

DISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO DE TRATAMIENTO DE GASES DE
COMBUSTIÓN

La presente invención se refiere a un procedimiento de
5 tratamiento de gases de escape de combustión, también
denominado procedimiento de tratamiento de gases de
combustión, en un tubo de horno con un compuesto pulverulento
y el dispositivo para su aplicación.

10 En la presente invención, tubo de horno significa la
zona de postcombustión (también denominada caldera) y/o
cualquier tubo o cualquier dispositivo por el cual pasan los
gases de combustión, después de la zona de postcombustión y
antes de la chimenea para evacuar dichos gases de combustión.

15 El procedimiento y el dispositivo a los que se dirige la
presente invención se pueden usar para el tratamiento de los
gases de combustión procedentes de la combustión de
combustibles convencionales o combustibles de sustitución,
20 líquidos o sólidos. Estos tratamientos de combustión o
térmicos se llevan a cabo en cámaras tales como calderas,
hornos, incineradores, sin que esto esté limitado, que de
manera indistinta se denominan hornos en el presente
documento.

25 Estas combustiones producen gases de combustión a alta
temperatura que generalmente se evacuan a la atmósfera
mediante una chimenea. Además de las cenizas volantes, estos
gases de combustión comprenden por lo general gases ácidos
30 tales como HCl, HF, SO₂, SO₃, ... y otros contaminantes tales
como metales pesados (Hg, ...), dioxinas y/o furanos. Estos
gases son perjudiciales para el medio ambiente y la salud, y
es deseable eliminarlos antes de evacuar los gases de

combustión a la atmósfera.

Con este fin, un procedimiento conocido, denominado abatimiento, implica la inyección de reactivos en polvo, en el tubo de horno, para su salida en los gases de combustión. Dichos compuestos incluyen, en particular, compuestos de calcio-magnesio, tales como cal hidratada en polvo, o compuestos de carbono tales como carbón activado o coque de lignito, por ejemplo. La cal hidratada en polvo, también denominada cal apagada, significa un conjunto de partículas sólidas constituidas principalmente por Ca(OH)_2 , hidróxido de calcio. También se pueden usar otros compuestos minerales tales como compuestos de sodio tales como un carbonato o bicarbonato de sodio o los compuestos utilizados para el abatimiento de dioxinas, furanos y/o metales pesados que incluyen mercurio, por ejemplo, tales como, los incluidos en filosilicatos, como sepiolita o halosita o equivalentes.

Dicho procedimiento de abatimiento, sin embargo, impone numerosas limitaciones, en lo que respecta al caudal de transporte, caudal de inyección y dispersión radial del compuesto pulverulento en el tubo de horno, que en la actualidad son difíciles de conciliar.

Lo primero de todo, la inyección del polvo (compuesto pulverulento) en el tubo de horno debe llevarse a cabo a un caudal mayor que los caudales de los gases de combustión presentes en dicho tubo de horno, para evitar que el polvo se disperse mal en su interior y, en algunos casos, se aglomere contra las paredes del tubo de horno, bajo el efecto de la presión de estos gases que es demasiado alta. La velocidad de estos gases de combustión puede alcanzar más de 30 m/s, o incluso más de 50 m/s.

En segundo lugar, el transporte del polvo hasta el punto de inyección en el tubo de horno debe llevarse a cabo a velocidades de aproximadamente 15 a 20 m/s, ya que velocidades más elevadas suponen el riesgo de ocasionar fenómenos de fricción/atrición y/o colmatación del polvo en el conducto de transporte, y el último fenómeno también puede ocasionar, cuando el polvo contiene cal apagada, la carbonatación de dicho polvo.

Finalmente, el polvo debe dispersarse de forma homogénea en la totalidad de la sección transversal del tubo de horno (con respecto al el flujo de los gases de combustión en el tubo de horno) para permitir un abatimiento homogéneo y eficaz de los contaminantes gaseosos. Esta dispersión depende en particular del tamaño del tubo de horno y del caudal de los gases que pasan a su través. Dicho conducto tiene generalmente, en su centro, "venas", exactamente, zonas en las que la velocidad de los gases de combustión es mayor, lo que tiene un efecto negativo sobre la distribución homogénea del polvo en el tubo de horno. Para superar estos problemas de dispersión, se utilizan en la actualidad "boquillas de penetración", es decir, conductos metálicos que penetran en el tubo de horno y que, por tanto, están sometidas completamente a los gases de combustión.

No obstante, estas "boquillas de penetración" siguen teniendo numerosas desventajas.

Lo primero de todo, es muy difícil que estas puedan resistir las condiciones de temperatura y acidez a las que están expuestas en el tubo de horno, y tienen una vida útil muy limitada, en particular, menos de un mes cuando están sometidas a temperaturas elevadas. Por tanto, requieren

sustitución frecuente, que, además de generar costes de operación no despreciables, supone detener el horno, a veces durante varios días. Reiniciar la combustión después de cada parada del horno, para sustituir las boquillas de penetración, resulta un problema cuando estos hornos no alcanzan rápida y fácilmente el equilibrio durante la combustión.

Estas "boquillas de penetración" también están sometidas a colmatación interna debido a las propiedades del compuesto pulverulento y su capacidad de aglomeración.

Por consiguiente, estas "boquillas de penetración", aunque permiten una buena dispersión del polvo en el tubo de horno, suponen numerosos problemas de aplicación, en particular en lo que respecta al mantenimiento, que no son muy compatibles con el uso previsto, ya que estas boquillas no permiten el funcionamiento óptimo del horno.

El documento US 2013/0125749 describe un dispositivo y un procedimiento para el abatimiento de gases ácidos y metales pesados en un tubo de horno usando una boquilla para transportar un absorbente y una boquilla de inyección de aire periférico, siendo estas boquillas concéntricas, y estados abiertas sobre la superficie interior del tubo de horno. Sin embargo, este procedimiento y este dispositivo tienen desventajas.

Lo primero de todo, se pueden usar con gases de combustión de temperatura igual o inferior a 454 °C (850 °F). Dichas temperaturas no son siempre permiten alcanzar condiciones de abatimiento óptimas. De hecho, la temperatura óptima para el abatimiento de contaminantes gaseosos depende,

en particular, de las características del contaminante a abatir y de la naturaleza del compuesto pulverulento utilizado. Por ejemplo, en el caso de un compuesto pulverulento que contiene cal apagada, se ha indicado que la reacción entre la cal apagada pulverulenta y el SO₂ gaseoso se puede estimular, en particular, en un intervalo de temperatura comprendido entre 850 °C (1562 °F) y 1150 °C (2102 °F).

10 Asimismo, este documento sugiere el uso de caudales de aire muy periféricos, hasta 6.000 m³/h, que conduce a una relación entre el caudal másico de aire periférico y el caudal de los gases de combustión comprendido entre el 3 y el 5 %. Dichos caudales perturbarán inevitablemente el funcionamiento global de la instalación de tratamiento de los gases de combustión.

De hecho, con caudales de aire periférico tan elevados, en comparación con el caudal de los gases de combustión, la cantidad del aire añadido a los gases de combustión no es insignificante y ocasiona, en particular, un enfriamiento no deseado de estos gases de combustión, reduciendo de esta manera el rendimiento energético global del horno. Dicho dispositivo también tiene el efecto de aumentar el caudal total y la concentración de oxígeno en los gases de combustión situados corriente abajo de dicho dispositivo, forzando de esta manera al operador a modificar la línea de tratamiento de los gases de combustión en consecuencia.

30 Existen también procedimientos para la desnitrificación de los gases de combustión usando una solución acuosa de amoníaco como se describe, en particular, en el documento EP0337073 que también divulga un dispositivo para aplicar

este procedimiento. Es evidente que los procedimientos de este tipo no implican los mismos problemas que los que aparecen durante la inyección de productos pulverulentos, en particular en lo que respecta a las limitaciones sobre el caudal de transporte.

La meta de la presente invención es, por tanto, superior las desventajas de la técnica anterior proporcionando un dispositivo de tratamiento de gases de combustión con un compuesto pulverulento para el abatimiento de contaminantes que no tiene las desventajas mencionadas anteriormente, concretamente, que proporciona un alto rendimiento en términos de abatimiento del contaminantes sin usar un dispositivo de penetración y perturbando tan poco como sea posible el funcionamiento global de la instalación para el tratamiento de gases de combustión.

Con este fin, se ha desarrollado para el tratamiento un dispositivo y un procedimiento, con un compuesto pulverulento para el abatimiento de contaminantes, de gases de combustión en un tubo de horno que permite su adaptación a una amplia gama de condiciones de funcionamiento, concretamente en lo que respecta a la temperatura de los gases de combustión a tratar, la naturaleza del contaminante a abatir y la naturaleza del compuesto pulverulento utilizado, sin modificar sustancialmente el resto de características de los gases de combustión a tratar (en particular, su caudal y su temperatura).

Por tanto, de acuerdo con un primer objeto, las invenciones se refieren a un dispositivo de inyección de un compuesto pulverulento para el abatimiento de contaminantes de los gases de combustión en un tubo de horno, comprendiendo

dicho dispositivo:

- una cámara conectada a un conducto periférico y dispuesta para conectarse a un primer elemento soplante
5 dispuesto para soplar un gas periférico al interior de dicha cámara y al interior de dicho conducto periférico, y a dicho tubo de horno mediante dicho conducto periférico,
 - comprendiendo dicho conducto periférico una primera porción que tiene un diámetro DP_1 , conectada a la cámara, y
10 una segunda porción que tiene un diámetro DP_2 , opuesta a la primera porción, que tiene un extremo corriente abajo, y previsto para estar en comunicación con el tubo de horno,
 - un conducto para transportar un compuesto pulverulento, previsto para conectarse a un segundo elemento
15 soplante dispuesto para soplar un gas de transporte al interior de dicho conducto de transporte, simultáneamente para inyectar gas periférico, teniendo dicho conducto de transporte un diámetro DT y un extremo corriente abajo,
- pasando dicho conducto de transporte a través de dicha
20 primera porción del conducto periférico de forma concéntrica y longitudinal, de tal forma que el extremo corriente abajo de dicho conducto de transporte se encuentra en un plano secante entre la primera y la segunda porción del conducto periférico.

25

Este dispositivo de acuerdo con la presente invención se caracteriza porque la segunda porción del conducto periférico tiene una longitud L mayor o igual que el diámetro (DP_2) de la segunda porción del conducto periférico y porque el
30 diámetro (DT) del conducto de transporte y el diámetro (DP_2) de la segunda porción del conducto periférico están vinculados por la siguiente relación:

$$0 < DP2 - DT < \frac{1}{2} DT.$$

De acuerdo con la presente invención, las expresiones "corriente abajo" y "corriente arriba" se utilizan en referencia a la dirección del flujo de los gases de combustión. Por ejemplo, si un gas se desplaza por una conducción en una dirección del flujo, entrará por un extremo corriente arriba de la conducción y saldrá por un extremo corriente abajo de la conducción.

De acuerdo con la presente invención, el gas de transporte y/o el gas periférico son, preferentemente, el aire ambiente de la atmósfera, independientemente entre sí.

De hecho, de acuerdo con la presente invención, el gas de transporte significa cualquier gas, en particular aire, que permite el transporte del compuesto pulverulento, mediante transporte neumático, en el conducto de transporte, hacia el tubo de horno.

De acuerdo con la presente invención, el gas periférico significa cualquier gas, en particular aire, que se introduce en el conducto periférico, en la periferia del conducto de transporte.

La presencia de la cámara, conectada al conducto periférico, y el hecho de que el conducto de transporte lo atraviesa de forma impermeable permite la formación de dos chorros de gas coaxiales; un flujo para transportar compuesto pulverulento y un flujo de gas periférico. Asimismo, la presencia de la segunda porción, que tiene una longitud L, del conducto periférico y las proporciones relativas entre los diámetros del conducto de transporte (DT) y de la segunda porción del conducto periférico (DP2) permiten crear un

efecto Venturi y que los chorros de gas se aceleren en la salida del dispositivo, mejorando de esta manera la capacidad de penetrabilidad del compuesto pulverulento inyectado al interior del tubo de horno. Por tanto, es posible distribuir
5 el polvo en el tubo de horno de una manera óptima sin tener que usar un dispositivo invasivo, al contrario de las "boquillas de penetración" de la técnica anterior, y reduciendo la cantidad de gas periférico necesaria para permitir una buena penetración del compuesto de abatimiento
10 pulverulento en el tubo de horno, al contrario del dispositivo y el procedimiento de la técnica anterior, documento US 2013/0125749.

La reducción en la cantidad de gas periférico permite
15 que la perturbación de las propiedades de los gases de combustión (en particular, su temperatura, su caudal y su contenido en oxígeno) queden limitada, al contrario del dispositivo del documento US 2013/0125749, necesitando este último un caudal muy elevado de aire periférico.

20

Por tanto, la presente invención también permite mejorar la recuperación de las calorías presentes en los gases de combustión, ya que el chorro de aire periférico enfría los gases de combustión mucho menos antes de su recuperación.
25 También permite conseguir y mantener las condiciones de temperatura óptimas que mejoran el abatimiento de los contaminantes mediante el compuesto pulverulento inyectado.

De hecho, tal como se ha mencionado anteriormente,
30 determinados intervalos de una temperatura específica permiten mejorar el abatimiento de contaminantes gaseosos. Estos intervalos de temperatura óptimos dependen, en particular, de las características del contaminante a abatir

y de la naturaleza del compuesto pulverulento utilizado. La presente invención, debido al bajo caudal de aire periférico utilizado, permite que la temperatura de los gases de combustión no se modifique sustancialmente, en particular en
5 el punto de inyección del compuesto pulverulento, y garantiza de esta forma que se mantiene la temperatura de reacción óptima.

En una realización específica de la presente invención,
10 el diámetro DP1 es mayor o igual que el diámetro DP2.

En otra realización específica de la presente invención, el diámetro DP1 es menor o igual que el diámetro DP2.

15 Ventajosamente, el extremo corriente abajo de la segunda porción del conducto periférico está conectada directamente al tubo de horno.

En otra realización ventajosa de la presente invención,
20 el conducto periférico puede comprender además una tercera parte que comprende una porción corriente arriba y una porción corriente abajo provista de un extremo corriente abajo, que tiene un diámetro DP3 menor que el diámetro DP2, estando dicho extremo corriente arriba previsto para conectar
25 con el extremo corriente abajo de la segunda porción del conducto periférico, estando dicho extremo corriente abajo previsto para conectar con el tubo de horno.

Esta realización específica permite la creación de un
30 segundo efecto Venturi, mejorando así adicionalmente el fenómeno de aceleración de los chorros de gas a la salida del dispositivo y, por tanto, la capacidad de penetración del compuesto pulverulento en el tubo de horno.

Preferentemente, el extremo corriente abajo de la tercera porción del conducto periférico está conectado directamente al tubo de horno.

5 La expresión "conectado directamente al tubo de horno" significa que el extremo corriente abajo de la segunda porción o de la tercera porción del conducto periférico finaliza lo más alejado posible en la pared interna de dicho tubo de horno. Aunque en el contexto de un dispositivo
10 industrial, no se puede excluir totalmente que el extremo corriente abajo de la segunda porción o de la tercera porción del conducto periférico se extienda de una forma no insignificante más allá de la pared interior después de haber atravesado el espesor del tubo de horno, de acuerdo con la
15 presente invención, se pretende más que el extremo corriente abajo de la segunda porción o de la tercera porción del conducto periférico finalicen en el espesor del tubo de horno o que el extremo corriente abajo de la segunda porción o de la tercera porción del conducto periférico se conecten a la
20 superficie exterior del tubo de horno.

Ventajosamente, dicha parte corriente arriba de la tercera porción del conducto periférico tiene la forma de un cono truncado.

25

De acuerdo con una realización preferida, dicho compuesto pulverulento es un compuesto de calcio-magnesio que tiene la fórmula $a\text{CaCO}_3 \cdot b\text{MgCO}_3 \cdot x\text{CaO} \cdot y\text{MgO} \cdot z\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot t\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot u\text{l}$, donde l representa impurezas, a, b, x, y, z, t y u son fracciones másicas comprendidas, cada una de ellas, entre 0 y
30 100 %, donde $u \leq 5\%$, con respecto al peso total de dicho compuesto de calcio-magnesio, siendo la suma de las fracciones másicas $a+b+x+y+z+t+u$ igual al 100 % del peso

total de dicho compuesto de calcio-magnesio.

Ventajosamente, dicho compuesto pulverulento es un compuesto de calcio-magnesio que tiene la fórmula
5 $a\text{CaCO}_3.b\text{MgCO}_3.x\text{CaO}.y\text{MgO}.z\text{Ca}(\text{OH})_2.t\text{Mg}(\text{OH})_2.u\text{l}$, donde l representa impurezas, a, b, x, y, z, t y u son fracciones másicas comprendidas, cada una de ellas, entre 0 y 100 %, donde $u \leq 3 \%$, preferentemente $u \leq 2 \%$, en particular $u \leq 1 \%$ con respecto al peso total de dicho compuesto de calcio-
10 magnesio, siendo la suma de las fracciones másicas $a+b+x+y+z+t+u$ igual al 100 % del peso total de dicho compuesto de calcio-magnesio.

De acuerdo con estas realizaciones preferidas, el
15 comportamiento del dispositivo para el abatimiento de gases de combustión mejora adicionalmente para el abatimiento de contaminantes, en particular de SO_2 , a elevada temperatura.

De hecho, los compuestos de calcio-magnesio son
20 especialmente eficaces en el intervalo de temperaturas de gases de combustión de 850 °C a 1150 °C, especialmente cuando se trata de atrapar contaminantes ácidos tales como SO_x , frecuentemente más difíciles de atrapar eficientemente. Por el contrario, de acuerdo con las enseñanzas del documento US
25 2013/0125749, este resultado no podría obtenerse en forma alguna debido a las bajas temperaturas (menos de 454 °C) presentes en la ubicación donde el compuesto pulverulento se pone en contacto, temperaturas a las que se promueve especialmente la reacción de la cal con el CO_2 , en el caso de
30 un compuesto de calcio-magnesio en forma de hidróxido de calcio.

En otra realización ventajosa de la presente invención,

el compuesto pulverulento se puede seleccionar entre los compuestos de calcio-magnesio anteriormente definidos, compuestos de carbono, tales como carbón activado o coque de lignito, compuestos de sodio mineral, tales como carbonato de sodio o bicarbonato de sodio, filosilicatos que contienen compuestos minerales, tales como sepiolita o halosita, y sus mezclas.

Ventajosamente, el dispositivo de acuerdo con la presente invención comprende además:

- un primer elemento soplante conectado a la cámara y dispuesto para soplar un gas periférico al interior de dicha cámara y al interior del conducto periférico,
- segundo elemento soplante conectado al conducto de transporte y dispuesto para soplar un gas de transporte al interior de dicho conducto de transporte,
- un medio para dosificar compuesto pulverulento, conectado a un depósito de compuesto pulverulento y al conducto de transporte, corriente abajo de dicho segundo elemento soplante con respecto a la dirección de flujo del gas de transporte, dispuesto para que el gas de transporte impulse el compuesto pulverulento dosificado.

Ventajosamente, en el dispositivo de acuerdo con la presente invención, dicho primer elemento soplante y el segundo elemento soplante comprende medios para ajustar los caudales de tal forma que los caudales del primer elemento soplante y del segundo elemento soplante se pueden ajustar por separado.

Este rasgo proporciona al dispositivo buena flexibilidad de uso, permitiendo que se adapte a una amplia gama de

características de los gases de combustión (temperatura, velocidad, contaminantes...), de diámetro de la conducción y del compuesto de abatimiento pulverulento utilizado.

5 Ventajosamente, el depósito de compuesto de abatimiento pulverulento puede ser un depósito de compuesto de calcio-magnesio que tiene la fórmula $a\text{CaCO}_3.b\text{MgCO}_3.x\text{CaO}.y\text{MgO}.z\text{Ca}(\text{OH})_2.t\text{Mg}(\text{OH})_2.u\text{l}$, donde l representa impurezas, a, b, x, y, z, t y u son fracciones
10 másicas comprendidas, cada una de ellas, entre 0 y 100 %, donde $u \leq 5 \%$, con respecto al peso total de dicho compuesto de calcio-magnesio, siendo la suma de las fracciones másicas $a+b+x+y+z+t+u$ igual al 100 % del peso total de dicho compuesto de calcio-magnesio.

15

Ventajosamente, el depósito de compuesto de abatimiento pulverulento puede ser un depósito de compuesto de calcio-magnesio que tiene la fórmula $a\text{CaCO}_3.b\text{MgCO}_3.x\text{CaO}.y\text{MgO}.z\text{Ca}(\text{OH})_2.t\text{Mg}(\text{OH})_2.u\text{l}$, donde l
20 representa impurezas, a, b, x, y, z, t y u son fracciones másicas comprendidas, cada una de ellas, entre 0 y 100 %, donde $u \leq 3 \%$, preferentemente $u \leq 2 \%$, en particular $u \leq 1 \%$ con respecto al peso total de dicho compuesto de calcio-magnesio, siendo la suma de las fracciones másicas
25 $a+b+x+y+z+t+u$ igual al 100 % del peso total de dicho compuesto de calcio-magnesio.

Preferentemente, el calcio-magnesio comprende al menos cal hidratada.

30

En otra realización ventajosa de la presente invención, el depósito de compuesto de abatimiento pulverulento puede ser un depósito de compuesto de abatimiento pulverulento

seleccionado entre los compuestos de calcio-magnesio anteriormente definidos, compuestos de carbono, tales como carbón activado o coque de lignito, compuestos de sodio mineral, tales como carbonato de sodio o bicarbonato de sodio, filosilicatos que contienen compuestos minerales, tales como sepiolita o halosita, y sus mezclas.

En la práctica, una pluralidad de dispositivos de inyección de compuestos pulverulentos como se han definido anteriormente se pueden usar para formar un sistema de inyección de compuesto pulverulento.

Otras características y ventajas del dispositivo de acuerdo con la presente invención se mencionan en las reivindicaciones adjuntas.

De acuerdo con un segundo objeto, la invención se refiere a un tubo de horno provisto de al menos un dispositivo de inyección de un compuesto de abatimiento pulverulento como se ha definido anteriormente.

Otros rasgos y ventajas del tubo de horno de acuerdo con la presente invención se mencionan en las reivindicaciones adjuntas.

25

De acuerdo con un tercer objeto, la invención se refiere a un procedimiento de tratamiento de gases de combustión en un tubo de horno con un compuesto pulverulento para el abatimiento de contaminantes de los gases de combustión, que comprende:

30

- inyección de un chorro de gas de transporte que tiene un caudal másico Q_T , estando previsto dicho chorro de gas de

transporte para transportar dicho compuesto de abatimiento pulverulento al interior de dichos gases de combustión que tienen un caudal de gas de combustión Q_F ,

- simultáneamente, inyección de un chorro de gas, periféricamente con respecto al chorro de gas de transporte, formando un chorro de gas periférico que tiene un caudal másico Q_P .

Este procedimiento se caracteriza porque dicho caudal másico de gas periférico con respecto a dicho caudal másico de gases de combustión constituye una relación Q_P/Q_F comprendida entre 0,05 % y 0,25 %.

El procedimiento de acuerdo con la presente invención permite que las "boquillas de penetración", es decir, los conductos metálicos que penetran en el tubo de horno, y todos los problemas relacionados con las mismas, se eliminen. Permite conciliar las limitaciones de transporte e inyección de polvo, y el control de la distribución radial de dicho polvo con el fin de alcanzar las zonas deseadas en el tubo de horno, sin que sea necesario utilizar un dispositivo invasivo tal como una boquilla de penetración.

Asimismo, debido al uso de relaciones muy bajas de caudal de gas periférico con respecto al caudal másico de los gases de combustión, permite que las características de los gases de combustión del horno (en particular, en términos de temperatura, caudal, y concentración de oxígeno) no se modifiquen notablemente, lo que garantiza que se mantiene la temperatura óptima de la reacción de abatimiento a la vez que se previene que el rendimiento energético global del horno se reduzca y se perturbe el funcionamiento global de la instalación de tratamiento de estos gases de combustión.

Por el contrario, el documento US 2013/0125749 enseña el uso de una relación de caudales claramente superior para crear turbulencias para dispersar el flujo de compuesto pulverulento (mezcla) y para formar remolinos de compuesto pulverulento en el caudal de gas portador e incidentalmente en el flujo de gases de combustión.

En una realización preferida del procedimiento de acuerdo con la presente invención, dicho gas de transporte tiene una velocidad V_T y dicho gas periférico tiene una velocidad V_P , estando comprendida la velocidad del gas periférico V_P entre dos veces y veinte veces la velocidad del gas de transporte V_T según $2V_T \leq V_P \leq 20V_T$.

En una realización específica de la presente invención, el caudal másico del gas de transporte Q_T añadido al caudal másico del gas periférico Q_P con respecto al caudal másico de gases de combustión Q_F constituye una relación $(Q_T + Q_P)/Q_F$ comprendida entre 0,1 y un 0,5%. Por tanto, la relación de la suma de los caudales másicos del gas de transporte y del gas periférico respecto al caudal másico de gases de combustión está comprendida entre 0,1 y un 0,5%.

Ventajosamente, el compuesto pulverulento se inyecta con un caudal másico Q_A , constituyendo el caudal másico del gas de transporte Q_T con respecto al caudal másico de compuesto pulverulento una relación Q_T/Q_A comprendida entre 5 y 10. Por tanto, la relación entre el caudal másico del gas de transporte y el caudal másico de compuesto pulverulento puede estar comprendida entre 5 y un 10.

En una realización preferida del procedimiento de acuerdo con la invención, la inyección de los chorros de gas

de transporte y de gas periférico se produce en la cara interior del tubo de horno.

Ventajosamente, en el procedimiento de acuerdo con la presente invención, la temperatura de los gases de combustión a tratar está comprendida entre 850 °C y 1150 °C.

Asimismo, en el procedimiento de acuerdo con la presente invención, la velocidad de los gases de combustión a tratar está comprendida entre 2 m/s y 150 m/s, preferentemente entre 3 y 50 m/s, en particular entre 5 y 30 m/s

En una realización preferida, las velocidades de los chorros de gas de transporte y de gas periférico se ajustan independientemente entre sí.

Ventajosamente, en el procedimiento de acuerdo con la presente invención, el gas de transporte y/o el gas periférico es/son aire, independientemente entre sí.

En un procedimiento para el abatimiento de contaminantes, tal como el procedimiento de acuerdo con la presente invención, los gases de combustión comprenden contaminantes seleccionados entre el grupo que consiste en gases ácidos, concretamente sulfurados y/o halogenados, metales pesados, furanos, dioxinas y sus mezclas.

Más particularmente, en el procedimiento de acuerdo con la presente invención, los gases ácidos comprenden contaminantes seleccionados entre el grupo que consiste en SO₂, SO₃, HCl, HF, HBr, y sus mezclas.

En una realización ventajosa de la presente invención,

el compuesto pulverulento se puede seleccionar entre compuestos de calcio-magnesio, compuestos de carbono, tales como carbón activado o coque de lignito, compuestos de sodio mineral, tales como carbonato de sodio o bicarbonato de sodio, filosilicatos que contienen compuestos minerales, tales como sepiolita o halosita, y sus mezclas.

Ventajosamente, el compuesto de abatimiento pulverulento usado en el procedimiento de acuerdo con la presente invención comprende un carbonato, un hidróxido y/o un óxido de un metal alcalinotérreo seleccionado entre calcio y magnesio, o una de sus mezclas.

Preferentemente, el compuesto de abatimiento pulverulento comprende un compuesto de calcio-magnesio que tiene la fórmula $a\text{CaCO}_3 \cdot b\text{MgCO}_3 \cdot x\text{CaO} \cdot y\text{MgO} \cdot z\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot t\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot u\text{l}$, donde l representa impurezas, a, b, x, y, z, t y u son fracciones másicas comprendidas, cada una de ellas, entre 0 y 100 %, donde $u \leq 5 \%$, con respecto al peso total de dicho compuesto de calcio-magnesio, siendo la suma de las fracciones másicas $a+b+x+y+z+t+u$ igual al 100 % del peso total de dicho compuesto de calcio-magnesio.

Ventajosamente, dicho compuesto pulverulento es un compuesto de calcio-magnesio que tiene la fórmula $a\text{CaCO}_3 \cdot b\text{MgCO}_3 \cdot x\text{CaO} \cdot y\text{MgO} \cdot z\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot t\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot u\text{l}$, donde l representa impurezas, a, b, x, y, z, t y u son fracciones másicas comprendidas, cada una de ellas, entre 0 y 100 %, donde $u \leq 3 \%$, preferentemente $u \leq 2 \%$, en particular $u \leq 1 \%$ con respecto al peso total de dicho compuesto de calcio-magnesio, siendo la suma de las fracciones másicas $a+b+x+y+z+t+u$ igual al 100 % del peso total de dicho compuesto de calcio-magnesio.

De acuerdo con una realización preferida del procedimiento de acuerdo con la presente invención, el compuesto pulverulento comprende más del 50 % en peso, concretamente más del 90 % en peso, Ca(OH)_2 hidróxido de calcio.

Otros rasgos y ventajas del procedimiento de acuerdo con la presente invención se mencionan en las reivindicaciones adjuntas.

10

Otros rasgos, detalles y ventajas de la invención serán evidentes a partir de la descripción que se proporciona más adelante, de una forma no limitativa y en referencia a los ejemplos y a las figuras adjuntas.

15

La Figura 1 muestra un diagrama funcional de una realización de un dispositivo de inyección que permite aplicar el procedimiento de acuerdo con la invención.

20

La Figura 1A muestra una vista en sección transversal a través de la línea de corte A-A' de la Figura 1.

La Figura 2 muestra un diagrama funcional de otra realización de un dispositivo de inyección que permite aplicar el procedimiento de acuerdo con la invención.

25

La Figura 3 muestra una comparación del rendimiento de desulfuración de una instalación piloto y otros ensayos industriales realizados tanto con una boquilla de penetración metálica de la técnica anterior o con el dispositivo de inyección de la presente invención.

30

Las Figuras 4, 5A y 5B muestran resultados de

simulaciones digitales CFD (dinámica de fluidos informatizada) de la distribución del compuesto de abatimiento pulverulento en el mismo tubo de horno, con un dispositivo y su correspondiente procedimiento, de acuerdo
5 con la presente invención (Figura 4), en comparación con el documento US 2013/0125749 de la técnica anterior (Figuras 5A y 5B).

La Figura 1 es un ejemplo de una primera realización de
10 un dispositivo 10 para inyección de un compuesto pulverulento de acuerdo con la invención. Un horno (no se muestra) produce gases de combustión que comprenden contaminantes gaseosos que se transportan mediante un tubo de horno 500 hasta una chimenea (no se muestra) para evacuarlos a la atmósfera.

15

Durante el funcionamiento, el dispositivo de inyección de acuerdo con la invención genera dos flujos de gas:

- un flujo de gas denominado gas de transporte 110,
20 creado por una soplante 100 que tiene un caudal ajustable, (soplante lateral en el ejemplo ilustrado); este flujo de gas de transporte circula por un conducto de transporte 120 conectado a la soplante; en la ruta de este flujo de transporte, hay un sistema 130 para dosificar compuesto
25 pulverulento, conectado a un depósito de compuesto pulverulento (no se muestra), de tal forma que el flujo de transporte está cargado de compuesto pulverulento;

- un flujo de gas denominado gas periférico 210 creado mediante una soplante 200 que tiene un caudal ajustable; este
30 flujo de gas periférico se suministra al interior de una cámara 230 y a continuación circula por un conducto periférico 220 conectado a esta cámara.

El conducto de transporte 120 atraviesa la cámara 230 de forma impermeable y sale de la misma de forma concéntrica respecto al conducto periférico 220 en el interior de dicho conducto. Está interrumpido en su extremo 121 corriente arriba situado en un plano secante entre la primera porción 221 y la segunda porción 222 del conducto periférico 220.

Tal como se ilustra mediante la sección transversal A-A' de la Figura 1A, existe, por tanto, un espacio anular 170, entre el conducto de transporte 120 axial y la primera porción 221 del conducto periférico, por el que circula el flujo de gas periférico 210, circulando el flujo de gas de transporte 110 por el conducto de transporte 120. Así, el dispositivo proporciona dos chorros de gas en el tubo de horno, un chorro de gas de transporte 110 axial, cargado de compuesto pulverulento, y un chorro de gas periférico 210 que rodea el chorro de gas de transporte.

En una realización particular de la presente invención, ilustrada en la Figura 2, el conducto periférico 220 comprende además un tercera porción (223) que comprende un porción corriente arriba (224) provista de un extremo corriente arriba (224a) y una porción corriente abajo (225) provista de un extremo corriente abajo (225a), que tiene un diámetro DP3 menor que el diámetro DP2, estando dicho extremo corriente arriba previsto para conectar con el extremo corriente abajo de la segunda porción del conducto periférico, estando dicho extremo corriente abajo previsto para conectar con el tubo de horno.

30

Ventajosamente, dicha porción corriente arriba (224) de la tercera porción del conducto periférico tiene la forma de un cono truncado.

El acortamiento del diámetro del conducto periférico 220 en su tercera porción 223 ocasiona, mediante la conservación de la masa, un segundo efecto Venturi que permite una aceleración adicional del flujo del gas de transporte y gas periférico y por lo tanto una mejora adicional de la capacidad de penetración del compuesto pulverulento en el tubo de horno.

Por lo general, el conducto periférico 220 está conectado con el tubo de horno 500 de forma radial. El flujo de gas periférico 210, periférico con respecto al flujo de gas de transporte 110, mantiene la forma y la guía de este flujo de gas de transporte 110 hasta que penetre en el tubo de horno 500, permitiendo que la vena central del tubo de horno 500 se alcance sin necesidad de una boquillas de penetración.

Asimismo, puesto que los caudales de las soplantes 100 y 200 se pueden ajustar por separado, el dispositivo permite la adaptación a una amplia variedad de condiciones de uso, concretamente en lo que respecta a la velocidad de los gases de combustión, concentración de gases ácidos, diámetro de la conducción.

Por supuesto, la invención cubre diferentes formas del dispositivo, con la condición de que a la entrada del horno de conducción, se obtenga un chorro de gas de transporte 110 cargado con el material de abatimiento pulverulento material y un chorro de gas periférico 210. Por ejemplo, en las Figuras 1 y 3 de la presente solicitud, el conducto periférico 220 está conectado con el tubo de horno 500 de forma perpendicular, en otras palabras, con un ángulo de 90° entre los ejes de los dos conductos. Como alternativa, este

conducto periférico 220, evidentemente, podría conectarse con el tubo de horno 500 con un ángulo comprendido entre los ejes de los dos tubos que es mayor o menor de 90°.

5 Simulaciones digitales

Para demostrar la eficacia del dispositivo y del procedimiento de acuerdo con la presente invención, se llevaron a cabo simulaciones digitales de la distribución de cal apagada pulverulenta en un tubo de horno que contenía gases de combustión considerando diferentes dispositivos de inyección. Más precisamente, la distribución de la cal obtenida usando el dispositivo de acuerdo con la presente invención y su procedimiento se comparó con la obtenida con el dispositivo y el procedimiento del documento US 2013/0125749, con parámetros de funcionamiento comparables (en otras palabras, configurando la geometría del tubo de horno, la composición y la velocidad de los gases de combustión que lo atraviesan, la posición y la sección transversal del conducto para el transporte de la cal, así como el caudal del aire de transporte y de la cal, que se calcula teóricamente con respecto a la cantidad de contaminantes presentes en los gases de combustión, de acuerdo con el rendimiento en términos de cal de atrapamiento).

La distribución de la cal en el tubo de horno se evaluó mediante CFD (dinámica de fluidos informatizada) usando un factor de distribución Phi que corresponde a la concentración de cal en los gases de combustión, en un punto dado de dicho conducto, cuando la cal se inyecta de forma transversal.

Este factor de distribución depende, en particular, de

la geometría del tubo de horno y se define de la siguiente forma:

$$\Phi = \frac{V_i}{V_{tot}}$$

En la que

5 V_i corresponde al volumen de la cal pulverulenta;

V_{tot} corresponde a la suma del volumen de la cal pulverulenta y los volúmenes de todos los gases presentes en los gases de combustión.

10 En las simulaciones digitales realizadas, el tubo de horno considerado tiene la forma de una U invertida (véanse las Figuras 4 y 5) y tiene una sección transversal cuadrada de 4 m de longitud.

15 Para poder comparar la eficacia del dispositivo de la presente invención con la del dispositivo de la técnica anterior del documento US 2013/0125749, se debe determinar en primer lugar el factor de distribución óptimo Φ_{opt} . Este factor corresponde a la concentración de cal en los gases de
20 combustión que se debe alcanzar para que esta cal quede distribuida de manera óptima de tal forma que cubra la totalidad de la sección transversal del tubo de horno en cuestión.

25 En este caso, este factor de distribución óptimo se determinó simulando un dispositivo que comprendía una boquilla de penetración (y por lo tanto que no contenía gas periférico), considerado en la actualidad como el dispositivo más eficaz en términos de distribución del compuesto
30 pulverulento. La boquilla se introduce en el tubo de horno a una profundidad de 1 m.

En esta configuración y para el tubo de horno considerado, el factor de distribución óptimo Φ_{opt} es aproximadamente $7 \cdot 10^{-3}$. De hecho, para este valor de Φ , la distribución de la cal en este tubo de horno es óptima y
5 tiene la forma de un tamiz invertido, que cubre la totalidad de la sección transversal de una pata de la U invertida, 50 cm por encima del punto de inyección. Esta situación ($\Phi_{opt} = 7 \cdot 10^{-3}$) se ha considerado por tanto como el factor de distribución óptimo a conseguir.

10

Dispositivos estudiados:

a) Dispositivo y procedimiento de acuerdo con la presente invención.

15

b) Dispositivo y procedimiento de acuerdo con el documento US 2013/0125749.

20

Los resultados de esta simulación se indican en las Figuras 4 (la presente invención) y 5 (documento de la técnica anterior US 2013/0125749).

25

Como se puede observar en la Figura 4, cuando se usa un caudal de gas periférico con un caudal másico de 0,1 a 0,2 % con respecto al caudal de los gases de combustión, de acuerdo con la invención, se obtiene un factor de distribución idéntico al factor distribución óptimo ($\Phi_d = 7 \cdot 10^{-3}$) en un plano transversal situado 50 cm por encima del punto de inyección. Por tanto, la presente invención es capaz de
inyectar cal apagada pulverulenta con la misma capacidad de
30 penetración que la boquilla de penetración pero sin usar un dispositivo invasivo.

Sin embargo, cuando se utiliza el dispositivo y el

procedimiento de acuerdo con la solicitud de patente US 2013/0125749, se genera un caudal de gas periférico que tiene un caudal muy alto con respecto al gas de combustión (caudal másico del gas periférico 10 veces mayor que el de la presente invención), lo que ocasiona gran turbulencia, que adicionalmente es algo deseado en el documento US 2013/0125749. En este caso, la zona en la que la cal está uniformemente distribuida es muy pequeña, lo que requiere, para conseguir un factor de distribución óptimo de la lima en el tubo de horno, se deben instalar al menos tres dispositivos de acuerdo con esta técnica anterior.

De hecho, como se puede observar en la Figura 5A, la zona en la que la cal está uniformemente distribuida está muy concentrada. En este caso, una sola boquilla no permite conseguir un valor $\Phi = 7 \cdot 10^{-3}$ en un plano transversal situado 50 cm por encima del punto de inyección. De hecho, en este plano transversal, el factor de distribución Φ es igual a $4 \cdot 10^{-3}$ (Figura 5B), lo que hace que la dispersión de la cl sea 1,75 veces menos eficaz en comparación con la presente invención.

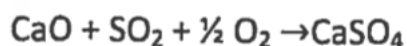
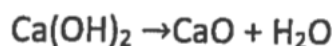
De hecho, se deben utilizar tres dispositivos de acuerdo con la técnica anterior US 2013/0125740 para obtener una distribución equivalente a la de una única boquilla de penetración de la técnica anterior.

Ejemplos

Para evaluar la eficacia de la dispersión obtenida de acuerdo con la presente invención, se estudió el abatimiento de SO_2 a temperatura muy elevada mediante una cal apagada pulverulenta obtenida de acuerdo con el procedimiento

descrito en el documento W02007000433.

En el intervalo de temperatura comprendido entre 850 y 1150 °C, la cal $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hidratada reacciona con el SO_2 para
5 formar CaSO_4 de acuerdo con las siguientes ecuaciones:



En este intervalo de temperatura, la reacción entre el hidróxido de calcio y el SO_2 es selectiva y rápida.

10

Selectiva por que, además del SO_2 , ninguno de los otros compuestos presentes en los gases de combustión (tales como CO_2) tiene un producto de reacción estable en el intervalo de temperatura anteriormente mencionado. De hecho, por
15 necesidades del experimento, incluso aunque el hidróxido de calcio, permite el abatimiento de otros gases ácidos, solo la neutralización del SO_2 mediante hidróxido de calcio es de interés para poder dosificar el producto de reacción, concretamente CaSO_4 y, de esta forma, estudiarse la
20 eficiencia del procedimiento, concretamente en lo que respecta a la relación estequiométrica RE.

Rápida, porque la velocidad de la reacción entre la cal apagada y el SO_2 aumenta exponencialmente con la temperatura
25 de acuerdo con la ley de Arrhenius. Por tanto, a 900 °C, el tiempo de contacto entre los gases ácidos y la cal apagada puede ser menor de 0,5 segundos.

A continuación, se han comparado los resultados
30 obtenidos en las tres condiciones siguientes:

- Ejemplo comparativo 1: Instalación piloto que se puede considerar que representa una situación de mezcla perfecta.

- Ejemplos comparativos 2 y 3: Instalaciones industriales con inyección de cal apagada pulverulenta
5 mediante una boquilla de penetración metálica de acuerdo con la técnica anterior.

- Ejemplo: Instalación industrial con inyección de cal apagada realizada usando el dispositivo de la presente invención.

10

La comparación se llevó a cabo para un abatimiento del 70 % del SO₂, que representa el abatimiento promedio deseado para este tipo de procedimiento.

15 **Ejemplo comparativo 1: Instalación piloto**

La instalación piloto permitía el cambio en la conversión del SO₂ según la relación estequiométrica RE (número de moles de hidróxido de calcio / número de moles de
20 SO₂ a la entrada) en un caso perfecto, es decir, en ausencia de polvo, a medir, con una temperatura perfectamente distribuido por la totalidad de la zona de reacción y sin zonas muertas o turbulentas. Dicha instalación piloto también se describe en el documento WO2007000433.

25

Los parámetros de los gases de combustión presentes en la instalación piloto son los siguientes:

- Caudal total: 2 Nm³/h
- 30 - -Temperatura: 950 °C
- concentración de SO₂: 1500 ppm
- concentración de CO₂: 10 % vol
- concentración de O₂: 6 % vol

Para la instalación piloto, la relación estequiométrica (RE) medida es 1,5 para obtener un 70 % de conversión del SO₂. Se puede concluir, por tanto, a partir de lo anterior que, en el contexto del abatimiento del SO₂ a una temperatura comprendida entre 850 y 1150 °C, el ER de una mezcla perfecta estará cercano a 1,5 para el 70 % de conversión del SO₂.

Se han realizado numerosos ensayos industriales usando boquillas metálicas de penetración destinadas a maximizar la eficacia de dispersión de las partículas sólidas en el flujo de gas de combustión.

Los dos ejemplos comparativos presentados a continuación utilizan las relaciones de conversión/ES más elevadas obtenidas hasta el momento.

Ejemplo comparativo 2.- Ensayo industrial con una boquilla de penetración metálica (de acuerdo con la técnica anterior)

Una cal apagada similar a la utilizada en la instalación piloto se inyectó a una velocidad de 15 m/s usando una boquilla de penetración metálica en una cámara de postcombustión (tubo de horno), en la que se produce la combustión de los residuos de la combustión.

Los parámetros de los gases de combustión son los siguientes:

- Caudal total: 46.750 Nm³/h
- Temperatura promedio: 925 °C
- Concentración SO₂ promedio: 450 ppm
- concentración de CO₂: 15 % vol
- concentración de O₂: 10 % vol

El tiempo de residencia de la cal hidratada en el tubo de horno es de aproximadamente 1 a 1,5 segundos. En el caso del Ejemplo comparativo 2, la relación estequiométrica medida es 2 para obtener un 70 % de conversión del SO₂.

5

Ejemplo comparativo 3.- Ensayo industrial con una boquilla de penetración metálica (de acuerdo con la técnica anterior)

Una cal apagada similar a la utilizada en la instalación piloto se inyectó a una velocidad de 15 m/s usando una boquilla de penetración metálica en una cámara de postcombustión (tubo de horno).

Los parámetros de los gases de combustión son los siguientes:

- Caudal total: 140.000 Nm³/h
- Temperatura promedio: 925 °C
- Concentración SO₂ promedio: 390 ppm
- concentración de CO₂: 15 % vol
- concentración de O₂: 8 % vol

El tiempo de residencia de la cal hidratada en el tubo de horno es de aproximadamente 1 a 1,5 segundos. En el caso del Ejemplo comparativo 3, la relación estequiométrica medida es 2,3 para obtener un 70 % de conversión del SO₂.

La relación estequiométrica promedio para los ejemplos comparativos 2 y 3 es 2,1 para el 70 % de conversión del SO₂.

30

Ejemplo.- Ensayo industrial realizado de acuerdo con el procedimiento de la presente invención

Una cal apagada similar a la utilizada en la instalación piloto se inyectó usando el dispositivo de la presente invención en una cámara de postcombustión (tubo de horno).

5 Los parámetros de los gases de combustión son los siguientes:

- Caudal total: 82.000 Nm³/h
- Temperatura promedio: 900 °C
- 10 - Concentración SO₂ promedio: 395 ppm
- concentración de O₂: 17 % vol
- concentración de CO₂: 15 % vol

15 Los parámetros del dispositivo de inyección son los siguientes:

- Diámetro DT del conducto de transporte: 88,9 mm,
- Diámetro DP2 de la segunda porción del conducto periférico 222: 107,1 mm,
- 20 - Velocidad del aire de transporte V_T: 15 m/s,
- Velocidad del aire periférico V_P: 44 m/s,
- Caudal del aire de transporte Q_T: 420 Nm³/h,
- Caudal del aire periférico Q_P: 290 Nm³/h.

25 El tiempo de residencia de la cal hidratada en el tubo de horno es de 0,1 segundos.

El procedimiento de acuerdo con la invención permitió obtener relaciones estequiométricas (RE) de 1,6 para un 70 %
30 de abatimiento de SO₂.

La Figura 3 repite todos los resultados obtenidos con la instalación piloto (ejemplo comparativo 1); usando el

dispositivo de la presente invención (ejemplo); y usando una boquilla de penetración metálica de la técnica anterior (promedio de los ejemplos comparativos 2 y 3).

5 Como se indica en la Figura 3, los valores obtenidos de acuerdo con el procedimiento de la presente invención están cercanos a los valores obtenidos con la instalación piloto.

10 Tal como se ha mencionado anteriormente, cuando la eficacia de dispersión de las partículas sólidas aumenta, los valores medidos en el sitio se acercan a los valores obtenidos en el piloto.

15 Estos resultados muestran que el dispositivo y el procedimiento de acuerdo con la presente invención permiten, con una tasa de conversión idéntica, aproximadamente un 23 % menos de la cal apagada pulverulenta a utilizar que con las boquillas de penetración metálicas de la técnica anterior.

20 La eficacia de la dispersión de las partículas sólidas en la mezcla de fluido es mejor, por tanto, de acuerdo con el dispositivo y el procedimiento de la invención que con el uso de las boquillas de penetración metálicas de la técnica anterior. Asimismo, esto último supone otros problemas en
25 términos de transporte del polvo, seguridad, y facilidad de instalación, también resueltos mediante el dispositivo y el procedimiento de acuerdo con la invención.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (10) de inyección de un compuesto pulverulento para el abatimiento de contaminantes de los gases de combustión en un tubo de horno (500), comprendiendo dicho dispositivo:

- una cámara (230) conectada a un conducto periférico (220) y dispuesta para ser conectada a un primer elemento soplante (200) dispuesto para soplar un gas periférico (210) al interior de dicha cámara y al interior de dicho conducto periférico, y a dicho tubo de horno mediante dicho conducto periférico,

- comprendiendo dicho conducto periférico (220) una primera porción (221) que tiene un diámetro DP1, conectada a la cámara, y una segunda porción (222) que tiene un diámetro DP2, opuesta a la primera porción, que tiene un extremo corriente abajo (222a), y previsto para estar en comunicación con el tubo de horno,

- un conducto (120) para transportar un compuesto pulverulento, previsto para ser conectado a un segundo elemento soplante (100) dispuesto para soplar un gas de transporte (110) al interior de dicho conducto de transporte, simultáneamente para inyectar gas periférico, teniendo dicho conducto de transporte un diámetro DT y un extremo corriente abajo (101),

pasando dicho conducto de transporte (120) a través de dicha primera porción (221) del conducto periférico de forma concéntrica y longitudinal, de tal forma que el extremo corriente abajo (121) de dicho conducto de transporte se encuentra en un plano secante entre la primera y la segunda porción del conducto periférico,

caracterizado porque la segunda porción del conducto periférico tiene una longitud L mayor o igual que el diámetro

(DP2) de la segunda porción del conducto periférico y porque el diámetro (DT) del conducto de transporte (120) y el diámetro (DP2) de la segunda porción del conducto periférico (222) están vinculados por la siguiente relación:

$$0 < DP2 - DT < \frac{1}{2} DT.$$

5

2. Dispositivo de inyección de un compuesto pulverulento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el extremo corriente abajo (222a) de la segunda porción del conducto periférico está conectada directamente al tubo de horno.

10

3. Dispositivo de inyección de un compuesto pulverulento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el conducto periférico comprende además un tercera porción (223) que comprende un porción corriente arriba (224) provista de un extremo corriente arriba (224a) y una porción corriente abajo (225) provista de un extremo corriente abajo (225a), que tiene un diámetro DP3 menor que el diámetro DP2, estando dicho extremo corriente arriba previsto para conectar con el extremo corriente abajo de la segunda porción del conducto periférico, estando dicho extremo corriente abajo previsto para conectar con el tubo de horno.

15

20

4. Dispositivo de inyección de un compuesto pulverulento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el extremo corriente abajo (225a) de la tercera porción del conducto periférico está conectado directamente al tubo de horno.

25

5. Dispositivo de inyección de un compuesto pulverulento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 y 4, en el que dicha porción corriente arriba (224) de la tercera porción del conducto periférico tiene la forma de un cono truncado.

30

6. Dispositivo de inyección de un compuesto pulverulento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además:

- 5 - un primer elemento soplante (200) conectado a la cámara (230) y dispuesto para soplar un gas periférico (210) al interior de dicha cámara y al interior del conducto periférico (220),
- un segundo elemento soplante (100) conectado al
- 10 conducto de transporte (120) y dispuesto para soplar un gas de transporte (110) al interior de dicho conducto de transporte,
- un medio (130) para dosificar compuesto pulverulento, conectado a un depósito de compuesto pulverulento y al
- 15 conducto de transporte, corriente abajo de dicho segundo elemento soplante con respecto a la dirección de flujo del gas de transporte, dispuesto para que el gas de transporte impulse el compuesto pulverulento dosificado.

- 20 7. Dispositivo de inyección de un compuesto pulverulento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que dicho primer elemento soplante (200) y el segundo elemento soplante (100) comprende medios para ajustar los caudales de tal forma que los caudales del primer elemento soplante (200) y del segundo
- 25 elemento soplante (100) se pueden ajustar por separado.

- 8. Dispositivo de inyección de un compuesto pulverulento de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 y 7, en el que el depósito de compuesto pulverulento puede ser un depósito de
- 30 compuesto de calcio-magnesio que tiene la fórmula $a\text{CaCO}_3 \cdot b\text{MgCO}_3 \cdot x\text{CaO} \cdot y\text{MgO} \cdot z\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot t\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot u\text{l}$, donde l representa impurezas, a , b , x , y , z , t y u son fracciones másicas comprendidas, cada una de ellas, entre 0 y 100%,

donde $u \leq 5\%$, con respecto al peso total de dicho compuesto de calcio-magnesio, siendo la suma de las fracciones másicas $a+b+x+y+z+t+u$ igual al 100% del peso total de dicho compuesto de calcio-magnesio.

5

9. Dispositivo de inyección de un compuesto pulverulento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el gas de transporte y/o el gas periférico son, preferentemente, el aire ambiente de la atmósfera, independientemente entre sí.

10

10. Tubo de horno provisto de al menos un dispositivo de inyección de un compuesto de abatimiento pulverulento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9.

15

11. Procedimiento de tratamiento de gases de combustión en un tubo de horno con un compuesto pulverulento para el abatimiento de contaminantes de los gases de combustión, que comprende:

20

- inyección de un chorro de gas de transporte que tiene un caudal másico Q_T , estando previsto dicho chorro de gas de transporte para transportar dicho compuesto de abatimiento pulverulento al interior de dichos gases de combustión que tienen un caudal de gas de combustión Q_F ,

25

- simultáneamente, inyección de un chorro de gas, periféricamente con respecto al chorro de gas de transporte, formando un chorro de gas periférico que tiene un caudal másico Q_P ,

30

caracterizado porque dicho caudal másico de gas periférico con respecto a dicho caudal másico de gases de combustión constituye una relación Q_P/Q_F comprendida entre 0,05 % y 0,25 %.

12. Procedimiento de tratamiento de gases de combustión en un tubo de horno de acuerdo con la reivindicación 11, en el que dicho gas de transporte tiene una velocidad V_T y dicho gas periférico tiene una velocidad V_P , estando comprendida la
5 velocidad del gas periférico V_P entre dos veces y veinte veces la velocidad del gas de transporte V_T según $2V_T \leq V_P \leq 20 V_T$.
13. Procedimiento de tratamiento de gases de combustión en
10 un tubo de horno de acuerdo con la reivindicación 11 o la reivindicación 12, en el que el caudal másico del gas de transporte Q_T añadido al caudal másico del gas periférico Q_P con respecto al caudal másico de gases de combustión Q_F constituye una relación $(Q_T + Q_P)/Q_F$ comprendida entre 0,1 y
15 un 0,5%.
14. Procedimiento de tratamiento de gases de combustión en un tubo de horno de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 13, en el que el compuesto pulverulento se inyecta con
20 un caudal másico Q_A , constituyendo el caudal másico del gas de transporte Q_T con respecto al caudal másico de compuesto pulverulento una relación Q_T/Q_A comprendida entre 5 y 10.
15. Procedimiento de tratamiento de gases de combustión de
25 acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 14, caracterizado la inyección de los chorros de gas de transporte y de gas periférico se produce en la cara interior del tubo de horno.
- 30 16. Procedimiento de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 15, en el que la temperatura de los gases de combustión a tratar está comprendida entre 850 °C y 1150 °C.

17. Procedimiento de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 16, en el que la velocidad de los gases de combustión a tratar está
5 comprendida entre 2 m/s y 150 m/s, preferentemente entre 3 y 50 m/s, en particular entre 5 y 30 m/s.
18. Procedimiento de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 17, en el que
10 las velocidades de los chorros de gas de transporte y de gas periférico se ajustan independientemente entre sí.
19. Procedimiento de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 18, en el que el
15 gas de transporte y/o el gas periférico es/son aire, independientemente entre sí.
20. Procedimiento de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 19, en el que
20 los gases de combustión comprenden contaminantes seleccionados entre el grupo que consiste en gases ácidos, concretamente sulfurados y/o halogenados, metales pesados, furanos, dioxinas y sus mezclas.
- 25 21. Procedimiento de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con la reivindicación 20, en el que los gases ácidos comprenden contaminantes seleccionados entre el grupo que consiste en SO_2 , SO_3 , HCl , HF , HBr , y sus mezclas.
- 30 22. Procedimiento de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 21, en el que el compuesto de abatimiento pulverulento comprende un carbonato, un hidróxido y/o un óxido de un metal alcalinotérreo

seleccionado entre calcio y magnesio, o una de sus mezclas.

23. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 22, en el que el compuesto de abatimiento pulverulento comprende un compuesto de calcio-magnesio que tiene la fórmula $a\text{CaCO}_3 \cdot b\text{MgCO}_3 \cdot x\text{CaO} \cdot y\text{MgO} \cdot z\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot t\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot u\text{l}$, donde l representa impurezas, a, b, x, y, z, t y u son fracciones másicas comprendidas, cada una de ellas, entre 0 y 100 %, donde $u \leq 5$ %, con respecto al peso total de dicho compuesto de calcio-magnesio, siendo la suma de las fracciones másicas $a+b+x+y+z+t+u$ igual al 100 % del peso total de dicho compuesto de calcio-magnesio.

24. Procedimiento de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 23, en el que el compuesto de abatimiento pulverulento comprende más del 50 % en peso, en particular más del 90 % en peso, $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

20

25

30

RESUMENDISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO DE TRATAMIENTO DE GASES DE
COMBUSTIÓN

5

Dispositivo (10) de inyección de un compuesto pulverulento en un tubo de horno (500), que comprende una cámara (230) conectada a un conducto periférico (220) y, por otra parte, a dicho tubo de horno mediante dicho conducto periférico (220),

10

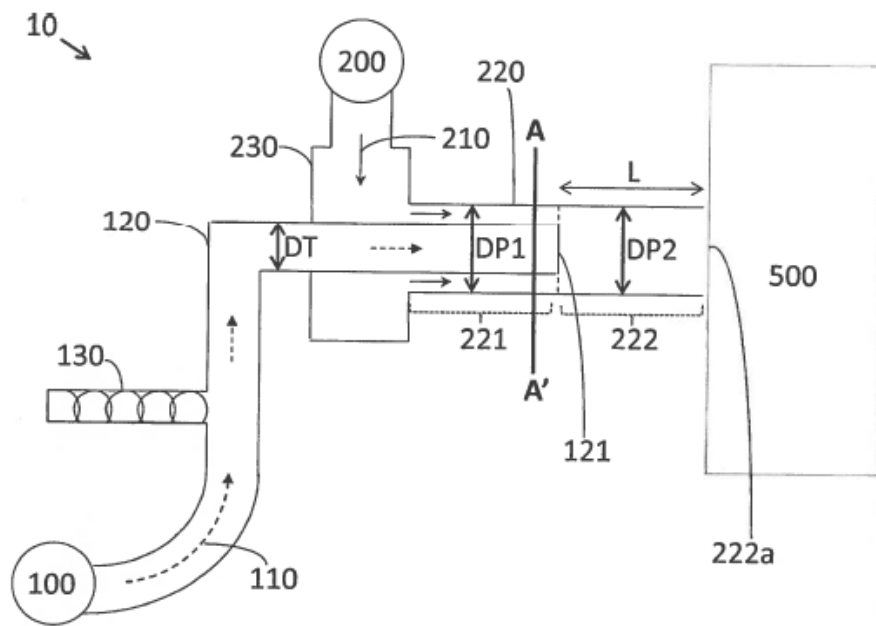
que comprende una primera porción (221) de diámetro DP1, y una segunda porción (222) de diámetro DP2, que tiene un extremo corriente abajo (222a), y previsto para estar en comunicación de fluidos con el tubo de horno, y un conducto (120) para transportar un compuesto pulverulento, que tiene

15

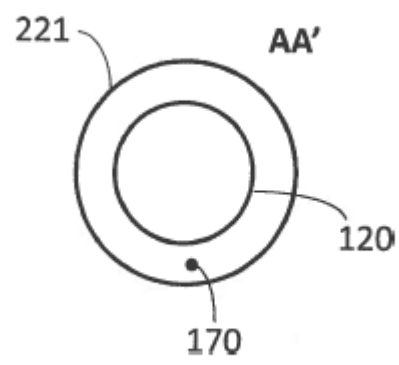
un diámetro DT y un extremo corriente abajo (101), caracterizado porque la segunda porción del conducto periférico tiene una longitud $L \geq$ que el diámetro (DP2) de la segunda porción del conducto periférico y porque el diámetro (DT) y el diámetro (DP2) están vinculados por la relación $0 <$

20

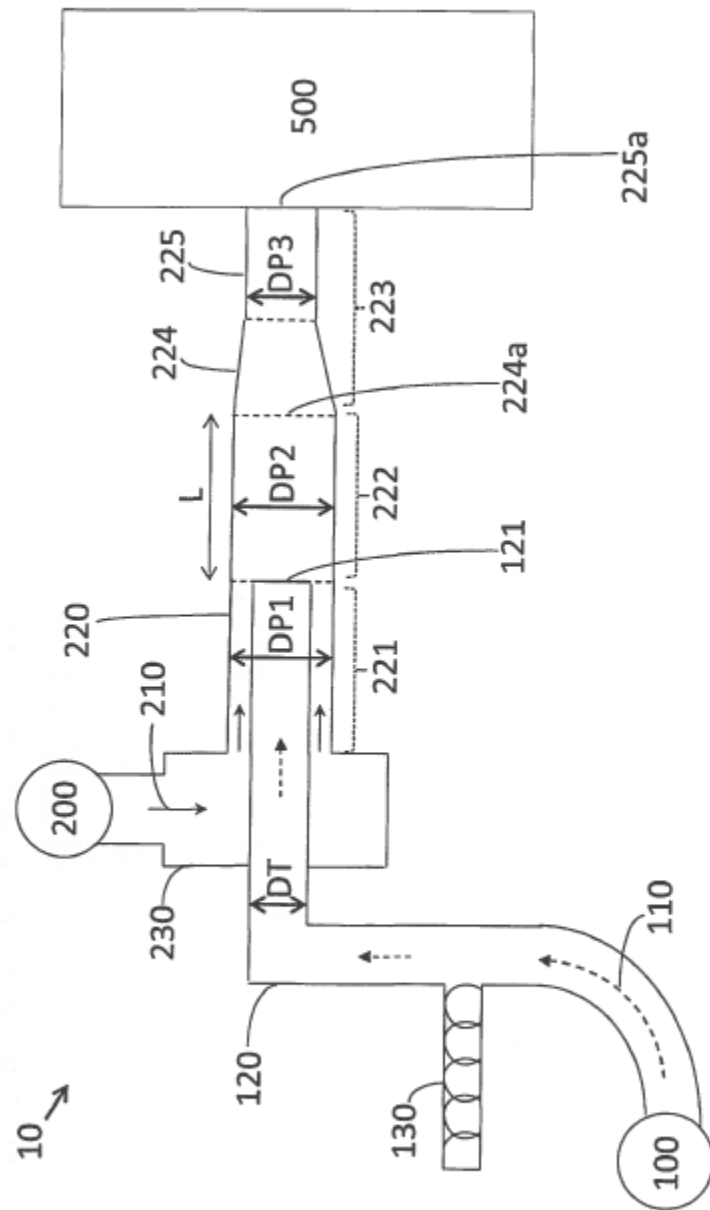
$DP2 - DT < \frac{1}{2} DT$.



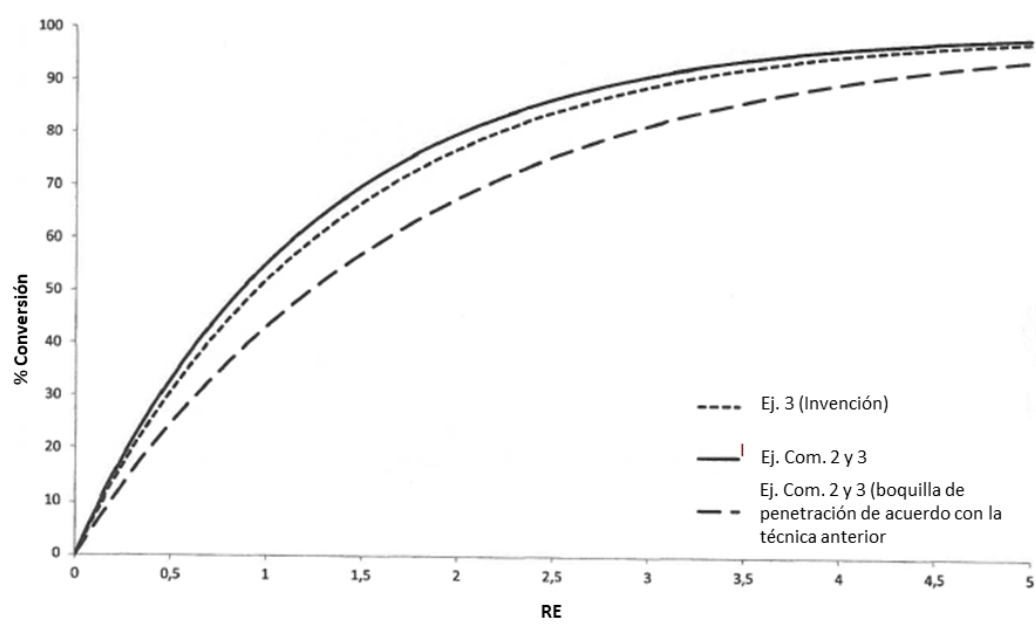
Dibujo 1



Dibujo 1a

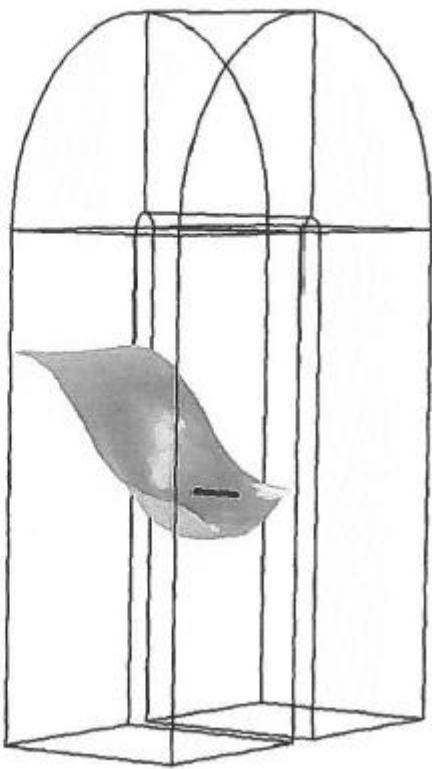


Dibujo 2

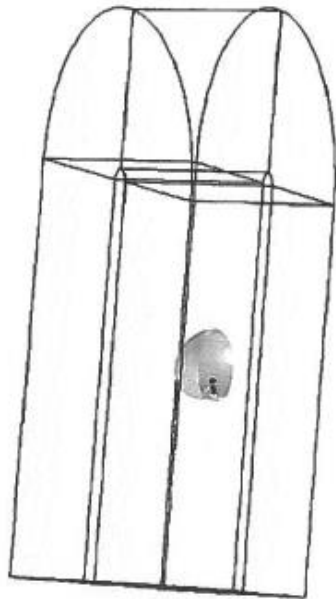


Dibujo 3

$\Phi=7.10^{-3}$

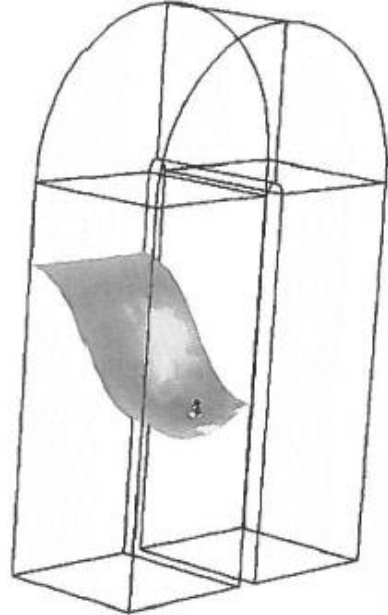


Dibujo 4



$$\Phi = 7 \cdot 10^{-3}$$

Dibujo 5A



$$\Phi = 4 \cdot 10^{-3}$$

Dibujo 5B