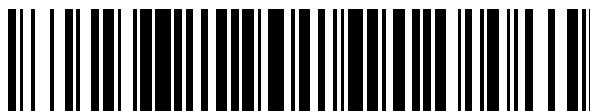


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 291**

51 Int. Cl.:  
**C04B 7/44** (2006.01)  
**F27B 7/42** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09781203 .6**  
96 Fecha de presentación: **28.07.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2310333**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.04.2011**

54 Título: **Instalación de cemento, así como procedimiento para hacer funcionar una instalación de cemento**

30 Prioridad:  
**04.08.2008 DE 102008036088**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**20.07.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**20.07.2012**

73 Titular/es:  
**ThyssenKrupp Polysius AG**  
**Graf-Galen-Strasse 17**  
**59269 Beckum, DE**

72 Inventor/es:  
**KUPPER, Detlev y**  
**SCHULZ, Dietmar**

74 Agente/Representante:  
**Toro Gordillo, Francisco Javier**

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).

ES 2 385 291 T3

## DESCRIPCIÓN

Instalación de cemento, así como procedimiento para hacer funcionar una instalación de cemento

- 5 La invención se refiere a una instalación de cemento, así como a un procedimiento para hacer funcionar una instalación de cemento.

10 En la fabricación de clinker de cemento, en primer lugar se precalienta el material bruto, a continuación se calcina previamente y se cuece finalmente en un horno. El proceso de cocción propiamente dicho tiene lugar en la zona de sinterización del horno, en la que el material se calienta a temperaturas de 1400 a 1500°C.

15 El documento DE 698 06 182 T se refiere a un procedimiento para la fabricación de clinker de cemento mediante combustible rico en azufre, aumentándose la concentración de oxígeno en la entrada del horno de cocción a entre el 4,5 y el 5,5 %, por lo que aumenta la temperatura a la que se descompone el sulfato de calcio a una temperatura superior a la temperatura de sinterización, de modo que el  $\text{CaSO}_4$  se convierte en un componente del producto final en lugar de descomponerse en gases y dejar incrustaciones en el horno de cocción, el horno de precalentamiento y los ciclones de precalentamiento.

20 Determinados componentes, en particular metales alcalinos en combinación con cloro y azufre, se volatilizan en la zona de sinterización del horno y se evacúan con los gases de escape del horno (volatilidad). Los gases de escape del horno se usan para el tratamiento térmico del material en la zona de calcinación y la zona de precalentamiento. Durante este intercambio de calor, los componentes volátiles condensan en el material bruto (adsorción) y vuelven a introducirse en la zona de sinterización. Allí vuelven a volatilizarse en parte, de modo que de este modo se forma un  
25 circuito de estos componentes. Todo lo que no se evacua con el clinker de cemento o los gases de escape del sistema, permanece por lo tanto en este circuito, pudiendo alcanzarse concentraciones muy elevadas de los componentes llevados en el circuito. Todos los circuitos pueden conducir a la formación de incrustaciones no deseada en la zona de calcinación y la zona de precalentamiento conduciendo a fallos del servicio. La razón de ello es que determinadas mezclas de los componentes del circuito conducen a eutécticos que se funden a temperaturas comparativamente bajas. Cuando se funde el material bruto y cristaliza en las paredes de la instalación, se forman  
30 incrustaciones. En este contexto es especialmente problemático el azufre introducido en el circuito mediante el material bruto y el combustible. La concentración de  $\text{SO}_3$  máxima permitida en el material a cocer es, por lo tanto, hasta ahora del 5 %. En caso de concentraciones superiores, existe el peligro de obstrucciones y la instalación ya no puede hacerse funcionar. Si además está presente cloro, la cantidad tolerable de  $\text{SO}_3$  baja aún más. En la representación según la Figura 1, está representada la interacción de  $\text{SO}_3$  y Cl en cuanto a la incrustación en la  
35 entrada del horno tubular giratorio. Aquí no pueden detectarse incrustaciones en la zona A, mientras que en la zona B es necesaria una limpieza normal y en la zona C una limpieza intensa. En la zona D y con una concentración de  $\text{SO}_3$  superior al 5 % existe peligro de obstrucción.

40 Por lo tanto, se intenta suprimir circuitos o volatilidades. Para reducir la concentración en el circuito es conocido prever un bypass que evacua una parte de los gases de escape del horno. De este modo se eliminan del circuito componentes del circuito y los circuitos quedan descargados. De este modo se reducen las concentraciones en el circuito y se reducen las formaciones de incrustaciones, por lo que mejora la disponibilidad de la instalación.

45 Ahora hay combustibles que presentan una concentración de azufre relativamente elevada, por lo que hasta ahora no se han podido utilizar en la fabricación de cemento. Si bien se indica en el documento EP-A2-1 428 804 un clinker de cemento que debe fabricarse con un combustible que presenta una concentración de azufre superior al 5 %, en el documento no se indica más detalladamente como puede fabricarse este clinker de cemento sin que se produzcan formaciones de incrustaciones en el precalentador o calcinador o emisiones de  $\text{SO}_2$  más elevadas.

50 Por lo tanto, la invención tiene el objetivo de indicar un procedimiento o un dispositivo para hacer funcionar una instalación de cemento pudiendo usarse combustible con un alto contenido de azufre, sin aumentar las emisiones de  $\text{SO}_2$ , garantizando además una seguridad de funcionamiento suficiente.

55 Según la invención, este objetivo se consigue mediante las características de las reivindicaciones 1 y 13.

60 En el procedimiento según la invención para hacer funcionar una instalación de cemento se precalienta la harina cruda en una zona de precalentamiento, el material precalentado se somete a una precalcación en una zona de calcinación y el material precalcado se sinteriza finalmente en una zona de sinterización. La instalación de cemento se hace funcionar de tal modo que el material precalcado alimentado a la zona de sinterización presenta una concentración de  $\text{SO}_3$  de al menos el 5,5 % en masa y una parte de  $\text{CaSO}_4$  de al menos el 75 % en masa, preferiblemente del 90 % del contenido total de sal del material precalcado.

65 La instalación de cemento según la invención presenta una zona de precalentamiento para precalentar el material bruto, una zona de calcinación para la precalcación del material precalentado y una zona de sinterización para la sinterización del material precalcado. Además, está previsto un dispositivo de control y regulación para hacer funcionar la instalación de cemento según el procedimiento arriba indicado.

La invención está basada en el conocimiento de que la formación de incrustaciones no sólo depende de la concentración de azufre sino también de la composición de la sal y, en particular, de la parte de  $\text{CaSO}_4$ . Al haber una parte de  $\text{CaSO}_4$  correspondientemente elevada, la concentración de  $\text{SO}_3$  puede aumentarse, por lo tanto, claramente superando la medida hasta ahora tolerable. Al haber una parte de  $\text{CaSO}_4$  del 90 % en masa del contenido total de sal, la concentración de  $\text{SO}_3$  puede aumentarse superando el 10 % en masa.

En los ensayos en los que se basa la invención se ha mostrado que gracias al modo de funcionamiento de la instalación puede influirse selectivamente en los procesos "adsorción" y "volatilidad", que determinan la concentración de azufre en el circuito.

Otras ventajas y configuraciones de la invención son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

Según una configuración preferible de la invención, se realizan al menos algunas de las siguientes mediciones de parámetros de funcionamiento usándose para el control de la instalación de cemento:

- a. análisis de gas en la zona de entrada de la zona de sinterización, de la zona de calcinación y/o antes del comienzo de la zona de precalentamiento,
- b. medición de la temperatura del material y/o del gas en la zona de sinterización,
- c. medición de la temperatura del material y/o del gas en la zona de calcinación,
- d. medición de la temperatura del material y/o del gas en la zona de precalentamiento,
- e. análisis de laboratorio del material precalcinado, del material bruto o del combustible,
- f. análisis de laboratorio del clínker de cemento cocido en la zona de sinterización,
- g. análisis térmico o termográfico en la zona de sinterización.

Además, puede influirse en la concentración de  $\text{SO}_3$  y en la parte de  $\text{CaSO}_4$  en el material precalcinado mediante una o varias de las siguientes medidas:

- a. elección de los materiales brutos,
- b. elección del combustible usado en la zona de sinterización,
- c. ajuste del momentum (cantidad de movimiento) de un quemador que se hace funcionar en la zona de sinterización,
- d. ajuste de la relación entre aire de combustión y combustible en la zona de sinterización,
- e. ajuste de la relación entre la cantidad de combustible y la cantidad de harina cruda en al menos un punto de alimentación de combustible de la instalación,
- f. ajuste del grado de precalcinación de la harina cruda detrás de la zona de calcinación,
- g. ajuste de la finura de la harina cruda.

Además, es recomendable hacer funcionar la instalación de cemento de tal modo que la volatilidad de azufre en la zona de sinterización sea al menos del 60 %, preferiblemente al menos del 80 % y la adsorción de azufre en la zona del precalentador, en la zona de calcinación y/o en la zona de sinterización sea al menos del 80 %, preferiblemente al menos del 90 %. Además, los gases de escape que salen del precalentador deben presentar un contenido de  $\text{SO}_2$  inferior a  $600 \text{ mg/Nm}^3$  con el 10 % de  $\text{O}_2$ , preferiblemente inferior a  $300 \text{ mg/Nm}^3$  con el 10 % de  $\text{O}_2$ . Esto se consigue mediante el aumento de la adsorción en relación con la volatilidad ajustada.

Otras ventajas y configuraciones de la invención se explicarán a continuación más detalladamente con ayuda de la descripción y del dibujo.

En el dibujo muestran:

la figura 1 una representación de la interacción de  $\text{SO}_3$  y  $\text{Cl}$  en cuanto a incrustaciones en la entrada del horno tubular giratorio y

la figura 2 una representación esquemática de una instalación de cemento.

La instalación de cemento según la figura 2 está formada sustancialmente por una zona de precalentamiento 1 formada por un termocambiador de lecho fluidizado, una zona de calcinación 2 y una zona de sinterización 3 realizada como horno tubular giratorio, así como una zona de refrigeración 4 dispuesta a continuación, que está realizada por ejemplo como enfriador de parrilla móvil. Los gases de escape de la zona de sinterización 3 pasan sucesivamente por la zona de calcinación 2 y la zona de precalentamiento 1, la harina cruda se añade de una forma en principio conocida en contracorriente a los gases de escape de la zona de precalentamiento 1 y a continuación a los de la zona de calcinación 2, antes de cocerse el material precalcinado en la zona de sinterización 3. La zona de sinterización presenta al menos un quemador 5 con momentum ajustable.

La zona de sinterización 3 se hace funcionar con un quemador con momentum ajustable, de modo que mediante el ajuste del momentum puede ajustarse la forma, el tamaño y/o la temperatura de la llama.

La zona de calcinación 2 está formada en el ejemplo de realización representado por un tubo ascendente, que está conectado mediante un codo con el ciclón 1a que se encuentra más abajo en la zona de precalentamiento. En la zona inferior de la zona de calcinación 2 están previstos al menos un punto de alimentación de combustible 6 y medios 7 para la alimentación de aire de combustión, por ejemplo aire terciario de la zona de refrigeración 4. Además, desemboca al menos una tubería de harina cruda 8 de la zona de precalentamiento 1 en la zona de calcinación 2. El combustible, el aire de combustión y la harina cruda pueden introducirse en la zona de calcinación en uno o varios puntos dispuestos unos encima de otros. De este modo pueden realizarse distintas zonas de combustión en la zona de calcinación.

Además, la instalación comprende medios adecuados para poder realizar al menos algunas de las mediciones de parámetros de funcionamiento indicados a continuación:

a. análisis de gas en la zona de entrada de la zona de sinterización, de la zona de calcinación y/o antes del comienzo de la zona de precalentamiento, pudiendo ajustarse las condiciones de adsorción mediante la composición de la atmósfera gaseosa: más oxígeno significa más adsorción y, por lo tanto, un contenido de  $\text{SO}_3$  más elevado en el material precalcinado y menos  $\text{SO}_2$  en la chimenea de gases de escape.

b. medición de la temperatura del material y/o del gas en la zona de sinterización, pudiendo modificarse mediante las temperaturas de la zona de sinterización las condiciones para la volatilidad de azufre en la zona de sinterización pudiendo influirse, por lo tanto, en los circuitos y correspondientemente en las concentraciones de  $\text{SO}_3$  en el clínker y en el material precalcinado,

c. medición de la temperatura del material y/o del gas en la zona de calcinación para garantizar que esté garantizada una temperatura suficiente para la calcinación o para una adsorción,

d. medición de la temperatura del material y/o del gas en la zona de precalentamiento para fomentar el control general de la instalación,

e. análisis de laboratorio del material precalcinado, del material bruto o del combustible,

f. análisis de laboratorio del clínker de cemento cocido en la zona de sinterización,

g. análisis térmico o termográfico en la zona de sinterización.

La instalación de cemento funciona de tal modo que el material precalcinado alimentado a la zona de sinterización presenta una concentración de  $\text{SO}_3$  de al menos el 5,5 % en masa y una parte de  $\text{CaSO}_4$  de al menos el 75 % en masa, preferiblemente al menos del 90 % del contenido total de sal. En la concentración de  $\text{SO}_3$  y la parte de  $\text{CaSO}_4$  en el material precalcinado puede influirse mediante las siguientes medidas:

a. elección de los material brutos,

b. elección del combustible usado en la zona de sinterización,

c. ajuste del momentum del quemador 5 que se hace funcionar en la zona de sinterización,

d. ajuste de la relación entre el aire de combustión y el combustible en la zona de sinterización,

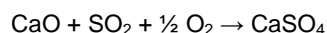
e. ajuste de la relación entre la cantidad de combustible y la cantidad de harina cruda en al menos un punto de alimentación de combustible de la instalación,

f. ajuste del grado de precalcinación de la harina cruda detrás de la zona de calcinación,

g. ajuste de la finura de la harina cruda.

Incluso en caso de estar predeterminados los material brutos y de estar predeterminado el combustible para la zona de sinterización, aún puede influirse de forma decisiva en la concentración de  $\text{SO}_3$  y la parte de  $\text{CaSO}_4$  mediante las medidas c a f. Gracias a estas medidas puede influirse en particular en la volatilidad de azufre en la zona de sinterización. Aquí es deseable una volatilidad de azufre de al menos el 60 %, preferiblemente de más del 80 %.

Otro mecanismo muy importante para el funcionamiento de la instalación de cemento es la adsorción de azufre en la zona de precalentamiento 1, en la zona de calcinación 2 y/o en la zona de entrada de la zona de sinterización 3, pudiendo alcanzarse una adsorción de al menos el 80 %, preferiblemente de al menos el 90 %. La adsorción en la zona de calcinación está basada en la siguiente reacción:



Para esta reacción, debe ponerse a disposición suficiente  $\text{CaO}$  y sobre todo  $\text{O}_2$  en la zona de calcinación. El oxígeno llega por ejemplo mediante el punto de alimentación de aire 7 a la zona de calcinación. El aire de combustión es habitualmente aire terciario de la zona de refrigeración, que dado el caso podría enriquecerse con oxígeno puro.

Mediante el modo de funcionamiento de la instalación en la zona de sinterización y el ajuste de la relación entre el aire de combustión y la cantidad de combustible se influye también en la concentración de oxígeno en la zona de

calcinación, así como en la volatilidad de azufre.

5 En una instalación de cemento de este tipo puede usarse en la zona de sinterización y, dado el caso, en la zona de calcinación, un combustible con una concentración de azufre de al menos el 3,5 % en masa. Si la instalación funciona de tal modo que el material precalcinado alimentado a la zona de sinterización presenta una concentración de  $\text{SO}_3$  de al menos el 5,5 % en masa y una parte de  $\text{CaSO}_4$  de al menos el 75 % en masa del contenido total de sal, puede conseguirse que, a pesar de la alimentación elevada de azufre al sistema y las bajas emisiones de óxidos de azufre (los gases de escape que salen del precalentador presentan un contenido de  $\text{SO}_2$  inferior a  $600 \text{ mg/Nm}^3$  con el 10 % de  $\text{O}_2$ , preferiblemente inferior a  $300 \text{ mg/Nm}^3$  con el 10 % de  $\text{O}_2$ ), queda garantizada la seguridad de funcionamiento de la instalación evitándose incrustaciones y obstrucciones.

10 El clínker de cemento cocido en la zona de sinterización presenta en este caso una concentración de  $\text{SO}_3$  de al menos el 1 % en masa, preferiblemente de al menos el 2 % en masa.

15 Además, puede incorporarse un dispositivo para la interrupción de los circuitos, por ejemplo un dispositivo de derivación, pudiendo influirse mediante el funcionamiento del mismo y las modificaciones de las cantidades de polvo y/o gas evacuadas en los circuitos, en particular de azufre, álcalis y/o cloro y pudiendo ajustarse los mismos correspondientemente.

20 Recomendablemente también pueden incorporarse varios cañones de aire en determinadas zonas del precalentador y/o del calcinador para mejorar la limpieza en las zonas de peligro y aumentar la seguridad en el funcionamiento.

Con el procedimiento anteriormente descrito, la instalación de cemento puede hacerse funcionar de forma segura y con una emisión reducida de  $\text{SO}_2$ .

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para hacer funcionar una instalación de cemento con precalentamiento de harina cruda en una zona de precalentamiento (1), precalcación del material precalentado en una zona de calcinación (2) y (2) y sinterización del material precalcado en una zona de sinterización (3),  
**caracterizado por que** la instalación de cemento se hace funcionar de tal modo que el material precalcado alimentado a la zona de sinterización presenta una concentración de  $\text{SO}_3$  de al menos el 5,5 % en masa y una parte de  $\text{CaSO}_4$  de al menos el 75 % en masa del contenido total de sal del material precalcado.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** se realizan al menos algunas de las siguientes mediciones de parámetros de funcionamiento y se usan para el control de la instalación de cemento:
  - a. análisis de gas en la zona de entrada de la zona de sinterización (3), de la zona de calcinación (2) y/o delante del comienzo de la zona de precalentamiento (1),
  - b. medición de la temperatura del material y/o del gas en la zona de sinterización (3),
  - c. medición de la temperatura del material y/o del gas en la zona de calcinación (2),
  - d. medición de la temperatura del material y/o del gas en la zona de precalentamiento (1),
  - e. análisis de laboratorio del material precalcado, del material bruto o del combustible,
  - f. análisis de laboratorio del clínker de cemento cocido en la zona de sinterización,
  - g. análisis térmico o termográfico en la zona de sinterización (3).
3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** en la concentración de  $\text{SO}_3$  y en la parte de  $\text{CaSO}_4$  en el material precalcado se influye mediante una o varias de las siguientes medidas:
  - a. elección de los materiales brutos,
  - b. elección del combustible usado en la zona de sinterización (3),
  - c. ajuste del momentum de un quemador (5) que se hace funcionar en la zona de sinterización (3),
  - d. ajuste de la relación entre el aire de combustión y el combustible en la zona de sinterización (3),
  - e. ajuste de la relación entre la cantidad de combustible y la cantidad de harina cruda en al menos un punto de alimentación de combustible de la instalación,
  - f. ajuste del grado de precalcación de la harina cruda detrás de la zona de calcinación (2),
  - g. ajuste de la finura de la harina cruda.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** en la zona de sinterización (3) se usa un quemador (5) con momentum ajustable ajustándose mediante el ajuste del momentum la forma, el tamaño y/o la temperatura de la llama.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la instalación de cemento se hace funcionar de tal modo que la volatilidad de azufre en la zona de sinterización es al menos del 60 %, preferiblemente al menos del 80 %.
6. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** en la zona de calcinación se ponen a disposición suficiente  $\text{O}_2$  y  $\text{CaO}$  para la reacción siguiente:
 
$$\text{CaO} + \text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4$$
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la instalación de cemento se hace funcionar de tal modo que la adsorción de azufre en la zona de precalentamiento (1), en la zona de calcinación (2) y/o en la zona de sinterización (3) es al menos del 80 %, preferiblemente al menos del 90 %.
8. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la zona de calcinación se hace funcionar de tal modo que los gases de escape que salen del precalentador (1) presentan un contenido de  $\text{SO}_2$  inferior a  $600 \text{ mg/Nm}^3$  con el 10 % de  $\text{O}_2$ , preferiblemente inferior a  $300 \text{ mg/Nm}^3$  con el 10 % de  $\text{O}_2$ .
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se hace funcionar un dispositivo para la interrupción de los circuitos, por ejemplo un dispositivo de derivación, pudiendo influirse mediante el funcionamiento del mismo y las modificaciones de las cantidades de polvo y/o gas evacuadas en los circuitos, en particular de azufre, álcalis y/o cloro, pudiendo ajustarse los mismos correspondientemente
10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado por que** para el ajuste de la atmósfera y de la

concentración de  $\text{CO}_2$  al menos uno de los puntos de combustión de la instalación se hace funcionar con aire de combustión enriquecido con oxígeno o exclusivamente con oxígeno.

- 5 11. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** en la zona de sinterización y/o en la zona de calcinación (2) se emplea un combustible con una concentración de azufre de al menos el 3,5 % en masa.
- 10 12. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el clínker de cemento cocido en la zona de sinterización (3) presenta una concentración de  $\text{SO}_3$  de al menos el 1 % en masa, preferiblemente de al menos el 2 % en masa.
- 15 13. Instalación de cemento con una zona de precalentamiento (1) para el precalentamiento de harina cruda, una zona de calcinación (2) para la precalcación del material precalentado y una zona de sinterización (3) para la sinterización del material precalcado, **caracterizado por** un dispositivo de control y regulación para hacer funcionar la instalación de cemento de acuerdo con el procedimiento según una varias de las reivindicaciones anteriores.

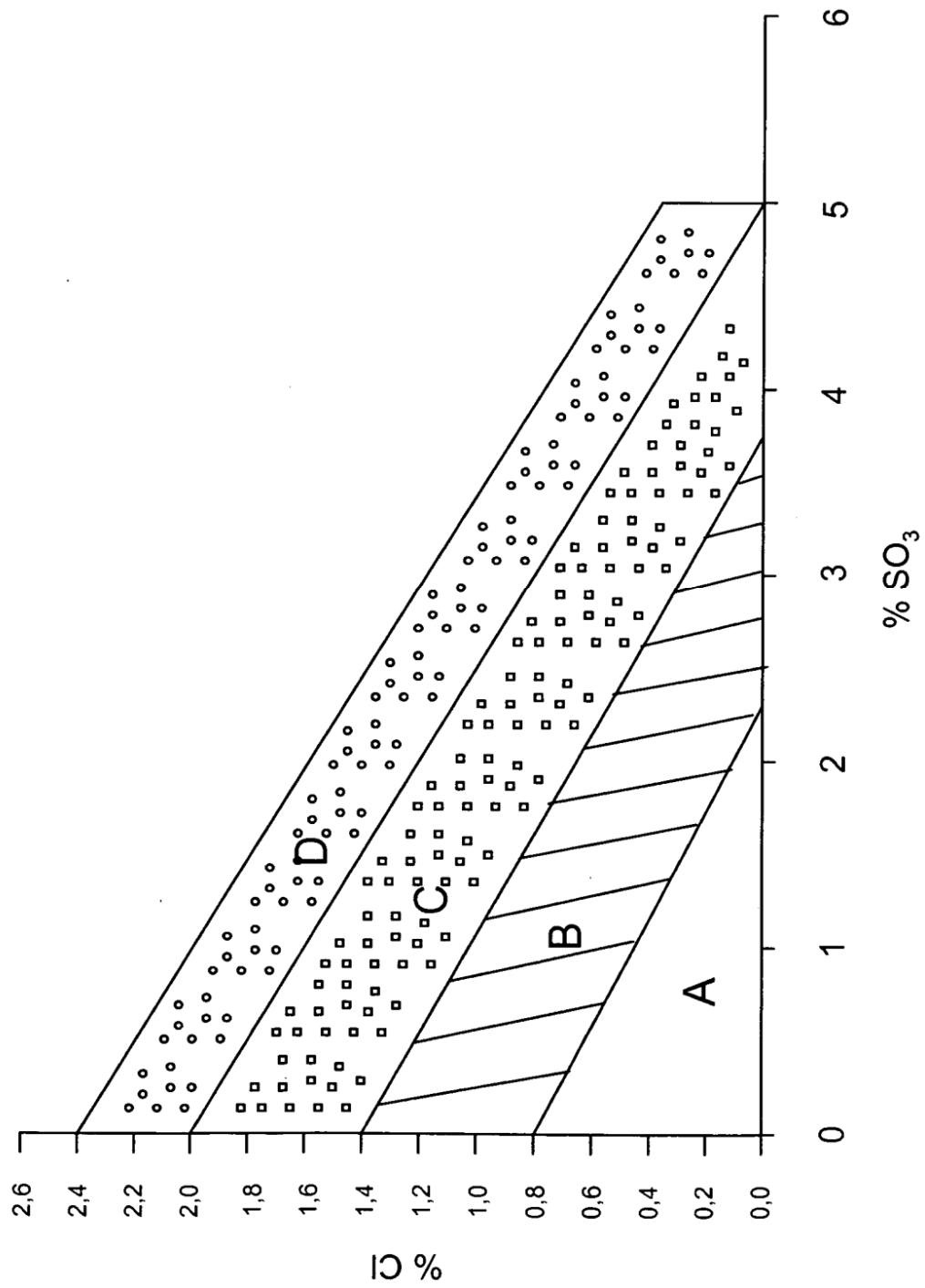
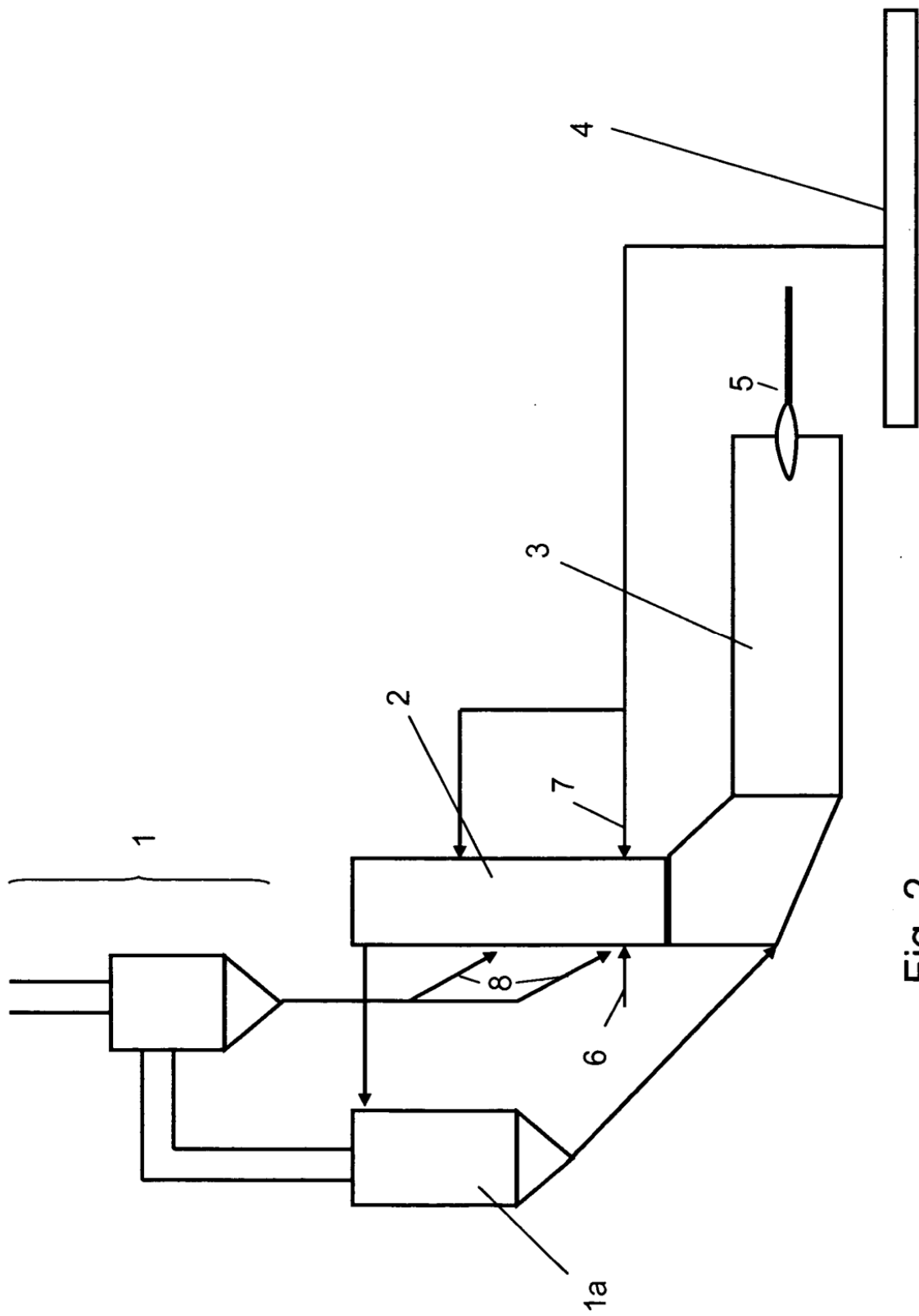


Fig. 1





**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

5 Esta lista de referencias citadas por el solicitante es para conveniencia del lector. No forma parte del documento de la Patente Europea. Aunque se ha tenido mucho cuidado en la compilación de las referencias, no pueden excluirse errores u omisiones y la EPO declina responsabilidades por este asunto.

**Documentos de patentes citadas en la descripción**

\* DE 69806182 T [0003]

\* EP 1428804 A2 [0006]