



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 260 049**

51 Int. Cl.:
C04B 7/43 (2006.01)
C04B 7/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA

T5

- 96 Número de solicitud europea: **00960598 .1**
96 Fecha de presentación : **04.09.2000**
97 Número de publicación de la solicitud: **1257508**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.11.2002**

54 Título: **Procedimiento e instalación para el tratamiento térmico de material de grano fino.**

30 Prioridad: **26.01.2000 DE 100 03 283**

45 Fecha de publicación de la mención y de la traducción de patente europea: **01.11.2006**

45 Fecha de la publicación de la mención de la patente europea modificada BOPI: **16.04.2009**

45 Fecha de publicación de la traducción de patente europea modificada: **16.04.2009**

73 Titular/es: **POLYSIUS Aktiengesellschaft**
Graf-Galen-Strasse 17
59269 Beckum, DE

72 Inventor/es: **Brentrup, Ludger**

74 Agente: **Toro Gordillo, Ignacio María**

ES 2 260 049 T5

DESCRIPCIÓN

Procedimiento e instalación para el tratamiento térmico de material de grano fino.

5 La invención se refiere a un procedimiento así como a una instalación para el tratamiento térmico de material de grano fino según el preámbulo de las reivindicaciones 1 ó 7.

10 Durante el tratamiento térmico de material de grano fino, especialmente durante la fabricación de clínker de cemento, ya se añade un porcentaje fundamental del combustible en la zona de calcinación. En este sentido, se produce en la zona de calcinación una desacidificación muy considerable del material precalentado.

15 Con respecto a las condiciones medioambientales que se están agravando se intenta desde aproximadamente una década optimizar las condiciones de combustión en la región de la zona de calcinación, para disminuir el contenido en sustancias nocivas de los gases de escape de la zona de combustión, especialmente el contenido en óxido nítrico (NO_x). Para ello se conoce el hecho de añadir en la región de entrada a la zona de combustión una cantidad reducida de combustible (como máximo aproximadamente el 10 por ciento de la cantidad total de combustible), para generar en el conducto ascendente que forma la zona de calcinación una atmósfera reductora. A continuación el combustible de calcinación restante se quema con adición de aire subestequiométrica. Una postcombustión completa de CO y otros componentes de gases de humo se produce en una sección de la zona de calcinación que se encuentra por encima de una entrada de aire de escape de la zona de refrigeración (aire terciario).

20 Para ajustar un intervalo de temperaturas definido, que es necesario para la reducción óptima de NO_x , el aporte del material precalentado igual que la alimentación del aire de escape de la zona de refrigeración se efectúan de forma escalonada. En este sentido, la zona de aporte inferior de material y aire se encuentra aproximadamente a la altura de la alimentación de combustible a la zona de calcinación, la segunda zona de aporte del material precalentado se encuentra por encima de la (segunda) entrada superior del aire de escape de la zona de refrigeración.

25 Un procedimiento de este tipo es objeto del documento EP 0 854 339 A1 de la solicitante. A este respecto se producen en primer lugar en el sentido del flujo de los gases en la zona de calcinación una región reductora caliente para la reducción de NO_x y una región oxidativa caliente para la degradación de componentes de gases de humo sin quemar.

30 Según otra propuesta realizada en el documento EP 0 854 339 A1 puede ser además ventajoso, inyectar adicionalmente amoníaco (NH_3) en el espacio de reacción de la zona de calcinación, una disolución de amoníaco correspondiente o un aditivo eficaz para una disminución adicional de NO_x (el denominado proceso SNCR, compárese con "World Cement" marzo 1992, págs. 4 a 8). En esta variante del procedimiento descrito en el documento EP 0 854 339 A1 se cierra el conducto parcial de aire terciario que alimenta aire de la parte superior. La combustión del combustible alimentado a la zona de calcinación se produce en una atmósfera oxidativa. La adición dosificada de NH_3 o agentes parecidos se efectúa tras la alimentación de combustible y aire terciario. En este sentido se ajusta el intervalo de temperaturas óptimo para el proceso SNCR mediante la división del material precalentado. En este sentido, un quemador adicional dispuesto en la entrada del horno (región de entrada a la zona de combustión) permanece en funcionamiento. Dado que con ello se reduce parcialmente el NO_x procedente de la zona de combustión, la cantidad del NH_3 añadido de forma dosificada puede mantenerse más reducida.

35 En el informe de investigación 01 ZH 8610 del Ministerio Federal Alemán de Investigación y Tecnología, Técnica Medioambiental ("Bundesministerium für Forschung und Technologie, Umwelttechnik"), "Nichtkatalytische Reduktion des NO mit NH_3 beim Zementbrennen" de Dr.-Ing. Albert Scheuer, VDZ, junio de 1989, se investigaron especialmente los efectos del lugar del aporte de NH_3 para diferentes instalaciones de horno de cemento. Para una instalación B de horno con precalentador, hogar secundario, calcinador y conducto de aire terciario se observó el lugar óptimo de la inyección de NH_3 en el plano de 10 m. En una instalación E de horno, que no presentó ningún conducto de aire terciario, el punto de inyección se encontró en la rama descendente o en la última sección del calcinador.

40 Es cierto que el estado de la técnica conocido descrito por el documento EP 0 854 339 ya representa una mejora clara frente a las propuestas de solución más antiguas. Sin embargo, la invención tiene el objetivo de perfeccionar el procedimiento y la instalación hasta el punto de reducir aún más el nivel de emisión de NO_x que hasta el momento y al mismo tiempo disminuir el consumo de aditivos que contienen amoníaco y mejorar el aprovechamiento de combustible en la zona de calcinación.

45 Este objetivo se soluciona según la invención mediante las características de las reivindicaciones 1 y 7.

50 Al contrario que en la variante mencionada anteriormente del procedimiento descrito en el documento EP 0 854 339 A1 (en la que se cierra el conducto parcial de aire terciario que alimenta el aire de la parte superior al aportar NH_3) en el procedimiento según la invención mediante la alimentación escalonada de aire terciario una gran parte de la longitud de la construcción de la conducción de gas de escape del horno funciona como zona de reducción. Así en esta región, incluso aunque más tarde los aditivos que contienen amoníaco entren en acción, ya puede producirse una disminución muy considerable del contenido en NO_x de los gases de humo. Esta reducción anticipada del nivel básico de NO_x permite además de un ajuste intencionado de las condiciones de reacción en la zona de calcinación, especialmente mediante la elección de un intervalo de temperaturas óptimo y un contenido en O_2 favorable, una

reducción adicional muy eficaz del contenido en NO_x con un consumo disminuido de aditivos que contienen amoníaco así como un aprovechamiento favorable del combustible en la zona de calcinación.

En caso de que la zona de precalentamiento se forme por varias etapas de ciclón dispuestas una sobre otra, que introducen el material que va a precalentarse sucesivamente de arriba a abajo, así con una configuración conveniente del procedimiento según la invención el flujo de material que sale de la segunda etapa más inferior de ciclón se divide en dos flujos parciales, de los que el primer flujo parcial se alimenta a la sección de la zona de calcinación que funciona de forma reductora, de manera preferible aproximadamente a la altura de la primera zona de alimentación del gas de escape de la zona de refrigeración, mientras que el segundo flujo parcial se alimenta a la sección de la zona de calcinación que funciona de manera oxidativa, preferiblemente por encima de la segunda zona de alimentación del gas de escape de la zona de refrigeración.

De manera conveniente se fijan los flujos parciales del material precalentado así como las cantidades de aire de tal forma, que en la sección de la zona de calcinación que funciona de manera oxidativa, conectada a la sección reductora de la zona de calcinación, la temperatura del gas ascienda a entre 900 y 950°C y el contenido en O_2 a entre el 3 y el 5 por ciento.

En la sección de la zona de calcinación que funciona de manera oxidativa también transcurre la postcombustión de los productos de combustión (CO , hidrocarburos, etc.) que han reaccionado de manera incompleta, formados en la sección que funciona de manera reductora. Para ello se requieren radicales OH . Sin embargo, estos radicales OH también son necesarios para el proceso de reducción que transcurre con los aditivos que contienen amoníaco. Por tanto, en la sección de la zona de calcinación que funciona de manera oxidativa existe una situación de competencia, que es desfavorable o bien para la reducción de NO_x o bien para la postcombustión de CO .

Si entonces se añade al menos la mayor parte de los aditivos que contienen amoníaco sólo en una región de la zona de calcinación, en la que la postcombustión de los productos de combustión que han reaccionado de manera incompleta, formados en la sección que funciona de manera reductora ha concluido en su mayor parte, así puede mitigarse de manera eficaz la situación de competencia expuesta.

La zona de calcinación contiene una rama ascendente, conectada a la zona de combustión, una zona de desvío así como una rama descendente, y se añade al menos la mayor parte de los aditivos que contienen amoníaco sólo en la rama descendente de la zona de calcinación, en su extremo. Sin embargo, una parte reducida de los aditivos que contienen amoníaco puede añadirse ya en la rama ascendente de la zona de calcinación por encima de la segunda zona de alimentación del gas de escape de la zona de refrigeración. Se hará uso de esta opción mencionada en último lugar por ejemplo cuando por la situación del combustible sólo entre un porcentaje relativamente reducido de los productos de combustión que han reaccionado de manera incompleta de la sección de reducción a la sección de oxidación de la zona de calcinación o cuando por otros motivos la postcombustión de estos productos de combustión se lleve a cabo de una forma especialmente rápida.

Para ajustar de manera óptima las temperaturas para la reducción de NO_x , en el procedimiento según la invención puede ser conveniente dividir el flujo de material que sale de la tercera etapa más inferior de ciclón en dos flujos parciales, de los que uno de los flujos parciales se alimenta al flujo del gas que conduce a la segunda etapa más inferior de ciclón y el otro flujo parcial se alimenta evitando la segunda etapa más inferior de ciclón junto con el segundo flujo parcial del flujo de material que sale de la segunda etapa más inferior de ciclón a la sección de la zona de calcinación que funciona de manera oxidativa, preferiblemente por encima de la segunda zona de alimentación del gas de escape de la zona de refrigeración. Es cierto que una conducción del material de este tipo tiene en total como consecuencia unas temperaturas del gas en la zona de calcinación superiores y una rentabilidad del calor algo peor, sin embargo permite un ajuste óptimo del intervalo de temperaturas para la reducción de NO_x .

De manera conveniente se fijan los parámetros del procedimiento, especialmente las cantidades de combustible que se añaden en la región de entrada a la zona de combustión así como en la región de la sección de la zona de calcinación que funciona de manera reductora así como la cantidad de aditivos que contienen amoníaco que se aporta en la región de la sección de la zona de calcinación que funciona de manera oxidativa de tal forma que en la región de reducción se alcance en total del 70 al 80 por ciento y en la región de oxidación, del 20 al 30 por ciento de la reducción del contenido en óxido nítrico. A este respecto se lleva a cabo por tanto la reducción básica del contenido en NO_x tanto como sea posible en la región de la zona de calcinación que funciona de forma reductora (el denominado procedimiento MSC), mientras que el ajuste preciso de un valor de funcionamiento que se encuentre lo más cerca posible del valor límite necesario se lleva a cabo posteriormente por el aporte de aditivos que contienen amoníaco (el denominado procedimiento SNCR). En este sentido para la solución obtenida es fundamental que las dos etapas mencionadas estén separadas lo máximo posible en espacio y tiempo en la zona de calcinación: al menos la mayor parte de los aditivos que contienen amoníaco actúa sólo en una región de la zona de calcinación, en la que el efecto consecuente necesario de la sección que funciona de manera reductora, más concretamente la postcombustión de los productos de combustión que han reaccionado de manera incompleta, ha concluido en su mayor parte.

En el dibujo se visualiza de manera esquemática un ejemplo de realización de una instalación para llevar a cabo el procedimiento según la invención.

ES 2 260 049 T5

La instalación representada contiene como zona de precalentamiento para el material de grano fino un precalentador 1 de ciclón por el que fluyen gases calientes de abajo a arriba con varias etapas de ciclón dispuestas fundamentalmente una sobre otra. Para simplificar, en el dibujo sólo se visualizan la etapa 1a más inferior de ciclón, la segunda etapa 1b más inferior de ciclón y la tercera etapa 1c más inferior de ciclón.

Para finalizar la combustión del material precalentado se prevé una zona de combustión en forma de un horno 2 rotativo tubular, tras el que se dispone en el sentido del flujo del material un refrigerador 3 que forma la zona de refrigeración de la instalación.

En el dibujo las flechas continuas representadas simbolizan el material que va a tratarse y su sentido de flujo, mientras que las flechas discontinuas indican los flujos del gas y su sentido de flujo.

Entre el horno 2 rotativo tubular y el precalentador 1 de ciclón se dispone una zona 4 de calcinación, por la que fluyen los gases de escape calientes del horno 2 rotativo tubular correspondientemente a las flechas discontinuas. Esta zona 4 de calcinación contiene una rama ascendente (conducto ascendente) de la conducción de los gases de escape del horno, una rama 5a descendente así como una cámara 13 de desvío dispuesta entremedias.

Por encima de la entrada 2a del horno se forma en la rama 5 ascendente de la conducción de los gases de escape del horno un espacio 6 de reacción, al que se conecta un conducto 7 de aire terciario procedente del refrigerador 3 en dos zonas: un conducto 7a parcial de aire terciario se conecta en una zona 7a' de conexión en la región 6a terminal inferior del espacio 6 de reacción, y más concretamente, en el sentido del flujo de los gases de escape del horno representados por las flechas discontinuas, detrás de una alimentación 9 inferior de combustible; un segundo conducto 7b parcial de aire terciario se conecta a la región 6b terminal superior del espacio 6 de reacción en una zona 7b' de conexión. Por debajo de esta zona 7b' de conexión puede preverse de forma hermética para el denominado aire de la parte superior una segunda alimentación 9a de combustible. En los conductos 7a, 7b parciales de aire terciario se prevén válvulas 8 para ajustar las cantidades de aire.

La distancia A vertical entre ambas zonas 7a', 7b' de conexión del aire terciario determina la longitud del espacio 6 de reacción. El tiempo de permanencia del gas en el espacio 6 de reacción entre las regiones 6a y 6b terminales se ajusta convenientemente mediante la elección de la longitud del espacio 6 de reacción hasta aproximadamente de 0,5 a 1 s. En este sentido en el espacio 6 de reacción se mantiene una atmósfera reductora para reducir el contenido en NO_x de los gases de escape del horno rotativo tubular.

El material precalentado de la segunda etapa 1b más inferior de ciclón del precalentador 1 de ciclón se alimenta a través de un dispositivo 15 distribuidor y dos conductos 10a, 10b de material en la rama 5 ascendente de la zona 4 de calcinación. A este respecto el conducto 10a de material se conecta a una zona 10' de conexión en la región 6a terminal inferior del espacio 6 de reacción, mientras que el conducto 10b de material se conecta claramente por encima de la zona 7b' de conexión, es decir, por encima de la región 6b terminal superior del espacio 6 de reacción, al conducto ascendente de la zona 4 de calcinación.

El material precalentado de la tercera etapa 1c más inferior de ciclón se divide igualmente mediante un dispositivo 16 distribuidor en dos cantidades parciales, que se conducen mediante conductos 12a, 12b de material como sigue: la cantidad parcial transportada por el conducto 12a de material llega al conducto 11 de conexión, que conduce desde la etapa 1a de ciclón hasta la etapa 1b de ciclón. Por tanto, esta cantidad parcial de material alcanza de la forma habitual tras la tercera etapa 1c más inferior de ciclón la segunda etapa 1b más inferior de ciclón. El otro conducto 12b de material transporta la cantidad parcial del material conducida por el mismo evitando la segunda etapa 1b más inferior de ciclón al flujo parcial de material, que se conduce desde el conducto 10b de material hasta la sección de la zona 4 de calcinación que funciona de manera oxidativa.

La cámara 13 de desvío está provista de un separador 13a. Un conducto 17 de material conectado a este separador 13a se bifurca a través de un distribuidor 18 en dos conductos 17a, 17b parciales. Desde aquí el conducto 17a desemboca en el conducto 10a de material procedente de la segunda etapa 1b más inferior de ciclón, de forma que este flujo de material se reconduce desde el conducto 17a parcial en la zona 10' de conexión de vuelta a la zona 4 de calcinación. El conducto 17b parcial conduce el material transportado por el mismo a la entrada 2a de horno del horno 2 rotativo tubular, a la que llega también el material extraído de la etapa 1a más inferior de ciclón a través de un conducto 19 de material.

En la entrada 2a de horno se prevé además un quemador 9b para generar una atmósfera reductora en la región más inferior del conducto ascendente del horno. La región de la zona de calcinación que funciona de manera oxidativa, que se encuentra por encima de la región 6b terminal superior del espacio 6 de reacción se designa con 14.

Entonces, la instalación según la invención contiene dispositivos adecuados, para alimentar a al menos una zona de la zona 4 de calcinación, preferiblemente sin embargo en dos zonas, NH₃ u otros aditivos que contienen amoníaco en la zona de calcinación. Una primera zona 20 de alimentación de NH₃ se encuentra en el extremo de la rama 5a descendente de la zona 4 de calcinación, es decir poco antes de la conexión de este conducto a la etapa 1a más inferior de ciclón.

ES 2 260 049 T5

Una segunda zona 21 de alimentación de NH_3 se encuentra en la rama 5 ascendente de la zona 4 de calcinación, más concretamente por encima de la zona 7b' de conexión para el aire terciario (aire de la parte superior), aunque por debajo de la zona, en la que el conducto 10b de material desemboca en la región 14 de la zona 4 de calcinación que funciona de manera oxidativa.

La mayor parte del NH_3 o de los otros aditivos que contienen amoníaco se añade en la zona 20 de alimentación, es decir en una región, en la que la postcombustión de los productos de combustión que han reaccionado de manera incompleta, formados en la sección que funciona de manera reductora (es decir en el espacio 6 de reacción) ha concluido en su mayor parte. La postcombustión de estos productos de combustión que han reaccionado de manera incompleta del espacio 6 de reacción comienza a la altura de la zona 7b' de conexión para el aire terciario (aire de la parte superior), continúa en la cámara 13 de desvío y termina en la rama 5a descendente de la zona 4 de calcinación. Así, a la altura de la zona 20 de alimentación de NH_3 se dispone de suficientes radicales OH para el proceso de reducción que transcurre con el NH_3 .

Según las proporciones de combustible dadas y las condiciones de combustión ajustadas en la región 14 según las mismas en determinados casos puede ser recomendable añadir ya una cantidad parcial, en general menor, del NH_3 u otros aditivos que contienen amoníaco en la zona 21 de alimentación, en la que la postcombustión de los productos de combustión que han reaccionado de manera incompleta, procedentes de la sección que funciona de manera reductora todavía no ha concluido.

Mediante la división de las cantidades de material entre los conductos 10a y 10b de material se consigue en la región 14 de la zona 4 de calcinación que funciona de manera oxidativa un intervalo de temperaturas óptimo de entre 900 y 950°C. Por encima del valor límite superior aumenta la combustión del agente reductor (con formación adicional de NO), por debajo aumenta la fuga de NH_3 (se produce por tanto una emisión secundaria).

En caso de que se inyecte el NH_3 u otros aditivos que contienen amoníaco en las zonas 20 (y eventualmente también 21) de alimentación en la zona 4 de calcinación aguas abajo de la zona 7b' de conexión de la conducción del aire de la parte superior, así puede garantizarse en esta región 14 que funciona de manera oxidativa un contenido en oxígeno óptimo de entre el 3 y el 5 por ciento. Dado que en la región 14 que funciona de manera oxidativa existe con respecto a los radicales OH la situación de competencia expuesta entre el proceso de reducción que transcurre con NH_3 u otros aditivos que contienen amoníaco y la postcombustión de los productos de combustión que han reaccionado de manera incompleta, formados en el espacio 6 de reacción, para mitigar esta situación de competencia se lleva a cabo la adición de la parte principal del NH_3 o de los otros aditivos que contienen amoníaco sólo en la zona 20 de alimentación, en la que la postcombustión de los productos de combustión que han reaccionado de manera incompleta ha concluido en su mayor parte.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el tratamiento térmico de material de grano fino, especialmente para la fabricación de clínker de cemento a partir de harina cruda de cemento, en el que

- a) el material se precalienta en una zona de precalentamiento por medio de gases calientes,
- b) el material precalentado se calienta adicionalmente y se calcina al menos en su mayor parte en una zona de calcinación provista de combustible adicional, por la que fluyen gases de escape calientes de una zona de combustión,
- c) el material calcinado termina de quemarse en una zona de combustión y el material quemado se refrigera en una zona de refrigeración, alimentándose aire de escape de la zona de refrigeración como aire de combustión a la zona de calcinación,
- c1) alimentándose el aire de escape de la zona de refrigeración a la zona de calcinación en dos flujos de aire parciales en diferentes zonas, ajustándose la alimentación de aire y de combustible de tal forma que se hace funcionar la sección de la zona de calcinación que se encuentra entre la primera y la segunda zona de alimentación en condiciones reductoras y la sección adyacente de manera oxidativa, y
- d) funcionando al menos la región de entrada a la zona de combustión de manera reductora mediante el aporte de combustible adicional para la reducción del contenido en óxido nítrico del gas de escape de la zona de combustión,
- e) alimentándose además, para una reducción adicional del contenido en óxido nítrico, aditivos que contienen amoníaco al flujo de gas de la zona de calcinación generado tras la alimentación de aire de escape de la zona de refrigeración al gas de escape de la zona de combustión y alimentado con combustible adicional, alimentándose los aditivos que contienen amoníaco sólo en una sección de la zona de calcinación que funciona de manera oxidativa que se conecta a la sección de la zona de calcinación que funciona de manera reductora,

y en el que

- f) la zona de calcinación contiene una rama que se conecta a la zona de combustión, una zona de desvío así como una rama descendente y se añade al menos la mayor parte de los aditivos que contienen amoníaco sólo en el extremo de la rama descendente de la zona de calcinación, en la que la postcombustión de los productos de combustión que han reaccionado de manera incompleta, formados en la sección que funciona de manera reductora ha concluido en su mayor parte.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la zona de precalentamiento se forma mediante varias etapas de ciclón dispuestas una sobre otra, que introducen el material que va a precalentarse sucesivamente de arriba a abajo, **caracterizado** porque el flujo de material que sale de la segunda etapa más inferior de ciclón se divide en dos flujos parciales, de los que el primer flujo parcial se alimenta a la sección de la zona de calcinación que funciona de manera reductora, de manera preferible aproximadamente a la altura de la primera zona de alimentación del aire de escape de la zona de refrigeración, mientras que el segundo flujo parcial se alimenta a la sección de la zona de calcinación que funciona de manera oxidativa, preferiblemente por encima de la segunda zona de alimentación del aire de escape de la zona de refrigeración.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque una parte reducida de los aditivos que contienen amoníaco ya se añade en la rama ascendente de la zona de calcinación por encima de la segunda zona de alimentación del aire de escape de la zona de refrigeración.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado** porque el flujo de material que sale de la tercera etapa más inferior de ciclón se divide en dos flujos parciales, de los que un flujo parcial se alimenta al flujo de gas que conduce a la segunda etapa más inferior de ciclón y el otro flujo parcial se alimenta, evitando la segunda etapa más inferior de ciclón, junto con el segundo flujo parcial del flujo de material que sale de la segunda etapa más inferior de ciclón a la sección de la zona de calcinación que funciona de manera oxidativa, preferiblemente por encima de la segunda zona de alimentación del aire de escape de la zona de refrigeración.

5. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque los flujos parciales del material precalentado así como las cantidades de aire se fijan de tal forma que en la sección de la zona de calcinación que funciona de manera oxidativa, que se conecta a la sección reductora de la zona de calcinación la temperatura del gas asciende a entre 900 y 950°C y el contenido en O₂, entre el 3 y el 5%.

6. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque los parámetros de procedimiento, especialmente las cantidades de combustible añadidas en la región de entrada a la zona de combustión así como en la región de la sección de la zona de calcinación que funciona de manera reductora así como la cantidad de aditivos que contienen

ES 2 260 049 T5

amoniaco aportada en la región de la sección de la zona de calcinación que funciona de manera oxidativa se fijan de tal forma que en las regiones reductoras se alcanza un total del 70 al 80% y en la región oxidativa, del 20 al 30% de la reducción del contenido en óxido nítrico.

- 5 7. Instalación para el tratamiento térmico de material de grano fino, especialmente para la fabricación de clínker de cemento a partir de harina cruda de cemento que contiene
- a) una zona (1) de precalentamiento para el precalentamiento del material por medio de gases calientes,
 - 10 b) una zona (4) de calcinación provista de combustible adicional por la que fluyen gases de escape calientes de una zona (2) de combustión, para un calentamiento adicional y una calcinación al menos en su mayor parte del material precalentado,
 - 15 c) una zona (2) de combustión para la combustión final del material calcinado así como una zona (3) de refrigeración para la refrigeración del material quemado, alimentándose aire de escape de la zona de refrigeración como aire de combustión a la zona (4) de calcinación,
 - 20 c1) estando previstas una primera y una segunda zona de alimentación para la alimentación de aire de escape de la zona de refrigeración a la zona de calcinación en dos flujos de aire parciales en diferentes zonas, ajustándose la alimentación de aire y de combustible de tal forma que puede hacerse funcionar en condiciones reductoras la sección de la zona de calcinación que se encuentra entre la primera y la segunda zona de alimentación y la sección adyacente de manera oxidativa, y
 - 25 d) estando previsto para una reducción del contenido en óxido nítrico del gas de escape de la zona (2) de combustión mediante un funcionamiento reductor de al menos la región (2a) de entrada a la zona de combustión en esta región de entrada un quemador para el aporte de combustible adicional
 - 30 e) estando previstos además medios para la alimentación de aditivos que contienen amoniaco a la zona (4) de calcinación para una reducción adicional del contenido en óxido nítrico del flujo de gas generado tras la alimentación de aire de escape de la zona de refrigeración al gas de escape de la zona de combustión y alimentado con combustible adicional, añadiéndose los aditivos que contienen amoniaco sólo en una sección de la zona de calcinación que funciona de manera oxidativa que se conecta a la sección de la zona de calcinación que funciona de manera reductora,
 - 35 y en el que
 - 40 f) la zona de calcinación contiene una rama ascendente que se conecta a la zona de combustión, una zona de desvío así como una rama descendente y los medios (20, 21) para la alimentación de aditivos que contienen amoniaco están formados y dispuestos de tal forma que se añade al menos la mayor parte de los aditivos que contienen amoniaco sólo en el extremo de la rama descendente de la zona de calcinación, en la que la postcombustión de los productos de combustión que han reaccionado de manera incompleta, formados en la sección (6) que funciona de manera reductora ha concluido en su mayor parte.

