



No. 10-010754-00007-0000

Fecha: 2013-05-03 16:23:27
Tra. 11 PATENTEIYII
Act. 523 RESPUESTA

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Eve: 378 FASENACIONALI
Folios: 62

Señor Director
DIRECCION DE NUEVAS CREACIONES
Superintendencia de Industria y Comercio
E. S. D.

Trámite : 011
Evento : 378
Actuación : 444

Referencia : Expediente No. 10.010.754
Asunto : Solicitud de Patente para: **UN REACTOR CATALITICO DE LECHO MOVIBLE OPERADO A BAJA TEMPERATURA PARA EL CONTROLDE EMISIONES DE NOX DE LA COMBUSTION DEL CARBON**
Solicitante : **BABCOCK & WILCOX POWER GENERATION GROUP, INC**
Fecha de Solicitud : 02 de febrero de 2010

1. Yo, Luz Clemencia DE PÁEZ, en mi condición de apoderada de la sociedad solicitante de la patente de la referencia, me refiero al oficio No. **23196** notificado por fijación en lista del 26 de diciembre de 2012.

2. Mediante oficio No. **23196** se puso en conocimiento del solicitante el informe que contiene las observaciones hechas por su Despacho sobre la presente solicitud de patente. Las observaciones realizadas en el oficio son las siguientes:

2.1 De la solicitud de patente

2.1.1 Reivindicaciones

De manera resumida el Examinador ha expuesto lo siguiente:

"EXCELENCIA LEGAL EN UN MUNDO SIN FRONTERAS"

BOGOTÁ - Edificio Siski - Carrera 4 No. 72 - 35 - Tel. (57-1) 347 3611 - Fax (57-1) 211 8650 - Fax in U.S.A: (1-305) 675 7743 - COLOMBIA
MEDELLÍN - San Fernando Plaza - Carrera 43 A No. 1 - 50 - Torre Protección Oficina 652 - Tel: (57-4) 604 4794 Ext. 6729 / 6731 - Fax: (57-4) 604 4731 - COLOMBIA

www.cavelier.com
cavelier@cavelier.com

- Las reivindicaciones 1, 5, 6, 14, 17, 18, 19, 21, 26, 29, 30 y 33 no son claras porque utilizan términos indefinidos.
- Las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 22, 23, 27, 28, 31 presentan ventajas o efectos en las secciones del aparato.

2.2 Descripción

La descripción presenta errores de digitación, ortografía y redacción.

2.3 Análisis de patentabilidad

2.3.1 Nivel Inventivo

Para la evaluación de este requerimiento se emplean los documentos D1, D2, D3 y D4: US 5'413,699, US 5'344,616, US 2007/0149394 y US 6'322,613 respectivamente. El Examinador afirma que las reivindicaciones 1 a 33 carecen de nivel inventivo teniendo en cuenta la combinación de enseñanzas de D1, D2, D3 y D4.

3. Respuesta a las objeciones

De este modo y con el objeto de atender las objeciones arriba mencionadas, se desea presentar las siguientes modificaciones, aclaraciones y argumentos:

3.1 Modificación de una solicitud en trámite

De acuerdo con el artículo 34 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, donde se establece que la modificación de una solicitud es posible en cualquier momento del trámite mientras no implique una ampliación de la solicitud inicial, me permito presentar un nuevo pliego reivindicatorio conformado por 35 reivindicaciones.

Específicamente, las modificaciones realizadas al capítulo reivindicatorio son:

- Se han eliminado las expresiones indefinidas, de tal manera que se acepta la sugerencia del Examinador.
- Se han incluido las nuevas reivindicaciones 34 y 35. Esta adición está debidamente soportada en la descripción, Págs. 23-25.
- Se ha incluido la característica funcional de un “alojamiento que tiene un lado corriente arriba y un lado corriente abajo”. El soporte de esta característica se encuentra en la Figura 4 y en las Págs. 16-17 del capítulo descriptivo.
- Se ha modificado la redacción del capítulo reivindicatorio de tal manera que la invención está mejor definida teniendo en cuenta las observaciones del Examinador.

Adicionalmente, se han corregido los errores en la descripción respecto a digitación, ortografía y redacción, tal y como lo ha sugerido el Examinador.

En consecuencia, se entienden superadas las objeciones hechas al capítulo reivindicatorio y descriptivo. Por lo anterior, es posible establecer que el pliego reivindicatorio define claramente el reactor catalítico de lecho movable reclamado en la presente solicitud. Por lo tanto, se solicita atentamente tener en cuenta este nuevo pliego reivindicatorio para el análisis de patentabilidad de la solicitud.

3.2 Sobre las objeciones de claridad

Cabe mencionar, que aunque se han tenido en cuenta las objeciones del señor Examinador, las características que han sido objetadas como ventajas o efectos en las secciones del aparato, son simplemente características técnicas funcionales, que en este caso se hacen indispensables, asociadas a las características técnicas estructurales que conforman la presente invención, cuya única función es que un técnico medio pueda

entender a cabalidad la invención y pueda determinar adecuadamente la configuración entre los elementos para que la invención funcione correctamente; lo anterior para garantizar que una persona normalmente versada en la materia pueda reproducir la invención.

Con respecto a lo anterior, el "INSTRUCTIVO EXAMEN DE SOLICITUDES DE PATENTES DE INVENCIÓN Y MODELO DE UTILIDAD" de su Despacho enuncia:

"Las características técnicas funcionales son los elementos que conforman las invenciones, descritos en términos de su uso o su función. No definen la invención, pero explican la relación que hay entre sus diversas características estructurales (...) Las reivindicaciones deben incluir características estructurales y funcionales cuando para la persona del oficio normalmente versada en la materia no sea obvio el funcionamiento de los elementos característicos y la relación entre estos"

De acuerdo con lo anterior, los fragmentos objetados no solo pueden, sino que deben estar en las reivindicaciones, ya que resultan esenciales para que una persona del oficio normalmente versada en la materia entienda correctamente el funcionamiento de la invención.

3.3 Argumentos a favor de la patentabilidad de la presente solicitud

Con el fin de demostrar que la presente solicitud cumple con el requerimiento de nivel inventivo, se pone de presente lo siguiente:

El artículo 18 de la Decisión 486 señala lo siguiente:

"Artículo 18. - Se considerará que una invención tiene nivel inventivo, si para una persona del oficio normalmente versada en la materia técnica correspondiente, esa invención no hubiese resultado obvia ni se hubiese derivado de manera evidente del estado de la técnica".

Consecuentemente, una invención se considerará inventiva si la misma no hubiese resultado obvia a partir del arte previo, para una persona del oficio normalmente versada en la materia. Esto a su vez implica que el Examinador a cargo de esta evaluación debe colocarse en el momento exacto en que el inventor buscaba resolver el problema técnico contemplado en la solicitud y para el cual poseía la literatura y el conocimiento disponibles en dicho momento.

Siguiendo entonces los lineamientos de la Jurisprudencia aplicable al análisis del nivel inventivo de una solicitud de patente, se considera que una anterioridad o una combinación de dos anterioridades puede afectar dicho requerimiento de patentabilidad, si una persona medianamente versada en la materia encuentra enseñanzas o sugerencias claras que, a partir de un conocimiento medio en dicho campo, le permitan llegar de manera obvia a la invención reivindicada.

Con base en lo anterior, respetuosamente manifestamos nuestro desacuerdo con el análisis llevado a cabo por el Examinador y con las conclusiones del mismo y solicitamos atentamente la reconsideración de las razones por las cuales se objetó el nivel inventivo de la invención, con base en la siguiente información:

3.3.1 Documento D1 (US 5'413.699):

D1 revela un aparato que remueve el NO_x de un gas de combustión pasándolo por un lecho de catalizador a una velocidad suficiente para gastar y fluidizar el catalizador. D1 no revela, enseña, o sugiere el uso de "pilas de persianas" o "placas perforadas" como se menciona en las reivindicaciones 2, 3, 4, y 19 de la presente invención. D1 tampoco revela, enseña, o sugiere dimensionar la entrada y la salida del reactor SCR para que coincida el área superficial de los primero y segundo límites opuestos que definen un trayecto vertical de lecho de catalizador como se menciona en las reivindicaciones 1 y 19 de la presente invención. Adicionalmente, D1 no enseña la disposición "en paralelo" de una "pluralidad de dichos reactores de lecho movable" tal y como se revela en las reivindicaciones 5 y 7, y es ilustrado en las Figuras 5A y 6 del

capítulo descriptivo. De la misma manera, D1 tampoco enseña la “configuración tipo acordeón” de la reivindicación 6 y la Figura 5.

De acuerdo a lo anterior, es posible establecer que D1 no pretende resolver el mismo problema técnico que la presente invención, el cual es remover efectivamente el NO_x de un gas de combustión, de la misma manera, a saber: (a) dimensionar las entradas y las salidas del reactor para que coincida el área superficial de los límites del lecho movable del catalizador tal y como lo requieren las reivindicaciones independientes 1 y 19 (y sus dependientes); (b) disponer una pluralidad de reactores “en paralelo” o en un patrón “tipo acordeón” tal y como lo requieren las reivindicaciones dependientes 5,6 y 7; (c) inclinar los límites del lecho movable del catalizador verticalmente tal y como lo requiere la reivindicación 33; o (d) dimensionar las aberturas en las placas perforadas a la mitad (1/2) del diámetro de las partículas de catalizador y tener que las aberturas comprenden un cuarto (1/4) del área superficial de las placas perforadas tal y como los requieren las reivindicaciones dependientes 34 y 35.

En consecuencia, por al menos las razones presentadas anteriormente D1 no puede – solo o en combinación con D2, D3 o D4 – afectar el requisito de nivel inventivo de las reivindicaciones 1 a 35.

3.3.2 Documento D2 (US 5'344,616):

D2 revela un aparato que remueve el NO_x de gas residual por adsorción pasándolo por una cámara de reactor formada por pilas de persianas verticales, donde la cámara se llena con un adsorbente grumoso o granulado que fluye verticalmente por la cámara. D2 no revela, enseña, o sugiere dimensionar la entrada y la salida del reactor para coincidir el área superficial de los primero y segundo límites opuestos que definen el trayecto vertical del lecho de catalizador tal y como es mencionado en las reivindicaciones 1 y 19. Por el contrario, D2 revela una entrada que es mucho más pequeña que el área superficial de la primera pila de persianas que él encuentra, y revela que la salida es mucho más pequeña que el área superficial de la última pila de persianas que el gas encuentra. Adicionalmente, no enseña la disposición “en paralelo” de una “pluralidad de

dichos reactores de lecho movable” como sí lo mencionan las reivindicaciones 5 y 7, y es ilustrado en las Figuras 5A y 6 de la descripción. D2 tampoco enseña la “configuración tipo acordeón” mencionada en la reivindicación 6 e ilustrada en la Figura 5.

Por lo tanto, es posible establecer que D2 no pretende resolver el mismo problema técnico que la presente invención, remover eficientemente el NO_x del gas de combustión, de la misma manera, a saber: (a) dimensionar las entradas y las salidas del reactor para coincidir el área superficial de los límites del lecho movable del catalizador como lo requieren las reivindicaciones 1 y 19 (y sus dependientes); (b) disponer una pluralidad de reactores “en paralelo” o en un patrón “tipo acordeón” tal y como lo requieren las reivindicaciones dependientes 5,6 y 7; (c) inclinar los límites del lecho movable del catalizador verticalmente tal y como lo requiere la reivindicación 33; o (d) dimensionar las aberturas en las placas perforadas a la mitad ($1/2$) del diámetro de las partículas de catalizador y tener que las aberturas comprenden un cuarto ($1/4$) del área superficial de las placas perforadas tal y como los requieren las reivindicaciones dependientes 34 y 35.

En consecuencia, por al menos las razones presentadas anteriormente D2 no puede – solo o en combinación con D1, D3 o D4 – afectar el requisito de nivel inventivo de las reivindicaciones 1 a 35.

3.3.3 Documento D3 (US 2007/0149394):

D3 revela un catalizador, u método y una configuración para usar un catalizador para controlar las emisiones de NO y/o CO de un sistema de combustión que somete a combustión combustibles carbonáceos, incluyendo introducir el combustible carbonáceo y el aire de combustión en un horno del sistema de combustión para someter a combustión el combustible carbonáceo en condiciones de oxidación y producir el gas de combustión que contiene NO y/o CO, donde la proporción de concentraciones molares de CO y NO_x es preferiblemente al menos 0.7, y conducir el gas de combustión del horno al contacto con un catalizador en un cana de gas de combustión, donde el catalizador tiene una carga de óxido de metal que comprende óxidos de hierro y un o más del grupo que consiste en

cobre, cerio y potasio, depositados en un material poroso de soporte, donde la cara de óxido de metal es preferiblemente del 1 al 20 % del peso del material de soporte y la proporción del peso de los óxidos del grupo que consiste en cobre, cerio y potasio y el peso de los óxidos de hierro es preferiblemente de 0.25 a 3, para convertir, libre de introducir un agente externo para reducción de NO, NO a NO₂, usando CO como el reductor de NO, y/o CO a CO₂.

Con respecto a la estructura de la caldera revelada, D3 revela en los párrafos [0049] hasta [0059] y en las Figuras 2 y 3 una estructura de caldera básica. Dado que es esta revelación es la de una estructura básica, D3 no revela, enseña, o sugiere el uso de "pilas de persianas" o "placas perforadas" como se menciona en las reivindicaciones 2, 3, 4 y 19 de la presente invención. D3 tampoco revela, enseña, o sugiere dimensionar la entrada y la salida del reactor SCR para que para que coincida el área superficial de los primero y segundo límites opuestos que definen un trayecto vertical de lecho de catalizador como se menciona en las reivindicaciones 1 y 19 de la presente invención. Adicionalmente, D1 no enseña la disposición "en paralelo" de una "pluralidad de dichos reactores de lecho movable" tal y como se revela en las reivindicaciones 5 y 7, y es ilustrado en las Figuras 5A y 6 del capítulo descriptivo. De la misma manera, D1 tampoco enseña la "configuración tipo acordeón" de la reivindicación 6 y la Figura 5.

Por lo tanto, es posible establecer que D3 no pretende resolver el mismo problema técnico que la presente invención, remover eficientemente el NO_x del gas de combustión, de la misma manera, a saber: (a) dimensionar las entradas y las salidas del reactor para coincidir el área superficial de los límites del lecho movable del catalizador como lo requieren las reivindicaciones 1 y 19 (y sus dependientes); (b) disponer una pluralidad de reactores "en paralelo" o en un patrón "tipo acordeón" tal y como lo requieren las reivindicaciones dependientes 5,6 y 7; (c) inclinar los límites del lecho movable del catalizador verticalmente tal y como lo requiere la reivindicación 33; o (d) dimensionar las aberturas en las placas perforadas a la mitad (1/2) del diámetro de las partículas de catalizador y tener que las aberturas comprenden un cuarto (1/4) del área superficial de las placas perforadas tal y como los requieren las reivindicaciones dependientes 34 y 35.

En consecuencia, por al menos las razones presentadas anteriormente D3 no puede – solo o en combinación con D1, D2 o D4 – afectar el requisito de nivel inventivo de las reivindicaciones 1 a 35.

3.3.4 Documento D4 (US 6'322,613);

D4 revela un proceso para la recuperación y eliminación del mercurio presente en el gas de combustión, o alguna otra corriente de gas, opcionalmente con remoción simultánea de dióxido de azufre y/o óxidos de nitrógeno. Específicamente, D4 revela un proceso donde se regenera el carbón activado que es utilizado para la adsorción de mercurio. El proceso de D4 utiliza: (i) un medio de adsorción de carbones activados que se deriva de neumáticos desechados y otros productos residuales que inherentemente contienen cantidades considerables y deseables de azufre; y (ii) el gas de combustión que se produce por operaciones de combustión o incineración, las cuales están comprendidas en el proceso, que sí se puede usar para la extracción de mercurio y la regeneración sorbente en la operación de recuperación de mercurio.

A la luz de lo expuesto en el párrafo anterior, el proceso de D4 comprende los pasos de: (a) proveer materia prima carbonácea que tiene un contenido substancial inherente de azufre; (b) efectuar pirolisis y activación de la materia prima carbonácea de manera que se produce un sorbente de carbón activado que tiene un contenido de azufre de al menos al rededor de 3% en peso; (c) pasar una primera corriente de una mezcla gaseosa que contiene mercurio sobre el sorbente, a una temperatura relativamente baja, de manera que se efectúa la adsorción del mercurio por el sorbente de la primera corriente; y (d) pasar una corriente de gas regenerativa sobre el sorbente de transporte de mercurio, a una temperatura relativamente alta, sobre la temperatura relativamente baja, de modo que se produce una corriente de gas rico en mercurio y un sorbente regenerado, respectivamente.

Con relación a la estructura de la caldera revelada en D4, éste revela, en las Figuras 1 y 2 y las porciones correspondientes en la descripción a describir las figuras, una estructura de caldera básica. Dada la enseñanza básica relacionada la estructura de caldera contenida en D4, D4 no revela, enseña, o sugiere el uso de “pilas de persianas” o “placas perforadas” como se menciona en las reivindicaciones 2, 3, 4 y 19 de la presente invención. D3 tampoco revela, enseña, o sugiere dimensionar la entrada y la salida del reactor SCR para que coincida el área superficial de los primero y segundo límites opuestos que definen un trayecto vertical de lecho de catalizador como se menciona en las reivindicaciones 1 y 19 de la presente invención. Adicionalmente, D1 no enseña la disposición “en paralelo” de una “pluralidad de dichos reactores de lecho movable” tal y como se revela en las reivindicaciones 5 y 7, y es ilustrado en las Figuras 5A y 6 del capítulo descriptivo. De la misma manera, D1 tampoco enseña la “configuración tipo acordeón” de la reivindicación 6 y la Figura 5.

Por lo tanto, es posible establecer que D4 no pretende resolver el mismo problema técnico que la presente invención, remover eficientemente el NO_x del gas de combustión, de la misma manera, a saber: (a) dimensionar las entradas y las salidas del reactor para coincidir el área superficial de los límites del lecho movable del catalizador como lo requieren las reivindicaciones 1 y 19 (y sus dependientes); (b) disponer una pluralidad de reactores “en paralelo” o en un patrón “tipo acordeón” tal y como lo requieren las reivindicaciones dependientes 5,6 y 7; (c) inclinar los límites del lecho movable del catalizador verticalmente tal y como lo requiere la reivindicación 33; o (d) dimensionar las aberturas en las placas perforadas a la mitad ($1/2$) del diámetro de las partículas de catalizador y tener que las aberturas comprenden un cuarto ($1/4$) del área superficial de las placas perforadas tal y como los requieren las reivindicaciones dependientes 34 y 35.

En consecuencia, por al menos las razones presentadas anteriormente D4 no puede – solo o en combinación con D1, D2 o D3 – afectar el requisito de nivel inventivo de las reivindicaciones 1 a 35.

Finalmente, queremos poner de presente que las reivindicaciones 15, 24 y 32 no han recibido objeciones que afecten la novedad o el nivel inventivo de las mismas, por lo tanto son patentables sobre el estado de la técnica citado por el Examinador.

3.3.5 Concesiones internacionales

Respetuosamente, ponemos en manifiesto que el nivel inventivo de la solicitud ha sido reconocido por otras Oficinas de Patentes internacionales, como lo son la oficina de Propiedad Intelectual de Estados Unidos, y Australia.

4. Conclusión

Con las modificaciones introducidas al pliego reivindicatorio y los argumentos de nivel inventivo acá presentados, se superan las objeciones formuladas por el Examinador en el oficio No. **23196**.

5. Puesto que se ha dado respuesta a todas las objeciones formuladas por el Examinador, se solicita atentamente proceder al otorgamiento de la solicitud de patente. En este sentido, respetuosamente recordamos al Examinador que la patente no podrá ser negada con base en objeciones diferentes a las expuestas en la acción oficial No. **23196**, toda vez que al no haber sido trasladadas a mí representada, dicha decisión violaría tanto el tenor literal del artículo 45 de la Decisión 486 como el derecho constitucional al debido proceso. De la misma manera, en el evento que como consecuencia del nuevo análisis de patentabilidad sobre el pliego reivindicatorio modificado, el Examinador llegue a la conclusión que solamente algunas de las reivindicaciones son patentables, respetuosamente solicitamos que se proceda al otorgamiento parcial del privilegio.

6. Anexos

- Nuevo pliego reivindicatorio conformado por 35 reivindicaciones.
- Nuevo pliego descriptivo.
- Formulario de modificaciones en solicitud pendiente.
- Recibo por concepto de 2 reivindicaciones adicionales por valor de \$60.000.

Señor Director,


LUZ CLEMENCIA DE PÁEZ

C.C. 35.456.344 de Usaquén

T.P.A. No. 23.555

✓ COLO-16645-0841-001-5
DGA\DGAI\D-241311\WPC16645
No. M-2013-241311\DGAI

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	Espacio reservado para el adhesivo de radicación
---	--

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES
MODIFICACIONES Y/O CORRECCIONES

1. Identificación del Trámite

☐ Error material

☒ Modificación a una Solicitud en trámite

☒ Patente de Invención

☐ Patente de Modelo de Utilidad

☐ Registro de Diseño Industrial

☐ Esquema de Trazado de Circuitos Integrados

2. Datos del solicitante

Persona Natural

☐

Persona Jurídica

☒

BABCOCK & WILCOX POWER GENERATION GROUP, INC.

Nombre o denominación / Nombre o razón social completa

Nombre representante legal

Tipo de empresa Micro ☐ Pequeña ☐ Mediana ☐ Otra ☐

Documento de identificación: ☐ C.C. ☐ C.E. ☐ NIT ☐ Otro Número _____

Nacionalidad/País de constitución	Dirección y domicilio del titular	Ciudad
Estados Unidos de América	20 S. Van Buren Avenue, Barberton, Ohio 44203, Estados Unidos de América	Barberton
Dirección electrónica		No. Fax
clientes@cavelier.com		2 11 86 50
		Número telefónico
		3 47 36 11

☐ Autorizo expresamente a la Superintendencia de Industria y Comercio para que todas las comunicaciones sean enviadas a través de la dirección de correo electrónico

3. Datos del apoderado:

Apellidos y Nombre
De Páez Luz Clemencia

Documento de identificación
C.C. 35.456.344

Tarjeta profesional
T.P.A. 23.555

Dirección y domicilio		Ciudad
Carrera 4ª No. 72 –35		Bogotá
Dirección electrónica	No. Fax	Número telefónico
cavelier@cavelier.com	2 11 86 50	3 47 36 11

En caso de haber presentado poder general para asuntos que se adelanten ante la Delegatura de Propiedad Industrial, sírvase indicar el número de su radicación o protocolo de poder general

4. Datos del trámite

Corrección:

Expediente No 10.010.754

Aparece

Debe ser

Modificación:**Modificación al capítulo reivindicatorio.**

Presento nuevo capítulo reivindicatorio compuesto por 35 reivindicaciones y solicito que el examen de patentabilidad sea realizado sobre estas nuevas reivindicaciones presentadas.

Respetuosamente manifiesto que a pesar de eliminar materia del pliego reivindicatorio originalmente presentado, mi representada no renuncia a la protección que pueda obtener sobre dicha materia y se reserva el derecho de presentar una solicitud divisional que la contenga durante el trámite de la presente solicitud, beneficiándose de la fecha de prioridad inicialmente reivindicada.

**Modificación al capítulo descriptivo.**

Presento nuevo capítulo descriptivo, el cual solicito que sea tenido en cuenta al realizar el examen de patentabilidad

**Modificación al resumen.****Modificación a los dibujos.****5. Anexos**

Poder, si fuere el caso.



Documento que contiene las modificaciones o correcciones.



Copia de la solicitud y sus anexos en formato magnético.



Comprobante de pago por 2 reivindicaciones adicionales después de la décima reivindicación por \$60.000.

6. Firma	
Nombre y apellidos LUZ CLEMENCIA DE PAEZ	Firma 
C.C. 35.456.344 DE Usaquén	Tarjeta Profesional 23.555

DGA\VCB\WPC16645\ID-241399

**UN REACTOR CATALÍTICO DE LECHO MOVIBLE OPERADO A BAJA
TEMPERATURA PARA EL CONTROL DE EMISIONES DE NO_x DE LA
COMBUSTIÓN DEL CARBÓN**

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

Esta solicitud reclama el beneficio de la Solicitud de Patente Provisional Estadounidense Serie No. 60/953,608 presentada en Agosto 2, 2007, la cual se incorpora aquí como referencia.

CAMPO Y ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Esta invención se relaciona con la reducción catalítica selectiva del NO_x presente en los gases de combustión de la combustión, por ejemplo de la combustión de carbón en plantas de generación de potencia eléctrica. Más particularmente, se relaciona con la reducción catalítica selectiva de NO_x a bajas temperaturas.

La tecnología de la Reducción Catalítica Selectiva, SCR, es usada a nivel mundial para controlar las emisiones NO_x de las fuentes de combustión a altas temperaturas (550-750° F). La destrucción SCR/directa de NO_x y la oxidación catalítica de Hg⁰ a baja temperatura (por debajo de 350° F) es un campo relativamente nuevo que espera mejores oportunidades para alcanzar la viabilidad comercial.

La tecnología a alta temperatura SCR ha sido usada en Japón para el control de NO_x de las calderas utilitarias desde entrados los años 1970, en Alemania desde entrados los años 1980, y en los Estados Unidos desde entrados los años 1900. La función del sistema SCR es hacer reaccionar el NO_x con amoníaco (NH₃)

y oxígeno para formar nitrógeno molecular y agua. Los SCR de escala mundial han sido diseñados para operar principalmente en el rango de temperaturas entre 500° F a 900° F pero más frecuentemente en el rango entre 550° F a 750° F. Los catalizadores usados en ésta solicitud son metales resistentes a la sulfatación tales como el vanadio, titanio y tungsteno y una variedad de sus óxidos. Como se usa aquí, un metal resistente a la sulfatación es aquel que resiste a la reacción (o el que prácticamente no reacciona) con especies que contienen azufre tales como sulfatos y gases ácidos con base en azufre para formar sales de metal-azufre (sulfatos o sulfitos). Tales metales resistentes a la sulfatación y óxidos seleccionados pueden soportar reacciones redox mientras que todavía son resistentes a formar sales con base en azufre. Estos catalizadores son preferidos generalmente porque ellos exhiben una buena resistencia al envenenamiento por azufre. Otros investigadores en éste campo (Teng et al., 2001; Long et al., 2002; Chen et al., 200; Moreno-Tost et al., 2004) han identificado varios metales y sus óxidos que mostraron cualidades catalíticas para SCR, incluyendo cromo, manganeso, hierro, cobalto, níquel, cobre, y zinc. Aunque éstos catalizadores son efectivos para la reducción SR del NO_x abajas temperaturas (por ejemplo 350° F o inferiores), éstos están sujetos al envenenamiento por azufre; es decir no son resistentes a la sulfatación. Tales metales (y sus óxidos) que no son resistentes a la sulfatación se han llamado aquí como metales comunes de base. Contrariamente, aún cuando los catalizadores convencionales SCR son resistentes al envenenamiento con azufre, ellos generalmente son inefectivos a temperaturas más bajas debido a su baja reactividad en rangos de temperatura bajos (260-350° F).

La aplicación de compuestos de metal base para el control combinado de SO_x y NO_x ha sido estudiado y hasta un grado limitado practicado por tres

décadas, aunque el foco ha sido en la remoción de SO_x . Estos sistemas operados en general al mismo régimen de temperatura que los SCR convencionales (550°F a 750°F), y los medios utilizados para regenerar los compuestos de metal después de que ellos han reaccionado para remover el SO_x del gas de combustión, para producir diversos productos de azufre que podrían ser separadamente removidos o desechados de, tales como azufre, ácido sulfúrico, y sulfato de amonio. Como se anotó anteriormente, el foco de éstos procesos era la captura del SO_2 , con captura de NO_x como un efecto secundario. En contraste, la presente invención busca particularmente reducir o destruir el NO_x en los gases de combustión, lo mismo que la oxidación por mercurio. La captura de azufre al grado que suceda en las construcciones SCR novedosas descritas aquí, dentro del rango de temperatura prevalentemente bajo, serían considerados un interferente en la siguiente descripción.

Muy poco se conoce en la descripción catalítica directa del NO_x en ausencia del NH_3 . Yokomichi et al. (2000) presento resultados sobre la descomposición directa del NO_x mediante zeolitas intercambiadas con cobre a altas temperaturas (670 - 1110°F). La presencia de oxígeno en el gas de combustión y la bajada en la temperatura del catalizador tenía un impacto negativo en la actividad de éstos catalizadores.

La oxidación catalítica de Hg^0 a sus formas oxidadas (Hg^{2+}) es de interés debido a la solubilidad y facilidad de control de Hg^{2+} en lavadores húmedos. Ghorishi (1998) estudio el efecto de varios catalizadores comunes de metal óxido sobre la oxidación de Hg^0 . Este estudio sugirió que el óxido cúprico (CuO) y el óxido férrico (Fe_2O_3) son muy activos para promover la oxidación de Hg^0 en la presencia de cloruro de hidrógeno (HCl) en el gas de combustión. El CuO exhibió

una actividad mucho mayor en este trabajo. Se tuvo la hipótesis Las actividades de oxidación del Hg^0 de éstos dos metales como causantes mediante procesos Deacon en los cuales el gas de cloro (Cl_2) el producido catalíticamente a partir del HCl sobre éstos dos óxidos. El Hg^0 fue entonces oxidado mediante reacción con el Cl_2 en la vecindad de la superficie del catalizador. En un estudio de seguimiento, Ghorishi (1999) mostró que el cloruro cuproso (CuCl) tiene una actividad catalítica muchas veces superior al de CuO . Se encontró que el CuCl era tan reactivo que causó la oxidación del Hg^0 aún en la ausencia de HCl en el gas de combustión. En un estudio posterior, Ghorishi et al (2005) uso un esquema de reacción Deacon global de dos etapas (Nieken y Watzenberger, 1999), para explicar la actividad superior del CuCl . Este mecanismo de dos etapas divide el proceso Deacon en una etapa de cloración (que resulta en la formación de una especie de superficie intermedia, CuCl_2 o quizás CuCl , y la liberación de la fase gaseosa H_2O) y una etapa de cloración (que resulta en la formación de Cl_2 y la regeneración de los catalizadores CuO originales):



Ghorishi et al. (2005) planteó la hipótesis de que al utilizar un catalizador de cloruro de cobre, no se requeriría más la etapa de cloración y por lo tanto la presencia de HCl en el gas de combustión. La eliminación de la etapa de cloración llevaría también a una reacción de oxidación de Hg^0 más rápida y por lo tanto la actividad superior del catalizador CuCl . Cabe notar que en el caso del catalizador $\text{CuCl}_2/\text{CuCl}$ y la ausencia de HCl en el gas de combustión, no habría regeneración y el catalizador eventualmente se agotaría en CuO . En ese momento, la etapa de cloración se volvería importante y la presencia de HCl puede ser requerida para

regenerar el material catalizador de cloruro de cobre de acuerdo con la reacción de cloración mostrada anteriormente.

El envenenamiento por SO_2 del CuCl y/o CuCl_2 es una preocupación principal con respecto a la actividad del catalizador de oxidación de Hg^0 . Como se anotó anteriormente en el contexto de la reducción de NO_x , algunos compuestos de metal de transición tales como CuCl y CuCl_2 son susceptibles al envenenamiento con azufre, lo que resulta en la producción de sulfato de metal y el vaciado del material catalizador útil (haluro de metal).

De acuerdo a lo anterior, un aparato y método para la regeneración continua de estos catalizadores de óxido de metal (o la introducción continua de catalizador fresco) es deseable para invertir o minimizar los efectos del envenenamiento por azufre. Tal sistema habilitaría la propensión a la sulfatación de los catalizadores del metal o de óxido de metal que son usados en los reactores de reducción de NO_x y oxidación de Hg a baja temperatura, tal como en el SCR a baja temperatura que opera en una planta de generación de potencia eléctrica. Operar el SCR a baja temperatura abriría un rango amplio de diseños de instalación de calderas (incluyendo localizaciones retroalimentadas SCR) que no requerirían más que el SCR esté localizado aguas arriba del calentador de aire (el cual precaliente el aire de combustión que ingresa a la caldera mediante el intercambio de calor con el gas de combustión existente) con relación al trayecto del flujo del gas de combustión.

RESUMEN DE LA INVENCION

De acuerdo a lo anterior, un aspecto de la presente invención es lograr un aparato que incluye una cámara de combustión para la combustión de un

combustible, el cual durante la operación genera un gas de combustión el cuál puede contener una cantidad de NO_x que se desea remover; y un reactor SCR para reducir por lo menos una porción del NO_x presente en el gas de combustión.

El reactor SCR tiene un reactor de lecho movable que comprende primero y segundo límites opuestos separados uno del otro para así deprimir un trayecto del lecho de catalizador sustancialmente vertical entre ellos. El gas de combustión que viaja por el reactor de lecho movable sigue un trayecto por el trayecto del lecho.

Más particularmente, otro aspecto de la presente invención involucra un reactor SCR que tiene un reactor de lecho movable que incluye primero y segundo pilas de persianas opuestas, en donde cada una de las pilas de persianas tiene una serie de primeras y segundas persianas separadas verticalmente, respectivamente. La primera y segunda persianas en las respectivas primera y segunda pilas de persianas están inclinadas alejándose unas de otras, y la primera y segunda pilas de persianas están separadas una de la otra para definir así un trayecto de lecho de catalizador sustancialmente vertical entre ellas. El gas de combustión que viaja por el reactor de lecho movable sigue un trayecto entre las primeras persianas verticalmente separadas, por el trayecto del lecho, y luego sale entre las segundas persianas verticalmente espaciadas.

Alternativamente, el primero y segundo límites opuestos pueden comprender, respectivamente, una primer pila de persianas dispuesta adyacente a una entrada de dicho reactor y una placa perforada dispuesta adyacente a una salida de dicho reactor. El trayecto del lecho catalizador está definido entre la primera pila de persianas y la placa perforada.

Todavía adicionalmente, el primero y segundos límites opuestos pueden comprender, respectivamente, primeros y segundas placas perforadas, el trayecto del lecho del catalizador está definido entre las primera y segunda placas perforadas.

Todavía otro aspecto de la presente invención se dirige a un método para tratar gas de combustión que sale de una cámara de combustión para remover el NO_x en él, que incluye las siguientes etapas: suministrar un reactor de lecho movable que tenga primeros y segundos límites que definen un trayecto de lecho de catalizador sustancialmente vertical entre ellos. El primer y segundo límite puede comprender pilas de persianas opuestas, en donde cada una de las pilas de persianas incluye una serie de primeras y segundas persianas separadas verticalmente, respectivamente, y en donde la primera y segundas persianas en las respectivas primera y segunda pilas de persianas están inclinadas una alejándose de la otra, y en donde la primera y segunda pilas de persianas están separadas una de la otra para así definir un trayecto de lecho de catalizador sustancialmente vertical entre ella; suministrar un lecho de partículas catalizadoras que fluyen hacia abajo por el trayecto de lecho de catalizador y están guiadas por las primeras y segundas pilas de persianas opuestas; y hacer fluir por lo menos una porción del gas de combustión que sale de la cámara de combustión a lo largo de un trayecto por el reactor de lecho movable de que éste viaje entre las primeras persianas verticalmente separadas, por el trayecto del lecho, y luego salga entre las segundas persianas verticalmente separadas. Alternativamente, el primero y segundo límites opuestos pueden comprender, respectivamente, una primer pila de persianas dispuesta adyacente a una entrada de dicho reactor y una placa perforada dispuesta adyacente a una salida de dicho reactor, o pueden comprender, respectivamente, primera y segundas placas perforadas. El trayecto

de lecho de catalizador está definido entre la primera pila de persianas y la paca perforada entre la primera y segunda placas perforadas.

Los varios rasgos novedosos que caracterizan la invención están resaltados con particularidad en las reivindicaciones adjuntas y forman una parte de ésta divulgación. Para un mejor entendimiento de la invención, sus ventajas operativas y los beneficios específicos logrados por sus usos, se hace referencia a los dibujos adjuntos y a la materia descriptiva en la cual las modalidades preferidas de la invención han sido ilustradas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Fig. 1 es una vista esquemática de una instalación de caldera convencional como se encuentra en una planta de generación eléctrica;

La Fig. 2 es una vista esquemática de una instalación de caldera en donde un SCR a baja temperatura se ha descrito aquí dispuesto dentro del precipitador electrostático aguas abajo del calentador de aire con relación al trayecto del gas de combustión;

La Fig. 3 es una vista esquemática de una modalidad adicional de una instalación de caldera en donde un SCR a baja temperatura se ha descrito aquí localizado aguas abajo del precipitador electrostático;

La Fig. 4 es una vista en corte de sección transversal extremo de un reactor de lecho movable para uso en o como un reactor SCR según se describe aquí;

La Fig. 4A es una vista en perspectiva de las primeras y segundas pilas de persianas en el reactor de lecho movable de la Fig. 4, al cual se le ha retirado la caja;

La Fig. 4B es una vista en perspectiva de una modalidad alternativa del reactor de lecho movable de la Fig. 4, en donde la placa perforada es sustituida por el arreglo de persianas en el lado aguas abajo;

La Fig. 4C es una vista magnificada de una porción de la placa perforada de la Fig. 4B;

Las Figs. 4D a 4F son vistas de extremo de la modalidad de la Fig. 4B, que ilustran respectivamente como las persianas de entrada, la placa perforada de salida, o ambos pueden estar ligeramente inclinados con respecto a la vertical para poder mejorar el flujo de sólidos hacia abajo por el reactor de lecho movable;

La Fig. 4G es una vista en corte de sección transversal del extremo de una modalidad alternativa del reactor de lecho movable de la Fig. 4B;

La Fig. 4H es una vista en corte de sección transversal del extremo de una modalidad alternativa del reactor de lecho movable para uso en o como reactor SCR según se describe aquí, en donde la placa perforada es sustituida por el arreglo de persianas en los lados aguas arriba y aguas abajo;

La Fig. 5 es una vista en planta de un reactor SCR que incluye una pluralidad de reactores de lecho movable como se describió aquí, dispuestos en

una configuración tipo acordeón y en paralelo con relación al trayecto del gas de combustión por el SCR;

La Fig. 5A es una vista en planta de un reactor SCR que incluye una pluralidad de reactores de lecho movable según se describieron aquí, dispuesto en una configuración octogonal y en paralelo con relación al trayecto del gas de combustión por el SCR;

La Fig. 6 es una vista en planta que ilustra primero y segundos bancos de reactores de lecho movable como se describió aquí, en donde el segundo banco está dispuesto aguas abajo en serie con relación al primer banco, y en donde cada banco incluye una pluralidad de reactores de lecho movable dispuestos en paralelo y en configuración tipo acordeón;

La Fig. 7 es un diagrama esquemático de una modalidad del equipo de regeneración del catalizador; y

La Fig. 8 es un diagrama esquemático que muestra los componentes principales de un reactor de lecho movable y un sistema de regeneración de catalizador de acuerdo con la presente invención.

DESCRIPCIÓN DE LAS MODALIDADES PREFERIDAS

Como se uso aquí, cuando un rango tal como 5-25 (o 5 a 25) se da, esto significa preferiblemente por lo menos 5 y, separada e independientemente, preferiblemente no más de 25. También como se uso aquí, adicionalmente a describir los puntos de extremo, cada rango numérico deberá y tiene el propósito de constituir una divulgación de todos los valores intermedios dentro de éste

rango. Por ejemplo, el rango 5-25 también tiene el propósito de describir todos los valores dentro de éste, por ejemplo, 7, 9, 12, 13.9, 17.25, etc.

Uno de los rasgos de ésta invención suministra medios por los cuales los catalizadores efectivos a bajas temperaturas pero sujetos a desactivación química (por ejemplo, mediante envenenamiento con azufre) durante el tiempo pueden ser usados para catalizar la reducción de óxidos de nitrógeno a bajas temperaturas, tal como en el rango entre 250° F a 350° F, o cualquier rango intermedio de éste. Este es el rango típico de temperatura de los gases de combustión de las plantas de potencia activadas con combustibles fósiles modernos en la región entre el calentador de aire y el aparato de desulfuración del gas de combustión; es decir aguas abajo del calentador de aire en la dirección del flujo del gas de combustión. En las modalidades preferidas, tales catalizadores pueden ser usados simultáneamente para oxidar mercurio elemental a estados de oxidación mayores (por ejemplo Hg^{2+}) que son más fáciles y más seguros de manejar o remover, también en los mismos rangos de temperatura. En ciertas modalidades, diferentes catalizadores pueden ser usados para cada una de éstas reacciones, en cuyo caso una combinación de catalizadores podría o puede ser usada en el mismo reactor, tal como un reactor SCR a baja temperatura en una instalación de calderas convencionales. Alternativamente, los mismos catalizadores de metal u óxido de metal podrían ser usados para lograr tanto la reducción de NO_x como la oxidación de Hg.

Haciendo referencia a los dibujos en general, en donde los numerales de referencia similares designan el mismo o elementos con función similar a lo largo de los varios dibujos, y a la Fig. 1 en particular, la Fig. 1 ilustra una instalación de caldera típica en una planta de potencia eléctrica, que incluye un reactor de

reducción catalítica selectiva convencional (SCR), en la localización convencional entre la salida de la caldera y el calentador de aire, en línea con la corriente de gas de combustión. Esto es, convencionalmente el SCR está colocado entre la caldera 3, y el calentador de aire 8. Esto se hace para asegurar que el catalizador operara a la temperatura suficientemente alta para logara la actividad catalítica adecuada para los catalizadores convencionalmente usados para resistencia sulfatación con base en vanadio o tungsteno. La mayoría de los catalizadores SCR usados hoy tiene un uso mínimo de temperatura de alrededor de 550° F. A plena carga la temperatura del gas de combustión 5 que sale del economizador 4 estará en la vecindad entre 650° F a 700° F. Pero a cargas más bajas la temperatura que sale del economizador podría fácilmente caer por debajo de la temperatura de uso efectivo de éstos catalizadores resistentes a la sulfatación. Así, para asegurar que la temperatura del gas de combustión que ingresa al SCR está dentro del rango de temperatura necesario de modo que los catalizadores resistentes a la sulfatación puedan ser efectivos, algo del gas de combustión caliente 6 es retirado alrededor del o saltándose el economizador y se mezcla con el gas de combustión que sale del economizador. Este rasgo convencional también está ilustrado en la Fig. 1. No solamente esto crea una falla a la potencia, sino que incrementa grandemente la complejidad para la retroalimentación a una instalación de caldera existente que incluya un SCR, porque el salto en el trayecto debe ser instalado.

Como resultado del llamado SIP del NO_x de 1998, se instalaron SCR en un número de plantas de potencia eléctrica accionadas por carbón existentes en los Estados Unidos. Virtualmente en cada caso la retroadaptación fue difícil de lograr por ingeniería y de erigir. Retroadaptación se refiere aquí al proceso de modificar el equipo existente y/o agregar nuevo equipo a una caldera existente. La dificultad

surge del hecho de que la caldera en general está acoplada muy cerca al calentador de aire y frecuentemente requiere cambios en las partes de presión en la caldera.

La eficiencia en la reducción de NO_x por el SCR en general se expresa por la siguiente relación:

$$eff = 1 - e^{-k\alpha_p\tau} \quad (1)$$

en donde

k = constante de tasa de reacción

α_p = área de superficie interfacial del catalizador, área por unidad de volumen del reactor

τ = tiempo de residencia.

La constante de tasa de reacción dependerá de la actividad del catalizador y de la temperatura del reactor, La dependencia a la temperatura de la reactividad sigue la Ley bien conocida de Arrhenius:

$$k = Ae^{-E_a/RT} \quad (2)$$

en donde

E_a = energía de activación, j/mol

R = constante de gas, j/mol °K

A = constante de proporcionalidad

T = temperatura del reactor, °K

La energía de activación para el catalizador convencional SCR resistente a la sulfatación es de alrededor de 46000 j/mol. El cambio en la constante de tasa

de reacción entre digamos 600° F (588° K) y 300° F (422° K) puede ser calculada por:

$$\ln \left[\frac{k_2}{k_1} \right] = \frac{E}{R} \left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right] = \frac{46,000}{8.314472} \left[\frac{1}{588} - \frac{1}{422} \right] = -3.701 \quad (3)$$

$$\left[\frac{k_2}{k_1} \right] = e^{-3.701} = 0.0247 \quad (4)$$

Este cálculo muestra que los catalizadores en el SCR convencional sólo serían 0.5% tan efectivos a 300° F como lo serían a 600° F. Por lo tanto, un SCR que fuera 90% eficiente a 600° F sólo sería 2.25% eficiente a 300° F. Así, para lograr control del NO_x a 300° F hay dos modelos básicos. Por un lado más catalizadores reactivos tal como metales nobles como platino o paladio deber ser usados, o el producto $a_p \tau$ (ver Eq. 1) debe incrementarse significativamente. El primer modelo requiere catalizadores más costosos, mientras que el último puede lograrse incrementando el volumen de catalizador. El modelo utilizado aquí sigue la última opción. En las modalidades descritas adelante, una porción significativa del volumen de un reactor SCR puede llenarse con catalizador mientras que se permite que el gas de combustión pase y logre un contacto íntimo con las partículas del catalizador, aunque preferiblemente también se mantiene la caída de presión por el lecho de catalizador en el SCR a niveles sustancialmente iguales a o por debajo de los catalizadores monolíticos convencionales utilizados en un SCR típico. Un rasgo adicional incluye medios para el retiro continuo y la regeneración continua de estos catalizadores para su reutilización continua. Esto permite materiales sustancialmente con un costo más bajo (por ejemplo compuesto de metal base comunes) para ser usados como catalizadores SCR, aún cuando ellos sean susceptibles al envenenamiento con azufre durante el tiempo. Esto es un rasgo deseable, especialmente considerando en los volúmenes

más grandes de material de catalizador que son usados para incrementar la cantidad $\alpha_p \tau$ descrita anteriormente. Los compuestos de metal base comunes incluirían principalmente compuestos de cromo, manganeso, hierro, cobalto, níquel, cobre, zinc y estaño.

En resumen, en una modalidad deseable el reactor (por ejemplo SCR) posee las siguientes dos características: (1) facilita el contacto del gas de combustión con la cantidad posible máxima de catalizador de tal manera que la resistencia al flujo del gas de combustión por el lecho del catalizador pueda ser mantenida dentro de límites razonables, preferiblemente alrededor o por debajo de 4 pulgadas de caída de presión de agua; y (2) tiene la habilidad de retirar catalizador en una base continua de modo que el catalizador pueda ser reactivado por fuera del lecho, y luego reintroducido el catalizador entro de ese lecho una vez ha sido reactivado. Como podrá apreciarse, la regeneración el catalizador puede lograrse de varias maneras, por ejemplo convertir los sulfatos de metal de nuevo a los óxidos correspondientes sea térmica y químicamente removiendo así los productos de azufre del catalizador.

Ya que la mayoría de las aplicaciones de la tecnología SCR probablemente existen en plantas de potencia eléctrica activadas por carbón durante los próximos 10 a 20 años y ya que la mayor parte de éstas plantas utilizan precipitadores electrostáticos (ESP) para remover los particulados arrastrados en el gas de combustión (por ejemplo cenizas volantes), una opción deseable es utilizar una porción del ESP existente 10 para envolver un SCR de baja temperatura 15. Esto es ilustrado en la Fig. 2. Si la planta de potencia eléctrica está equipada con un sistema de desulfurización de gas (FGD) 13 después del recolector de polvo (ESP) 10, el SCR reemplazaría el último campo del ESP. Cualquier polvo creado

por el SCR tendría que ser lo suficientemente grueso para ser capturado por el sistema FGD. Si la unidad no tiene un sistema FGD 13, entonces el SCR 15 podría ser colocado en el siguiente al último campo del ESP 10 de modo que el último campo podría ser usado para recolectar cualquier polvo generado en el SCR 15. La Fig. 3 ilustra el uso de un SCR 15 de baja temperatura separado; en la modalidad ilustrada, el SCR 15 está localizado aguas abajo del ESP 10 y antes del FGD 13. Esto puede ser apropiado para sistemas en donde el desempeño de remoción de partículas ESP es marginal.

Habiendo descrito ciertas ventajas y localizaciones en donde un SCR 15 de baja temperatura puede ser usado, se llama la atención ahora a modalidades específicas del mismo. En una modalidad ilustrativa, un diseño de reactor de lecho movable es utilizado para el SCR 15. En esta modalidad, el SCR 15 incluye uno de una pluralidad de reactores de lecho movable 30, en donde un lecho movable de catalizador hace contacto con el gas de combustión que fluye por éste, y es efectivo para promover la reducción de NO_x (opcionalmente y preferiblemente mediante reacción con amoníaco) y preferiblemente la oxidación del Hg presente allí. A medida que el catalizador se mueve por el reactor 30, gradualmente se degrada o inactiva mediante envenenamiento con azufre por contacto y reacción con SO_x que puede también estar presente en el gas de combustión. Por lo tanto, el SCR existente el material catalizador puede sufrir un tratamiento de reactivación para regenerar el catalizador e invertir los efectos del envenenamiento con azufre, antes de ser reintroducido por la entrada del lecho para el SCR.

Un diseño del reactor del tipo ilustrado en la Fig. 4 puede ser usado para el reactores o reactores de lecho movable 30 del SCR. La Fig. 4 es una vista de extremo, en corte de sección transversal, de un reactor de lecho movable 30. En la

modalidad ilustrada en la Fig. 4, el gas de combustión que sale de la caldera entra al reactor 30 por la izquierda, correspondiente al lado aguas arriba 32, viaja por la primera (aguas arriba) y segunda (aguas abajo) pilas de persianas 40 y 50, y luego sale del reactor 30 por la derecha, correspondiendo al lado aguas abajo 34 del reactor 30. La primera y segunda pilas de persianas 40 y 50 pueden estar encerradas y retenidas dentro de una caja de reactor 36. La caja 36 preferiblemente está abierta o sustancialmente abierta en cada uno de los lados aguas arriba y aguas abajo 32 y 34 para permitir que el gas de combustión pase por allí. Alternativamente, los lados aguas arriba y aguas abajo 32 y 34 pueden ser o comprender placas perforadas o placas con aberturas o ranuras para acomodar el flujo del gas de combustión. Como tal, los términos límite o límites pueden ser empleados en la siguiente descripción para referirse a las estructuras usadas para retener y guiar las partículas de catalizador por el reactor de lecho movable o reactores 30, como se describió aquí.

Todavía haciendo referencia a la Fig. 4, la pila de persianas aguas arriba 40 incluye una pluralidad de primeras persianas separadas verticalmente 42, que están formando ángulo con una declinación desde el lado aguas arriba 32 del reactor hacia el lado opuesto o aguas abajo 34 del mismo. Preferiblemente, las primeras persianas 42 son paralelas unas a otras. La pila de persianas aguas abajo 50 similarmente incluye una pluralidad de segundas persianas espaciadas o separadas verticalmente 52, pero que están en ángulo con una inclinación desde la pila de persianas aguas arriba adyacente 40 hacia el lado aguas abajo 34 del SCR 30. En una modalidad preferida, las persianas aguas abajo 52 son paralelas unas a otras también. La Fig. 4A muestra una vista en perspectiva de las pilas de persianas aguas arriba y aguas abajo 40 y 50, en donde la caja 36 ha sido removida. La separación vertical de las primeras y segundas persianas 42 y 52

respectivas acomoda el flujo del gas de combustión por el reactor 30, ingresando por el lado aguas arriba 32 y saliendo por el lado aguas abajo 34 del mismo. Las persianas 42 y 52 están soportadas en sus extremos respectivos por sujeciones a las paredes laterales o de extremo de la caja 36. Opcionalmente, unos espaciadores (no mostrados) pueden ser suministrados entre persianas adyacentes para soportarlas y mantener el espaciamiento apropiado a lo largo de su expansión entre las paredes de extremo opuestas.

Como podrá apreciarse de la anterior descripción y de la Fig. 4, el reactor de lecho movable 30 de ésta modalidad incluye primeras y segundas pilas de persianas opuestas 40 y 50, cada una tiene una serie respectiva de primeras y segundas persianas 42 y 52 separadas verticalmente y preferiblemente paralelas que se extienden entre los extremos opuestos del reactor, en donde la primera y segunda persianas 42 y 52 están inclinadas alejándose una de la otra. La primera y segunda persianas 42 y 52 también están separadas una de otra en la dirección del flujo el gas de combustión de modo que se defina un trayecto de lecho de catalizador sustancialmente vertical 60 entre las pilas de persianas 40 y 50. El trayecto de lecho catalizador 60 acomoda un lecho movable de partículas catalizadoras que pueden ser alimentadas desde la entrada del lecho 62 localizada en la parte superior del reactor 30. Debido a que la primera y segunda persianas 42 y 52 están inclinadas alejándose una de otra, y alejándose del trayecto 60 entre ellas, las partículas de catalizador 60 que viajan verticalmente por ese trayecto no se saldrán fácilmente lateralmente, hacia cualquiera de los lados aguas arriba o aguas abajo 32 o 34 del reactor. En su lugar las partículas de catalizador en el trayecto de lecho 60 serán guiadas hacia abajo hacia la salida de lecho 64 en la base de la caja 36. De ahí, las partículas de catalizador 60 serán transportadas hacia el equipo de regeneración separado, el cuál puede estar

localizado cerca o distante del SCR. Aunque no se ha requerido, la primera y segunda pilas de persianas 40 y 50 pueden ser imágenes de espejo una con respecto a la otra, significando que las persianas respectivas 42 y 52 pueden estar dispuestas con el mismo ángulo, aunque opuestas en dirección, de un plano central imaginario que pasa verticalmente entre las pilas de persianas 40 y 50. Alternativamente, las persianas 42 y 52 pueden estar en ángulos no equivalentes a dicho plano central imaginario. En una alternativa adicional, puede existir más o menos persianas 42 que persianas 52 que puedan estar separadas adicionalmente o más cerca juntas que las persianas en la pila opuesta.

Preferiblemente, el material catalizador es dirigido por el trayecto de lecho 60 dentro del reactor, sale por la salida 64 por vía del equipo de descarga 66 (ver Fig. 8) y es alimentado a otro equipo de procesamiento o unidad de operaciones por vía de un transportador de salida para regenerar el catalizador. Partículas regeneradas son entonces preferiblemente suministradas de nuevo a la entrada del lecho 62 por vía del transportador de entrada para ser reciclado en un lazo continuo y cerrado. El mecanismo preciso para transportar las partículas de catalizador, y el método para regenerarlas, no son críticos para la presente modalidad y serán seleccionados con base en consideraciones apropiadas, incluyendo espacio disponible para el equipo de transporte y química apropiada para regenerar las partículas del catalizador de su estado gastado (a la salida del reactor 30). Aquí, el "transportador de salida" y "transportador de entrada" pueden ser o pueden incluir cualesquier aparato adecuado o convencional para transportar partículas de catalizador entre dos puntos o estaciones. Tal aparato puede ser familiar para aquellos que son versados en la técnica. Por ejemplo, se contempla que las cintas transportadoras (no mostradas, preferiblemente que tengan lados con pantalla) pueden transportar continuamente partículas de catalizador gastado

desde la salida 64, hacia y por el equipo de regeneración en donde las reacciones de regeneración se llevan a cabo, y luego de nuevo a la entrada 62. Podrá apreciarse que el transportador de salida y el transportador de entrada mencionados anteriormente pueden no ser discretos, sino que pueden comprender un solo sistema transportador continuo desde la salida 64, por el equipo de regeneración y luego de nuevo a la entrada 62. En este caso, el transportador de salida se refiere a aquella porción del mismo entre la salida 64 y el equipo de regeneración, y el transportador de entrada se refiere a aquella porción del mismo entre el equipo de regeneración y la entrada 62. La química de regeneración del catalizador apropiada en el caso de envenenamiento por azufre de catalizadores de sal de óxido de metal base, tales como CuCl , se describe en otra parte aquí.

En ciertas modalidades, puede ser deseable incorporar transportadores o elevadores vibratorios para transportar el material catalizador entre el lecho movable y el equipo de regeneración. Cuando son usados, la vibración puede reducir o minimizar la atrición entre partículas y consecuentemente la degradación de las partículas a medida que ellas atraviesan el equipo de transporte. Los equipos transportadores y elevadores vibratorios son conocidos en la técnica y se pueden usar para éste propósito. Opcionalmente, equipos transportadores vibratorios y no vibratorios pueden ser combinados con elementos de calefacción u otros aparatos para suministrar energía térmica a las partículas, contribuyendo así a la regeneración de las mismas mientras están en tránsito o desde el equipo de regeneración. Alternativamente, transportadores neumáticos como se conocen en la técnica pueden ser usados para transportar las partículas de catalizador entre el equipo de regeneración y el reactor o reactores de lecho movable. Adicionalmente, tolvas (no ilustradas) se pueden incluir para recolectar el material

del lecho desde el fondo o base de los reactores de lecho movable para suministrarlos al equipo transportador, lo que los conduce al equipo de regeneración. Alternativamente, los transportadores u otros equipos de remoción de gránulos/transporte pueden estar montados a la par a la base del reactor con las tolvas (tal como cuando se usan alimentadores de tornillo) o podría tener tolvas de un diseño convencional o de un diseño transicional especializado para cansar con otros tipos de equipo de control de tasa de flujo de material de descarga (tal como alimentadores vibratorios, válvulas de doble volteo, tolvas con cierre, alimentadores/bloqueadores de aire con alabes giratorios, etc.) como se conoció en la técnica. La configuración específica dependerá de la instalación que va a ser retroadaptada con el reactor o reactores de lecho movable descritos aquí para suministrar un SCR, que incluye a tales consideraciones como espacio disponible, unidad de operaciones que ya están en su lugar y sus localizaciones, etc. La selección del equipo de transporte apropiado puede también depender de las características del material de lecho específico (gránulos contra esferas contra otros). En adición, el equipo de descarga particular 66 usado para remover el catalizador de los reactores de lecho movable 30 debe ser seleccionado para lograr un perfil de flujo de masa de las partículas hacia abajo por el lecho o lechos movibles 30, esto es, todas las partículas requieren estar en movimiento por todo el lecho. No es deseable tener, por ejemplo, una porción de flujo de núcleo central que fluya por el lecho 30 mientras que otras partículas permanecen esencialmente estacionarias porque el gas de combustión a ser tratado no es expuesto uniformemente a las partículas de catalizador de la misma actividad, ni serán todas las partículas de catalizador removidas uniformemente de los lechos 30 para la subsiguiente regeneración. Las propiedades de partículas son medidas (mediante ensayos de corte, etc.) y usadas para llegar a un diseño apropiado de cualesquier tolvas y/o alimentadores de tornillo, etc., que puedan formar una parte

del equipo de descarga 66 para suministrar un perfil de flujo de masa de partículas por los lechos móviles 30. Un diagrama de flujo esquemático muestra los componentes principales de un reactor de lecho móvil y un sistema de regeneración de catalizador de acuerdo con la presente invención el cual incluye una modalidad ilustrativa de la tubería e instrumentación para el equipo de regeneración que pueden ser usados en conjunto con uno o más reactores de lecho móvil como se describió aquí según se ilustró en la Fig. 8. Como puede verse en la Fig. 8, el equipo de regeneración puede incluir un receptor ciclónico 82 para separar el polvo y los finos particulados de las partículas de catalizador utilizables que puedan ser regenerados. Las partículas de catalizador regenerables pueden opcionalmente ser suministradas desde el receptor ciclónico 82 a un dispositivo de clasificación de finos secundario 84 para suministrar la remoción de finos secundarios. Los finos de ambos el receptor ciclónico 82 y el dispositivo de clasificación 84 pueden ser combinados y transportados al equipo de regeneración de catalizador 86. Las partículas de ceniza separadas en el dispositivo de clasificación 84 pueden ser enviadas a desecho, mientras que las partículas de catalizador adecuadas para el reciclado pueden ser enviadas mediante el dispositivo de medición/peso 88 a las instalaciones de reciclado para la reutilización en la fabricación de nuevos gránulos de catalizador. En esta modalidad, una escala puede ser usada para determinar la cantidad precisa de partículas de catalizador que son removidas desde el sistema de lazo cerrado. Esto puede ser útil, por ejemplo, si fuera deseable introducir un cierto porcentaje de catalizador fresco al sistema de lazo cerrado periódicamente, para asegurar que la cantidad de catalizador fresco agregado corresponda a la cantidad que ha sido removida. Luego de la regeneración en el equipo de regeneración de catalizador 86, catalizador fresco es transportado de nuevo hacia la entrada del lecho de los reactores de lecho móvil 30 como se muestra, junto con el

catalizador frescamente hecho de la fuente de fabricación de catalizador 90 mediante un dispositivo adecuado de medición/peso 92. Como se anotó anteriormente, el equipo de transporte de partículas catalizadoras entre cualquier dispositivo puede ser una cinta accionada, neumática, elevadores con cangilones, transportadores de tornillo, o una combinación de los mismos según se requiera con o sin mecanismos de transporte como es conocido en la técnica.

Como podrá ser apreciado, el reactor 30 está configurado por lo tanto de modo que el gas de combustión desde las calderas se acerque por el lado aguas arriba 32. El gas ingresa entonces al reactor y viaja entre las primeras persianas espaciadas verticalmente 42, por el trayecto del lecho 60, y luego sale entre las segundas ventanas verticalmente espaciadas 52 y hacia afuera por el lado aguas abajo 34. (Ver las flechas en las Figs. 4 y 4A). Durante la operación, el trayecto del lecho 60 es empacado con partículas de catalizador de modo que el NO_x y opcionalmente el mercurio presente en el gas de combustión sufran la reducción catalítica u oxidación, respectivamente, al entrar en contacto con el catalizador en la presencia de otros reactivos necesarios o deseables, si existen. Por ejemplo, el amonio puede también ser suministrado dentro del reactor mediante medios convencionales (por ejemplo rociado o aerosol suministrado al gas de combustión antes de ingresar al SCR) para que actúe como un reductor para el NO_x en la presencia del lecho catalizador.

Las Figs. 4B a 4H ilustran modalidades alternas del reactor de lecho movable 30 en donde la placa perforada es sustituida por la disposición de persianas sea en la entrada o lado aguas arriba 32 y en la salida o lado aguas abajo 34. Las Figs. 4B a 4G ilustran sustituciones de una placa perforada 51 que tiene una pluralidad de aberturas 53 para las persianas del lado aguas abajo 52.

Ventajosamente, las aberturas 53 son lo suficientemente pequeñas para retener las partículas del catalizador dentro del trayecto del lecho de catalizador 60 y la porosidad de la placa perforada 51 según se determinó por el número y espaciamiento de las aberturas 53 es lo suficientemente grande para minimizar la caída de presión a medida que el gas de combustión sale del lecho movable SCR 30. Sobre el lado de salida, una placa perforada con aproximadamente un 25% de área abierta y diámetros de agujero de aproximadamente $\frac{1}{2}$ del diámetro del material o gránulos del lecho de catalizador puede entonces ser empleado en lugar de la disposición de persianas. En una modalidad ilustrativa, las partículas catalizadoras son cilíndricas y tienen un diámetro de partícula medio de alrededor de 3mm, y una proporción L/D de alrededor de 1 hasta 4. En cualquier evento, las aberturas 53 en la placa 51 tienen un diámetro de que el área de cada abertura es aproximadamente 25% el diámetro medio de partícula de las partículas catalizadoras. Para poder promover el flujo de sólidos hacia abajo por el trayecto de lecho movable 60, las persianas de entrada 42 pueden ser inclinadas ligeramente con respecto a la vertical como se muestra en la Fig.4D. Alternativamente, la placa perforada aguas abajo 51 puede estar ligeramente inclinada con respecto a la vertical, como se muestra en la Fig. 4E, o ambas tanto las persianas de entrada 42 como la placa perforada aguas abajo 51 pueden estar inclinadas ligeramente con respecto a la vertical, como se muestra en la Fig. 4F. En la frase precedente, "ligeramente inclinadas con respecto a la vertical" significa que la disposición de persianas 42 o la placa 51 está o están anguladas ligeramente retirándose del centro del trayecto del lecho catalizador 60 en una dirección hacia abajo correspondiente a la dirección del flujo de las partículas de catalizador por el trayecto de lecho 60. Se creo que esto ayudará en el flujo de las partículas de catalizador por el trayecto 60 y reduce la tendencia de arrastre de partículas allí. Ver, por ejemplo, las Patentes Estadounidenses Nos. 5,167,931 y

5,266,288. La Fig. 4G muestra una persiana de entrada/placa perforada de salida como se ha provisto en la caja 36.

Las persianas de entrada 42 son preferidas para reducir la posibilidad de taponamiento por partículas de cenizas voladoras transportadas por el gas de combustión que ingresan al lecho movable 30. Sin embargo, si existe la posibilidad de taponamiento éste es ligero, y/o si los dispositivos de recolección de particulados son empleados aguas arriba en el lecho movable 30, es posible emplear tanto placas perforadas aguas arriba 41 y una placa perforada aguas abajo 51, las partículas de catalizador son transportada hacia abajo por el trayecto del lecho catalizador 60. Esta modalidad se muestra en la Fig. 4H. Similarmente como se mencionó anteriormente, la placa perforada 41 puede también estar inclinada con respecto a la vertical para facilitar el paso de partículas catalizadoras por el trayecto del lecho 60.

Como podrá ser apreciado, el reactor de lecho movable 30 descrito anteriormente tendrá una expansión lateral sustancial entre los extremos opuestos del mismo, con las persianas 42 y 52 (o placas perforadas 41, 51 o una combinación de persianas 42 y placa 51) descritas anteriormente preferiblemente que se extiende entre estos extremos. Consecuentemente, será apreciado además que durante la operación las partículas catalizadoras dispuestas en y moviéndose por el trayecto del lecho 60 formarán un lecho de partículas que se extiende verticalmente sustancialmente plano que se mueve generalmente hacia abajo por el reactor 30 entre las pilas de persianas 40 opuestas y 50, o las placas perforadas 41, 51, o la combinación de persianas 42 y placas 51. El lecho catalizador tendrá un espesor en la dirección del flujo del gas que se aproxima a la distancia en la misma dirección entre los bordes adyacentes de las respectivas

primera y segunda persianas 42 y 52, o entre las placas perforadas 41, 51, o entre las persianas 42 y placas 51, dependiendo de la modalidad particular. Preferiblemente, la velocidad lineal de las partículas del lecho hacia abajo por el reactor de lecho movable 30 es relativamente lenta, tal que se aproxima a un lecho fijo como será explicado en más detalle enseguida.

Haciendo referencia ahora a las Figs. 5 y 5A, un SCR puede ser equipado con una pluralidad de reactores de lecho movable 30 según se describió anteriormente, dispuestos en un arreglo para suministrar la reducción deseable del NO_x (y la oxidación de Hg). Preferiblemente, el SCR incluye una pluralidad de reactores 30 dispuestos en paralelo con relación a la dirección del flujo del gas de combustión por el SCR. Dos de tales arreglos son ilustrados en las Figs. 5 y 5A, respectivamente. Específicamente, la Fig. 5A muestra una vista en planta de un posible arreglo, en donde varios reactores de lecho movable 30 están dispuestos en una configuración de acordeón entre paredes de extremo opuestas 72 y 74 del SCR 70. Como se indicó por las flechas en la Fig. 5, el gas de combustión se acerca al SCR en la dirección de flujo superficial por el SCR 70 (verticalmente en la Fig. 5), y sigue un trayecto lateral (con relación a la dirección de flujo superficial) por los reactores de lecho movable 30 antes de salir del SCR 70. Por "dirección de flujo superficial", lo que se quiere decir es la dirección general del flujo de gas de combustión por el SCR a lo largo de un trayecto de gas de combustión, entre la entrada y la salida del SCR a lo largo de ese trayecto. En la configuración de acordeón ilustrada, el extremo próximo de cada reactor 30 está en contacto con el extremo próximo de un reactor adyacente 30 pero no del otro (o de la pared 72, 74 como puede ser el caso). Al gas de combustión se le permite por lo tanto entrar por vía de espacio entre reactores 30 adyacente y que no están en contacto y ser redireccionado lateralmente por los reactores 30 antes de salir por vía de las

aberturas alternas entre los reactores adyacentes en el lado aguas abajo del SCR 70. La Fig. 5A ilustra una modalidad alternativa en donde los reactores 30 en el SCR están dispuestos en una configuración ortogonal, todos paralelo unos a otros y extendiéndose en la dirección del flujo superficial del SCR 70 entre las paredes 72 y 74. En ésta modalidad, el gas de combustión se le impide ingresar por las aberturas entre cada otro par de reactores adyacentes 30 mediante una serie de paneles 75 que cierran esas aberturas. Una segunda serie de paneles 76 es usada para cerrar las aberturas alternas en el extremo aguas abajo del SCR 70.

Un lecho movable es un dispositivo de recolección de partículas excelente en su propio derecho y tendría en general la habilidad de recolectar particulados del cuarto o último campo de un ESP convencional porque la mayoría de lo que es recolectado en el último campo de un ESP es el arrastre por golpe de los campos precedentes. Sin embargo, si un ESP está apenas desempeñándose con todos los cuatro campos en uso completo, entonces sacrificar un único campo para uso como un SCR puede ser demasiado riesgoso. Bajo éstas condiciones, la disposición ilustrada en la Fig. 3 anterior sería preferida.

En general, las mezcla de catalizadores, una optimizada para la reducción de NO_x por SCR o la destrucción directa el NO_x y la otra optimizada por catalizador/reactivo para la oxidación de mercurio, serán utilizadas juntas en los mismos lechos movibles. En ésta configuración ambos catalizadores sufrirían las mismas etapas de regeneración descritas adelante. Una configuración alternativa en donde dos reactores o bancos de lechos movibles de los reactores de lecho movable 78 y 79 son colocados en serie en un SCR 70 y se ilustra en la Fig. 6. En ésta modalidad, cada banco de reactores de lecho movable 30 podría utilizar una tolva separada, un transportador de partículas y un sistema de regeneración

separados, de modo que el catalizador/reactivos circulantes diferentes en cada uno de los bancos respectivos 78 y 79 puede ser tratado de acuerdo con etapas de regeneración separadas utilizando distintas reacciones. Esta modalidad puede ser empleada, por ejemplo, en donde es deseado emplear catalizadores separados y sistemas de regeneración por catalizador empleados para la reducción de NO_x que se puedan llevar a cabo por el catalizador en el primer banco 78, y oxidación de mercurio, que se pueda llevar a cabo por el catalizador en el segundo banco 79.

La caída de presión en los SCR convencionales es del orden de 4 pulgadas de calibre de agua ($\sim 1\text{kPa}$). Cada pulgada de caída de presión en el tren de potencia es estimado en general igual a una pérdida de alrededor de 0.05% de la eficiencia del ciclo de la planta de potencia eléctrica. Como consecuencia, los SCR convencionales típicamente degradan la eficiencia del ciclo de generación de potencia en alrededor de un 0.2%. Los operadores de las plantas de potencia y las instalaciones de generación eléctrica consideran ésta pérdida como significativa. Por lo tanto, es deseable considerar una caída de presión de 4 pulgadas de calibre de agua como un límite permisible superior en el diseño de un nuevo SCR, incluyendo la construcción novedosa descrita aquí que comprende uno o más reactores de lecho movable 30. El reto por lo tanto es incrementar significativamente el producto $a_p\tau$ en la Eq. 1 arriba dada sin incrementar significativamente la caída de presión.

Los requerimientos de una caída de presión baja, $a_p\tau$ alta y regeneración continua y reciclado del catalizador se cumplen todas usando un lecho de catalizador movable en los reactores de lecho movable 30 mostrados en las Figs. 4 y 5 y descritos anteriormente. Un lecho movable como el ilustra aquí comprende un

plano sustancialmente vertical de sólidos granulados y tiene un espesor de aproximadamente definido por la distancia entre las persianas opuestas 42 y 52 como se explico previamente. La cama de partículas puede moverse hacia abajo por gravedad a una velocidad relativamente lenta, preferiblemente menos de un pie por minuto, preferiblemente mucho menos de un pie por minuto, por ejemplo no más de 8 pulgadas por minuto, 6 pulgadas por minuto, 4 pulgadas por minuto o 2 pulgadas por minuto. La cama está soportada por una multiplicidad de persiana en ángulo en el centro de cada reactor 30, particularmente la primera y segunda persianas 42 y 52 descritas anteriormente. Desde un punto de vista de dinámica de fluidos los gases de combustión pasan por el lecho movable como si éste fuera un lecho fijo cuando el lecho viaja a unas velocidades lineales suficientemente bajas, tal como aquellas descritas aquí. Por lo tanto, el siguiente conjunto de ecuaciones describe la caída de presión por los lechos fijos que pueden ser usadas para describir la caída de presión por lechos movibles que se mueven lentamente:

$$N_{Eu} = \left[\frac{1000}{7.5 N_{Re}} + 2.33 \right] = \frac{L}{D_{eq}}$$

$$N_{Eu} = \frac{\Delta P}{\rho_f v_m^2 / 2 g_c}$$

$$v_s = v_m \varepsilon$$

$$D_{eq} = \frac{2}{3} \left[\frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon} \right] = \frac{\bar{D}_{32}}{\phi}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho_f v_m D_{eq}}{\mu_f}$$

N_{Eu} = Número de Euler

V_m = Velocidad media del fluido

N_{Re} = Número de Reynolds

V_s = Velocidad superficial

D_{eq} = Diámetro equivalente

$\square$ = Fracción vacía

$\bar{D}_{32}$ = Diámetro medio Sauter

μ_f = Viscosidad de fluido

ϕ = Factor de forma

ρ_f = Densidad de fluido

Las variables en éstas ecuaciones que pueden ser controladas fácilmente son la longitud del trayecto, L , el tamaño del catalizador como se expreso por $\bar{D}_{32}$, y la velocidad superficial. Las propiedades del fluido y la presión vacía del catalizador no son variables que puedan ser manipuladas fácilmente. La superficie específica está relacionada al $\bar{D}_{32}$ por la siguiente relación:

$$S_p = \frac{6}{\phi \rho_p \bar{D}_{32}}$$

en donde ρ_p = densidad de la partícula

El tiempo de residencia es simplemente $\tau = \frac{L}{v_m}$. Es claro que para poder maximizar $a_p \tau$, en la ecuación 1 anterior los reactores de lecho movable 30 deberían ser diseñados para maximizar el espesor (profundidad en la dirección del flujo del gas) del lecho movable dentro de las restricciones del espacio prevalente, y para minimizar la velocidad del gas por el lecho lo mismo que el diámetro medio Sauter consistente con la caída de presión máxima deseada de 4 pulgadas de agua.

La modalidad en la Fig. 5, previamente descrita, suministra un arreglo de reactores 30 de lecho movable para un SCR que maximiza el área de flujo del gas de combustión y por lo tanto minimiza la velocidad de gas por los lechos. Como se muestra en la Fig. 5, los reactores 30 pueden estar dispuestos en estilo acordeón. En una modalidad ilustrativa, los reactores 30 pueden ser dimensionados para adaptarse y estar dispuestos en configuración de acordeón en el último campo de

un precipitador electrostático dimensionado para tratar gas de combustión desde una caldera de 100 MW que quema carbón bituminoso. Las dimensiones de la envoltura típica (exterior) para un reactor de lecho movable 30 en ésta modalidad, puede ser, por ejemplo, 34 pies de ancho por 39 pies de alto, por 20 pies de profundidad (en la dirección del flujo). Las persianas 42 y 52 pueden correspondientemente ser dimensionadas para suministrar un espacio del 10 pulgadas entre bordes adyacente del mismos, suministrando un espesor de lecho nominal (en la dirección del flujo de gas) de diez pulgadas, con dimensiones adicionales de 39 pies de altura por aproximadamente 20 pies de ancho.

Como se indico anteriormente, cuando un catalizador de base de metal común tal como un haluro de metal base u óxido que es susceptible al envenenamiento con azufre es usado, por ejemplo para permitir la reducción adecuada de NO_x a bajas temperaturas tal como por debajo de 350°F , un sistema de regeneración puede ser usado para retornar el catalizador envenenado de nuevo a su estado fresco. La Fig. 7 muestra una modalidad de un sistema de regeneración que puede ser usado en conjunto con los reactores de lecho movable descritos anteriormente, preferiblemente en un sistema de circulación de catalizador de lazo cerrado. El catalizador retirado de la salida de lecho 64 de un reactor 30 puede ser alimentado al reactor regenerador 80, el cual puede operar en una configuración de lecho fluidizado o movable. El envenenamiento del catalizador principalmente estaría causado por las reacciones de sulfatación de SO_x en el gas de combustión, por ejemplo: $\text{CuO} + \text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \Rightarrow \text{Cu SO}_4$. Esta reacción de envenenamiento con azufre procede a una tasa medible en alrededor de 750°F . Los reactores de lecho movable 30 descritos aquí preferiblemente operaran alrededor de 300°F ; esto es, preferiblemente aguas abajo del calentador de aire en la dirección del flujo del gas de combustión. Como

tal, la tasa y el grado de envenenamiento con azufre será pequeño, significando que el reactor de regeneración 80 puede ser dimensionado para un trabajo relativamente pequeño de desulfuración. En una modalidad preferida, la inyección de gas natural (metano, CH_4) a temperatura elevada, por ejemplo cerca de 840°F , para la regeneración del catalizador sulfatado se podrá emplear. Esta reacción procede de acuerdo con: $\text{CuSO}_4 + \frac{1}{2} \text{CH}_4 \Rightarrow \text{Cu} + \text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. El Cu es oxidado subsecuentemente en la presencia de O_2 y regresado a su estado activo "SCR de NO_x ". El agotamiento del sistema de regeneración de sulfato principalmente consiste de aire y pequeñas cantidades de SO_2 y CO_2 . Como se muestra en la Fig. 7, ésta corriente puede ser suministrada dentro del lavador húmedo para típicamente quedar localizada aguas abajo del reactor de lecho movable 30 o SCR 70 para su limpieza.

En el reactor catalítico de lecho moviente 30, una fracción del catalizador de oxidación de Hg° ($\text{CuCl}/\text{CuCl}_2$ o CuBr_2) será convertida irreversiblemente en CuO de acuerdo con $\text{Hg}^\circ + \text{CuX}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \Rightarrow \text{HgX}_2 + \text{CuO}$, en donde X denota Cl o Br. Luego de la desulfuración/regeneración del catalizador por gas natural, los halógenos (X_2) o haluros de hidrógeno (HX) serán puestos en contacto con el catalizador de oxidación de Hg° para regenerar su especie activa (Ver Fig. 7). La regeneración del catalizador de la oxidación de Hg° inicia en el rango de temperatura entre $230\text{-}300^\circ \text{F}$. Debe notarse que para la combustión de carbones bituminosos altamente clorados, en la etapa de halogenación puede no ser requerida. En este caso, los catalizadores de la oxidación de Hg° puede ser halogenada in-situ continuamente por cloruro de hidrógeno en el gas de combustión. La regeneración del catalizador puede también involucrar el uso de materiales de lavado tales como gases, vapores, fluidos, sólidos o una combinación de estos para retornar el catalizador a la actividad catalizadora.

restaurada. Adicionalmente, aunque no se muestre en las Figuras, puede ser deseable suministrar corrientes arriba del precalentamiento del gas de los reactores de lecho moviente 30 si una ventana de temperatura específica que entra al mismo es requerida. Alternativamente. Tal precalentamiento con gas puede permitir la relocalización de los reactores de lecho movable 30 a una posición aguas abajo del equipo de desulfuración de gas de combustión 13. En ésta localización, el gas de combustión 14 ha sido limpiado de cenizas volantes y la mayor parte del óxido de azufre y otras especies contaminantes, pero está demasiado frío para una actividad catalítica apropiada de catalizador a baja temperatura; precalentar el gas a una temperatura deseada entonces sería requerida.

El reactor de lecho movable 30 descrito aquí presenta numerosas ventajas cuando se incorpora en un SCR 70 para la reducción de NO_x . Estas ventajas incluyen la capacidad de reducción del NO_x a baja temperatura simultánea y simultánea con la oxidación del mercurio, el uso de menos catalizador costoso, mayor facilidad de retroadaptación que en los SCR convencionales, la capacidad para colocar el reactor o los reactores 30 en una caja ESP existente, menor impacto en la eficiencia del ciclo de las plantas de potencia eléctrica, menor impacto de cenizas volantes, eliminación de contaminaciones del sulfato de amonio de las superficies del calentador de aire, y bajo impacto de balances de carga en el desempeño.

Específicamente, los catalizadores SCR convencionales de metal resistente a la sulfatación cuestan en el orden de \$10,000 dólares por megavatio, de capacidad de planta de potencia. Los catalizadores de óxido de cobre suficientes para lograr la $\alpha_p \tau$ necesaria en el desempeño equivalente en catalizadores SCR

convencionales, pero en las temperaturas de salida del calentador de aire (por ejemplo 250-350° F), cuestan alrededor de \$3,000 dólares por megavatio. El catalizador de óxido de hierro es algo menos costoso todavía. El uso de la configuración de catalizador monolítico convencional para el SCR a la temperatura de salida del calentador de aire requeriría catalizadores de metal noble tal como platino con un costo superior a los \$50,000 dólares/MW.

Mezclar catalizadores para cumplir los objetivos dobles de reducción de NO_x y de oxidación de mercurio se hace directo en el lecho movable. Esto suministra la habilidad para adaptar los catalizadores a los requerimientos específicos para la reducción de NO_x y la oxidación del mercurio, dependiendo de las necesidades específicas de la planta de potencia.

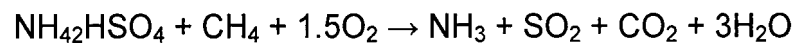
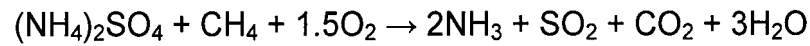
De los \$50,000 a \$60,000 dólares por megavatio para retroadaptar un SCR en una planta de potencia existente, cerca de un tercio de ese costo resulta de las dificultades de adaptación de SCR en el espacio limitado disponible entre el economizador de caldera y el calentador de aire. Debido a la manera como las plantas de potencia han sido en general diseñadas y construidas, la localización de la instalación del SCR generalmente está en exceso de 100 pies por encima de grado. Esta construcción causa que la caldera tenga que estar fuera de servicio durante un periodo extendido de tiempo para facilitar la construcción del SCR. Durante este periodo, el operador de la planta de potencia no puede generar potencia eléctrica, y consecuentemente pierde ventas durante este periodo de construcción. En contraste, un SCR capaz de reducir NO_x efectivamente (y oxidar Hg elemental) a bajas temperaturas prevalentes en el gas de combustión después de la salida del calentador de aire puede construirse en un nivel de grado y simplemente cortar la cadena de potencia entre el colector de polvo (ESP) y la pila

(o sistema FGD) durante un tiempo de salida de potencia relativamente corto. Esto obvia los problemas asociados con restricciones de espacio aguas arriba del calentador de aire, entre éste y el economizador en instalaciones convencionales. Si un campo evacuado del ESP va a ser usado para incluir los reactores de lecho moviente 30 descritos aquí, y por lo tanto para esencialmente ser convertidos a SCR de baja temperatura, entonces la parte superior del campo ESP que es usada puede ser removida, los internos eléctricos (electrodos y placas de recolección) pueden ser sacadas del ESP, y los nuevos reactores 30 levantados y colocados en su lugar con todo el trabajo llevado a cabo con un nivel de grado. Si la caldera tiene múltiples trenes de gas de combustión en el extremo posterior incluyendo múltiples ESP, entonces cada ESP puede ser adaptada una a la vez permitiendo que la unidad continúe con la generación de potencia a carga reducida mientras continua la construcción.

Los SCR convencionales impactan la eficiencia de la planta de potencia negativamente en por lo menos dos maneras. La primera tiene que ver con la caída de presión como se anotó anteriormente. Los reactores de lecho moviente 30 descritos aquí puede que no ofrezcan ninguna mejora en esto, principalmente porque la caída de presión tiene un efecto benéfico en el desempeño de la reducción del NO_x mediante forzar flujo de gas de combustión uniforme por los lechos movientes. La otra gran falla de energía de los SCR convencionales retroadaptados es el salto del gas de combustión alrededor del economizador para suministrar medios de control de temperatura en la entrada del SCR, especialmente a medida que la carga varía o el catalizador se envejece. Una porción de la energía térmica de ésta corriente se pierde en el ciclo de vapor. Algo (pero no todo) de esa energía perdida será recuperada por el calentador de aire. Por ejemplo, una elevación a 100° F en la temperatura de gas de combustión en la

entrada del SCR resultará en cerca de 50° F de elevación en la temperatura del gas de combustión que sale del calentador de aire. Este ejemplo causaría una pérdida en la eficiencia de la caldera de alrededor de 0.5%.

El amoníaco puede ser inyectado aguas arriba del reactor SCR para suministrar el reductor para la reducción con NO y NO₂ como se anotó anteriormente. Las reacciones colaterales no deseadas que ocurren a las temperaturas de operación elevadas de los SCR convencionales incluyen reacciones entre amoníaco, vapor de agua, y trióxido de azufre para formar sulfato de amonio y aerosoles de bisulfato de amonio. Lo anterior forma un aerosol sólido que es inconsecuente con la operación de la planta de potencia. Pero, lo último, el bisulfato de amonio (NH₄HSO₄) tiene un punto de fusión de 297° F. Ya que es la sal de un ácido fuerte y base débil, éste aerosol es tanto ácido como líquido. Tiende a depositarse en las superficies del calentador de aire donde éste recoge cenizas volantes y crea problemas operativos y problemas corrosión a más largo término. En contraste, la mayor parte de las superficies aguas abajo del calentador de aire (dirección de flujo del gas de combustión), incluye un SCR de baja temperatura instalado aguas abajo, están cerca o por debajo del punto de fusión del bisulfato de amonio. Las incrustaciones en las superficies por el bisulfato de amonio por lo tanto no son un problema significativo para el SCR de baja temperatura descrito aquí. Para los reactores de lecho moviente 30, aún si el sulfato de amonio o bisulfato fueran a depositarse sobre la superficie del catalizador, la regeneración periódica y continua del catalizador con gas natural como se describió anteriormente ofrece un mecanismo para remover o descomponer este depósito en una base continua de acuerdo con las siguientes reacciones:



Incorporar una serie o bancos de reactores de lecho movable 30 en una ESP existente aguas abajo del calentador de aire como se describió anteriormente sería los medios menos costosos para implementar un SCR de lecho movable en un ambiente retroadaptado. Sin embargo, se entenderá que un reactor de lecho movable independiente 30 o un banco de reactores podría disponerse en línea con la corriente del gas de combustión para suministrar un SCR de acuerdo con las modalidades descritas en cualquier punto aguas abajo del calentador de aire o el ESP.

Podrá apreciarse de lo anterior que mediante implementar uno o una pluralidad de reactores de lecho movable para poner en contacto el gas de combustión con un lecho catalizador movable en un SCR, se pueden usar catalizadores de metal base comunes más completos y menos costoso para el NO_x y el abatimiento del Hg, a pesar de su susceptibilidad al envenenamiento por azufre por los compuestos SO_x que pueden estar presentes en el gas de combustión. Esto es porque el catalizador fresco puede ser introducido continuamente en el lecho catalizador. El catalizador gastado, por ejemplo partículas de catalizador que han sido degradadas por el envenenamiento con azufre, también son removida continuamente del lecho catalizador, y puede ser o descartadas o regeneradas y reintroducidas dentro de ese lecho (lo último es lo preferido). También, debido a que muchos de estos catalizadores de base metal común resultan en energías de activación bajas para la reducción de NO_x de sus contrapartes de óxido de metal resistentes a la sulfatación, un SCR que utiliza estos catalizadores de base metal común en un reactor de lecho moviente puede

disponerse aguas abajo del calentador de aire porque el gas de combustión no requiere estar tan caliente para facilitar la reducción de NO_x . Esto resulta en una mejora en la eficiencia de las instalaciones de las calderas generadoras de electricidad porque el SCR ya no necesita quedar localizado aguas arriba del calentador de aire, lo que resulta en una pérdida de energía térmica que de otra manera pudiera utilizarse para precalentar el aire de combustión que ingresa. En adición, la necesidad de saltar la línea alrededor del economizador para asegurar una temperatura de gas de combustión adecuada para la catálisis de metal resistente a la sulfatación en la reducción de NO_x es completamente eliminada. Esto remueve otra fuente de pérdida de eficiencia en los diseños de retroalimentación SCR tradicionales. Se hace preferido que las partículas catalizadoras usadas en los reactores de lecho moviente descritos aquí sean sustancialmente vaciadas de metales resistentes a la sulfatación que son costosos, significando que estos metales resistentes a la sulfatación, están presentes, están presentes solamente como impurezas no evitables o de otra manera en cantidades pequeñas normalmente presentes en fuentes convencionales de metal común preferido o de compuestos catalizadores de óxido de metal, tales como CuCl o CuCl_2 . Usar catalizadores de base de metal común en los reactores de lecho moviente descritos aquí, preferiblemente al menos 40%, más preferiblemente por lo menos 50, 60, 70, 80, 90 o 95 por ciento de todo el NO_x presente en el gas de combustión es reducido al contacto con las partículas catalizadoras en el lecho moviente (por ejemplo mediante reacción catalizada con reductor de amoníaco, también presente), a una temperatura en el rango entre 250 a 350° F. En modalidades preferidas, por lo menos 40%, más preferiblemente por lo menos 50, 60, 70, 80, 90 o 95 por ciento de todo el mercurio elemental presente en el gas de combustión en también oxidado a un estado de oxidación elevado al contacto con las partículas catalizadoras, las cuales pueden contener especies

catalizadoras separadas efectivas para la reducción NO_x y las oxidación de Hg, respetivamente. Como se mencionó anteriormente, tales especies catalizadoras separadas pueden ser mezcladas para formar una mezcla compuesta de catalizadores, o el SCR puede incluir dos bancos separados de reactores de lecho moviente dispuestos en serie, uno con catalizador para la reducción de NO_x y el otro con catalizador para la oxidación de Hg.

Aunque la invención ha sido descrita con respecto a ciertas modalidades, debe reconocerse que la invención no está limitada por ellas, y numerosas modificaciones y adaptaciones de la misma, lo mismo que otras modalidades, son posibles y pudieran ser efectuadas por una persona ordinariamente versada en la técnica quien haya revisado o leído la presente divulgación. Por ejemplo, aunque la anterior descripción se suministra principalmente con respecto a calderas que queman carbón, podrá apreciarse que la tecnología de SCR de lecho moviente descrita aquí puede aplicarse para controlar o retirar el NO_x y otras emisiones (tales como Hg) en el gas de combustión existente en cualquier otro tipo de caldera o cámara de combustión, incluyendo aquellos quemadores de otros combustibles, tales como desechos de madera, biomasa, desechos municipales, y basura, en donde tales especies no deseables son generadas. Como ejemplo adicional, los compuestos de sal u óxido de metal de base común diferentes a aquellos con base en cobre pueden también ser usados en los reactores de lecho movible descritos anteriormente, todo lo anterior debe ser considerado dentro del espíritu y alcance de la presente invención según se establece en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES MODIFICADAS

1. Un aparato que comprende:

una cámara de combustión para la combustión de un combustible, donde dicha cámara de combustión genera un gas de combustión que contiene una cantidad de NO_x que se desea remover; y

un reactor SCR que reduce una porción del NO_x presente en el gas de combustión, dicho reactor SCR comprende un reactor de lecho movable que comprende primero y segundo límites opuestos separados uno del otro para así definir un trayecto de lecho de catalizador vertical entre ellos, donde los primero y segundo límites tienen aperturas que se acomodan al pasaje del gas de combustión e inhiben el paso del catalizador.

Un alojamiento que tiene un lado corriente arriba y un lado corriente abajo, donde el gas de combustión entra por una entrada en el lado corriente arriba del alojamiento que es similar en tamaño al área superficial de un lado corriente arriba del primer límite, y el gas de combustión sale por una salida en el lado corriente abajo del alojamiento que es similar en tamaño al área superficial de un lado corriente abajo del segundo límite.

en donde el gas de combustión viaja por dicho reactor de lecho movable a través de la entrada, el primer límite opuesto, el trayecto del lecho, el segundo límite opuesto, y la salida.

2. El aparato de la reivindicación 1, dichos primero y segundo límites opuestos comprenden, respectivamente, una primer pila de persianas, y una segunda pila de persianas, cada una de dichas pilas de persianas comprende una serie de primeras o segundas persianas separadas verticalmente, respectivamente, dichas primera y segunda persianas en las respectivas primera y segunda pilas de persianas están inclinadas alejándose una de otra, dicho trayecto del lecho de catalizador está definido entre dichas primera y segunda pilas de persianas,

en donde el gas de combustión viaja por dicho reactor de lecho movable entre las primeras persianas separadas verticalmente, por el trayecto del lecho, y luego sale entre las segundas persianas verticalmente espaciadas.

3. El aparato de la reivindicación 1, dichos primero y segundo límites opuestos comprenden, respectivamente, una primer pila de persianas dispuesta adyacente a la entrada de dicho reactor SCR y una placa perforada dispuesta

adyacente a la salida de dicho reactor SCR, dicha primera pila de persianas comprende una serie de primera persianas separadas verticalmente que están inclinadas alejándose de dicha placa perforada, dicho trayecto de lecho del catalizador está definido entre dicha primer pila de persianas y dicha placa perforada,

en donde el gas de combustión viaja por dicho reactor de lecho movable entre las primeras persianas separadas verticalmente, por el trayecto del lecho, y luego sale por las aberturas provistas en dicha placa perforada.

4. El aparato de la reivindicación 1, dichos primero y segundo límites opuestos comprenden, respectivamente, primera y segunda placas perforadas, dicho trayecto de lecho del catalizador está definido entre dichas primera y segunda placas perforadas,

en donde el gas de combustión viaja por dicho reactor de lecho movable por un primer conjunto de aberturas provistas en dicha primer placa perforada, por el trayecto del lecho, y luego sale por un segundo conjunto de aberturas provistas en dicha segunda placa perforada.

5. El aparato de la reivindicación 1, dicho reactor SCR comprende dos ó más reactores de lecho movable dispuestos en paralelo con relación a un trayecto para el gas de combustión por el reactor SCR.

6. El aparato de la reivindicación 5, dichos dos ó más reactores de lecho movable están dispuestos en una configuración tipo acordeón cuando se ve por encima.

7. El aparato de la reivindicación 1, dicho reactor SCR comprende:
un primer banco de dichos reactores de lecho movable dispuestos en paralelo con relación a un trayecto para el gas de combustión por el reactor SCR;
y
un segundo banco de dichos reactores de lecho movable dispuestos en paralelo con relación a dicho trayecto de gas de combustión;
dicho segundo banco está dispuesto en serie con y dispuesto corriente abajo de dicho primer banco con relación a dicho trayecto de gas de combustión.

8. El aparato de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un calentador de aire localizado corriente abajo de dicha cámara de combustión con relación

a un trayecto para el gas de combustión que sale de dicha cámara de combustión, donde dicho calentador de aire calienta el aire de combustión que entra en la cámara de combustión por medio de intercambio de calor con el gas de combustión que sale de dicha cámara de combustión, dicho reactor SCR está localizado corriente abajo de dicho calentador de aire con relación a dicho trayecto del gas de combustión.

9. El aparato de la reivindicación 8, que comprende adicionalmente un precipitador electrostático que remueve partículas arrastradas en dicho gas de combustión localizado corriente abajo de dicho calentador de aire con relación a dicho trayecto del gas de combustión, dicho reactor SCR está dispuesto en dicho precipitador electrostático.
10. El aparato de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un precipitador electrostático que remueve las partículas arrastradas en dicho gas de combustión localizado corriente abajo de dicha cámara de combustión con relación a un trayecto para el gas de combustión que sale de dicha cámara de combustión, dicho reactor SCR está dispuesto dentro de dicho precipitador electrostático.
11. El aparato de la reivindicación 1, dichos primero y segundo límites opuestos diseñados para guiar un lecho movable de partículas catalizadoras corriente abajo por dicho trayecto del lecho de catalizador desde una entrada de lecho localizada en la parte superior de dicho reactor de lecho movable hacia una salida de lecho localizada en la base del mismo.
12. El aparato de la reivindicación 11, que comprende adicionalmente el equipo de regeneración de lecho diseñado que regenera las partículas de catalizador gastadas que salen de dicha salida de lecho, un transportador de salida para transportar las partículas de catalizador gastadas desde dicha salida de lecho hasta dicho equipo de regeneración del lecho para la regeneración del mismo, y un transportador de entrada para transportar las partículas de catalizador regeneradas desde dicho equipo de regeneración hacia dicha entrada de lecho.
13. El aparato de la reivindicación 12, dicho transportador de salida y dicho transportador de entrada están adaptados para transportar continuamente partículas de catalizador desde dicha salida de lecho, por dicho equipo de regeneración y hacia dicha entrada de lecho en un lazo cerrado.

14. El aparato de la reivindicación 12, dicho reactor SCR comprende dos ó más reactores de lecho movable dispuestos en paralelo con relación a un trayecto para el gas de combustión por el reactor SCR, en donde dicho transportador de salida está adaptado para transportar las partículas de catalizador gastadas que salen de las salidas de lecho de todos los dichos reactores de lecho movable hacia dicho equipo de regeneración, y dicho transportador de entrada está adaptado para transportar las partículas del catalizador regenerado desde dicho equipo de regeneración hacia las entradas del lecho de todos los dichos reactores de lecho movable.
15. El aparato de la reivindicación 12, donde uno o más de dichos transportadores de salida y transportador de entrada comprenden medios vibratorios para suministrar vibraciones a las partículas de catalizador presentadas allí.
16. El aparato de la reivindicación 1, dicha cámara de combustión es una caldera accionada por carbón, dicho combustible comprende carbón.
17. El aparato de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un lecho de partículas de catalizador dispuestas en dicho trayecto de lecho de catalizador, dichas partículas del catalizador comprenden una o más especies de partículas seleccionadas del grupo que consiste de óxidos de metal base común y sales de metal base común.
18. El aparato de la reivindicación 17, dichas partículas del catalizador están libres de catalizador de metal resistente a la sulfatación.
19. Un método para tratar el gas de combustión que sale de una cámara de combustión para remover NO_x en él, comprende:
suministrar un reactor de lecho movable que comprende primero y segundo límites opuestos que definen un trayecto de lecho catalizador vertical entre ellos, dicho primer límite comprende una pila de persianas y dicho segundo límite comprende una placa perforada, dicha pila de persianas comprende una serie de persianas separadas verticalmente que están inclinadas alejándose de dicha placa perforada, dicha pila de persianas y dicha placa perforada están separadas una de otra para así definir dicho trayecto del lecho de catalizador vertical entre ellas;
suministrar un alojamiento para el reactor, donde el alojamiento tiene un lado corriente arriba y un lado corriente abajo, donde el gas de combustión

entra por una entrada en el lado corriente arriba del alojamiento que es similar en tamaño al área superficial de un lado corriente arriba del primer límite, y el gas de combustión sale por una salida en el lado corriente abajo del alojamiento que es similar en tamaño al área superficial de un lado corriente abajo del segundo límite.

suministrar un lecho de partículas de catalizador que fluye hacia abajo por dicho trayecto de lecho de catalizador, guiadas por los primero y segundo límites opuestos; y

fluir una porción del gas de combustión que sale de dicha cámara de combustión a lo largo del trayecto por dicho reactor de lecho movable de modo que viaje entre dichas persianas verticalmente separadas, por dicho trayecto de lecho, y luego salga por las aberturas provistas en dicha placa perforada.

20. El método de la reivindicación 19, en donde un calentador de aire está provisto aguas debajo de dicha cámara de combustión con relación a un trayecto de dicho gas de combustión para precalentar el aire de combustión antes de entrar a dicha cámara de combustión por vía del intercambio de calor con dicho gas de combustión, dicho reactor de lecho movable está dispuesto aguas debajo de dicho calentador de aire con relación a dicho trayecto de gas de combustión.
21. El método de la reivindicación 19, que comprende suministrar dos ó más reactores de lecho movable dispuestos en paralelo con relación a un trayecto de dicho gas de combustión por ellos.
22. El método de la reivindicación 21, en donde un precipitador electrostático para remover las partículas arrastradas en dicho gas de combustión está dispuesto corriente abajo de dicha cámara de combustión, y en donde dichos dos ó más reactores de lecho movable están dispuestos dentro de dicho precipitador electrostático.
23. El método de la reivindicación 19, que comprende adicionalmente suministrar partículas de catalizador gastado que sale de dicho reactor de lecho movable hacia el equipo de regeneración para la regeneración de éstas, y suministrar las partículas de catalizador regenerado desde dicho equipo de regeneración de nuevo dentro de dicho trayecto de catalizador en un lazo cerrado.

24. El método de la reivindicación 23, que comprende adicionalmente vibrar las partículas de catalizador mientras están en tránsito desde dicho reactor de lecho movable hacia dicho equipo de regeneración, desde dicho equipo de regeneración hacia dicho reactor de lecho movable, o en ambos.
25. El método de la reivindicación 19, dicha cámara de combustión es una caldera accionada por carbón, dicho combustible comprende carbón.
26. El método de la reivindicación 20, que comprende suministrar dos ó más reactores de lecho movable corriente abajo de dicho calentador de aire y dispuestos en paralelo con relación a dicho trayecto del gas de combustión.
27. El método de la reivindicación 19, dicho gas de combustión tiene una temperatura en el rango de entre 250 a 350° F cuando viaja por dicho trayecto de lecho y entra en contacto con dichas partículas de catalizador, y en donde 40% ó más del NO_x presente en dicho gas de combustión queda reducido.
28. El método de la reivindicación 27, en donde 40% ó más del Hg elemental presente en dicho gas de combustión es aquí oxidado a un estado de oxidación mayor.
29. El método de la reivindicación 19, dichas partículas de catalizador comprenden una o más especies de partículas seleccionadas del grupo que consiste de óxidos de metal base común y sales de metal base común.
30. El método de la reivindicación 19, dichas partículas de catalizador están libres de catalizador resistente a la sulfatación.
31. El método de la reivindicación 19, dicho reactor de lecho movable resulta en una caída de presión no mayor a 4 pulgadas de calibre de agua en el viaje del gas de combustión por éste.
32. El método de la reivindicación 19, dicho lecho de partículas catalizadoras fluye hacia abajo por dicho trayecto de lecho de catalizador a una velocidad lineal menor a un pie por minuto.
33. El método de la reivindicación 19, donde uno ó más de dichos primero y segundo límites está inclinado con respecto a la vertical.

- 34.** El aparato de la reivindicación 3, donde las aberturas en las placas perforadas son circulares y tienen el mismo diámetro, el cual es de alrededor de la mitad del diámetro del catalizador.
- 35.** El aparato de la reivindicación 34, donde alrededor del cuarto de la área superficial de las placas perforadas es comprendida por las aberturas.

DGA\IDGA\ID-241312\WPC16645

62

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

RECIBO DE CAJA

No. 13 - 0035838

Bogotá D.C., Abril 16 de 2013 - 16:50:20

RECIBIDO DE : CAVELIER ABOGADOS NI 860.041.367

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	196871846	16/04/2013	29.281.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO	Vr.CONCEPTO
2	50005-01-01 SOLICITUDES	1607 REIVINDICACION PATENTE UNITARIA ADICIONAL A LAS 10 INIC	30.000.00	60.000.00
				\$60.000.00

SON: **SESENTA MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 10-010754- -00007-0000

Fecha: 2013-05-03 16:23:27 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 523 RESPUESTA Folios: 62

0010-16645-841-001-5

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mai: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

, Abril 16 de 2013 - 16:50:38