



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 091**

51 Int. Cl.:  
**B01D 53/02** (2006.01)  
**B01D 53/64** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07115662 .4**  
96 Fecha de presentación : **04.09.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2033702**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.03.2009**

54 Título: **Procedimiento para la eliminación de mercurio a partir de gases de salida de combustión.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**18.05.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**18.05.2011**

73 Titular/es: **EVONIK ENERGY SERVICES GmbH**  
**Rellinghauser Strasse 1-11**  
**45128 Essen, DE**

72 Inventor/es: **Winkler, Hermann**

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 359 091 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

Procedimiento para la eliminación de mercurio a partir de gases de salida de combustión

El presente invento se refiere a un procedimiento para la eliminación de mercurio a partir de gases de salida de combustión.

- 5 Los gases de salida procedentes de instalaciones de combustión, tales como, por ejemplo, centrales energéticas o instalaciones de incineración de basuras, contienen un gran número de sustancias dañinas contaminantes, que deben de ser eliminadas a partir de los gases de salida de combustión, antes de que éstos se entreguen al medio ambiente. Las modernas instalaciones de combustión están equipadas con instalaciones de purificación de los gases de salida, que eliminan, entre otros, el
- 10 dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos halogenados contenidos en los gases de salida de combustión y las cenizas conjuntamente arrastradas.

- 15 Junto a las sustancias dañinas contaminantes antes mencionadas, los gases de salida de combustión contienen trazas de metales pesados, los cuales, a causa de su toxicidad, deben de ser eliminados a partir de los gases de salida de combustión. Un metal pesado especialmente tóxico, contenido en los gases de salida de combustión, es el mercurio. Éste, en el caso de las usuales instalaciones de desulfuración de los gases de humos (REA, acrónimo de Rauchgas Entschwefelungs Anlagen) se lava a partir de los gases de salida de combustión y llega, junto con el agua residual de las instalaciones de desulfuración de los gases de humos, a la instalación para el tratamiento del agua residual. En la
- 20 instalación para el tratamiento del agua residual, el mercurio que está disuelto en el agua residual, precipita en una forma difícilmente soluble, en común con otros materiales sólidos, como un lodo de RAA (Instalación de tratamiento del agua residual de REA). A causa de la contaminación con mercurio, este lodo de RAA, sin embargo, no puede ser incinerado sino que debe de ser evacuado como una basura especial.

- 25 El documento de patente japonesa JP2006035042 divulga un procedimiento para la eliminación de mercurio a partir de los gases de salida de combustión, siendo éstos puestos en contacto con una solución de absorción y con un agente de adsorción dispuesto en un lecho fijo. En este caso, el mercurio adsorbido en el lecho fijo es eliminado de nuevo por enjuagado con una solución acuosa.

- 30 A partir del documento de patente europea EP 0 792 186 B1 se conoce un procedimiento para la purificación de los gases de salida de combustión, con el que el mercurio puede ser eliminado a partir de los gases de salida de combustión. Para esto, los gases de salida de combustión se someten a un lavado en húmedo, siendo llevado a cabo este lavado en húmedo mediando adición de unas partículas de carbón activo, que adsorben a los metales pesados y en particular al mercurio. A continuación, las partículas de carbón activo son separadas a partir de la suspensión que ha resultado al realizar el lavado en húmedo y se recirculan al lavado en húmedo, siendo desviada y desorbida
- 35 térmicamente una parte de las partículas. La desorción térmica es costosa en cuanto a la técnica de instalaciones y por consiguiente es cara (tiene un intenso costo).

El invento se basa por lo tanto en la misión de poner a disposición un procedimiento sencillo y barato para la eliminación de mercurio a partir de los gases de salida de combustión.

- 40 El problema planteado por esta misión se resuelve mediante un procedimiento, en el cual el mercurio contenido primeramente en los gases de salida de combustión se pone en contacto con un agente de adsorción, siendo el mercurio adsorbido ampliamente por el agente de adsorción. En el marco de esta solicitud, la utilización del concepto de "mercurio" abarca el mercurio en las etapas de oxidación 0, 1 y 2.

- 45 En el caso del procedimiento conforme al invento, el agente de adsorción puede ser insuflado en los gases de salida de combustión por ejemplo en forma de partículas finas. En uno de tales casos, el mercurio es adsorbido ampliamente por el agente de adsorción directamente a partir de los gases de salida de combustión. El agente de adsorción puede ser añadido además en el caso de una etapa de trabajo en húmedo, tal como por ejemplo la desulfuración. En este caso, el mercurio contenido en los gases de salida de combustión pasa primeramente en parte a una solución y es ampliamente
- 50 adsorbido a partir de ésta por el agente de adsorción. También es posible combinar la adsorción a partir de la fase gaseosa y a partir de un líquido, siendo introducido el agente de adsorción, corriente arriba de una etapa de trabajo en húmedo, dentro de los gases de salida de combustión.

Como agentes de adsorción se pueden utilizar los habituales agentes de adsorción, tales como por ejemplo bentonita, gel de sílice y carbón activo.

- 55 El agente de adsorción, después de la adsorción, es separado de los gases de salida de combustión,. Una tal separación se puede llevar a cabo con todos los dispositivos conocidos para un experto en la especialidad.

Después de que el agente de adsorción cargado con mercurio hubo sido separado desde los gases de salida de combustión, es puesto en contacto con una solución acuosa que contiene un agente de oxidación.

5 Por fin, se ha mostrado de modo sorprendente que con uno de tales tratamientos del agente de adsorción el mercurio puede ser eliminado casi cuantitativamente de nuevo desde éste y pasa como  $Hg^{2+}$  a la solución acuosa. En tal caso, no es necesario un calentamiento de la solución acuosa, con lo cual esta etapa de trabajo se puede realizar de un modo muy barato (favorable para los costos).

10 El presente procedimiento no está limitado en este contexto a ningún agente de oxidación determinado. Por ejemplo, se pueden utilizar un hipoclorito, dióxido de cloro o cloro gaseoso. También es posible desprender el mercurio desde el agente de adsorción mediante una oxidación catalítica con aire, eventualmente en la presencia de una sal de  $Cu^{2+}$ . Es especialmente preferida la utilización de un hipoclorito, puesto que éste, en comparación con los agentes de oxidación gaseosos, es sencillo de manipular y está disponible a un precio barato en grandes cantidades. Se ha mostrado además que, en el caso de la utilización de un hipoclorito, se necesita solamente un breve período de tiempo de permanencia del agente de adsorción en la solución acuosa, con el fin de desprender el mercurio desde el agente de adsorción.

20 Puesto que determinados agentes de oxidación trabajan solamente en determinados intervalos de valores de pH, mediante una correspondiente elección del agente de oxidación ya en esta etapa del procedimiento se puede ajustar un intervalo de valores de pH, que es el más favorable para subsiguientes etapas de trabajo.

Después de que el mercurio hubo sido desprendido desde el agente de adsorción, la solución que contiene  $Hg^{2+}$  es separada desde el agente de adsorción y otros materiales sólidos eventualmente presentes. El contenido de mercurio del agente de adsorción, así como de los otros materiales sólidos eventualmente presentes, es entonces tan pequeño que éstos, por ejemplo, pueden ser incinerados.

25 Después de una separación del agente de adsorción, el mercurio es eliminado desde la solución. La eliminación del mercurio a partir de la solución se puede llevar a cabo con cualquiera de los procedimientos que son conocidos para un experto en la especialidad.

30 El procedimiento conforme al invento presenta varias ventajas frente a los procedimientos conocidos. Por un lado, el agua residual que ha resultado al realizar el tratamiento de los gases de salida de combustión, por ejemplo procedentes de un aparato lavador de REA, está impurificado solamente en muy pequeño grado con mercurio, puesto que mediante la adición del agente de adsorción el mercurio pasa a éste. Esto da lugar a que el lodo de RAA, que ha resultado en una instalación de tratamiento del agua residual conectada a continuación, no esté contaminado con mercurio, y éste, por lo tanto, no debe de ser evacuado a un vertedero como una basura especial, sino que puede ser incinerado.

35 Además, el mercurio puede ser separado desde el agente de adsorción, de un modo sencillo en cuanto a la técnica de instalaciones y por consiguiente barato, de nuevo con una solución que contiene un agente de oxidación, y después de esta separación se puede eliminar desde la solución con un procedimiento conocido.

40 De un modo especialmente barato y carente de complicaciones en cuanto a la técnica de instalaciones, el  $Hg^{2+}$  puede ser eliminado desde la solución, reuniendo la solución que contiene  $Hg^{2+}$  con un agente de precipitación, que forma con el  $Hg^{2+}$  un precipitado difícilmente soluble y separando a éste desde la solución. Como agentes de precipitación se prefieren unos sulfuros, y en particular unos sulfuros orgánicos. El sulfuro de mercurio, que se forma en el caso de la reacción con el agente de precipitación, es estable a lo largo de un amplio intervalo de valores del pH y puede ser elaborado

45 ulteriormente como un pigmento. Es ventajoso además el hecho de que el sulfuro de mercurio es prácticamente insoluble en agua y por consiguiente se ha de clasificar como no tóxico. La utilización de sulfuros orgánicos es especialmente preferida, puesto que éstos forman con el mercurio unas moléculas de sulfuros de mercurio orgánicos "de mayor tamaño" en comparación con el de un sulfuro de mercurio puro, las cuales precipitan con mayor facilidad a partir de la correspondiente solución.

50 Cuanto más pequeño sea el contenido de mercurio de los gases de humos, tanto más se recomienda la utilización de sulfuros orgánicos, con el fin de hacer posible de esta manera un contenido de mercurio lo más pequeño que sea posible, del agua residual purificada.

55 Alternativamente, el  $Hg^{2+}$  se puede eliminar desde la solución, poniendo la solución en contacto con un intercambiador de iones. También este modo de realizar la eliminación del mercurio a partir de la solución es sencillo de realizar en cuanto a la técnica de instalaciones. Como resinas intercambiadoras de iones se pueden utilizar diferentes variantes de IMAC® o 1,3,5-triazina-2,4,6-tritioil. Sin embargo, el procedimiento conforme al invento no está limitado a estas resinas. Son especialmente preferidas unas resinas intercambiadoras de iones con grupos H-S funcionales, puesto que con éstas es posible una eliminación especialmente eficiente del mercurio desde la solución

En un perfeccionamiento preferido del invento, el  $\text{Hg}^0$  contenido en los gases de salida de combustión es oxidado, y ciertamente antes de la puesta en contacto con el agente de adsorción del mercurio contenido en los gases de salida de combustión. Puesto que los agentes de adsorción adsorben el  $\text{Hg}^{2+}$  de manera preferente, mediante una oxidación del  $\text{Hg}^0$  contenido en los gases de salida de combustión se puede disminuir aun más la concentración de Hg en los gases de salida de combustión purificados. Sin embargo, una tal oxidación es necesaria y conveniente solamente en el caso de que el contenido de  $\text{Hg}^0$  de los gases de salida de combustión sea demasiado alto. La oxidación del  $\text{Hg}^0$  se puede efectuar por ejemplo mediante catalizadores o halógenos, pero se pueden concebir también otras etapas de procedimiento que sean conocidas por un experto en la especialidad, para la oxidación del  $\text{Hg}^0$ .

Al realizar la purificación de los gases de salida de combustión, éstos, entre otras cosas, son desulfurados. Esta desulfuración tiene lugar en los denominados aparatos lavadores de REA, en los cuales el dióxido de azufre, contenido en los gases de salida de combustión, es convertido químicamente en un sulfato en presencia de un agente de oxidación. El sulfato es separado y – según sea el procedimiento de desulfuración – es tratado ulteriormente o evacuado a un vertedero. Esta etapa de separación se puede aprovechar también para la separación del agente de adsorción desde otros materiales sólidos, aportando el agente de adsorción, delante del, o en el, aparato lavador de REA, a los gases de salida de combustión. De esta manera, la separación del sulfato se puede combinar con la separación del agente de adsorción, lo cual disminuye el gasto suplementario de la técnica de instalaciones y por consiguiente los costos. De una manera especialmente sencilla, esta se puede realizar separando los materiales sólidos resultantes en el aparato lavador de REA mediante separación por fuerza centrífuga desde el agente de adsorción. En el caso de una tal separación, resultan dos fases. Por una parte, el sulfato de calcio cristalino pesado y, por otra parte, una suspensión del agua residual, que contiene entre otras sustancias el agente de adsorción y otros materiales sólidos, en particular hidróxidos metálicos. Después de que hubo sido separado el yeso, el agente de adsorción es separado con respecto del agua residual en común con los otros materiales sólidos.

Puesto que un carbón activo tiene una superficie activa especialmente grande y por lo tanto tiene que ser añadido solamente en muy pequeñas cantidades a los gases de salida de combustión, se utiliza como agente de adsorción de manera preferida un carbón activo. La utilización de un carbón activo tiene además la ventaja de que éste puede ser separado de una manera sencilla en la subsiguiente etapa de trabajo. Además, el carbón activo, después de la puesta en contacto con una solución que contiene un agente de oxidación, se puede quemar e incinerar sin problemas con otros materiales sólidos que hayan de ser separados.

Es especialmente ventajosa la utilización de un carbón activo obtenido a partir de una turba, puesto que éste, en comparación con otros tipos de carbón activo, dispone de una mayor área de superficie interna.

En el caso de unas instalaciones de combustión, en las cuales resultan grandes cantidades de gases de salida de combustión, por ejemplo en centrales energéticas, es ventajoso que el agente de adsorción, después de su puesta en contacto con una solución que contiene un agente de oxidación, sea separado y recirculado. De este modo se pueden disminuir los costos de adquisición para el agente de adsorción y se evitan las cargas para el medio ambiente que resultan en el caso de una combustión e incineración del agente de adsorción.

Seguidamente, el invento es explicado con mayor detalle con ayuda de un ejemplo preferido de realización del procedimiento conforme al invento, en unión con el dibujo adjunto. El dibujo muestra un esquema de flujo de un ejemplo de realización del procedimiento conforme al invento.

El ejemplo de realización del procedimiento conforme al invento, que se muestra en el esquema de flujo, se refiere a una purificación de los gases de salida de combustión para un bloque de 500 MW de una central energética.

Desde la disposición de combustión (1) los gases de salida de combustión llegan a la disposición de desnitrificación (2), con la cual los óxidos de nitrógeno se eliminan a partir de los gases de salida de combustión. La disposición de desnitrificación se puede hacer funcionar de acuerdo con un procedimiento conocido para un experto en la especialidad, tal como por ejemplo la desnitrificación no catalítica o catalítica selectiva.

Los gases de salida desnitrificados llegan a una disposición de desempolvado (3), en la cual el polvo volante se elimina desde los gases de salida de combustión. En el caso de las centrales energéticas, para el desempolvado de los gases de salida de combustión se utiliza en la mayor parte de los casos un filtro eléctrico.

Cuál es el procedimiento según el que se llevan a cabo exactamente la desnitrificación y el desempolvado, no tiene sin embargo ninguna influencia sobre el presente invento - puesto que estas dos etapas de trabajo se exponen solamente para completar la descripción.

5 Después del desempolvado de los gases de salida de combustión, éstos llegan a la disposición de desulfuración o respectivamente al aparato lavador de REA (4). En el ejemplo de realización aquí  
mostrado del procedimiento conforme al invento, el dióxido de azufre presente en los gases de salida  
de combustión es eliminado con un procedimiento de adsorción por atomización, en el cual se  
introduce por atomización una suspensión de hidrato de cal de carácter básico en los gases de salida  
10 de combustión que se han de purificar. El  $\text{CaSO}_3$  resultante en el caso de la reacción con dióxido de  
carbono es oxidado por ejemplo con oxígeno del aire para formar  $\text{CaSO}_4$ . En el caso de esta  
oxidación, también el  $\text{Hg}^{1+}$  eventualmente todavía presente en los gases de salida de combustión, es  
oxidado para formar  $\text{Hg}^{2+}$ . En el caso de unos ejemplos de realización alternativos, se pueden utilizar  
otros procedimientos de desulfuración – por ejemplo la desulfuración con amoníaco.

15 En el denominado sumidero del aparato lavador de REA (4) se añaden partículas de carbón activo  
como agente de adsorción. Las partículas de carbón activo adsorben el  $\text{Hg}^{2+}$  que ha pasado desde los  
gases de salida de combustión a la solución del aparato lavador de REA. En el caso de unos ejemplos  
de realización alternativos, se puede concebir por ejemplo el recurso de insuflar finas partículas de  
carbón activo, corriente arriba del aparato lavador de REA, en los gases de salida de combustión. En  
20 uno de tales casos, una parte del mercurio presente en los gases de salida de combustión es  
adsorbido por las partículas del carbón activo ya fuera de los gases de salida de combustión. El  
mercurio no adsorbido pasa a la solución en el aparato lavador de REA y allí es adsorbido por las  
partículas de carbón activo.

25 En el caso de una instalación de combustión con 500 MW resultan aproximadamente 1,5 millones de  
 $\text{m}^3$  por hora de gases de salida de combustión. En el caso de un contenido de mercurio de  $< 0,50$  mg  
por kilogramo de carbón se tienen que aportar por hora solamente alrededor de 4 kg de carbón activo.  
En el aparato lavador de REA, la concentración de las partículas de carbón activo, en el caso de una  
tal adición, está situada en aproximadamente 100 mg/l.

30 La suspensión resultante en el aparato lavador de REA que, entre otros materiales, contiene yeso,  
otros materiales sólidos así como partículas de carbón activo, es conducida a un ciclón para yeso (5),  
que separa a la suspensión resultante en el aparato lavador de REA en dos fases, a saber en el  
 $\text{CaSO}_4$  cristalino pesado así como en una suspensión, que contiene las partículas ligeras de carbón  
activo así como otros materiales sólidos amorfos y por consiguiente ligeros, tales como por ejemplo un  
polvo fino e hidróxidos metálicos. El grado de blancura del yeso es disminuido solo de una manera  
insignificante por la adición de carbón activo, y ciertamente desde alrededor de 74 % hasta 72 %.

35 La suspensión que abandona el ciclón para yeso (5) es conducida a un ciclón para agua residual (6).  
En este ciclón para agua residual (6) se separa desde la suspensión una parte del agua residual y se  
obtiene una suspensión con una proporción más alta de materiales sólidos. Frente a la suspensión  
que sale del ciclón para yeso (5) se disminuye grandemente el volumen de esta suspensión que sale  
del ciclón para agua residual (6), de manera tal que las subsiguientes etapas del procedimiento se  
40 pueden realizar de una manera menos costosa en cuanto a la técnica de instalaciones.

45 El agua residual que abandona el ciclón para agua residual (6) tiene una concentración de mercurio de  
solo aproximadamente 10  $\mu\text{g/l}$ . El agua residual es recirculada en parte al procedimiento, o es  
aportada a una instalación para el tratamiento del agua residual. A causa del pequeño contenido de  
mercurio, el lodo de RAA resultante en la instalación para el tratamiento del agua residual puede ser  
incinerado – ya no es necesaria una evacuación a un vertedero.

50 El procedimiento conforme al invento, sin embargo, no está restringido a la separación del carbón  
activo así como de otros materiales sólidos desde el agua residual o desde los gases de combustión,  
que se expone en el caso de este ejemplo de realización. Junto a la utilización de un ciclón para yeso  
y de un ciclón para agua residual, la separación se puede efectuar también con otros métodos de  
separación que conozca un experto en la especialidad. El anterior procedimiento de separación es, sin  
embargo, preferido, puesto que hace posible con medios sencillos una separación en yeso, un agua  
residual así como una suspensión que contiene materiales sólidos.

55 En el caso de una subsiguiente etapa del procedimiento, en la suspensión que sale del ciclón para  
agua residual (6), que contiene las partículas de carbón activo y otros materiales sólidos, se introduce  
una solución acuosa de hipoclorito de sodio con un valor del pH de aproximadamente 6,5. Por cada  
litro de la suspensión se introducen 1 – 4 ml de una solución aproximadamente al 13 % de hipoclorito  
de sodio. Con el fin de impedir una sedimentación de los materiales sólidos ya en este momento, la  
solución se mezcla a fondo con una apropiada disposición de agitación. En el caso de unos ejemplos  
de realización alternativos, se pueden utilizar, por supuesto, otros agentes de oxidación en otro  
60 intervalo distinto de valores del pH. Durante el tratamiento con el agente de oxidación el mercurio es  
desprendido de nuevo desde el carbón activo y pasa a la solución en forma de  $\text{Hg}^{2+}$ .

Después de que el mercurio ha pasado totalmente a la solución, lo cual depende del carbón activo en cada caso utilizado así como de la concentración del agente de oxidación al igual que de la temperatura, la solución se reúne con un agente auxiliar de floculación y/o con un agente de floculación así como, con el fin de aumentar el valor del pH de la solución, con  $\text{Ca(OH)}_2$ . La solución es ajustada en tal caso a un valor del pH de aproximadamente 8,5. La elevación del valor del pH se realiza, por una parte, sobre la base de prescripciones legales, que establecen que las aguas residuales de una instalación de purificación del agua residual deben de tener un valor del pH situado dentro de una cierta ventana de valores de pH y, por otra parte, con el fin de procurar una desaturación con yeso de la solución. Esto significa que en el caso de una adición del  $\text{Ca(OH)}_2$  precipita desde la solución más cantidad de sulfato de calcio. Además, en el caso de una elevación del valor del pH, precipitan otros hidróxidos de metales, tales como por ejemplo hidróxidos de níquel y de cobre, a partir de la solución.

Como agentes de floculación se entienden unos materiales que influyen sobre las partículas en una suspensión, de tal manera que éstas se conglomeran para formar copos (microcopos) y por lo tanto se pueden eliminar desde la suspensión. Como agente de floculación se utiliza en el presente ejemplo de realización de manera preferible el cloruro de hierro(III), el sulfato de hierro(III) o una mezcla de estas sales. Cual de estas sales sea la que se emplee, depende de la disponibilidad en ese momento. En el caso de una adición de estas sales resulta un voluminoso precipitado de  $\text{Fe(OH)}_3$ , que se aglomera junto con otros materiales sólidos menos voluminosos. Con el fin de acelerar la velocidad de sedimentación de las partículas conglomeradas y de simplificar una separación de éstas, se puede añadir un denominado agente auxiliar de floculación, que da lugar a la aglomeración conjunta de partículas de materiales sólidos para formar unidades de mayor tamaño (macrocopos), las cuales a causa de su mayor masa pueden sedimentarse con más rapidez y se pueden separar de una manera más sencilla. Como agentes auxiliares de floculación se añaden en el presente ejemplo de realización con preferencia unos polímeros aniónicos. Si, y en qué extensión, se añade un agente de floculación o respectivamente un agente auxiliar de floculación, depende de la composición de la suspensión y por consiguiente de la realización del procedimiento así como de la composición de los gases de salida de combustión.

Los materiales sólidos contenidos en la suspensión después del anterior tratamiento, los cuales ahora están ampliamente exentos de mercurio, se separan seguidamente en un filtro prensa con respecto de la solución que contiene mercurio. En el caso del ejemplo de realización que aquí se describe, resultan por día aproximadamente 20 toneladas de materiales sólidos, en los cuales el contenido de mercurio está situado por debajo de 10 g/t (gramos/tonelada). A causa de este pequeño contenido de mercurio, los materiales sólidos pueden ser incinerados y por consiguiente no resulta ningún costo para una evacuación a un vertedero. En el caso de otro ejemplo de realización, los materiales sólidos pueden ser separados también por sedimentación o flotación.

Con el fin de precipitar el mercurio, la solución que contiene mercurio se reúne con un sulfuro orgánico, con un agente de floculación y con un agente auxiliar de floculación. Como agente de floculación se emplea preferiblemente el cloruro de hierro(III), puesto que éste se puede adquirir a un precio barato. Como sulfuro orgánico se añade de manera preferida un sulfuro orgánico estable frente a la oxidación, puesto que la solución puede tener un alto potencial de oxidación. Con el fin de evitar ya en este momento una sedimentación del sulfuro de mercurio orgánico, la solución es mezclada a fondo en este estadio con una apropiada disposición de agitación.

Después de que el mercurio hubo sido precipitado en forma de un sulfuro orgánico de mercurio, los materiales sólidos son separados a través de un filtro prensa con membrana y evacuados a un vertedero. En el caso del ejemplo de realización que aquí se describe, resultan por día aproximadamente 0,2 t (toneladas) de residuos que contienen un sulfuro orgánico de mercurio.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la eliminación de mercurio a partir de gases de salida de combustión, que tiene las etapas de:
- 5 a) introducir los gases de salida de combustión en un aparato lavador de REA, en el cual el mercurio contenido en los gases de salida de combustión pasa a la solución en el aparato lavador de REA, y aportar un agente de adsorción al sumidero del aparato lavador de REA, realizándose que el agente de adsorción adsorbe el  $\text{Hg}^{2+}$  que ha pasado a la solución en el aparato lavador de REA,
- 10 b) separar en dos fases la suspensión que ha resultado en el aparato lavador de REA, teniendo una fase por lo menos el agente de adsorción,
- c) poner en contacto la fase que contiene el agente de adsorción, con una solución acuosa que contiene un agente de oxidación, con lo cual el mercurio adsorbido pasa a la solución en forma de  $\text{Hg}^{2+}$ ,
- d) separar la solución que contiene  $\text{Hg}^{2+}$  desde el agente de adsorción, y
- 15 e) eliminar el  $\text{Hg}^{2+}$  desde la solución.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el  $\text{Hg}^{2+}$  es eliminado desde la solución reuniendo la solución que contiene  $\text{Hg}^{2+}$  con un agente de precipitación que forma con el  $\text{Hg}^{2+}$  un precipitado difícilmente soluble, y separando a éste desde la solución.
- 20 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** como agente de precipitación se utiliza un sulfuro orgánico.
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el  $\text{Hg}^{2+}$  se elimina desde la solución poniendo en contacto esta solución con un intercambiador de iones.
- 25 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 hasta 4, **caracterizado porque** el  $\text{Hg}^0$  contenido en los gases de salida de combustión es oxidado antes de la puesta en contacto del mercurio contenido en los gases de salida de combustión con el agente de adsorción.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 hasta 5, **caracterizado porque** los materiales sólidos que resultan en el aparato lavador de REA se separan desde el agente de adsorción mediante una separación por fuerza centrífuga.
- 30 7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 hasta 6, **caracterizado porque** como agente de oxidación se utiliza de manera preferida un hipoclorito, dióxido de cloro o cloro gaseoso.
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 hasta 7, **caracterizado porque** como agente de adsorción se utiliza un carbón activo.
- 35 9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 hasta 8, **caracterizado porque** el agente de adsorción se separa y recircula después de la puesta en contacto con una solución que contiene un agente de oxidación.

Figura 1

