

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 615 804**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/50** (2006.01)

**B01D 53/80** (2006.01)

**F23J 7/00** (2006.01)

**F23J 15/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.06.2014 PCT/EP2014/063017**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.12.2014 WO14206880**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2014 E 14736324 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2017 EP 3013459**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de tratamiento de gas por inyección de compuesto pulverulento y fase acuosa**

30 Prioridad:  
**25.06.2013 BE 201300435**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.08.2017**

73 Titular/es:  
**S.A. LHOIST RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT  
(100.0%)  
Rue Charles Dubois 28  
1342 Ottignies-Louvain-la-Neuve, BE**

72 Inventor/es:  
**PETTIAU, XAVIER;  
NYSSSEN, OLIVIER;  
BRASSEUR, ALAIN y  
LAUDET, ALAIN**

74 Agente/Representante:  
**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 615 804 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo de tratamiento de gas por inyección de compuesto pulverulento y fase acuosa

La presente invención se refiere a un procedimiento de tratamiento de gas que presenta un sentido de flujo predeterminado en una conducción de gas que comprende las siguientes etapas:

- 5 a) inyectar compuesto pulverulento en la conducción de gas de combustión en un punto de inyección de compuesto pulverulento, mediante una tubuladura de inyección de compuesto pulverulento, presentando dicha tubuladura de inyección una cara externa y una cara interna estructurada para estar en contacto con dicho compuesto pulverulento, de forma que permita la formación de una nube o flujo de partículas de compuesto pulverulento en dicha conducción de gas.
- 10 b) inyectar fase líquida acuosa monofásica en forma de gotitas, en dicha conducción de gas,
- c) captar contaminantes de los gases por dicho compuesto pulverulento, y
- d) recuperar separadamente dicho compuesto pulverulento enriquecido en contaminantes y los gases empobrecidos en contaminantes.

15 Normalmente, el tratamiento de los gases, en particular de los gases de combustión, requiere la reducción de gases ácidos, principalmente HCl, SO<sub>2</sub> y/o HF, pudiendo realizarse dicha reducción en seco, mediante inyección de una sustancia, a menudo mineral, seca y pulverulenta en un flujo de gas de combustión o a través de un filtro que comprende un lecho de partículas sólidas fijas o en movimiento. En este caso, el compuesto pulverulento comprende en general un compuesto calcomagnésico, en particular cal, preferentemente apagada o hidratada o un compuesto sódico como un carbonato o un bicarbonato de sodio. También se pueden utilizar otros compuestos minerales principalmente los utilizados para reducir las dioxinas, furanos y/o metales pesados entre ellos el mercurio, como por ejemplo, aquellos a base de filosilicatos, tales como la sepiolita o la haloisita o análogos.

20 La presente invención tiene como objetivo más particularmente los procedimientos de reducción de los gases ácidos en los gases, en particular en los gases de combustión, por inyección de un producto pulverulento que tiene capacidades de captura de contaminantes ácidos en el flujo de gas con el objetivo de mejorar los rendimientos de la reducción de los componentes gaseosos ácidos de los gases tratados.

25 Se conoce más particularmente un tratamiento de estos gases de combustión con cal hidratada pulverulenta, mejorado con el uso de cal hidratada humidificada en lugar de cal hidratada pulverulenta seca. En efecto, la absorción de los contaminantes de la fase gaseosa por las partículas de la fase sólida se mejora con la presencia de agua. A veces, se califica dicho procedimiento como tratamiento de gases de combustión por vía semi-seca. Por otra parte, se conoce un procedimiento de utilización de cal hidratada y de agua en el que se ha inyectado una lechada de cal en el flujo de gas de combustión. Desafortunadamente la inyección de una lechada de cal supone la aplicación de medios específicos (turbinas de dispersión, bomba de circulación) que consumen grandes cantidades de energía y están sometidos a desgaste y erosión y puede llevar a problemas de colmatación. Cada uno de los documentos CN 2011 68568 y JP 10-216.572 propone una alternativa utilizada para solucionar los problemas de colmatación llevando a cabo la suspensión de lechada de cal *in situ* durante la inyección. Para ello, se utiliza una lanza formada por dos tubos concéntricos, es decir, por un tubo interno y un tubo externo. El agua se inyecta mediante el tubo interno mientras que la cal hidratada se inyecta por medio del tubo externo. Según el documento CN 2011 68568, la posición del tubo interno se puede ajustar respecto a la posición del tubo externo y por lo tanto es posible tener un tubo interno para el agua que tiene un orificio de salida sobresaliente o embutido o incluso al mismo nivel respecto a un orificio de salida de cal hidratada del tubo externo.

30 Según estos documentos, la concepción de las lanzas de pulverización exige que el tubo de proyección de agua sea interno al tubo de proyección de cal hidratada pulverulenta. Esto tiene como resultado por lo tanto que la cal pulverulenta encuentra un obstáculo en el seno del tubo externo de pulverización que está en el tubo interno de proyección de agua. De esta forma, la cal hidratada entra en contacto con la superficie generalmente metálica y fría del tubo interno, sobre la que la cal tiende a colmatarse.

35 Además, según estos documentos, el grado de humedad de la cal hidratada induce una relación másica agua/cal de 5 a 6 para formar una suspensión *in situ*. Esta suspensión proporciona un efecto adicional nefasto para el tratamiento de los gases de combustión porque además el gas se enfría de forma significativa con la inyección de cal hidratada. Esto supone disponer de humos suficientemente calientes para que la descontaminación sea eficaz; ahora bien esto no se investiga actualmente ya que los industriales tienen una tendencia cada vez más marcada a recuperar lo mejor posible el calor de los gases de combustión por razones económicas y medioambientales.

40 Por otra parte, cuando la cal hidratada entra en contacto con una superficie fría, como es el caso de la superficie del tubo interno de proyección de agua de estos documentos, se produce la condensación en el tubo de proyección de la cal hidratada, lo que también da como resultado el favorecer una colmatación del tubo de proyección y así perturbar la inyección de la cal en el flujo de gas de combustión.

Finalmente, una relación másica agua/cal tan elevada como la citada anteriormente supone una disponibilidad y un consumo grande de agua.

5 También se conoce un dispositivo de inyección de cal en los gases de combustión, en el que la tubuladura de inyección de cal hidratada o pulverulenta está rodeada por una tubuladura externa concéntrica a través de la que se inyecta un gas (v. US2012/0251423).

10 La presente invención tiene como objetivo paliar los inconvenientes del estado de la técnica procurando un procedimiento que permita el tratamiento de gases en particular de gases de combustión, mediante un compuesto pulverulento, preferentemente mineral, en particular cal hidratada, durante el que el riesgo de colmatación se reduce significativamente y el consumo de agua se minimiza y ello sin enfriar de forma sensible los gases, permitiendo así que no se perjudique la recuperación de las calorías procedentes de estos gases que se van a tratar.

15 Para resolver este problema, está previsto según la invención un procedimiento tal como se ha indicado al principio caracterizado por que dicha etapa de inyección de fase líquida acuosa monofásica, en forma de gotitas, se efectúa en el interior de dicha conducción de gas en dicha nube o flujo de partículas de compuesto pulverulento, de forma que se humidifiquen estas partículas de compuesto pulverulento en el interior de la conducción de gas, durante su inyección, según una relación ponderal entre la fase líquida acuosa monofásica inyectada en forma de gotitas y el compuesto pulverulento inyectado superior o igual a 0,05 e inferior o igual a 1,2, realizándose dicha etapa de inyección de fase líquida acuosa monofásica mediante al menos una tubuladura de inyección de fase líquida acuosa monofásica situada en un espacio periférico localizado alrededor de dicha cara externa y que presenta una envoltura externa y por que el procedimiento comprende además un aislamiento de dicha cara externa por al menos una capa de aislante dispuesta en dicho espacio periférico.

20 Según la presente invención, la humidificación del compuesto pulverulento se efectúa en el punto de inyección del compuesto pulverulento, y esto en la conducción/flujo de gas que se va a tratar. De esta forma, las partículas del compuesto mineral y las gotitas de fase acuosa coexisten muy localmente, y el compuesto pulverulento se humidifica *in situ* y de forma controlada.

25 En la nube de gotitas de fase acuosa y de partículas de compuesto pulverulento inyectadas según la relación ponderal entre la fase acuosa en forma de gotitas y el compuesto pulverulento, se crea así una capa de gotitas de fase acuosa en la superficie de las partículas de compuesto pulverulento y se facilita la transferencia de los contaminantes, principalmente ácidos, que se van a reducir hacia la fase sólida del compuesto pulverulento.

30 La capa de gotitas de fase acuosa se obtiene mediante co-inyección controlada de partículas de compuesto pulverulento y de la fase acuosa según dicha relación ponderal y la humidificación *in situ* del compuesto pulverulento evita el problema recurrente de colmatación de las lanzas de inyección de compuesto pulverulento, en particular de la cal hidratada humidificada.

Más precisamente, la fase acuosa se inyecta en una proximidad inmediata respecto al punto de inyección de compuesto pulverulento.

35 Por "proximidad inmediata", se entiende, en el sentido de la presente invención, que la distancia entre el punto de inyección de la fase acuosa y el punto de inyección del compuesto pulverulento es inferior o igual al diámetro del punto de inyección /de la tubuladura de inyección del compuesto pulverulento, en particular inferior o igual al radio.

40 Ventajosamente, el compuesto pulverulento es un compuesto mineral. Puede comprender un compuesto calcomagnésico, en particular cal, preferentemente apagada o hidratada. En un modo de realización particular, el compuesto mineral se elige entre los utilizados para la reducción de dioxinas, furanos y/o metales pesados entre ellos el mercurio, como por ejemplo, aquellos a base de sepiolita o de haloisita o análogos. El compuesto pulverulento utilizado también puede ser orgánico, principalmente carbonado, en particular del tipo carbón activo o coque de lignito. El compuesto pulverulento también puede ser una mezcla de estos compuestos.

45 Preferentemente, la fase acuosa es agua líquida o una disolución acuosa de compuesto alcalino elegido en el grupo formado por hidróxidos, carbonatos, bicarbonatos, hidrógenocarbonatos, nitratos, fosfatos, persulfatos y monocarboxilatos de metal alcalino, principalmente sodio, potasio y/o litio, y sus mezclas, o una disolución acuosa de compuesto a base de amoníaco o de urea, tal como las sales de amonio, o una disolución acuosa de compuesto a base de halogenuros alcalinos o alcalinotérreos o de amonio, en particular de cloruro y/o de bromuro, principalmente de sodio, de potasio, de calcio o de magnesio. Por otra parte, la fase acuosa también puede contener ácidos, principalmente orgánicos, difuncionales (ácidos dibásicos) o no.

50 En todos los casos, la fase acuosa es monofásica. Dicho de otra forma, la fase acuosa está formada por un líquido, en particular agua líquida.

55 De forma ventajosa, la temperatura de la fase acuosa antes de la inyección en dicha conducción de gas de combustión es inferior a 100°C, preferentemente inferior a 40°C, particularmente inferior a 30°C, más particularmente inferior a 20°C.

Según una forma particular de realización, la etapa de inyección de fase acuosa se efectúa en una proximidad inmediata posterior a dicho punto de inyección de compuesto pulverulento respecto a dicho sentido de flujo predeterminado de los gases en dicha conducción de gas.

5 Mediante los términos "proximidad inmediata posterior" al punto de inyección de compuesto pulverulento, se entiende en el sentido de la presente invención que, con respecto al sentido de flujo de los gases, las gotitas de fase acuosa se pulverizan justo después del compuesto pulverulento. Por lo tanto, el compuesto pulverulento inyectado se encuentra primero con los gases e inmediatamente después con las gotitas de fase acuosa formadas, lo que permite por lo tanto humidificar el compuesto pulverulento y no los gases que se van a tratar.

10 En otra forma particular de realización, la etapa de inyección de fase acuosa se efectúa en una proximidad inmediata anterior a dicho punto de inyección de compuesto mineral respecto a dicho sentido de flujo predeterminado de los gases de combustión en dicha conducción de gas de combustión.

15 Ventajosamente, dicha etapa de inyección de compuesto pulverulento se efectúa en la conducción de gas según un sentido de inyección que forma un ángulo de 90 a 150 grados, preferentemente inferior o igual a 145 grados, de forma preferente inferior o igual a 140 grados y en particular inferior o igual a 135 grados, respecto al sentido de flujo predeterminado de los gases.

En una forma de realización particular, dichas gotitas de fase acuosa presentan un tamaño medio de gotitas comprendido entre 500 y 5.000  $\mu\text{m}$ , preferentemente de 500 a 5.000  $\mu\text{m}$ , en función de las condiciones de inyección.

20 Preferentemente dicho compuesto pulverulento, en particular la cal hidratada pulverulenta, presente un tamaño medio de partículas  $d_{50}$  inferior a 80  $\mu\text{m}$ , ventajosamente inferior a 50  $\mu\text{m}$ , preferentemente inferior a 35  $\mu\text{m}$ , preferentemente inferior a 25  $\mu\text{m}$  y de forma particular inferior o igual a 10  $\mu\text{m}$ , en particular inferior o igual a 8  $\mu\text{m}$ .

Se entiende que el compuesto pulverulento puede ser un compuesto mineral pulverulento co-inyectado con otro compuesto pulverulento, principalmente carbonado, en particular del tipo carbón activo o coque de lignito.

25 Más particularmente, está previsto según el procedimiento de la presente invención que dicho compuesto pulverulento, en particular la cal hidratada, presente antes de la inyección en dicha conducción de gas una humedad (contenido másico de agua) comprendida entre 0,2 y 10%, en particular entre 0,5 y 4%, preferentemente inferior a 2%, en particular inferior a 1,5%.

30 En efecto, cuando el contenido de agua libre del compuesto pulverulento es superior al 10%, aparecen problemas de realización. En particular, cuando el compuesto pulverulento es cal apagada (hidratada), si este contenido de agua libre es superior al 2%, respectivamente 4%, resulta difícil, respectivamente muy problemático de manipular (problemas de flujo, de incrustaciones, ...).

35 En un modo de realización particular según la presente invención, la relación ponderal entre dicha fase acuosa inyectada en forma de gotitas y dicho compuesto pulverulento inyectado es superior o igual a 0,1, de forma preferente superior o igual a 0,2, e inferior o igual a 1, y más particularmente inferior o igual a 0,8. Esta relación ponderal es relativamente baja en comparación a la comunicada en los anteriores documentos CN 2011 68568 y JP 10-216.572 y no produce enfriamiento sensible de los gases que se van a tratar ya que, según la presente invención, la proporción reducida de agua añadida permite la humidificación del compuesto pulverulento, en particular de la cal hidratada, sin humidificar y por lo tanto enfriar significativamente los gases.

40 En efecto, en los anteriores documentos CN 2011 68568 y JP 10-216.572, la relación ponderal elevada entre el agua y la cal hidratada comprendida entre 5 y 6 viene determinada por el hecho de que una suspensión de cal hidratada (lechada de cal) se pulveriza en el gas que se va a tratar. En este caso, la temperatura de los gases se reduce mucho por la inyección de una gran cantidad de agua que consume calorías en la evaporación.

45 De forma particularmente ventajosa, en el procedimiento según la presente invención, dichos gases presentan, antes de la inyección de dicho compuesto pulverulento, una temperatura comprendida entre 10 y 1.100°C, en particular entre 10 y 100°C, principalmente entre 15 y 80°C, en particular entre 20 y 70°C o entre 100°C y 300°C, preferentemente entre 130°C y 250°C y de forma preferente entre 150°C y 230°C, en particular entre 160°C y 220°C. En otra variante del procedimiento según la invención, dichos gases presentan, antes de la inyección de dicho compuesto pulverulento, una temperatura comprendida entre 300°C y 500°C preferentemente entre 320°C y 450°C, de forma preferente entre 330°C y 400°C o entre 850 y 1100°C, preferentemente entre 900 y 1.100°C y de forma preferente entre 950°C y 1.050°C.

50 Tal como se puede constatar, la temperatura de los gases no está significativamente influenciada por la baja cantidad de agua y el tamaño de las gotitas que, según la invención, contribuyen esencialmente a humidificar el compuesto pulverulento. Además, como la inyección de fase acuosa tiene lugar en la nube de compuesto pulverulento inyectado, principalmente en una proximidad inmediata al punto de inyección del compuesto pulverulento, el contacto entre las gotitas de fase acuosa y las partículas de compuesto pulverulento se ve

favorecida y es muy rápida, lo que permite una optimización de la reducción de los contaminantes ácidos, facilitada por la capa de agua formada alrededor de las partículas de compuesto pulverulento.

5 En una variante del procedimiento según la presente invención, dichos gases presentan, después de la inyección de dicho compuesto pulverulento y de dicha fase acuosa en forma de gotitas, una temperatura comprendida entre  $n$  y  $n-10^{\circ}\text{C}$ , preferentemente entre  $n$  y  $n-8^{\circ}\text{C}$ , preferentemente entre  $n$  y  $n-5^{\circ}\text{C}$ , en particular entre  $n$  y  $n-3^{\circ}\text{C}$ , siendo  $n$  la temperatura de los gases antes de la inyección del compuesto pulverulento y de la fase acuosa.

10 En particular, en una forma de realización ventajosa, dicha inyección de la fase acuosa se realiza a través de una tubuladura de pulverización, preferentemente en forma de un chorro plano en abanico, a una presión comprendida entre 2 y 150 bares. En una variante, esta presión estará más bien comprendida entre 2 y 20 bares, preferentemente entre 3 y 15 bares y de forma preferente de aproximadamente 8 bares. En otra variante, la presión estará comprendida entre 20 y 150 bares, en particular entre 30 y 100 bares. Estas altas presiones permiten evitar el ensuciamiento de la tubuladura de pulverización.

15 De esta manera, en esta forma de realización particular de la invención, se obtienen gotitas muy finas y, habida cuenta que según la invención no se busca la creación de una nube de vapor, se puede utilizar una presión elevada ya que permite una buena dispersión en forma de gotitas muy finas y contribuye a la eficacia del contacto entre las gotas de fase acuosa y las partículas de compuesto pulverulento mejorando su humidificación, pero sin enfriar los gases calientes.

Otras formas de realización del procedimiento según la invención se indican en las reivindicaciones anexas.

20 La invención también tiene como objetivo un dispositivo de inyección de compuesto pulverulento, preferentemente mineral, en particular cal hidratada pulverulenta, que se va a introducir en una conducción de gas de combustión, que comprende una fuente de compuesto pulverulento, una tubuladura de inyección de compuesto pulverulento alimentada por la fuente de compuesto pulverulento y estructurada para desembocar en dicha conducción de gas, presentando dicha tubuladura de inyección de compuesto pulverulento una cara externa y una cara interna estructurada para estar en contacto con dicho compuesto pulverulento, comprendiendo además dicho dispositivo de inyección de compuesto pulverulento una fuente de fase líquida acuosa monofásica y al menos una tubuladura de inyección de fase líquida acuosa monofásica en forma de gotitas alimentada por esta fuente de fase líquida acuosa monofásica.

25 Dicho dispositivo se conoce en el estado de la técnica, como por ejemplo los documentos CN 2011 68568 y JP 10-216.572. En estos documentos que procuran un dispositivo adaptado para tratar los gases de combustión con una lechada de cal (suspensión), la tubuladura de inyección de agua es concéntrica a una tubuladura de mayor diámetro de inyección de cal hidratada con el fin de hacer una suspensión de cal hidratada *in situ*.

30 Tal como se ha mencionado en el documento CN 2011 68568, en ciertos dispositivos de tratamiento de gases de combustión mediante lechada de cal está previsto que la posición del tubo interno se pueda ajustar respecto a la posición del tubo externo. En dicho caso, el tubo interno para el agua presenta un orificio de salida sobresaliente o embutido o también al mismo nivel respecto de un orificio de salida de cal hidratada del tubo externo.

35 Desafortunadamente, sea cual sea la configuración elegida, la presencia del tubo interno concéntrico al tubo externo de pulverización de cal hidratada obliga a las partículas de cal hidratada a chocar contra el tubo interno de proyección de agua. La cal hidratada entra por lo tanto en contacto con la superficie metálica y fría del tubo interno, sobre la que la cal tiende a colmatarse. Por lo tanto, la solución aportada a los problemas de colmatación anteriores es sólo relativa.

40 Además, según estos documentos, la configuración concéntrica y el deseo de formar una suspensión de cal hidratada *in situ* tiene como efecto que se requiera una relación agua/cal de 5 a 6. Desafortunadamente, en dicho caso, el dispositivo según los documentos CN 2011 68568 y JP 10-216.572 tiene como efecto el enfriamiento de los gases de combustión, planteando de esta forma una nueva problemática para los actores industriales con una tendencia cada vez mayor a recuperar las calorías procedentes de los gases de combustión para proponer procedimientos más económicos y respetuosos con el medio ambiente.

45 Finalmente, cuando la cal hidratada entra en contacto con una superficie fría, tal como es el caso de la superficie del tubo interno de proyección de agua de estos documentos, se produce una condensación en el tubo de proyección de cal hidratada, lo que también tiene como resultado la colmatación del tubo de proyección y así perturba la inyección de la cal en el flujo de gas de combustión.

50 La presente invención tiene como objetivo paliar los inconvenientes del estado de la técnica procurando un dispositivo que permita la inyección de un compuesto pulverulento, preferentemente mineral, en particular cal hidratada, y la humidificación de sus partículas en el tratamiento de los gases cuyo riesgo de colmatación se reduce significativamente, y esto sin enfriar los gases, permitiendo así no perjudicar la recuperación de las calorías procedentes de estos gases que se van a tratar.

5 Para resolver este problema, está previsto según la invención, un dispositivo tal como el indicado anteriormente caracterizado por que dicha al menos una tubuladura de inyección de fase líquida acuosa monofásica está situada en un espacio periférico localizado alrededor de dicha cara externa de la tubuladura de inyección de compuesto pulverulento y que presenta una envoltura externa, y por que al menos una capa de aislante está dispuesta en dicho espacio periférico entre dicha cara externa de dicha tubuladura de inyección de compuesto pulverulento y la envoltura externa.

10 De esta forma, el compuesto pulverulento inyectado en la tubuladura de inyección de compuesto pulverulento no encuentra ningún obstáculo y menos superficie fría o metálica contra la que tendría tendencia a depositarse y a colmatarse. Además, dicha al menos una tubuladura de fase acuosa situada en un espacio periférico localizado alrededor de la cara externa de la tubuladura de inyección de compuesto pulverulento también está estructurada para permitir una inyección de gotitas de fase acuosa, en particular de agua líquida, en una proximidad inmediata respecto al punto de inyección de compuesto pulverulento. Por proximidad inmediata, se entiende, en el sentido de la presente invención, que la distancia que separa los diámetros exteriores de las tubuladuras de inyección de fase acuosa y de compuesto pulverulento respectivamente es inferior o igual al diámetro de la tubuladura de inyección de compuesto pulverulento, preferentemente inferior al radio.

15 Asimismo, la configuración particular de dicha al menos una tubuladura de inyección de fase acuosa y de dicha tubuladura de inyección de compuesto pulverulento permite tratar los gases en vía casi seca, humidificando solamente el compuesto pulverulento, en particular la cal, y en este último caso, sin formar suspensión de lechada de cal. Esta operación se efectúa sin humidificar significativamente los gases, y por lo tanto sin enfriar los gases cuya recuperación calorífica es cada vez más deseada. Esta configuración particular no requiere, contrariamente al estado de la técnica divulgada en los documentos CN 2011 68568 y JP 10-216.572, una relación ponderal agua/cal elevada y permite reducir el valor entre 5 y 6 a un valor inferior o igual a 1,2 preferentemente inferior o igual a 1, más particularmente inferior o igual a 0,8. Por consiguiente, una nube de partículas de compuesto pulverulento, en particular de cal hidratada, se crea en el flujo de gas de combustión y se inyectan en el flujo de gas gotitas de fase acuosa, principalmente agua, en cantidad relativamente baja. Estas gotitas de fase acuosa se encuentran con la nube densa de partículas de compuesto pulverulento y mejoran la reducción de contaminantes, principalmente compuestos ácidos de los gases sin enfriar los gases.

20 En una forma de realización preferente, el dispositivo comprende una pluralidad de tubuladuras de inyección de fase acuosa en forma de gotitas, unidas cada una a un distribuidor conectado a dicha fuente de fase acuosa, estando situada cada tubuladura de dicha pluralidad de tubuladuras de inyección en dicho espacio periférico, estando además cada tubuladura provista de una válvula.

25 Ventajosamente, en el dispositivo según la presente invención, cada tubuladura de inyección de fase acuosa está estructurada en un tubo concéntrico, fuera del que la tubuladura de inyección de fase acuosa es retráctil.

30 Más particularmente, según la presente invención, cada tubuladura de inyección de fase acuosa comprende un orificio de salida en forma de una ranura o pulverizador plano.

35 En una variante de la presente invención, el distribuidor está conectado a un medio de presurización estructurado para proporcionar a la fase acuosa una presión comprendida entre 2 y 150 bares, principalmente entre 2 y 20 bares, preferentemente entre 3 y 15 bares y de forma más preferente de aproximadamente 8 bares y en otra variante entre 20 y 150 bares, en particular entre 30 y 100 bares. Por supuesto se puede tratar de una alimentación en fase acuosa, en particular de agua líquida, directamente disponible en las presiones citadas anteriormente.

40 Tal como se ha indicado anteriormente, está previsto según la invención que el dispositivo comprenda una envoltura externa alrededor de dicho espacio periférico.

El dispositivo según la presente invención comprende, en dicho espacio periférico, al menos una capa de aislante entre dicha cara externa de dicha tubuladura de inyección de compuesto pulverulento y dicha envoltura externa.

45 También en otro modo de realización de la presente invención, el dispositivo comprende además un dispositivo de cierre de dicho espacio periférico provisto de una serie de orificios entre ellos un orificio de compuesto pulverulento y al menos un orificio de fase acuosa, estando estructurado dicho orificio de compuesto pulverulento para contener una salida de dicha tubuladura de inyección de compuesto pulverulento, estando estructurado cada orificio de fase acuosa para contener una salida de cada tubuladura de inyección de fase acuosa.

50 Preferentemente, en el dispositivo según la presente invención, dicha envoltura externa presenta un diámetro comprendido entre 100 y 250 mm, preferentemente inferior a 200 mm y de forma más preferente entre 110 y 170 mm, en particular entre 125 y 150 mm.

Ventajosamente, dicha tubuladura de inyección de compuesto pulverulento presenta un diámetro comprendido entre 75 y 150 mm, preferentemente entre 80 y 125 mm y en particular de aproximadamente 100 mm.

Más particularmente, según la presente invención, cada tubuladura de inyección de fase acuosa presenta un diámetro comprendido entre 5 y 30 mm, preferentemente entre 6 y 20 mm y de forma más preferente entre 8 y 16 mm.

Otras formas de realización del dispositivo según la invención están indicadas en las reivindicaciones anexas.

- 5 Otras características, detalles y ventajas de la invención saldrán de la descripción dada más adelante, de modo no limitativo y haciendo referencia a los dibujos anexos.

La figura 1A es una vista esquemática lateral de una primera forma de realización del dispositivo de tratamiento de gas según la presente invención. La figura 1B es una vista transversal según la línea I-I de la figura 1A.

- 10 La figura 2A es una vista esquemática lateral de una segunda forma de realización del dispositivo de tratamiento de gas según la presente invención. La figura 2B es una vista transversal según la línea II-II de la figura 2A.

La figura 3 es una vista esquemática lateral de la forma de realización según la figura 1 del dispositivo de tratamiento de gas según la presente invención, utilizado por ejemplo en una conducción de gas de combustión, siendo aquí el sentido de inyección del compuesto pulverulento perpendicular al sentido de flujo de los gases de combustión.

- 15 La figura 4 es una vista esquemática lateral de la segunda forma de realización según la figura 2 del dispositivo de tratamiento de humos según la presente invención, utilizado en una conducción de gas de combustión, siendo aquí el sentido de inyección del compuesto pulverulento también perpendicular al sentido de flujo de los gases de combustión.

- 20 La figura 5 es una vista esquemática lateral de la forma de realización según la figura 2 del dispositivo de tratamiento de humos según la presente invención, utilizado en una conducción de gas de combustión. Aquí el sentido de inyección del compuesto pulverulento se sitúa de forma oblicua respecto al sentido de flujo de los gases de combustión.

Las figuras 3 a 5 ilustran modos, entre otros, de acoplamiento de dispositivos según la invención a una conducción de gas de combustión.

- 25 En las figuras, los elementos idénticos o análogos tienen las mismas referencias. La naturaleza del compuesto pulverulento inyectado en los casos ilustrados es mineral y los gases tratados son gases de combustión.

- 30 Tal como se puede constatar en las figuras 1A y 1B, el dispositivo según la presente invención es un dispositivo de inyección de compuesto mineral pulverulento 1 que se va a introducir en una conducción de gas de combustión, que comprende una tubuladura de inyección de compuesto mineral pulverulento 2 conectado a una fuente de compuesto mineral pulverulento (no ilustrada). La tubuladura de inyección de compuesto mineral está estructurada para desembocar en dicha conducción de gas de combustión 3 (véase la figura 3) y para permitir la salida de compuesto mineral a través de un orificio de salida de compuesto mineral 14. La tubuladura de inyección de compuesto mineral 2 presenta una cara externa 4 y una cara interna 5. En funcionamiento, la cara interna 5 está en contacto con dicho compuesto mineral pulverulento durante su alimentación en la tubuladura de inyección 2.

- 35 El dispositivo de inyección de compuesto mineral pulverulento 1 comprende en esta forma de realización ilustrada una pluralidad de tubuladuras de inyección de fase acuosa 6 en forma de gotitas, conectadas cada una a un distribuidor 7 conectado a una alimentación en fase acuosa 8. Tal como se puede constatar en la figura 1A o 1B, cada tubuladura 6 de la pluralidad de tubuladuras de inyección está situada alrededor de la tubuladura de inyección de compuesto mineral 2 en un espacio exterior a ésta, llamado aquí espacio periférico 9. Cada tubuladura de inyección de fase acuosa 6 comprende además una válvula 10 situada entre el distribuidor 7 y la salida de fase acuosa 11 de cada tubuladura de inyección de fase acuosa 6. La salida de fase acuosa 11 en forma de gotitas de cada tubuladura de inyección de fase acuosa se hace ventajosamente en la práctica mediante un orificio de salida de fase acuosa en forma de una ranura o pulverizador plano, mediante un surtidor (no representado).

- 40 Por medio de las válvulas 10, es posible no alimentar algunas de las tubuladuras 6 y por ejemplo alimentar únicamente las situadas inmediatamente posterior al punto de inyección del compuesto mineral respecto al sentido de flujo G de los gases de combustión en la conducción de gas de combustión 3.

- 45 El distribuidor 7 se conecta a una alimentación en fase acuosa bajo presión 8. En una variante del dispositivo, un medio de presurización 12 permite dar la presión deseada al agua entrante por medio de la alimentación de agua 8. La presión de alimentación en fase acuosa 8 está comprendida normalmente entre 2 y 150 bares. En una variante, esta presión estará más bien comprendida entre 2 y 20 bares, preferentemente entre 3 y 15 bares y de forma más preferente de aproximadamente 8 bares. En otra variante, la presión estará comprendida entre 20 y 150 bares, en particular entre 30 y 100 bares. Estas altas presiones permiten evitar un ensuciamiento de la tubuladura de pulverización.

El dispositivo de inyección de compuesto mineral comprende además una brida 13 provista de orificios pasantes 18 para poder atornillar o fijar por cualquier otro medio el dispositivo de tratamiento de gas de combustión a una conducción de gas de combustión.

5 En efecto, tal como se puede ver en la figura 3, la conducción de gases de combustión 3 que se van a tratar comprende un orificio para la introducción del dispositivo 1. Este se introduce en este orificio y se fija sobre la conducción de forma corriente, por la brida 13 y medios de fijación 15. La sujeción de la brida 13 permite mantener un apoyo en la cara externa 16 de la conducción de gas de combustión 3, pero igualmente asegura la estanqueidad de la conexión del dispositivo según la presente invención.

10 En la forma de realización ilustrada en las figuras 1A y 1B, está presente una segunda brida 17 en el dispositivo de tratamiento de gas de combustión. Esta brida 17 está provista de una serie de orificios pasantes 19 estructurados para contener medios de fijación. La brida 17 está estructurada para estar conectada a una fuente corriente de compuesto mineral (no ilustrada).

15 Ventajosamente, una envoltura externa 20 está presente alrededor de dicho espacio periférico 9. La envoltura externa 20 presenta preferentemente un diámetro comprendido entre 100 y 250 mm, preferentemente inferior a 200 mm y de forma más preferente entre 110 y 170 mm, en particular entre 125 y 150 mm.

20 En el espacio periférico 9, se puede prever una capa de aislante entre la cara externa 4 de dicha tubuladura de inyección de compuesto mineral pulverulento y la envoltura externa 20. El aislante puede ser simplemente aire o cualquier materia aislante conocida por el experto en la técnica. Permite evitar el enfriamiento de la cara externa 4 que está aislada de las tubuladuras 6 lo que reduce los riesgos de aglomeración contra la cara interna 5 del compuesto mineral que circula en la tubuladura de inyección de compuesto mineral.

El dispositivo según la presente invención comprende además de forma preferente un tapón o dispositivo de cierre 21 de dicho espacio periférico. Este tapón está provisto de una serie de orificios entre ellos un orificio de salida para el compuesto mineral 14 y tantos orificios de salida para la fase acuosa 11 como tubuladuras de fase acuosa 6 presentes.

25 Para la inyección de compuesto mineral, se utiliza normalmente un tubo cilíndrico 2 de diámetro de aproximadamente 125 mm de acero inoxidable, que se monta sobre una brida 13. El acero inoxidable es una fuente de aglomeración y de colmatación del compuesto mineral, y en consecuencia, el tubo 2 de acero inoxidable (tubuladura de inyección de compuesto mineral 2) debe ser tan corto como sea posible y tan directo como sea posible (sin obstáculo) para reducir las zonas muertas. Por lo tanto, el tubo aproximadamente cilíndrico 2 (un codo puede principalmente utilizarse tal como se ilustra en la figura 2A) debe tener en cuenta estas consideraciones. En resumen, el dispositivo según la presente invención comprende dicho tubo cilíndrico de inyección de compuesto mineral 2 que se ha modificado de tal forma que al menos una tubuladura de inyección de fase acuosa 6 se pueda insertar a lo largo del tubo aproximadamente cilíndrico de inyección de compuesto mineral 2 sin crear obstáculo en el flujo de partículas del compuesto mineral en la tubuladura/tubo aproximadamente cilíndrico 2. En la forma de realización ilustrada en las figuras 1A, 1B y 3, ocho tubuladuras de inyección de fase acuosa 6, en forma de gotitas, se han colocado alrededor de la tubuladura de inyección de compuesto mineral 2, y los diámetros de estas tubuladuras 6 se han elegido de forma que se las tubuladuras 6 se puedan integrar en la brida 13.

40 Normalmente, la tubuladura de inyección de compuesto mineral pulverulento 2 presenta un diámetro comprendido entre 75 y 150 mm, preferentemente entre 80 y 125 mm y en particular de aproximadamente 100 mm. Generalmente, cada tubuladura de inyección de agua 6 presenta un diámetro comprendido entre 5 y 30 mm, preferentemente entre 6 y 20 mm y de forma más preferente entre 8 y 16 mm.

45 Cuando sea preciso tratar gases de combustión en una conducción con cal hidratada para reducir entre otros los contaminantes ácidos, se coloca el dispositivo según la presente invención tal como se ilustra por ejemplo en la figura 3. Se inyecta entonces cal hidratada en la tubuladura de inyección de cal hidratada 2 y abandona la tubuladura a través del orificio de salida 14. En este momento, se forma en la conducción de gas de combustión que se van a tratar 3, una nube de cal hidratada, cuyas partículas presentan normalmente un tamaño medio de partículas  $d_{50}$  inferior a 80  $\mu\text{m}$ , ventajosamente inferior a 50  $\mu\text{m}$ , preferentemente inferior a 35  $\mu\text{m}$ , preferentemente inferior a 25  $\mu\text{m}$  y de manera particular inferior o igual a 10  $\mu\text{m}$ , en particular inferior o igual a 8  $\mu\text{m}$ . Ventajosamente, antes de la inyección en los gases de combustión, la cal hidratada presenta una humedad comprendida entre 0,2 y 10% en peso, en particular entre 0,5 y 4% en peso, preferentemente inferior a 2%, en particular inferior a 1,5%.

La fase acuosa a presión entra en el distribuidor 7 a través de dicha alimentación 8 y penetra entonces en las tubuladuras de inyección de agua 6 para las que las válvulas 10 o algunas de entre ellas están en posición abierta.

55 Siguiendo una forma perfeccionada del procedimiento según la presente invención, la etapa de inyección de la fase acuosa en forma de gotitas se efectúa en dicha nube o flujo de compuesto mineral en dicha conducción de gas de combustión 3, en una proximidad inmediatamente posterior a dicho punto de inyección del compuesto mineral respecto al sentido de flujo de los gases de combustión (indicado por una doble flecha G en la figura 3), y ello en dicha conducción de gas de combustión 3. De esta forma, el compuesto mineral pulverulento inyectado se humidifica

y nada o muy poco los gases de combustión que se van a tratar. La inyección de gotitas de disolución acuosa en una proximidad inmediatamente posterior a las partículas de compuesto mineral inyectadas, respecto al sentido de flujo de los gases de combustión que se van a tratar, se efectúa en esta forma de realización cerrando las válvulas 10 presentes en las tubuladuras de inyección de fase acuosa 6 situadas anteriormente y abriendo las de las tubuladuras situadas posteriormente.

En el dispositivo, ilustrado en la figura 3, solamente las tubuladuras de inyección de gotitas de fase acuosa a presión situadas en la parte S del dispositivo de tratamiento de gas de combustión según la presente invención (posteriores respecto al flujo de gas) pueden tener sus válvulas en posición abierta mientras que las otras tubuladuras de inyección de gotitas a presión presentan válvulas en posición cerrada. De esta manera, las gotitas de fase acuosa a presión inyectadas se introducen en una cercanía inmediata posterior al punto de inyección de partículas de compuesto mineral, y las partículas de compuesto mineral se humidifican ventajosamente.

Los contaminantes de los gases de combustión son captados entonces por dicho compuesto mineral y esto de forma mejorada debido a la presencia de las partículas de fase acuosa que rodean las partículas de compuesto mineral. A continuación, se recuperan, de forma separada, el compuesto mineral enriquecido en compuestos contaminantes y los gases de combustión empobrecidos en contaminantes, principalmente por filtración.

Por lo tanto, el dispositivo mixto de inyección de compuesto mineral/fase acuosa según la presente invención es un concepto sencillo, fácil y poco costoso que permite mejorar la captura de los gases ácidos a partir de gases de combustión.

La temperatura de los gases de combustión está normalmente comprendida entre 100 y 1.100°C. En algunas instalaciones, esta temperatura varía de 110°C a 350°C, preferentemente entre 130°C y 250°C y más preferentemente entre 150°C y 230°C, en particular entre 180°C y 220°C. En otros casos, principalmente las actividades generadoras de SO<sub>2</sub> como contaminante principal, la temperatura de los gases de combustión está comprendida normalmente entre 250°C y 500°C o entre 850 y 1.100°C anteriormente (más cerca de la zona de combustión), preferentemente entre 300°C y 450°C o entre 900 y 1.100°C anteriormente y de forma preferente entre 330°C y 400°C o entre 950°C y 1.050°C anteriormente. El efecto de la humidificación del compuesto mineral es de duración relativamente corta ya que las gotitas de fase acuosa se evaporan muy rápidamente en los gases calientes. En consecuencia, el contacto entre las partículas de compuesto mineral inyectadas en los gases de combustión y las gotitas de agua se debe obtener tan rápidamente como sea posible.

El tamaño de las gotitas de fase acuosa está comprendido de media entre 500 y 5.000 µm, preferentemente entre 500 y 1.000 µm o entre 1.000 y 5.000 µm en función de las condiciones de inyección, y se obtiene en particular utilizando tubuladuras con orificios de salida planos (en forma de ranuras) a través de las que se forman las gotitas de fase acuosa. El tamaño de las gotitas obtenidas favorece también el contacto entre las gotitas de fase acuosa inyectadas en la nube de partículas de compuesto mineral y las partículas de compuesto mineral desde su inyección en la conducción de gas de combustión.

Tal como se ha mencionado anteriormente, generalmente es difícil de inyectar una composición mineral en los gases de combustión, en particular una cal hidratada húmeda (conteniendo más de 2% incluso 4% de agua) o previamente humidificada a causa de la aglomeración de las partículas que se produce y que tiene como efecto colmatar las tubuladuras de inyección. Además, una cal hidratada húmeda o previamente humidificada está más fácilmente sujeta a la carbonatación (bastante rápida), lo que induce una reducción de las prestaciones de captación. Finalmente, las partículas aglomeradas de compuesto mineral, en particular de cal hidratada, húmeda presentan capacidades de captura reducidas debido a la reducción de la accesibilidad a sus poros. Normalmente, se buscan partículas finas para mejorar las prestaciones de captura. La utilización del dispositivo según la presente invención permite que las partículas finas de compuesto mineral inyectadas en la conducción de gas de combustión que se va a tratar se humidifiquen como tales, *in situ*, y reaccionen con los gases principalmente ácidos en la nube de gotitas de fase acuosa creada directamente y se sequen también *in situ* ya que la evaporación es muy rápida en los gases calientes de combustión. En consecuencia, la evaporación del agua se produce antes de que las partículas hayan tenido tiempo de aglomerarse.

Esto también es debido a que, según la presente invención, la cantidad de agua inyectada es únicamente la cantidad de agua necesaria para humidificar las partículas de compuesto mineral y para crear una nube formada por partículas de compuesto mineral y de gotitas de fase acuosa. La relación ponderal entre dicha fase acuosa inyectada en forma de gotitas y dicho compuesto mineral pulverulento inyectado es inferior o igual a 1,2, preferentemente inferior o igual a 1 y en particular inferior o igual a 0,8. La relación ponderal mencionada también es superior o igual a 0,1 y particularmente superior o igual a 0,2. En consecuencia, la fase acuosa inyectada en forma de gotitas finas no tiene más que un pequeño impacto en la temperatura de los gases de combustión que se van a tratar y no perturba las potenciales etapas posteriores de recuperación calorífica. Según la presente invención, los gases de combustión presentan después de inyección del compuesto mineral y de la fase acuosa en forma de gotitas una temperatura comprendida entre n y n-10°C, preferentemente entre n y n- 8°C, preferentemente entre n y n-5°C, en particular n-3°C, siendo n la temperatura de los gases de combustión antes de inyección del compuesto mineral y de dicha fase acuosa.

Según la presente invención, incluso si normalmente los dos sistemas de inyección de fase acuosa y de compuesto mineral están fijados sobre el mismo dispositivo de tratamiento de gases de combustión, es evidente que funcionan de forma independiente el uno del otro. Por lo tanto, es posible trabajar únicamente inyectando gotitas de fase acuosa o únicamente compuesto mineral, si las circunstancias del caso lo requieren.

- 5 La figura 2 ilustra una variante del dispositivo de tratamiento de los gases de combustión según la presente invención.

Tal como se puede ver, el dispositivo 1 según la presente invención comprende aquí una tubuladura de inyección de compuesto mineral pulverulento 2 conectado a una fuente de compuesto mineral pulverulento (no ilustrada). La tubuladura de inyección de compuesto mineral está estructurada para desembocar en dicha conducción de gas de combustión 3 (véanse figuras 4 y 5) y para permitir la salida de compuesto mineral mediante un orificio de salida de compuesto mineral 14. La tubuladura de inyección de compuesto mineral 2 presenta una cara externa 4 y una cara interna 5. En funcionamiento, la cara interna 5 está en contacto con dicho compuesto mineral pulverulento que se inyecta en la tubuladura de inyección 2.

15 El dispositivo de inyección de compuesto mineral pulverulento 1 comprende también una tubuladura de inyección de fase acuosa 6 en forma de gotitas, que se conecta con una alimentación en fase acuosa 8, y que está localizada en un tubo concéntrico situado en el espacio periférico 9. La tubuladura de inyección de fase acuosa, aunque no esté ilustrada aquí, puede comprender además una válvula de cierre 10. El orificio de salida de fase acuosa 11 en forma de gotitas de la tubuladura de inyección de fase acuosa se realiza en la práctica en forma de una ranura o de un pulverizador plano.

20 La presión de la alimentación en fase acuosa 8 está normalmente comprendida entre 2 y 150 bares. En una variante, esta presión estará más bien comprendida entre 2 y 20 bares, preferentemente entre 3 y 15 bares y de forma más preferente de aproximadamente 8 bares. En otra variante, la presión estará comprendida entre 10 y 150 bares, en particular entre 20 y 100 bares. Estas altas presiones permiten evitar un ensuciamiento de la tubuladura de pulverización.

25 El dispositivo de inyección de compuesto mineral comprende además una brida 13 provista de orificios pasantes 18 para atornillar o fijar por cualquier otro medio el dispositivo de tratamiento de gas de combustión a una conducción de gas de combustión por medio de una brida 23.

30 En efecto, tal como se puede ver en la figura 5, la conducción de gas de combustión 3 que se va a tratar puede comprender un conducto de introducción 22 para el dispositivo 1 según la presente invención. El conducto de introducción 22 está provista de una brida 23 en su extremo. El dispositivo según la presente invención 1 se introduce en este conducto y se fija encima por medio de las bridas 13 y 23.

35 Tal como se puede ver en estas figuras 4 y 5, la etapa de inyección de compuesto mineral pulverulento se efectúa en la conducción de gas de combustión 3 según un ángulo de 90 a 150 grados, preferentemente inferior o igual a 145 grados, de forma preferente inferior o igual a 140 grados y en particular inferior o igual a 135 grados, respecto al sentido de flujo G de los gases de combustión

Esta orientación de la tubuladura del compuesto mineral respecto al sentido de flujo de los gases de combustión no está ligada de ninguna forma a la forma de realización del dispositivo según la invención. Esto significa que la forma de realización que comprende una pluralidad de tubuladuras de inyección de fase acuosa ilustrada en las figuras 1 y 3 también puede estar orientada de forma inclinada respecto a la pared de la conducción de gas de combustión.

40 Además, el dispositivo según la presente invención, en la versión ilustrada en las figuras 1A, 1B, 2A y 2B, se puede insertar más o menos en la conducción de gas de combustión, en función de los objetivos y puede penetrar normalmente una longitud comprendida entre 0 y 40 cm en la conducción del gas.

45 Las consideraciones técnicas como la longitud de la tubuladura, los parámetros de funcionamiento del dispositivo según la presente invención, en esta forma de realización, varían en la mismas medidas que las descritas para las figuras 1A, 1B y 3.

En la forma de realización ilustrada en las figuras 2A y 2B, una segunda brida 17 está presente en el dispositivo de tratamiento de gas de combustión. Esta brida 17 está provista de una serie de orificios pasantes 19 estructurados para acoger un medio de fijación. La brida 17 está estructurada para estar conectada a una fuente de compuesto mineral (no ilustrada).

50 Ventajosamente, una envoltura externa 20 está presente alrededor de dicho espacio periférico 9. La envoltura externa 20 presenta preferentemente un diámetro comprendido entre 100 y 250 mm, preferentemente inferior a 200 mm y de forma más preferente entre 110 y 170 mm, en particular entre 125 y 150 mm.

En el espacio periférico 9, se prevé una capa de aislante entre dicha cara externa 4 de dicha tubuladura de inyección de compuesto mineral pulverulento y la envoltura externa 20. El aislante puede ser simplemente aire o cualquier

aislante conocido por el experto de la técnica y permite evitar el enfriamiento de la cara externa 4, aislado de esta forma de la tubuladura de disolución acuosa 6 lo que reduce los riesgos de aglomeración de las partículas del compuesto mineral, en particular de la cal hidratada, que circula en la tubuladura de inyección 2.

5 El dispositivo según la presente invención comprende además de forma preferente un tapón o dispositivo de cierre 21 de dicho espacio periférico provisto de una serie de orificios, entre ellos un orificio de salida de compuesto mineral 14 y un orificio de salida del tubo concéntrico a la tubuladura de inyección de fase acuosa 11.

10 Tal como también se puede ver en esta forma de realización ilustrada en las figuras 2A, 2B, 4 y 5, la tubuladura de inyección de fase acuosa 6 se estructura en un tubo concéntrico, del que la tubuladura de inyección de fase acuosa 25 es retráctil, lo que permite limpiar o cambiar la tubuladura de inyección de la fase acuosa sin detener la inyección de compuesto mineral. Para facilitar la extracción de la tubuladura de inyección de fase acuosa, la presente invención prevé una ligera curvatura en la tubuladura de inyección de compuesto mineral, que sigue siendo lo más pequeña posible para evitar los obstáculos en el tubo esencialmente cilíndrico de transporte de compuesto mineral 2 y de esta forma reducir la aglomeración de compuesto mineral en las paredes.

15 Para la forma de realización ilustrada en las figuras 2A, 2B, 4 y 5, la tubuladura principal de inyección de compuesto mineral presenta normalmente un diámetro de 100 mm y el tubo concéntrico a la tubuladura de inyección de fase acuosa presenta un diámetro de 25 mm. Los dos tubos están confinados en una envoltura 20 que presenta un diámetro de aproximadamente 125 mm.

### Ejemplos

#### Ejemplo 1

20 Se han realizado ensayos de reducción de SO<sub>2</sub> utilizando la instalación piloto descrita en el documento WO 2007/000433 (figura 2 y p10, l.20 a p12, l.14). En un reactor tubular, se han hecho pasar partículas de hidróxido de calcio (cal hidratada), en co-corriente de un gas que contiene 1.500 mg/Nm<sup>3</sup> de SO<sub>2</sub>, 9% Vol. de CO<sub>2</sub>, y 10% Vol de H<sub>2</sub>O, y que presentan un caudal total de 1,132 Nm<sup>3</sup>/h y una temperatura de 220°C.

25 Se han utilizado dos tipos de cal hidratada. La primera muestra (M1) era una cal hidratada obtenida según la experiencia de la solicitud de patente WO 97/14650. La segunda muestra (M2) era una cal hidratada obtenida según la experiencia de la solicitud de patente WO2007/000 433

La tabla presenta las tasas de reducción de SO<sub>2</sub> obtenidas variando la humedad de los reactivos ensayados de 0,7% en peso respecto al peso de cal hidratada a 4,1% en peso, para un factor estequiométrico de 2,5 y un caudal de absorbente de Q.

30 El caudal de absorbente Q corresponde al caudal de cal hidratada necesario para la neutralización del caudal de SO<sub>2</sub>, si el rendimiento de la reacción fuese del 100% (equilibrio estequiométrico), multiplicado por un factor "estequiométrico", teniendo en cuenta que una parte del absorbente inyectado no participa realmente en la reacción . En el caso presente, Q vale 5,05 g/h.

Tabla

Muestra	Humedad a 150°C en % másico	Reducción del SO <sub>2</sub> para un factor estequiométrico de 2,5 (%)
M1	0,7%	18
	2,0%	27
	2,6%	28
	3,0%	29
	3,7%	29
	4,0%	29
M2	0,9%	27
	1,9%	36
	2,6%	38
	2,7%	39

Muestra	Humedad a 150°C en % másico	Reducción del SO <sub>2</sub> para un factor estequiométrico de 2,5 (%)
	3,8%	36
	4,1%	35

### Ejemplo 2.- Ensayo industrial

Los parámetros del gas de combustión son los siguientes:

caudal total: 20.000 Nm<sup>3</sup>/h

5 temperatura: 180°C

contenido de agua: 4-5% vol

contenido de O<sub>2</sub>: 15-18% vol

10 Se ha inyectado una cal hidratada preparada según la experiencia de la solicitud de patente WO 2007/000 433 anterior a un filtro de mangas para la reducción del SO<sub>2</sub>. Para un contenido de SO<sub>2</sub> de 1.800 mg/Nm<sup>3</sup> anterior al filtro de mangas y de 700 mg/Nm<sup>3</sup> a la salida, se ha observado una reducción de 15 a 20% del consumo de cal cuando la cal se humidificaba en comparación con la situación cuando la cal no estaba humidificada (17 dm<sup>3</sup>/h de agua o relación másica agua/cal de 0,25). En efecto, se observa una tasa de transformación de la cal de 35% cuando la cal no está humidificada y del 40% cuando está humidificada. Se ha utilizado el dispositivo de la figura 1 según la presente invención; presentaba una inclinación de aproximadamente 120° respecto al sentido de flujo de los gases.

### 15 Ejemplo 3.- Ensayo industrial

Los parámetros del gas de combustión son los siguientes:

caudal total: 250.000 Nm<sup>3</sup>/h

temperatura: 150°C

contenido de agua: 10% vol

20 contenido de O<sub>2</sub>: 16% vol

Se ha inyectado cal hidratada preparada según la experiencia de la solicitud de patente WO 2007/000433 anteriormente a un filtro de mangas para estudiar los efectos de su tasa de humidificación sobre las tasas de reducción de SO<sub>2</sub>.

25 Así, para un contenido de SO<sub>2</sub> de 224 mg/Nm<sup>3</sup> anteriormente al filtro de mangas y para un mismo consumo de cal (caudal de 50 kg/h), se obtiene un contenido de SO<sub>2</sub> a la salida del filtro de respectivamente 134 mg/Nm<sup>3</sup> (lo que equivale a una tasa de transformación de la cal de 53%) cuando la cal no está humidificada y de 112 mg/Nm<sup>3</sup> (tasa de transformación de la cal de 67%) cuando la cal está humidificada a razón de 30 dm<sup>3</sup>/h de agua (relación másica agua/cal de 0,6). Se observa por lo tanto que la cal humidificada permite una ganancia de reducción de SO<sub>2</sub> del 25% en comparación con la misma cal no humidificada.

### 30 Ejemplo 4.- Ensayo industrial

Se ha inyectado una cal hidratada de tipo estándar en la misma instalación y con los mismos parámetros del gas de combustión del ejemplo 3 para estudiar los efectos de su tasa de humidificación sobre las tasas de reducción de SO<sub>2</sub>.

35 Así, para un contenido de SO<sub>2</sub> de 420 mg/Nm<sup>3</sup> anteriormente al filtro de mangas y para un mismo consumo de cal (caudal de 120 kg/h), se obtiene un contenido de SO<sub>2</sub> a la salida del filtro de respectivamente 336 mg/Nm<sup>3</sup> (lo que equivale a una tasa de transformación de la cal de 20%) cuando la cal no estaba humidificada, de 266 mg/Nm<sup>3</sup> (tasa de transformación de la cal de 37%) cuando la cal está humidificada a razón de 30 dm<sup>3</sup>/h de agua (relación másica agua/cal de 0,25) y 241 mg/Nm<sup>3</sup> (tasa de transformación de la cal de 43%) cuando la cal está humidificada a razón de 120 dm<sup>3</sup>/h de agua (relación másica agua/cal de 1). Se observa por lo tanto que la cal humidificada con 30 y 120  
40 dm<sup>3</sup>/h de agua permite una ganancia de reducción de SO<sub>2</sub> de respectivamente 85% y 110% comparado con la misma cal no humidificada.

5 Está claro que la presente invención no está limitada en ningún caso a las formas de realización descritas anteriormente y que se pueden aportar modificaciones en el marco de las reivindicaciones anexas. Por ejemplo, es posible combinar la presencia del distribuidor 7 con una sola tubuladura de inyección de agua 6 o cualquier otro número deseado en el dispositivo de tratamiento de gas de combustión según la presente invención. También es posible que los ensamblajes de las figuras 3 y 4 comprendan, como en la figura 5, un conducto de introducción 22 provista de una brida 23 en su extremo.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de tratamiento de gas que presenta un sentido de flujo predeterminado en una conducción de gas que comprende las etapas de:

- 5 a) inyectar compuesto pulverulento en la conducción de gas en un punto de inyección de compuesto pulverulento, por medio de una tubuladura de inyección de compuesto pulverulento, presentando dicha tubuladura de inyección una cara externa y una cara interna estructurada de forma que esté en contacto con dicho compuesto pulverulento, de forma que permita la formación de una nube o flujo de partículas de compuesto pulverulento en dicha conducción de gas.
- b) inyectar una fase líquida acuosa monofásica en forma de gotitas, en dicha conducción de gas,
- 10 c) captar contaminantes de los gases por dicho compuesto pulverulento, y
- d) recuperar separadamente de dicho compuesto pulverulento enriquecido en contaminantes y los gases empobrecidos en contaminantes,

15 caracterizado por que dicha etapa de inyección de fase líquida acuosa monofásica en forma de gotitas se efectúa en el interior de dicha conducción de gas en la nube o flujo inyectado de partículas de compuesto pulverulento, de forma que se humedezcan estas partículas de compuesto pulverulento en el interior de la conducción de gas, durante su inyección, según una relación ponderal entre la fase líquida acuosa monofásica inyectada en forma de gotitas y el compuesto pulverulento inyectado superior o igual a 0,05 e inferior o igual a 1,2, realizándose dicha inyección de fase líquida acuosa monofásica por medio de al menos una tubuladura de inyección de fase líquida acuosa monofásica situada en un espacio periférico localizado alrededor de dicha cara externa y que presenta una envoltura externa, y por que el procedimiento comprende además un aislamiento de dicha cara externa por al menos una capa de aislante colocada en dicho espacio periférico.

20

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha etapa de inyección de compuesto pulverulento se efectúa en la conducción de gas según un sentido de inyección que forma un ángulo de 90 a 150 grados, preferentemente inferior o igual a 145 grados, de forma preferente inferior o igual a 140 grados y en particular inferior o igual a 135 grados, respecto al sentido de flujo de los gases.

25

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2, en el que dicho compuesto pulverulento presenta un tamaño de partículas medio  $d_{50}$  inferior a 80  $\mu\text{m}$ , ventajosamente inferior a 50  $\mu\text{m}$ , en particular inferior a 35  $\mu\text{m}$ , preferentemente inferior a 25  $\mu\text{m}$  y principalmente inferior o igual a 10  $\mu\text{m}$ , en particular inferior o igual a 8  $\mu\text{m}$ .

4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dicho compuesto pulverulento presenta, antes de inyección en dicha conducción de gas, una humedad (contenido másico de agua) comprendida entre 0,2 y 10%, en particular entre 0,5 y 4%, preferentemente inferior a 2%, en particular inferior a 1,5%.

30

5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la relación ponderal entre la fase acuosa inyectada en forma de gotitas y el compuesto pulverulento inyectado es superior o igual a 0,1, de forma preferente superior o igual a 0,2 e inferior o igual a 1 y más particularmente inferior o igual a 0,8.

6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos gases presentan, antes de inyección de dicho compuesto pulverulento, una temperatura comprendida entre 10°C y 100°C, preferentemente entre 15°C y 80°C y de forma preferente entre 20°C y 70°C.

35

7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dichos gases presentan, antes de inyección de dicho compuesto pulverulento, una temperatura comprendida entre 100°C y 300°C, preferentemente entre 135°C y 250°C y de forma preferente entre 150°C y 230°C, en particular entre 160°C y 220°C.

40

8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dichos gases presentan, antes de inyección de dicho compuesto pulverulento, una temperatura comprendida entre 300°C y 500°C, preferentemente entre 320°C y 450°C y de forma preferente entre 330°C y 400°C.

9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dichos gases presentan, antes de inyección de dicho compuesto pulverulento, una temperatura comprendida entre 850°C y 1.100°C, preferentemente entre 900°C y 1.100°C y de forma preferente entre 950°C y 1.050°C.

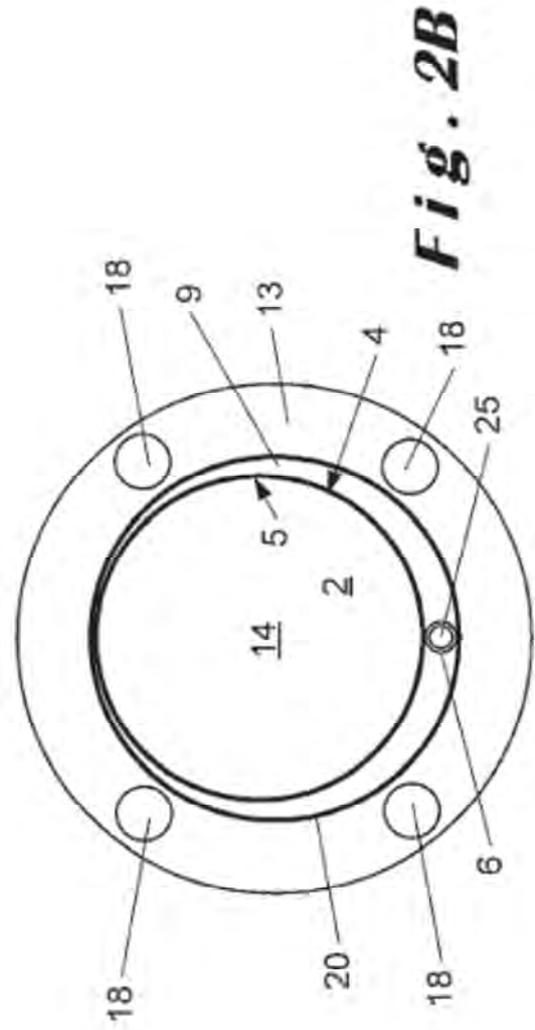
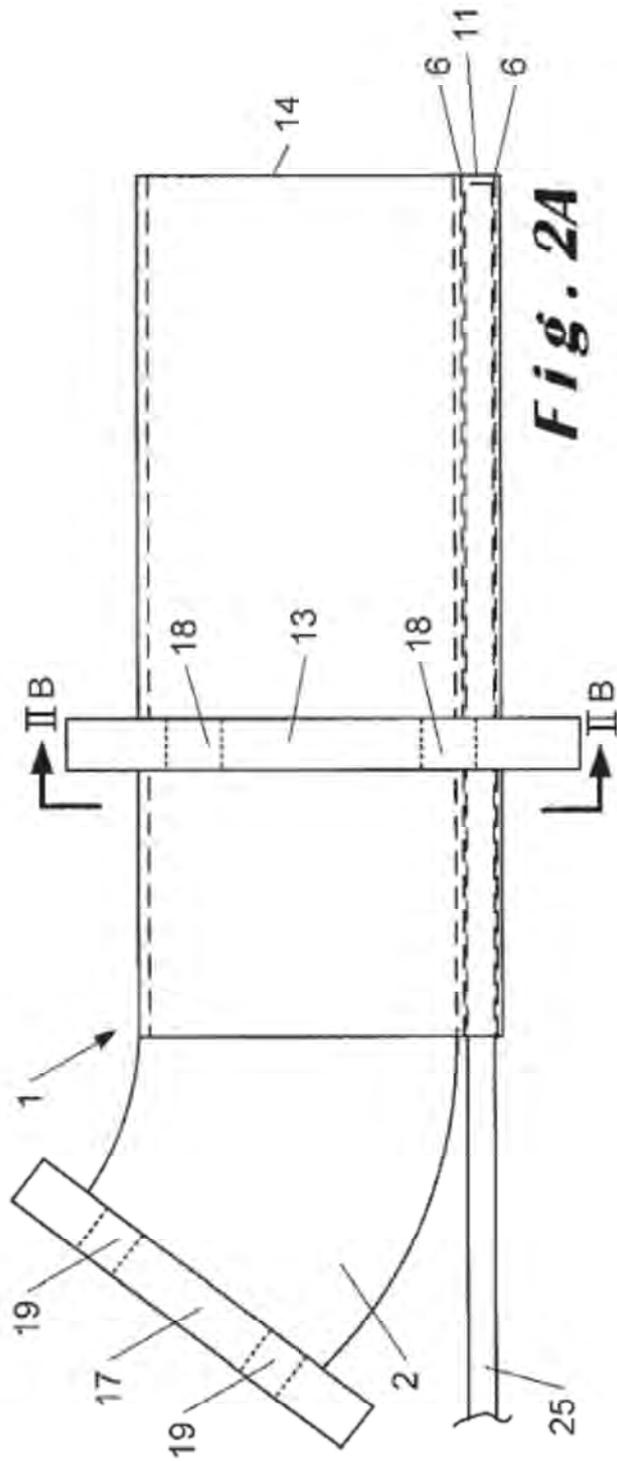
45

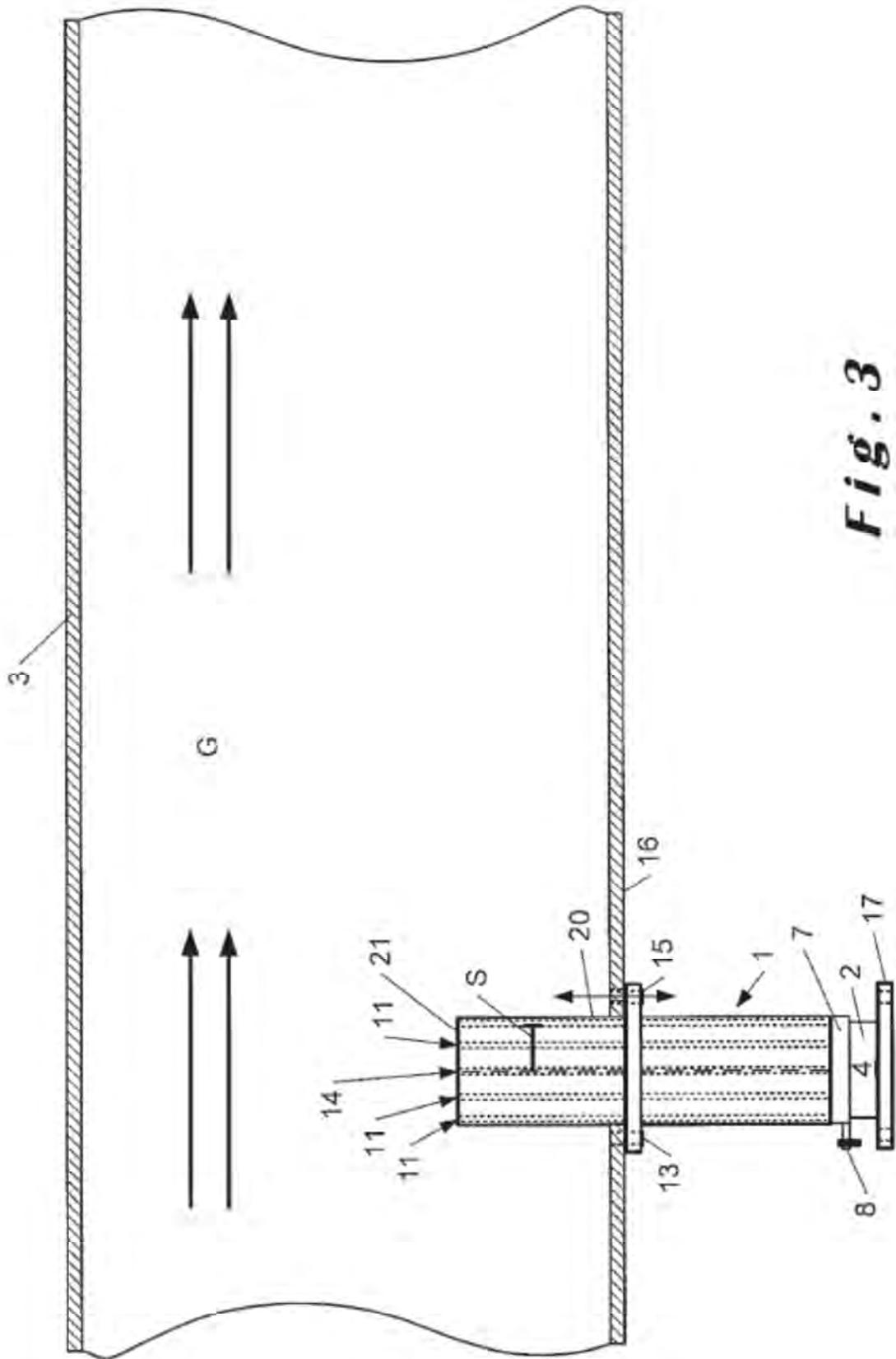
10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos gases presentan, después de inyección de dicho compuesto pulverulento y de la fase acuosa en forma de gotitas, una temperatura comprendida entre  $n$  y  $n-10^\circ\text{C}$ , preferentemente comprendida entre  $n$  y  $n-8^\circ\text{C}$ , preferentemente entre  $n$  y  $n-5^\circ\text{C}$ , en particular entre  $n$  y  $n-3^\circ\text{C}$ , siendo  $n$  la temperatura de los gases antes de inyección del compuesto pulverulento y de la fase acuosa.

50

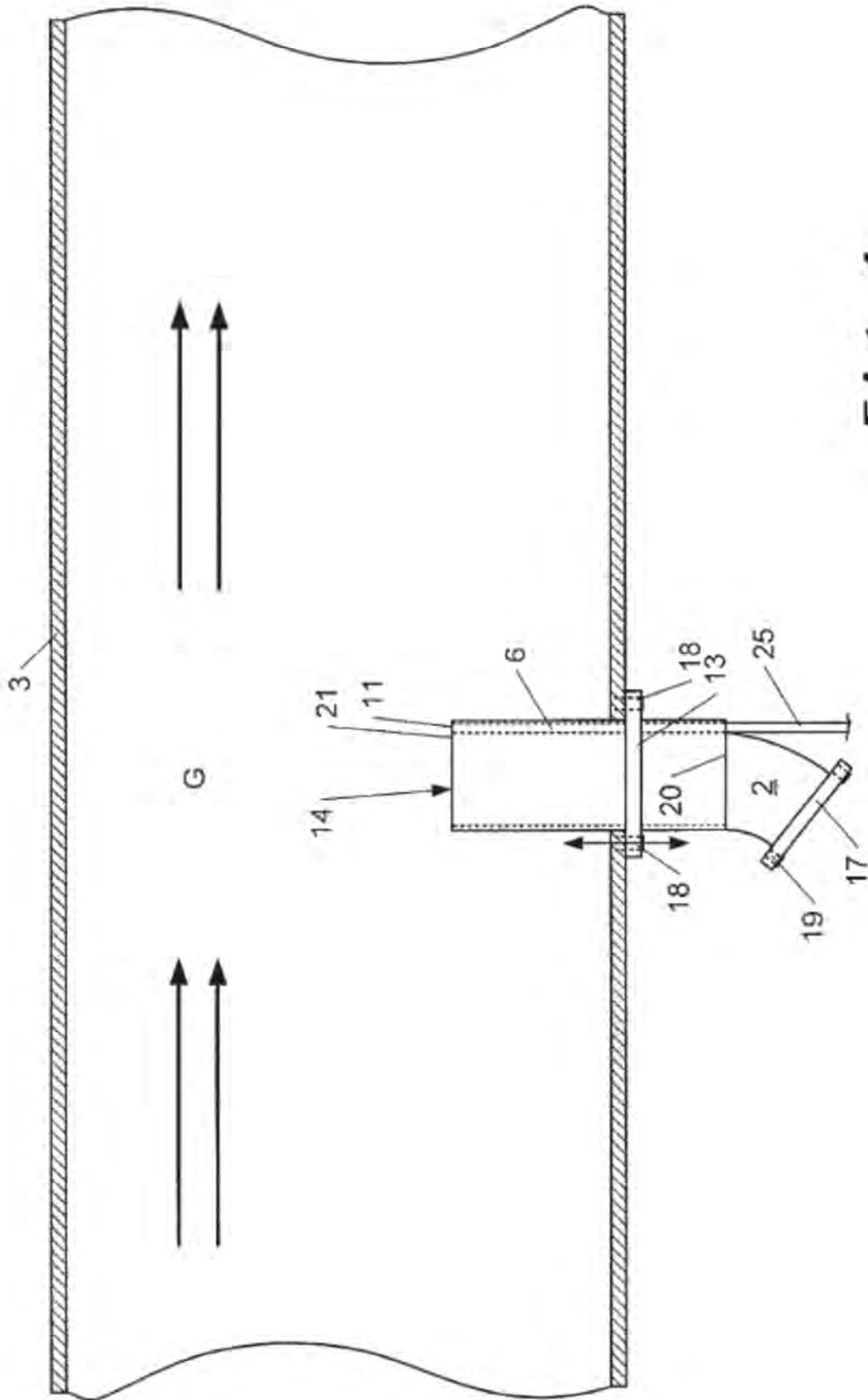
11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha inyección de la fase acuosa se realiza a una presión comprendida entre 2 y 150 bares, en particular entre 3 y 15 bares y de forma preferente de aproximadamente 8 bares, o entre 20 y 150 bares, ventajosamente entre 30 y 100 bares.
- 5 12. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que el compuesto pulverulento es un compuesto mineral elegido entre la cal hidratada, el carbonato o bicarbonato de sodio, la haloisita y la sepiolita, un compuesto orgánico carbonado elegido entre carbón activo y coque de lignito, o una mezcla de estos compuestos.
- 10 13. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que la fase acuosa está formada por agua o una disolución acuosa de compuesto alcalino o a base de amoníaco o de halogenuros o incluso de ácidos.
- 15 14. Dispositivo de inyección de compuesto pulverulento que se va a introducir en una conducción de gas de combustión (3), que comprenden una fuente de compuesto pulverulento, una tubuladura de inyección de compuesto pulverulento (2) alimentada por la fuente de compuesto pulverulento y estructurada para desembocar en dicha conducción de gas, presentando dicha tubuladura de inyección de compuesto pulverulento una cara externa (4) y una cara interna (5) estructurada para estar en contacto con dicho compuesto pulverulento, comprendiendo además dicho dispositivo de inyección de compuesto pulverulento una fuente de fase líquida acuosa monofásica y al menos una tubuladura de inyección de fase líquida acuosa monofásica (6) en forma de gotitas alimentada por esta fuente de fase líquida acuosa monofásica, caracterizado por que dicha al menos una tubuladura de inyección de fase líquida acuosa monofásica (6) está situada en un espacio periférico (9) localizado alrededor de dicha cara externa (4) de la tubuladura de inyección de compuesto pulverulento (2) y que presenta una envoltura externa (20), y por que al menos una capa de aislante está colocada en dicho espacio periférico entre dicha cara externa (4) de dicha tubuladura de inyección de compuesto pulverulento y la envoltura externa (20).
- 20 15. Dispositivo según la reivindicación 14, que comprende una pluralidad de tubuladuras de inyección de fase acuosa (6) en forma de gotitas, unidas cada una a un distribuidor (7) conectado a dicha fuente de fase acuosa, estando situada cada tubuladura de dicha pluralidad de tubuladuras de inyección de fase acuosa (6) en dicho espacio periférico y estando además provista de una válvula de cierre (10).
- 25 16. Dispositivo según una de las reivindicaciones 14 y 15, en el que cada tubuladura de inyección de fase acuosa (6) está estructurada en un tubo concéntrico fuera del que la tubuladura de fase acuosa es retráctil (25).
- 30 17. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, en el que cada tubuladura de inyección de fase acuosa (6) comprende un orificio de salida (11) en forma de una ranura.
- 35 18. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, en el que el distribuidor (7) está conectado a un medio de presurización estructurado para proporcionar a la fase acuosa una presión comprendida entre 2 y 150 bares, en particular entre 3 y 15 bares y de forma más preferente de aproximadamente 8 bares o entre 20 y 150 bares, ventajosamente entre 30 y 100 bares.
- 40 19. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18, que comprende además un dispositivo de cierre de dicho espacio periférico provisto de una serie de orificios entre ellos un orificio de compuesto mineral y al menos un orificio de fase acuosa, estando estructurado dicho orificio de compuesto mineral para contener una salida de dicha tubuladura de inyección de cal hidratada, estando estructurado cada orificio de fase acuosa para contener una salida de cada tubuladura de inyección de fase acuosa.
- 45 20. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 19, en el que dicha envoltura externa (20) presenta un diámetro comprendido entre 100 y 250 mm, preferentemente inferior a 200 mm y de forma más preferente entre 110 y 170 mm, en particular entre 125 y 150 mm.
21. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 20, en el que dicha tubuladura de inyección de compuesto pulverulento (2) presenta un diámetro comprendido entre 75 y 150 mm, preferentemente entre 80 y 125 mm y en particular de aproximadamente 100 mm.
22. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 21, en el que cada tubuladura de inyección de fase acuosa (6) presenta un diámetro comprendido entre 5 y 30 mm, preferentemente entre 6 y 20 mm y de forma más preferente entre 8 y 16 mm.



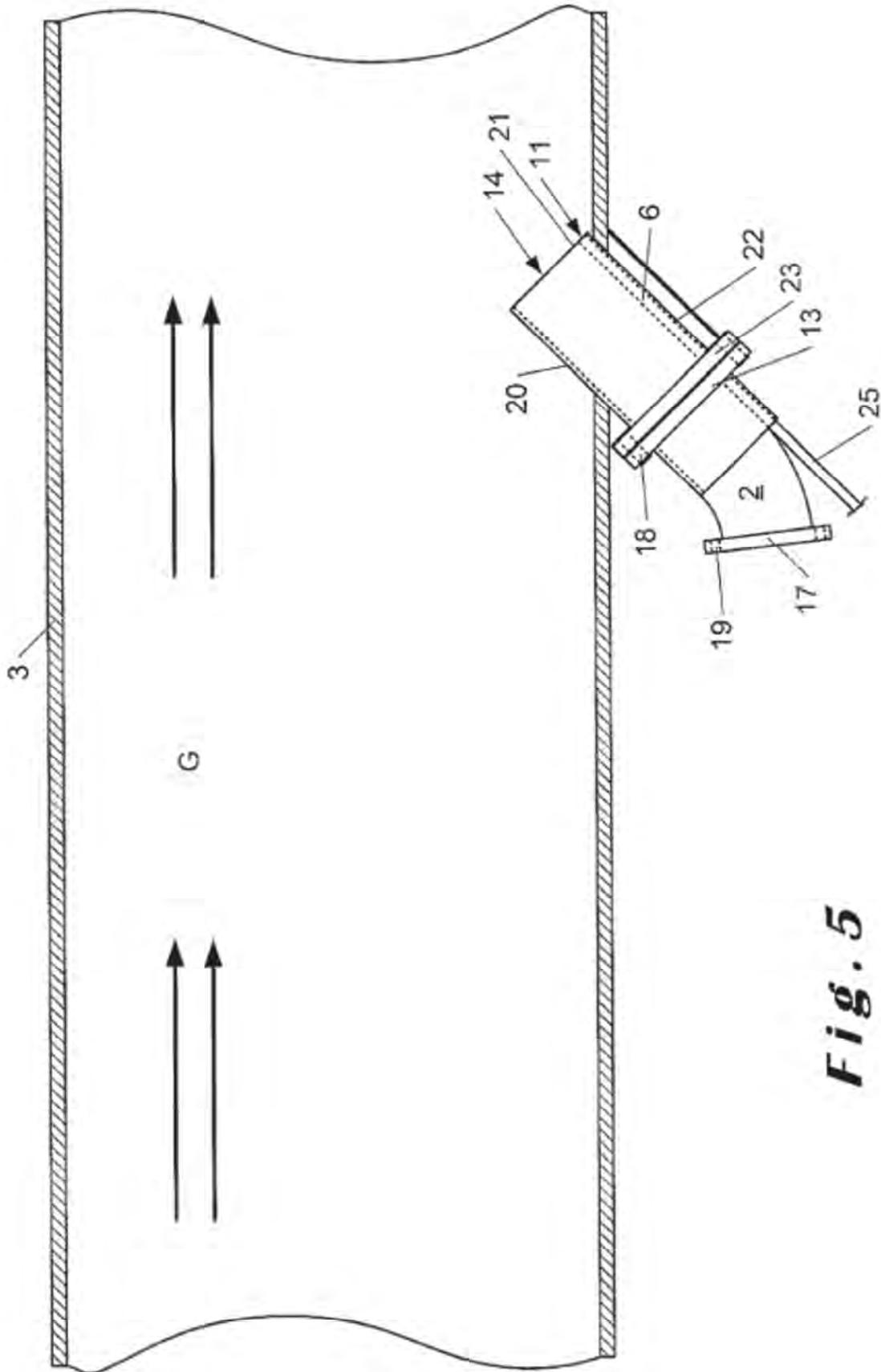




**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**