combustibles son producidos, por ejemplo, por la descomposición de material de desecho en vertederos, la descomposición de aguas residuales en plantas de tratamiento de aguas o la descomposición de estiércol o de una de las diversas tecnologías de biogás que se están desarrollando. El uso de dichos combustibles da lugar generalmente a una acumulación de depósitos o matrices de carbono, sílice y otros contaminantes en el interior del motor, lo que compromete la eficacia del motor y la producción del motor puede deteriorarse rápidamente hasta el punto de que, con el fin de mantener una producción aceptable, el motor debe desmontarse y procederse a la limpieza o sustitución de las piezas contaminadas, lo que consume tiempo y resulta costoso, especialmente si la sustitución es necesaria debido a la magnitud de la corrosión o la erosión de los componentes del motor por contaminantes químicos derivados de la fuente de combustible.

20 Por ejemplo, con un motor usado para accionar un generador para generar electricidad, la potencia de generación puede reducirse hasta el 10% normalmente desde 1 MW a 900 kW en un periodo de unos meses. La limpieza del gas de entrada puede eliminar estas pérdidas y permitir que el motor funcione a plena potencia durante un periodo de tiempo extenso.

25 Aunque a menudo la acumulación de contaminantes es bastante lenta, en ciertos lugares en los que los niveles de siloxanos son elevados, y en los que, en consecuencia, el biogás obtenido de dichos lugares contiene, entre otros contaminantes, una diversidad de metilsiloxanos volátiles, pueden acumularse rápidamente niveles importantes de depósitos. El gas generado a partir de vertederos o aguas residuales también contiene normalmente compuestos orgánicos volátiles, especialmente cloruros y fluoruros que, junto con los silicatos y los carbonos, tienden a formar matrices con contaminantes atmosféricos y corroen las piezas del motor en periodos de tiempo breves. Además la presencia de diversos compuestos que contienen azufre y cloro como, por ejemplo, sulfuro de hidrógeno, conduce a la formación de derivados ácidos no deseados que pueden provocar una grave corrosión en el motor, especialmente cuando las piezas del motor están en contacto con aceite lubricante.

35 Se ha venido observando desde hace algún tiempo que si pudieran eliminarse los contaminantes de la carga de alimentación de gas combustible, puede evitarse la formación de dichas matrices y depósitos ácidos y así eliminarse la corrosión de las piezas del motor debida a estas fuentes. Hasta ahora, esto se ha conseguido haciendo pasar el gas bien a través de un filtro de carbono activado, por ejemplo, según se describe en los documentos US-A-5.451.249 y US-A-5.899.187 o bien a través de un líquido compuesto, normalmente de base acuosa, por ejemplo, según se describe en los documentos US-A-5.059.405 y WO 95/34372. Los filtros de carbono conocidos son razonablemente eficaces pero su coste es tal que los periodos de amortización para el coste de instalación inicial y la posterior sustitución regular del carbono son largos, lo que hace el uso de dichos sistemas viable únicamente cuando existen problemas graves. El uso de sistemas de líquidos compuestos es bastante común, pero la cantidad de contaminación eliminada por dichos sistemas es muy limitada y se consideran bastante ineficaces.

45 El documento DE-A-19918946 desvela una configuración de un adsorbente y un dispositivo de deshumidificación por delante del motor, y hace referencia al documento EP-A-0818617, que usa carbón activo como adsorbente. También se desvelan la alúmina y la zeolita como posibles adsorbentes. El documento DE-A-3536158 desvela el uso de ciertos minerales arcillosos, sobre todo bentonita y montmorillonita, para limpiar los gases de desecho, mientras que el documento DE-A-4220950 desvela el uso de bentonita o wollastonita para limpiar gases de combustibles fósiles.

50 El documento US-A-2006/000352 desvela la eliminación de siloxanos de una corriente de gas usando medios de adsorción de base mineral.

55 El documento US-A-2004/237488 desvela una unidad de filtro para filtrar compuestos de azufre como mercaptanos de las corrientes de gas combustible, usando medios de filtrado de partículas como carbono, alúmina, resinas de intercambio iónico, zeolitas, desgasificadores y arcillas.

60 Los autores de la invención han encontrado ahora que la filtración eficaz de gases de carga de alimentación que contienen impurezas usados para motores de combustión de combustible puede conseguirse de forma sencilla y de una manera bastante más rentable económicamente mediante el uso de un filtro entre el suministro de gas y el motor en sí en el que el filtro contiene una resina de intercambio iónico a base de estireno-divinilbenceno, especialmente una que muestre una alta afinidad por compuestos de siloxano.

65 Las resinas de intercambio iónico son productos estándar bien conocidos disponibles en una amplia variedad de

tipos. En general consisten en una resina sintética que contiene grupos activos (normalmente grupos sulfónicos, carboxílicos, fenólicos o amino sustituidos) que proporcionan a la resina la propiedad de combinarse con o de intercambiar iones entre la resina y una solución. Se usan ampliamente para ablandar el agua y para eliminar contaminantes no deseados, por ejemplo, para eliminar el hierro del vino. También pueden usarse para recuperar materiales valiosos de corrientes de residuos líquidos. Se usan también para recuperación del material de corrientes de gases, por ejemplo, nicotina del gas de escape de los secaderos de tabaco, polonio del humo del tabaco (incorporado en el extremo del filtro), y para la eliminación de impurezas del aire para su uso en ambientes "limpios" como en la industria de fabricación de semiconductores o en la industria biotecnológica, véanse, por ejemplo, los documentos JP-A-1008061 y JP-A-8025434, y para limpieza de gases de escape (véase, por ejemplo, el documento JP-A-2002/282642).

Claramente para la filtración de gases, el gas debe hacerse pasar a través de alguna forma de estructura de filtro en la cual entra en contacto con la resina. El tipo de estructura puede variar ampliamente, si bien se prefieren las configuraciones sencillas dado que suelen ser económicas y fáciles de mantener. Por ejemplo, una estructura de filtro para su uso en la presente invención puede consistir simplemente en un recipiente que contiene gránulos de la resina a través de los cuales se hace pasar la corriente de gas combustible contaminado de entrada, colocado entre el motor y el suministro de gas de entrada. Cuando el gas pasa a través de la resina, los contaminantes del gas son eliminados en gran parte o en su totalidad, con lo que queda un gas más puro para alimentar el motor. Dicha estructura de filtro elimina también contaminantes líquidos de la carga de alimentación de gas contaminado y deja así más material combustible para alimentar el motor. Lo más conveniente es que el filtro se presente en forma de un cartucho reemplazable.

La resina en dicha estructura de filtro está preferentemente en la forma de gránulos y no de polvo, ya que el uso de polvo suele proporcionar un filtro a través del cual el gas combustible sólo puede pasar con una disminución de presión inaceptable, al menos para un filtro de tamaño razonable. El flujo de gas combustible puede ser sustancial para aplicaciones de combustión de gases de desecho, por ejemplo, 700 m³ por hora para un solo motor, proporcionalmente más si el gas suministrado a varios motores se hace pasar a través de un filtro de limpieza común.

Después de un cierto periodo, cuya duración depende de los niveles de contaminantes, normalmente de un día a un mes, el filtro, por ejemplo, un cartucho que contiene la resina se saturará y será necesario cambiarlo por otro nuevo. Esto puede hacerse, por ejemplo, simplemente desenroscando un cartucho antiguo del conducto de gas combustible e introduciendo un cartucho nuevo. El cartucho se ajusta normalmente en un conducto de derivación o bien se disponen dos filtros en paralelo de manera que el gas pueda redireccionarse durante la sustitución del cartucho sin que deba apagarse el motor.

Preferentemente la construcción del cartucho o recipiente similar será tal que permita que la resina sea eliminada y desechada de manera que a continuación sea posible rellenar el recipiente con resina nueva no contaminada. De forma alternativa y preferente, el cartucho puede regenerarse si la naturaleza de la resina y los contaminantes es la apropiada. Por ejemplo, si los contaminantes son siloxanos, la resina puede revitalizarse una vez saturada simplemente calentándola hasta vaporizar los siloxanos, normalmente a una temperatura aproximada de 120°C o ligeramente superior. Esto puede conseguirse incluso si la temperatura es inferior al punto de ebullición real del siloxano en cuestión, como sucede a menudo. Así, cinco siloxanos importantes que se encuentran a menudo como contaminantes en gases de vertedero, que son hexametildisiloxano, hexametilciclotrisiloxano, decametilciclopentasiloxano, octametilciclotetrasiloxano y dodecametilpentasiloxano, tienen puntos de ebullición de 134, 210, 176 y 245°C respectivamente, pero todos ellos pueden ser eliminados de una resina a 120°C aproximadamente ya que, a esta temperatura, son adsorbidos de forma relativamente baja. El calentamiento para realizar dicha regeneración puede tener lugar, si se desea, con el filtro *in situ*, usando el calor del propio motor alimentado por gas, o su gas de escape o aire del calefactor, o incorporando un sistema de calentamiento por microondas o RF en la estructura del recipiente que contiene la resina o bombeando aire caliente a través de tubos integrados en los medios.

La forma en que el filtro puede diseñarse y hacerse funcionar variará también con el tamaño y el tipo de instalación del motor de combustión corriente arriba de la cual debe instalarse. Por ejemplo, si la unidad está diseñada para filtrar el gas metano de entrada para un motor o una multiplicidad de motores de entre 900 kW y 6 MW, puede construirse como un sistema automatizado que incluye dos cámaras de filtro, cada una de las cuales se cambia automáticamente para ser el filtro de trabajo después de cada periodo de filtro predeterminado, normalmente entre cada tres y cuarenta y ocho horas. En los modelos más grandes pueden usarse entre una y dieciséis casetes de filtro dependiendo de la velocidad de flujo de gas y la cantidad de contaminantes detectados en el gas. En estos sistemas más grandes, puede ejecutarse automáticamente un programa de regeneración en un tiempo predeterminado y procederse a incinerar el aire de desorción resultante bien por destrucción térmica de llama directa o eléctrica o bien por medios que forman parte de la unidad del filtro, o situados en las proximidades.

En sistemas más pequeños diseñados para su uso corriente arriba de motores de entre 50 kW y 500 kW, en general es adecuada una cámara monofiltro, normalmente con de una a tres casetes de filtro, con el gas, durante la regeneración, reencaminado hacia el motor a través de un sistema de derivación. El método de regeneración puede

efectuarse en dichos casos bien llevando hasta el lugar una unidad de regeneración móvil y fijándola manualmente al filtro, o bien llevando la casete de filtro a una unidad de regeneración construida al efecto y situada en un edificio adecuado. En el caso de un sistema de regeneración móvil *in situ*, una vez que se ha activado el conducto de derivación, a continuación tiene lugar la recuperación haciendo pasar aire caliente en los medios del filtro, de
5 manera que el aire desadsorbido resultante es incinerado a continuación, por ejemplo, en un sistema de regeneración móvil o en las proximidades.

Si se retira la casete para regeneración en el exterior, puede devolverse a una planta en la que se dispone de un sistema de regeneración fijo y en la que la casete se coloca en el sistema de regeneración y se hace pasar aire caliente sobre los medios de filtro hasta que los medios son desadsorbidos. A continuación se incinera el aire resultante en una cámara de oxidación térmica, o mediante combustión en una pequeña antorcha. En determinadas circunstancias, los medios pueden ser desadsorbidos mediante lavado usando un disolvente, por ejemplo, un alcano, como hexano, o un alcohol, como etanol, para eliminar los contaminantes adsorbidos. En una planta típica de regeneración de filtro exterior, esto puede realizarse instalando un sistema de pulverización por encima de un
10 soporte para las casetes de filtro y pulverizando el material desadsorbente sobre los gránulos durante entre diez y treinta minutos. Se recoge la solución y a continuación pueden separarse otros contaminantes de los siloxanos y el desadsorbente por destilación.

En las instalaciones en que se instala un filtro que contiene los gránulos de resina en una única cámara, el filtro debería construirse de manera que permita la regeneración de los medios mientras el gas se dirige al motor por un tubo de derivación. Los medios del filtro se regeneran haciendo pasar una corriente de aire caliente, por ejemplo, a entre 80 y 260°C sobre los medios durante entre 30 y 240 minutos. Así se liberan las moléculas contaminantes de su estado adsorbido y a continuación es posible incinerar el aire desadsorbido resultante que contiene los contaminantes en una pequeña antorcha o una cámara de oxidación térmica que forma parte de la instalación del
20 filtro o que está instalada en un sistema de regeneración móvil.

En instalaciones más grandes, se prefiere proporcionar dos cámaras de filtro, efectuándose el método de regeneración automáticamente después de cada periodo de filtración, normalmente cada veinticuatro horas. Puede programarse un controlador automatizado para activar el método de regeneración en un tiempo predeterminado o cuando el lecho del filtro se ha saturado parcialmente. En el tiempo deseado, el controlador cambiará el filtrado desde la cámara de filtro activa anteriormente a la segunda cámara de filtro que habrá sido regenerada previamente. A continuación, el controlador activará un calentador y un ventilador para hacer pasar aire caliente sobre los medios de filtro en la cámara de filtro que va a someterse a desorción preferentemente a una velocidad de flujo de 100 a 500 m³/hora, para elevar la temperatura de los medios a un nivel predeterminado, por ejemplo, de 80 a 260°C. El aire caliente puede hacerse pasar a través de los medios para regenerarlo durante entre 30 minutos y cinco horas, de manera que la duración de tiempo depende del tipo de contaminación adsorbida por los medios de filtro y del nivel de desorción requerido. El aire resultante que contiene los contaminantes desadsorbidos, normalmente compuestos orgánicos volátiles, que incluyen metilsiloxanos volátiles, puede ser incinerado a continuación en una pequeña antorcha o una cámara de oxidación térmica, calentando el aire a temperaturas de 700 a 1.200°C durante 0,1 a 2 segundos, de manera que se asegure la destrucción completa de cualquier sustancia, especialmente de compuestos orgánicos volátiles que podrían ser potencialmente perjudiciales para la vida o para el ambiente.
30
35
40

Un método de regeneración alternativo altamente eficaz para los medios que evita el ciclado térmico y las consiguientes tensiones mecánicas que aparecen en las técnicas de regeneración con aire caliente consiste en desadsorber los contaminantes sometiendo los medios a presión reducida y radiación de microondas. Esto puede eliminar incluso los compuestos orgánicos volátiles de alto punto de ebullición que tienen tendencia a acumularse con otros tipos de desorción. Usando magnetrones con una producción de 50 a 5.000 vatios y 10-20 amperios a una frecuencia de 2.250 a 2.650 MHz y reduciendo la presión desde el valor atmosférico en al menos 50 mb, y preferentemente en 250 mb o más, puede conseguirse una desorción completa para devolver los medios de filtro a un nuevo estado. Los medios usados en la presente invención no son calentados por la irradiación de microondas, que actúa exclusivamente para calentar los contaminantes, y, en consecuencia, el ciclado térmico o la expansión/contracción de los medios son escasos o inexistentes, con lo que se prolonga la vida útil. Una combinación de microondas y vacío permite que la temperatura de desorción teórica se eleve a más de 200°C cuando la temperatura real es inferior a 100°C, conservando así la integridad de los medios en periodos de tiempo mucho más prolongados y facilitando que los compuestos orgánicos volátiles de alto punto de ebullición sean desadsorbidos con éxito. Este enfoque reduce también el consumo de potencia del sistema durante la desorción, por ejemplo, de 34 kWh durante 2-3 horas a menos de 10 kWh durante 15 minutos a 2 horas, reduciendo así sustancialmente los gastos de explotación.
45
50
55

En las configuraciones sencilla y dual de cámaras de filtro, el programa de desorción es realizado preferentemente con un flujo de aire inverso a través de la o las cámaras de filtro. Al invertir el flujo de aire para el método de desorción, los contaminantes adsorbidos en la parte delantera del lecho del filtro son liberados sin la posibilidad de ser readsorbidos por otros gránulos de filtro dentro del mismo lecho o de otros, lo que podría suceder si el flujo de desorción discurriera en la misma dirección que el flujo del gas.
60
65

Un diseño de cámara de filtro preferido consiste en una cubierta adaptada para recibir una serie de casetes rellenas

con medios colocados en una configuración vertical u horizontal de manera que se proporcione una capacidad de adsorción suficiente para adsorber las moléculas de siloxano de entrada durante un mínimo de una y hasta veinticuatro horas, es decir, entre periodos de regeneración. Un programa opcional consiste en que los filtros puedan ser controlados para su cambio y regeneración con más frecuencia nominalmente después del funcionamiento durante entre una y veinte horas; este programa podría decidirse debido al requisito de extender la regeneración durante un periodo más prolongado por motivos ambientales, en lugar de regenerar 24 horas de contaminantes de una sola vez, de manera que el nivel de liberación a la atmósfera del aire regenerado después de la incineración podría estar entre el 4% y el 50% de la liberación a la atmósfera después de regeneración cada 24 horas. Las casetes están dispuestas preferentemente de manera que se experimente una disminución de presión mínima en el gas conforme circula a través del filtro, preferentemente entre 5 y 25 milibares con independencia del número de casetes horizontales dispuestas dentro de la o las cámaras de filtro. El flujo de gas en el interior de la cámara de filtro está controlado preferentemente por una o más placas deflectoras internas que liberan el gas para que entre en el lecho filtrante sólo a través de un punto o puntos de entrada en particular, para pasar a continuación a través de las casetes de filtro y emerger sólo desde punto o puntos de salida correspondientes después de haber recorrido todas las casetes de filtro.

El uso de casetes de filtro individuales colocadas en una cámara de filtro permite que cada una de ellas procese una cantidad similar de gas, proporcionando así un área superficial de filtro grande en un espacio relativamente pequeño. Además, al dirigir el gas para que pase sólo a través de la casete se facilita el mantenimiento en valores mínimos de la disminución de presión en el filtro mientras se ofrece la máxima cantidad posible de área de lecho filtrante para adsorber los contaminantes y se permite un calentamiento suficiente durante el método de desorción.

Preferentemente, por delante de cualquier medio filtrante se instala un elemento coalescente de la humedad, por ejemplo, una fina tela metálica de acero inoxidable. Así se elimina parte de la humedad del gas antes de que llegue a la casete del filtro. La humedad eliminada por el elemento coalescente puede ser purgada desde una cámara de filtro a través de puntos de purga de condensado situados en la parte inferior de la cámara.

El dibujo adjunto muestra en forma esquemática una cámara de filtro adecuada. En referencia al dibujo, una cámara 1 se ajusta sobre cuatro soportes 2 en la base de una planta 3 como, por ejemplo, una losa de hormigón. La cámara 1 consiste en una cubierta de acero inoxidable de sección rectangular que tiene en cada extremo una embocadura piramidal que termina en un orificio con una brida de unión 4, 5. Extendiéndose por todo el espacio interior de la cubierta en el extremo corriente arriba hay una unidad de condensador 6, por ejemplo, una tela metálica fina de acero inoxidable, a través de la cual pasa el combustible gaseoso desde el orificio de entrada embridado 4 a las casetes de filtro en sí.

Las casetes de filtro están situadas en un conjunto de bandejas de soporte 8, por ejemplo, de material inoxidable con sección en L y cada casete consiste en un paquete discoidal de resina de intercambio iónico contenido, por ejemplo, en una cubierta exterior permeable, por ejemplo, de un material textil inoxidable. Cada una de dichas cubiertas de material textil se denota por 9 en la Figura 1.

Las cubiertas 9 están dimensionadas para su ajuste a presión en la estructura de soporte que tiene una placa deflectora corriente arriba 12 y una placa deflectora corriente abajo 13. Las placas 12 y 13 se muestran a los dos lados de la parte central de la Figura 1 y, como puede verse, consisten en una placa de acero 15 que tiene tres o cuatro ranuras 16 en ella a través de las cuales puede pasar el combustible gaseoso. Alrededor de los bordes se proporciona una sección sellada herméticamente en ángulo recto 17. Como puede verse en la Figura 1, el gas de entrada se ve obligado a pasar a través de las ranuras 16 en la placa deflectora 12, y a continuación a través de uno de los paquetes de resina de intercambio iónico 9 para después salir a través de una de las ranuras 16 de la placa 13.

La construcción de esta forma de la cámara de filtro permite que se mantenga un flujo volumétrico grande con una disminución de presión muy pequeña. Una vez que los gases han pasado a través de los paquetes de filtro 9, y la ranura 16 en la placa deflectora 13, circulan conjuntamente hasta el orificio de evacuación con la brida 5 que está unida por medio de un tubo de flujo adecuado a la entrada de combustible para el motor de combustión interna.

Las resinas de intercambio iónico a base de estireno-divinilbenceno están disponibles comercialmente.

Es conveniente seleccionar resinas a base de estireno-divinilbenceno en particular que funcionen de manera eficaz en el espectro de contaminantes presentes en el gas no filtrado, y esto puede variar según la fuente específica de ese gas. Se prefiere especialmente usar una mezcla de dichas resinas de intercambio iónico de diferentes propiedades de absorción. Las resinas pueden usarse físicamente en mezcla entre sí en una unidad de filtro compuesto, o, alternativamente, la corriente de gas puede hacerse pasar en secuencia a través de dos (o más) unidades de filtro separadas, cada una de las cuales contiene una resina de intercambio iónico a base de estireno-divinilbenceno diferente. Si se usa más de un filtro, el filtro corriente arriba se rellena preferentemente con material diseñado para eliminar la mayoría de los contaminantes mientras que el filtro corriente abajo puede dedicarse a eliminar aquellos que el filtro corriente arriba elimina de forma ineficaz o, en algunos casos, no lo hace en absoluto.

Como regla práctica general, los autores de la invención han encontrado que pueden obtenerse buenos resultados mediante el uso de dos filtros diferentes o un filtro combinado que contiene una mezcla de resinas a base de estireno-divinilbenceno en el que el diámetro medio de poro en las resinas está, por ejemplo, dentro del intervalo de 100 a 150 nm en el caso de una resina y de 20 a 50 nm en el caso de la otra.

5 Los siguientes ejemplos servirán para ilustrar la invención:

Ejemplo 1

10 Se identificó un vertedero, en el que se encontraba un motor alternativo Jenbacher 320 de 1,3 MW, de manera que el motor funcionaba con metano producido por los residuos industriales y domésticos en descomposición en el lugar, y que activaba un generador. El análisis del gas de carga de alimentación mostró que contenía:

15 hexametilciclotrisiloxano 2,7 mg/m³

octametilciclotetrasiloxano 9,0 mg/m³

decametilciclopentasiloxano 6,0 mg/m³.

20 La inspección de las superficies de combustión internamente en el motor mostró depósitos sustanciales de material silíceo, principalmente dióxido de silicio.

La medida de la producción de potencia reveló que, a pesar de una producción de potencia nominal de 1,3 MW, la producción operativa real era de sólo 960 kW.

25 A continuación se introdujo un filtro en el conducto de alimentación del motor, seguido de un desmontaje y limpieza de sus superficies de combustión. El filtro consistía en un alojamiento cilíndrico de 800 mm de diámetro y 400 mm de longitud, que se rellenó con aproximadamente 45 kg de Dowex Optipore V503 (Ex Dow Chemical Company). El análisis del nivel de siloxano en la corriente de salida de gas combustible que constituía la carga de alimentación del motor y que tenía una velocidad de flujo volumétrica de aproximadamente 700 m³/hora mostró que contenía:

30 hexametilciclotrisiloxano < 1 mg/m³

35 octametilciclotetrasiloxano < 1 mg/m³

decametilciclopentasiloxano 2,2 mg/m³.

El funcionamiento limpio resultante del motor permitió alcanzar una producción de potencia medida en 1,3 MW y mantenerla durante varios meses esencialmente sin cambios.

40 Ejemplo 2

Se repitió el Ejemplo 1 con el filtro relleno con una mezcla de 10 partes en peso de la resina de intercambio indicada en el Ejemplo 1 con 1 parte en peso de una resina de intercambio iónico diferente (Amberlite (RTM) XAD4 ex Rohm & Haas). El combustible gaseoso limpio contenía:

45 hexametilciclotrisiloxano < 1 mg/m³

50 octametilciclotetrasiloxano < 1 mg/m³

decametilciclopentasiloxano < 1 mg/m³.

55 Según se cree, la mejora adicional obtenida usando una combinación de resinas poliméricas procede del hecho de que las resinas tienen diferentes tamaños de poro lo que mejora la adsorción de una amplia variedad de siloxanos, especialmente de los siloxanos con un mayor tamaño molecular. Según se cree, el tamaño de poro de la resina Dowex es de aproximadamente 34 nm, mientras que el de Amberlite está comprendido en el intervalo de 100 a 150 nm.

60 Ejemplo 3

Se identificó un vertedero en el que se encontraba un motor alternativo Jenbacher 320 de 1,3 MW, de manera que el motor funcionaba con metano producido por la descomposición de residuos industriales y domésticos en el lugar, y que accionaba un generador. El análisis del gas de carga de alimentación mostró que contenía las siguientes concentraciones de contaminantes específicos:

65 hexametildisiloxano 2,0 mg/m³

- hexametildisiloxano 1,5 mg/m³
- 5 octametildiclotetrasiloxano 14,9 mg/m³
- decametildiclopentasiloxano 12,3 mg/m³
- diclorometano 55,2 mg/m³
- 10 tricloroetano 29,4 mg/m³
- tetracloroetileno 97,9 mg/m³
- 1,1-dicloroetano 1,5 mg/m³
- 15 cis-1,2-dicloroetileno 228,5 mg/m³
- cloruro de vinilo 194,4 mg/m³
- 20 clorobenceno 2,1 mg/m³
- cloroetano 3,7 mg/m³.

En total, los niveles de contaminación para los tipos de contaminante sumaban:

- 25 compuestos clorados totales 612,7 mg/m³
- compuestos fluorados totales 64,7 mg/m³
- 30 compuestos organosulfurados totales 14,9 mg/m³

La inspección de las superficies de combustión internamente del motor mostró una corrosión sustancial y depósitos de material silíceo, principalmente dióxido de silicio.

- 35 La medida de la producción de potencia reveló que, a pesar de una producción nominal de 1,3 MW, la producción operativa real era de sólo 940 kW.

A continuación se introdujo un filtro en el conducto de alimentación del motor, seguido del desmontaje y la limpieza/sustitución de las superficies de combustión. El filtro consistía en un alojamiento cilíndrico de 800 mm de diámetro y 400 mm de longitud, que se rellenó con 32 kg aproximadamente de Dowex Optipore V503 (Ex Dow Chemical Company) y 8 kg de Amberlite (RTM) XAD4 ex Rohm y Haas. El análisis del nivel de contaminantes en la corriente de salida de gas combustible que constituía la carga de alimentación del motor y que tenía un flujo volumétrico de 700 m³/hora aproximadamente mostró que contenía:

- 45 hexametildisiloxano < 1,0 mg/m³
- hexametildiclotetrasiloxano < 1,0 mg/m³
- octametildiclotetrasiloxano < 1,0 mg/m³
- 50 decametildiclopentasiloxano < 1,0 mg/m³
- diclorometano < 1,0 mg/m³
- 55 tricloroetano < 1,0 mg/m³
- tetracloroetileno < 1,0 mg/m³
- 1,1-dicloroetano < 1,0 mg/m³
- 60 cis-1,2-dicloroetileno < 1,0 mg/m³
- cloruro de vinilo 2,0 mg/m³
- 65 clorobenceno < 1,0 mg/m³

cloroetano < 1,0 mg/m³

con niveles totales de contaminantes de:

5 compuestos clorados totales 2,0 mg/m³

compuestos organosulfurados totales < 1,0 mg/m³

10 El funcionamiento limpio resultante del motor permitió alcanzar una producción de potencia medida de 1,3 MW y mantenerla durante varios meses esencialmente sin cambios.

15 En estos tres Ejemplos, el rendimiento del filtro puede mejorarse adicionalmente incorporando, por ejemplo, para formar entre el 5 y el 10% de la resina de intercambio iónico, una resina de intercambio iónico a base de estireno-divinilbenceno adicional especialmente eficaz para capturar silanoles y silanos. Existe una resina adecuada disponible comercialmente con la designación de Amberlite® XAD7HP que tiene una distribución de diámetros de poro principalmente en el intervalo de 320 a 420 nm. Los silanoles y silanos absorbidos pueden eliminarse con aire caliente a entre 70 y 120°C sobre la resina.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método de limpieza de la carga de alimentación de gas combustible para un motor de combustión interna que comprende el paso del gas combustible a través de un filtro, en el que el filtro contiene una resina de intercambio iónico a base de estireno-divinilbenceno.
- 10 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el filtro consiste en un recipiente hueco que tiene un orificio de alimentación y un orificio de evacuación, y en el que el interior del recipiente contiene gránulos de la resina de intercambio iónico.
- 15 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el filtro contiene más de un tipo de resina de intercambio iónico.
4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que los tipos de resina de intercambio iónico difieren en sus tamaños de poro.
- 20 5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el tamaño de poro medio de una resina está comprendido en el intervalo de 100 a 150 nm y el de la otra está comprendido en el intervalo de 20 a 50 nm.
6. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la carga de alimentación de gas combustible es biogás obtenido de la descomposición de materiales de desecho.
- 25 7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que los materiales de desecho proceden de vertederos y el biogás contiene cantidades de material de impurezas de siloxano.
8. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el filtro es regenerado regularmente para eliminar los contaminantes extraídos de la carga de alimentación de gas combustible.
- 30 9. Un método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la etapa de regeneración incluye someter el filtro a radiación de microondas para eliminar los contaminantes del mismo.

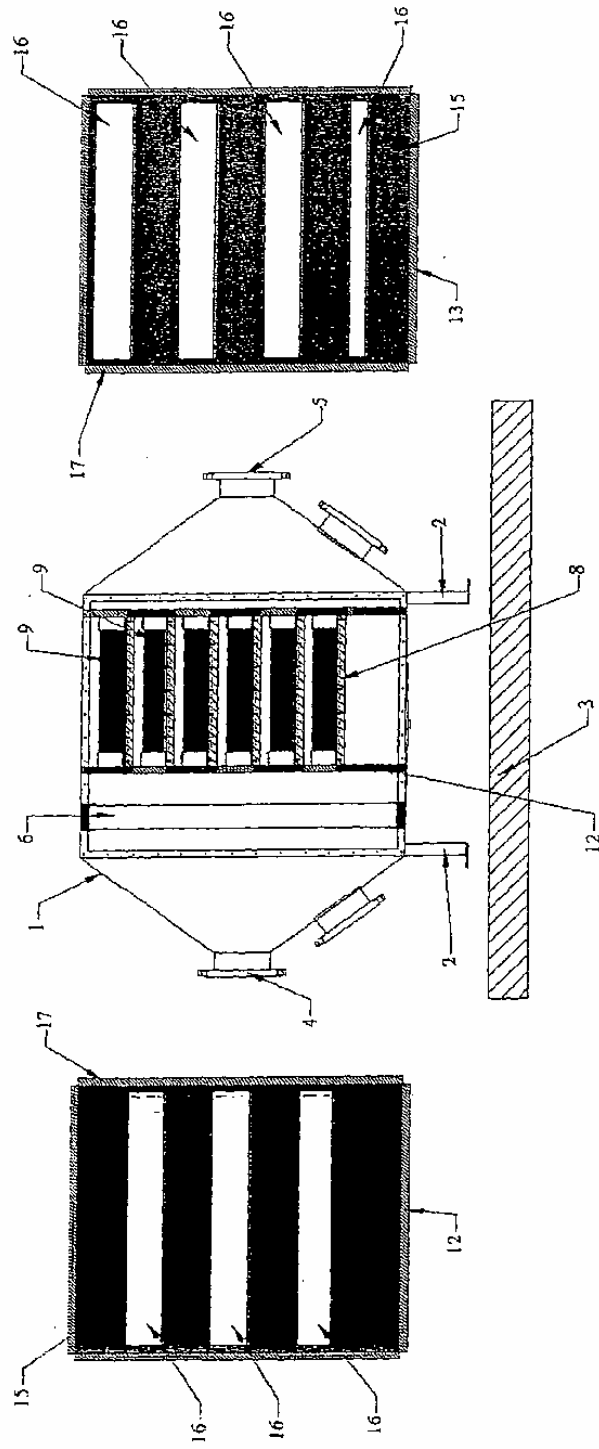


Figura 1