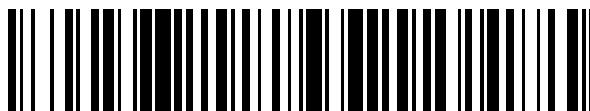


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 408 956**

51 Int. Cl.:

B01J 23/92 (2006.01)

B01J 38/64 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2008 E 08873218 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2013 EP 2259872**

54 Título: **Método de regeneración de catalizadores SCR envenenados por componentes fosforados de los gases de combustión.**

30 Prioridad:

11.03.2008 US 68966

08.10.2008 US 287365

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

24.06.2013

73 Titular/es:

**STEAG ENERGY SERVICES GMBH (100.0%)
Rüttenscheider Strasse 1-3
45128 Essen, DE**

72 Inventor/es:

**HARTENSTEIN, HANS-ULRICH y
HOFFMANN, THIES**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 408 956 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de regeneración de catalizadores SCR envenenados por componentes fosforados de los gases de combustión.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un método de regeneración de cualquier tipo de catalizador de reducción catalítica selectiva (SCR), más concretamente a un método de regeneración de un catalizador SCR envenenado, hasta el punto que está desactivado, por componentes fosforados que hay en un gas combustible.

10

Antecedentes de invención

Los procesos térmicos a altas temperaturas, por ejemplo la generación del vapor para la producción de electricidad en las centrales energéticas que utilizan combustibles fósiles, crean con frecuencia subproductos perjudiciales para el medio ambiente. Estos compuestos, concretamente los óxidos nitrosos (NO_x), han sido retirados de los gases combustibles de los procesos térmicos a altas temperaturas antes de ser descargados al medio ambiente, por ejemplo antes de salir de la central energética y entrar en contacto con el medio ambiente.

15

Lo normal para retirar los NO_x de los gases combustibles es el proceso de reducción catalítica selectiva (SCR), donde se inyecta un reactivo reductor, habitualmente amoníaco, para que se mezcle con el gas combustible, y se envía a través de una cámara de reacción catalítica, donde el catalizador facilita la reducción de los NO_x con el agente reductor, para formar nitrógeno elemental y agua. El catalizador, con frecuencia denominado catalizador DeNO_x, ayuda a estas reacciones y habitualmente está construido de dióxido de titanio que contienen los óxidos de metales de transición, tales como por ejemplo vanadio, molibdeno y wolframio, para actuar como componentes catalíticamente activos. El catalizador está dispuesto en láminas en forma de panal o como una estructura ondulada y situada paralelamente a la dirección del flujo de gas combustible. Sin embargo, durante la operación, el catalizador sufre una pérdida de actividad y de eficacia como resultado del taponamiento con cenizas y de la desactivación de los componentes activos a partir de ciertos compuestos contenidos en el gas combustible que son venenosos para el catalizador.

20

25

30

En la industria, hay también una tendencia a encontrar fuentes de combustibles alternativas a los combustibles fósiles. Uno de estos ejemplos es el uso de biocombustibles tales como biorresiduos y biomasa que se refieren a material biológico vivo o recientemente muerto que se puede usar como combustible o en la producción industrial. La producción de biomasa como una fuente alternativa de combustible es una industria que está creciendo. Tales materiales pueden incluir materia de origen vegetal o materia de origen animal y residuos biodegradables que se pueden quemar como combustibles, y que habitualmente excluye el material orgánico que ha sido transformado mediante procesos geológicos en sustancias tales como carbón o petróleo.

35

40

No obstante, el uso de biocombustibles, tales como la biomasa o la harina de huesos, usado solo o junto con combustible fósil, presenta nuevos retos para la regeneración de catalizadores. Además de los muchos componentes de los gases combustibles, venenosos para el catalizador, que habitualmente afectan a la actividad de un catalizador usado en la limpieza de los gases combustibles de los procesos térmicos, como por ejemplo una central energética que quema combustibles fósiles tradicionales, hay otros compuestos venenosos para el catalizador que presentan mayores retos para la regeneración de los catalizadores SCR. Por ejemplo, representa un reto la regeneración de catalizadores envenenados con fósforo debido a la desactivación de los catalizadores.

45

Según el artículo titulado "Deactivation Mechanisms of SCR Catalysts During the Co-Combustion of Bio-Residues", de J. Beck, S. Unterberger, K. Hein, se analiza la sustitución de combustibles fósiles por biorresiduos tales como lodos procedentes de aguas de cloacas, madera residual o harina de huesos o de carne, por ser de creciente interés para la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Según el artículo, durante la co-combustión de estas mezclas de combustibles en las centrales energéticas de combustión de carbón existentes, se observa una aumentada desactivación del catalizador SCR-DeNO_x. Se puede observar el mismo efecto cuando se queman ciertos combustibles fósiles, o cuando otros gases combustibles que exponen una composición similar son tratados mediante un proceso SCR. El análisis de las muestras de catalizador desactivado indica que la alta concentración de fósforo y de compuestos de sodio como componentes de biorresiduos, tiene una influencia significativa sobre la tasa de desactivación del catalizador. El artículo establece que para determinar el efecto de estos compuestos, se llevaron a cabo experimentos a escala de laboratorio usando gas combustible sintético impurificado, y en ensayos en banco de pruebas se investigó el comportamiento del fósforo durante la combustión del carbón y del combustible secundario rico en fósforo. El análisis del carbón sub-bituminoso de Powder River Basin indica también la presencia de especies alcalinas y de fósforo unidas orgánicamente. Recientes experiencias operacionales mostraron que en el caso de la co-combustión de harina de carne y de huesos (MBM), en calderas de centrales térmicas alemanas, una parte del 4% en peso de MBM da lugar a una grave desactivación del catalizador SCR instalado. El fósforo y los compuestos alcalinos en el combustible fueron considerados como elementos desactivadores primarios.

50

55

60

En la Tabla 1 se muestra una descomposición elemental típica y los porcentajes de concentración de muchos biocombustibles alternativos usados en centrales energéticas. Por ejemplo, la Tabla 1 expone las fuentes que incluyen madera, cereales, lodos de cloacas, y harina de carne y de huesos (MBM). Como se muestra en la Tabla 1, el fósforo representa una alta concentración en tales combustibles y da cuenta de un gran porcentaje de lo que se necesita retirar del catalizador mediante la regeneración del catalizador SRC.

Tabla 1

Elemento	Análisis de cenizas	Madera* (concentración %)	Cereales (concentración %)	Lodos de cloacas (concentración %)	Harina de huesos MBM (concentración %)
Silicio (Si)	SiO ₂	20 – 70	0,5 – 5	5,6 – 25,7	--
Aluminio (Al)	Al ₂ O ₃	5 – 10	0,1 – 1	1,1 – 8,5	--
Calcio (Ca)	CaO	2 – 30	0,1 – 1	1,4 – 42,9	--
Sodio (Na)	Na ₂ O	1 – 10	0,1 – 2	0,1 – 0,8	4 – 7
Potasio (K)	K ₂ O	2 – 15	10 – 30	0,3 – 1,6	1,5 – 4
Fósforo (P)	P ₂ O ₅	1 – 5	10 – 60	1,2 – 4,4	25 – 40

*Incluye molturas de tarimas, virutas de madera, residuos de molindas, y residuos de madera limpia

10 Por eso, existe la necesidad de un método para la regeneración del catalizador SCR que concretamente se desactiva a partir de los componentes fosforados que hay en los gases combustibles procedentes de procesos térmicos tales como los de las centrales energéticas, especialmente en el caso de la co-combustión de biomasa en vez de únicamente carbón.

15 El documento EP0353467 describe un método para regenerar un catalizador SCR que está desactivado por componentes del gas combustible, por ejemplo metales pesados y compuestos de metales pesados, respectivamente, concretamente compuestos de arsénico y metales alcalinos, metales alcalinotérreos y silicio contenido en el polvo combustible. El tratamiento de regeneración comprende tratar el catalizador con soluciones acuosas de hidróxidos de metales alcalinos y/o hidróxidos de metales alcalinotérreos.

20 El documento DE19829916 describe un método para regenerar un catalizador SCR que está desactivado por metales pesados u óxidos de metales pesados y compuestos de metales alcalinos, metales alcalinotérreos y de fósforo. El tratamiento de regeneración comprende lavar el catalizador en una solución para el tratamiento con ultrasonidos que comprende bases, ácidos, detergentes o agentes complejantes para mejorar la limpieza del catalizador. Para la regulación del valor del pH se emplean bases, preferiblemente sosa cáustica, y ácidos, preferiblemente ácido clorhídrico.

25 El documento WO2004/026447 describe un método para regenerar un catalizador SCR que está envenenado por fósforo y compuestos de fósforo, método que comprende tratar el catalizador envenenado por fósforo con soluciones acuosas de sales alcalinotérreas que dan reacción alcalina, hidróxido de amonio, sales de amonio que dan reacción alcalina o ácidos orgánicos solubles en agua con un valor de pK que oscila entre 2,5 y 5,5.

Resumen de la invención

35 La presente invención es para un método de regeneración de un catalizador SCR usado en la limpieza de gases combustibles procedentes de procesos térmicos tales como centrales energéticas que queman combustibles fósiles, biocombustibles, o una combinación de ellos, en los que el catalizador está envenenado por componentes fosforados contenidos en los gases combustibles y el catalizador se trata usando una base, preferiblemente un hidróxido de metal alcalino.

40 A partir de la descripción detallada, aquí proporcionada, serán evidentes más áreas de aplicación de la presente invención. Se comprenderá que la descripción detallada y los ejemplos específicos, aunque indican la realización preferida de la invención, están destinados únicamente a fines ilustrativos y no están destinados a limitar el alcance de la invención.

Descripción detallada de la invención

45 La siguiente descripción detallada de la invención es solamente de carácter ejemplar y en modo alguno está destinado para limitar la invención, su aplicación, o usos.

50 Una ventaja del método de la presente invención es que la función de retirada (DeNO_x) de los NO_x de un catalizador, puede ser recuperada con el método de la presente invención hasta un nivel que pueda aproximarse a, o conseguir, la actividad de un nuevo catalizador. En el método de la presente invención de la limpieza y regeneración de un catalizador de reducción catalítica selectiva (SCR), tiene lugar la eliminación de compuestos que envenenan el catalizador, y se combina con la re-impregnación de compuestos activos del catalizador para recuperar la máxima función catalítica. El método de la presente invención está particularmente indicado para la retirada de dicho

5 catalizador SCR del fósforo que envenenaba al catalizador, con el fin de recuperar la actividad del catalizador perdida. El término “catalizador envenenado con fósforo”, según se usa en la presente memoria descriptiva, se refiere a un catalizador que comprende aproximadamente 0,3 por ciento (%) en peso, o más, de fósforo, medido como pentóxido de fósforo (P_2O_5), en el que el tanto por ciento en peso está basado en el peso total de una porción del catalizador usada para el análisis, que es representativa del catalizador.

10 El método de la presente invención comprende retirar de una instalación de una central energética un catalizador envenenado con fósforo. La instalación de la central energética puede quemar combustible que incluye, pero que no se limita a, combustible fósil, biocombustible, y sus combinaciones. El catalizador se analiza, por ejemplo, para ver la composición y el nivel y el tipo de contaminante. El catalizador puede ser de una forma y tamaño que incluya, pero que no se limita a, forma de panel, tipo laminar, y de tipo ondulado. Las instalaciones de las centrales energéticas utilizan diversas fuentes de combustible con diferentes calidades y orígenes, que modifican todas ellas el grado de contaminación. Las instalaciones de las centrales energéticas que queman biocombustibles tienen, habitualmente, un nivel más alto de contaminación por fósforo sobre el catalizador, a diferencia de otros venenos del catalizador.

15 En el método de la presente invención, el catalizador se limpia previamente en seco. Una limpieza previa en seco se realiza habitualmente sin agua, mediante medios físicos, para retirar contaminantes físicos, tales como polvo y cenizas volantes, antes de que el catalizador sea limpiado químicamente o lavado y reactivado. Los medios físicos incluyen, pero no se limitan a, hacer el vacío, cepillado, someter a sacudidas, rascado y desmontaje del receptáculo del catalizador para separar, por ejemplo, las cenizas volantes atrapadas. El desmontaje de los receptáculos del catalizador se refiere a un tipo concreto de catalizador compuestos de múltiples cajas. Para este tipo de catalizador, habitualmente las cajas se retiran del bastidor del receptáculo con el fin de ser limpiadas previamente en seco. Un catalizador que está cargado de polvo y de cenizas volantes crea un impedimento físico a las reacciones que van a tener lugar para limpiar el gas combustible. Las cenizas volantes se quitan habitualmente mediante aire comprimido, mediante limpiadores industriales a vacío, o por simple gravedad.

20 Después de la limpieza previa, el catalizador es sometido a un lavado previo en húmedo. Lavar previamente en húmedo se refiere a lavar el catalizador mediante, por ejemplo, una manguera o una máquina de lavado a presión. El agua usada para el lavado previo en húmedo incluye, pero no se limita a, agua reciclada, agua de la red urbana, agua de tratamiento, agua de pozo, y agua desionizada. También puede formar una barrera capas de sales además de las cenizas volantes, y las sales se pueden retirar habitualmente mediante un lavado previo en húmedo.

25 Después de la limpieza previa, el lavado previo, o una combinación de ellos, el catalizador se limpia químicamente. La limpieza química del catalizador se produce habitualmente sumergiendo el catalizador en un baño de remojo y sometiéndolo opcionalmente a un tratamiento con ultrasonidos.

30 El catalizador se coloca en un baño de remojo para remojar y lavar el catalizador, o una combinación de ambos. El baño de remojo está habitualmente alojado en un depósito en el que opcionalmente se está soplando aire a través del catalizador durante el remojo. El baño de remojo comprende una solución acuosa de bases inorgánicas, ácidos inorgánicos, o una combinación de ambos. La eliminación de contaminantes que envenenan el catalizador se consigue mediante una base moderadamente fuerte o un ácido moderadamente fuerte. La solución acuosa comprende agua del tipo que incluye, pero que no se limita a, agua reciclada, agua de la red urbana, agua de tratamiento, agua de pozo, y agua desionizada. El baño de remojo puede, opcionalmente, comprender otros aditivos químicos que incluyen, pero no se limitan a, sustancias tensioactivas. El periodo de tiempo para el baño de remojo es de al menos treinta minutos. Preferiblemente, el periodo de tiempo para el baño de remojo es de aproximadamente 3 a 6 horas, aunque no hay límite sobre el máximo periodo de tiempo para el baño de remojo según la presente invención. Durante el baño de remojo, se pueden añadir productos químicos y agua para reemplazar cualquier cantidad de agua que, por ejemplo, se retire y se envíe, por ejemplo, a un sistema de aguas residuales.

35 Después del baño de remojo, el catalizador opcionalmente se coloca o se sumerge en un depósito donde es sometido a un tratamiento con ultrasonidos. El depósito para el tratamiento con ultrasonidos comprende agua y una base, ácido, o una combinación de ambos. Se pueden tratar al mismo tiempo uno o más catalizadores. Los transductores de ultrasonidos se colocan alrededor del catalizador, por ejemplo en la parte superior del catalizador y otro en el fondo del catalizador. Cada uno de los catalizadores es tratado con ultrasonidos simultáneamente, por ejemplo desde la parte superior y el fondo durante un periodo de tiempo tal como, por ejemplo 30 a 45 minutos, aunque periodos más largos y más cortos de tiempo están de acuerdo con el método de la presente invención. Se puede hacer circular la solución del tratamiento y/o sustituirla durante el transcurso del tratamiento.

40 Según el método de la presente invención, o bien en el baño de remojo, o en el tratamiento con ultrasonidos, o en una combinación de tanto el baño de remojo y el tratamiento con ultrasonidos, el baño o la solución del tratamiento comprende, preferiblemente, una base inorgánica para la eliminación de los contaminantes que incluyen fósforo. También se pueden usar sales con reacción alcalina, tales como carbonatos, dependiendo de la disponibilidad y el coste. Según el método de la presente invención, para retirar el fósforo, el baño o la solución del tratamiento comprende una base, o bases, inorgánicas que se seleccionan del grupo de hidróxidos de metales alcalinos. Los

hidróxidos de metales alcalinos preferidos incluyen, pero no se limitan a, hidróxido de sodio (NaOH) e hidróxido de potasio (KOH). Según el método de la presente invención, los hidróxidos de metales alcalinos tienen un pH en el intervalo desde por encima de 8,5, preferiblemente aproximadamente 10, a aproximadamente 14, más preferiblemente desde aproximadamente 12 hasta aproximadamente 13. El hidróxido de metal alcalino está presente preferiblemente en un intervalo de concentración de aproximadamente 0,1% en peso a aproximadamente 4% en peso, basado en el peso del baño o de la solución. El baño de remojo o la solución del tratamiento con ultrasonidos tiene una temperatura de hasta aproximadamente 80°C (176°F), más preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 15,5°C (60°F) a aproximadamente 60°C (140°F), muy preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 48,8°C (120°F) a aproximadamente 54,4°C (130°F).

A continuación del baño de remojo y/o el tratamiento con ultrasonidos en una solución básica, el método de la presente invención comprende el tratamiento del catalizador en una solución ácida denominado neutralización. Entre los fines del tratamiento con ácido está retirar el exceso de base o de solución alcalina y activar los centros de reacción del catalizador. Los ácidos que se van a usar pueden ser orgánicos o inorgánicos. Después de la neutralización, el catalizador se enjuaga y a continuación se seca.

Después de que el catalizador se haya enjuagado y secado, se analiza el catalizador para determinar la concentración de componentes activos, tales como cualquier óxido metálico de transición que estén comprendidos en los lugares activos del catalizador. Una significativa pérdida de componentes activos hace necesaria la re-impregnación del catalizador mediante el tratamiento del catalizador en una solución acuosa que comprende agua y sustancias orgánicas e inorgánicas con diversas concentraciones de compuestos metálicos. El catalizador es secado a continuación para preparar el catalizador para el servicio.

Los hidróxidos de metales alcalinos, a diferencia de los hidróxidos de metales alcalinotérreos, se usan según el método de la presente invención para la retirada del fósforo. Por ejemplo, el uso de hidróxidos de metales alcalinos, a diferencia de los hidróxidos de metales alcalinotérreos, aumenta drásticamente la concentración de fósforo en la solución, mejorando por ello la regeneración del catalizador. Otra ventaja de los hidróxidos de metales alcalinos, a diferencia de los hidróxidos de metales alcalinotérreos, para la retirada del fósforo, es que los hidróxidos de metales alcalinos son más fáciles de retirar durante las diversas etapas de regeneración, comparados con los hidróxidos de metales alcalinotérreos.

La presente invención se puede comprender mejor haciendo referencia a los siguientes ejemplos no limitadores, expuestos a continuación.

Ejemplo 1

En este ejemplo, se obtuvieron 15 gramos de un catalizador SCR y se sumergieron durante treinta (30) minutos en 100 ml de cada una de las soluciones expuestas en las Tablas 2 y 3. El pH de cada solución se midió usando un medidor de pH. La temperatura de cada solución se midió usando un termómetro de vidrio relleno de mercurio. La concentración de fosfato en la solución se midió en ppm para cada solución.

Tabla 2

Solución	pH	Concentración de fosfato en la solución (ppm)	Temperatura
H ₂ O	6,3	30	Temperatura ambiente
H ₂ O	6,3	30	Temperatura ambiente
Ca(OH) ₂	4,5	40	Temperatura ambiente
Ca(OH) ₂	8,5	30	Temperatura ambiente
Ca(OH) ₂	8,5	30	Temperatura ambiente
Ca(OH) ₂	10,5	40	Temperatura ambiente
Ca(OH) ₂	10,5	30	Temperatura ambiente
Ca(OH) ₂	11,8	40	Temperatura ambiente
Ca(OH) ₂	11,75	40	Temperatura ambiente
Ca(OH) ₂	11,8	50	51,7°C (125°F)
NaOH	8,5	50	Temperatura ambiente
NaOH	8,5	60	Temperatura ambiente
NaOH	12,1	100	Temperatura ambiente
NaOH	12,1	120	Temperatura ambiente
NaOH	12,1	220	51,7°C (125°F)
NaOH	12,1	350	79,4°C (175°F)
NaOH	12,9	250	Temperatura ambiente
NaOH	12,9	400	51,7°C (125°F)
NaOH	12,9	500	79,4°C (175°F)

Tabla 2 (continuación)

Solución	pH	Concentración de fosfato en la solución (ppm)	Temperatura
NaOH	13,9	250	Temperatura ambiente
NaOH	13,9	400	51,7°C (125°F)
NaOH	13,9	550	79,4°C (175°F)
H ₂ SO ₄	2,0	70	Temperatura ambiente
H ₂ SO ₄	2,0	80	Temperatura ambiente
NH ₄ OH	10,85	50	Temperatura ambiente
NH ₄ OH	10,85	40	Temperatura ambiente

5

Tabla 3

Solución	pH	Concentración de fosfato en la solución (ppm)	Temperatura
H ₂ O	2,5	30	60°C (140°F)
Ca(OH) ₂	3,4	30	60°C (140°F)
Ca(OH) ₂	3,5	30	Temperatura ambiente
Ca(OH) ₂	4,4	30	Temperatura ambiente
Ca(OH) ₂	4,5	30	60°C (140°F)
NaOH	3,5	30	Temperatura ambiente
NaOH	3,5	30	60°C (140°F)
NaOH	4,4	30	60°C (140°F)
NaOH	4,5	30	Temperatura ambiente

10

15

Se hicieron las siguientes observaciones con respecto a la tasa de retirada de fósforo, basándose en las medidas del fosfato en solución. A partir de los datos de la Tabla 2 se observó que el NaOH retiraba más fósforo del catalizador que el Ca(OH)₂. También se observó a partir de los datos de la Tabla 2 que la tasa de retirada de fósforo con NaOH no aumentaba en la misma medida con pH a, o por debajo de, 8,5 que lo hacía a un pH superior a 8,5. También se observó a partir de los datos de la Tabla 2 que se obtenían tasas de retirada incluso más grandes con NaOH a temperaturas superiores a la temperatura ambiente. También se observó a partir de la Tabla 3 que un pH bajo no tenía efecto sobre la retirada del fósforo, ya que se puede ver que la tasa de retirada de fósforo de una solución alcalina con un pH inferior a 5 y/o una solución alcalinotérrica, no era superior que la tasa de retirada de fósforo del agua sola.

Ejemplo 2

20

25

30

35

Se realizó un análisis XRF (fluorescencia de rayos X) de un catalizador SCR procedente de una central energética de acuerdo con VGB-R 302 H e, 2ª edición (el equivalente inglés es EPRI's Protocol for Laboratory Testing of SCR Catalyst Samples: 2nd edition [Protocolo de EPRI para ensayos de laboratorio de muestras de catalizadores SCR: 2ª edición] (EPRI 1014256)). A partir de los datos resultantes del análisis XRF expuestos en la Tabla 4, se observó que el arsénico no era la razón de la reducción de la actividad del catalizador y, por lo tanto, no era la base para la regeneración del catalizador. En la Tabla 4 que hay más adelante, el mismo catalizador fue sometido a ensayo cada vez. La parte superior de la Tabla 4 indica la actividad del catalizador. El nuevo catalizador tenía una actividad de 42,7 metros/hora, que con el tiempo se redujo en casi el 50%. La actividad del catalizador y la tasa de conversión de SO₂/SO₃ se determinaron a escala de banco de pruebas, y el análisis se realizó de acuerdo con VGB-R 302 H e, 2ª edición. A partir de los datos de la Tabla 4 se observó que la desactivación del catalizador era debido a una capa obturadora (SiO₂, CaO, SO₃) y al envenenamiento con sodio (Na), magnesio, (Mg), potasio (K), y de manera muy importante con fósforo (P). La "pequeña" cantidad de arsénico (por debajo de 0,2 se consideró "pequeña") se consideró que era un factor insignificante para la desactivación del catalizador. Retirando el Ca, Na, K, y Mg del catalizador (lavando con agua), se volvió a ganar algo de actividad, pero retirando el P del catalizador, se recuperó el catalizador hasta aproximadamente el 85 – 90% de su actividad catalítica original. A partir de los datos de la Tabla 4 se observó que había casi una reducción del 66% del fósforo en el catalizador con una limpieza con una solución de NaOH al 2%, si se compara con una limpieza sólo con agua, y casi una reducción del 72% del fósforo en el catalizador con una limpieza con una solución de NaOH al 2%, si se compara con que no haya tratamiento de limpieza.

Tabla 4

	Central energética A	Central energética A	Central energética A
Tratamiento	Ninguno	Limpieza con agua	Limpieza con solución de NaOH al 2%
Actividad del catalizador con forma de panal (metros/hora)	24,03	30,7	37,0
Actividad del catalizador con forma de panal - Nuevo (metros/hora)	42,7	42,7	42,7
COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CATALIZADOR			
SiO ₂ (% en peso)	11,7	15,6	4,5
Al ₂ O ₃ (% en peso)	2,9	2,6	1,1
Fe ₂ O ₃ (% en peso)	1,14	1,2	1,1
TiO ₂ (% en peso)	63,9	68,6	83,3
CaO (% en peso)	2,2	0,97	1,1
MgO (% en peso)	0,24	0,18	0,1
BaO (% en peso)	0,03	0,03	0,03
Na ₂ O (% en peso)	0,19	0,03	0,12
K ₂ O (% en peso)	0,21	0,06	0,03
SO ₃ (% en peso)	8,8	1,14	0,32
P ₂ O ₅ (% en peso)	0,64	0,53	0,18
V ₂ O ₅ (% en peso)	0,47	0,48	0,35
WO ₃ (% en peso)	7,2	8,1	7,4
MoO ₃ (% en peso)	0,09	0,1	0,03
Nb (% en peso)	0,08	0,09	0,12
As (% en peso)	0,09	0,09	0,04

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para regenerar un catalizador SCR envenenado con fósforo, comprendiendo el método tratar el catalizador envenenado con fósforo con un hidróxido de metal alcalino a un pH de 10 a 14.
2. El método según la reivindicación 1, en el que el hidróxido de metal alcalino es hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, o una combinación de ambos.
- 10 3. El método según la reivindicación 1, en el que el método se realiza a una temperatura de hasta 80°C (176°F).
- 15 4. El método según la reivindicación 3, en el que el hidróxido de metal alcalino es hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, o una combinación de ambos.
5. El método según la reivindicación 3, en el que el catalizador envenenado con fósforo se trata en un baño de remojo, una solución para tratamiento con ultrasonidos, o una combinación de ambos.
- 20 6. El método según la reivindicación 5, en el que el baño de remojo o la solución para el tratamiento con ultrasonidos comprende además una sustancia tensioactiva.
7. El método según la reivindicación 3, en el que el catalizador se trata a una temperatura en un intervalo de 16°C (60°F) a 60°C (140°F).
- 25 8. El método según la reivindicación 7, en el que el catalizador se trata a una temperatura en un intervalo de 49°C (120°F) a 54°C (130°F).
9. El método según la reivindicación 3, en el que el pH está en el intervalo de 12 a 13.
- 30 10. El método según la reivindicación 1, en el que el tratamiento del catalizador envenenado con fósforo, con un hidróxido de metal alcalino, comprende sumergir en un baño de remojo, una solución para tratamiento con ultrasonidos, o una combinación de ambos, en el que el baño de remojo o la solución para el tratamiento con ultrasonidos tiene un pH en el intervalo de 10 a 14, y una temperatura en el intervalo de 16°C (60°F) a 60°C (140°F).
- 35 11. El método según la reivindicación 10, en el que el hidróxido de metal alcalino es hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, o una combinación de ambos.
- 40 12. El método según la reivindicación 10, en el que la temperatura del baño de remojo o la solución para el tratamiento con ultrasonidos está en un intervalo de 49°C (120°F) a 54°C (130°F).
13. El método según la reivindicación 10, en el que la temperatura del baño de remojo o la solución para el tratamiento con ultrasonidos comprende además una sustancia tensioactiva.
- 45 14. El método según la reivindicación 10, en el que la concentración de hidróxido de metal alcalino es de 0,1% en peso a 4% en peso.