

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 521**

51 Int. Cl.:

**F27B 7/20** (2006.01)

**C04B 7/36** (2006.01)

**F27D 17/00** (2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09802552 .1**

96 Fecha de presentación: **17.07.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2304364**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **06.04.2011**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de CLINKER de cemento en una instalación, e instalación de fabricación de CLINKER de cemento como tal**

30 Prioridad:  
**01.08.2008 FR 0804407**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**14.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**14.05.2012**

73 Titular/es:  
**Fives FCB  
50, rue de Ticléni  
59666 Villeneuve d'Ascq**

72 Inventor/es:  
**JORGET, Serge y  
DEVROE, Sébastien**

74 Agente/Representante:  
**Aznárez Urbietta, Pablo**

ES 2 380 521 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 de fabricación de clinker de cemento en una instalación, e instalación de fabricación de clinker de cemento como tal.

5 La invención se refiere a un procedimiento de fabricación de clinker de cemento en una instalación, así como a una instalación de fabricación de clinker de cemento según dicho procedimiento.

La fabricación de cemento utiliza en su mayor parte una materia cocida, el clinker, producido a partir de minerales cuyo componente esencial es el carbonato de calcio. La elaboración del clinker pasa por una operación de cocción que produce grandes cantidades de dióxido de carbono, tanto por la descomposición del carbonato de calcio como por la combustión del combustible necesario para la operación.

10 Por ejemplo, la producción de una tonelada de cemento denominado Portland se acompaña con la emisión de aproximadamente 530 kg de CO<sub>2</sub> proveniente de la materia tratada y de 250 a 300 kg de CO<sub>2</sub> proveniente del combustible. Este dióxido de carbono se emite en los humos, en una concentración inferior a 30 %, siendo el nitrógeno el componente principal de los humos. En estas condiciones, es difícil aislarlo, principalmente retenerlo con el objetivo de limitar las emanaciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

15 La fabricación de clinker de cemento utiliza habitualmente un procedimiento de cocción denominado por vía seca, donde las materias primas previamente trituradas, se calcinan en un horno rotativo. A los efectos de disminuir las necesidades energéticas de la operación, se agregaron delante y detrás del horno rotativo, unos intercambiadores que recuperan directamente el calor contenido en las materias y los humos que salen del horno. Por delante se encuentra un precalentador de ciclones donde la materia cruda se precalienta en suspensión, y se descarbonata parcialmente. Por  
20 detrás, se encuentra un enfriador de clinker en el que la materia cocida es enfriada mediante un soplado de aire frío. La mayoría de las instalaciones que funcionan por la vía denominada seca comprenden un reactor de combustión debajo del precalentador, denominado precalcinador, donde se aporta una parte importante del combustible consumido por la unidad de cocción. Se señala que la mayor parte de la reacción de descarbonatación se efectúa en el precalentador.

25 Más precisamente, en una instalación típica que funciona por vía seca, entre el 60 y el 65 % del combustible es aportado al precalcinador, y el resto al horno; 85 % aproximadamente de la reacción de descarbonatación se produce antes de la entrada del horno. De este modo, de los 780 a 830 kg de dióxido de carbono emitido por la unidad de cocción, 76 % a 78 % están generados a nivel del precalentador y precalcinador, y solamente del 22 al 24 % en el horno rotativo.

30 Se conoce no obstante en el documento EP 1.923.367 una instalación para la fabricación de clinker de cemento que comprende un precalentador de ciclones, un reactor de precalcificación, un horno rotativo y un enfriador de clinker.

Los humos producidos por el reactor de precalcificación son tratados separadamente de los humos producidos por el horno rotativo y el precalentador de ciclones.

35 Según este documento, se alimenta el reactor de precalcificación con un gas rico en oxígeno y pobre en nitrógeno para poder concentrar el CO<sub>2</sub> y facilitar su retención. El CO<sub>2</sub> que se evacua del reactor de precalcificación puede ser atrapado. Los humos producidos por el horno y el precalentador de ciclones no están concentrados en CO<sub>2</sub> y son evacuados libremente en la atmósfera.

El objeto de la presente invención pretende paliar los inconvenientes anteriormente citados proponiendo un procedimiento de fabricación de clinker de cemento económicamente viable al permitir reducir las emanaciones de dióxido de carbono en la atmósfera.

40 Otro objetivo de la invención es proponer tal procedimiento que puede ser realizado en una instalación técnicamente similar a la utilizada habitualmente para la producción de clinker de cemento.

Otro objetivo de la invención es proponer dicha instalación como tal.

Otros objetivos y ventajas de la presente invención surgirán en el transcurso de la descripción que se encuentra a continuación, dada sólo a título indicativo sin por ello limitarla.

45 La invención se refiere en primer lugar a un procedimiento de fabricación de clinker de cemento en una instalación que comprende:

- un precalentador de ciclones destinado a precalentar la materia cruda,
- un reactor de precalcificación provisto con uno o varios quemadores que aporta calor al precalentador de ciclones,
- 50 - un horno rotativo, provisto con un quemador alimentado con combustible,

- un enfriador de clinker por soplado de un gas de enfriamiento, a nivel de la salida de dicho horno rotativo, originando gas caliente,

procedimiento en el cual:

- 5
- se precalientan las materias crudas y se las descarbonata en dicho precalentador de ciclones y/o el reactor de precalcificación,
  - se enfría el clinker que sale del horno en dicho enfriador de clinker.

Según la invención:

- 10
- se separan los humos producidos por el horno rotativo y los gases del precalentador de modo que dichos humos y dichos gases no se mezclen,
- 15
- se alimenta el reactor de precalcificación con un gas rico en oxígeno cuyo porcentaje de nitrógeno es inferior a 30 % constituyendo de este modo la única fuente de oxígeno de dicho reactor,
  - se recicla una parte de los gases que salen de dicho precalentador de ciclones en dicho reactor de precalcificación, incluso en dicho precalentador, de modo que se obtenga un flujo adecuado necesario para la suspensión de las materias en dicho precalentador, mientras que la otra parte de los gases de dicho precalentador de ciclones, rica en dióxido de carbono, se adapta para un tratamiento que permite limitar las emanaciones de dióxido de carbono como por ejemplo un tratamiento de retención.

La invención se refiere igualmente a una instalación de fabricación de clinker de cemento que permite principalmente la realización del procedimiento que comprende:

- 20
- un precalentador de ciclones destinado a precalentar la materia cruda,
  - un reactor de precalcificación provisto con uno o varios quemadores que aporta calor (gases calientes) al precalentador de ciclones,
  - un horno rotativo, provisto de un quemador alimentado con combustible,
  - un enfriador de clinker por soplado de un gas de enfriamiento, a nivel de la salida de dicho horno rotativo, originando gas caliente.

25 Según la invención, la instalación comprende además:

- conductos separados para los humos del horno rotativo y los gases del precalentador de modo de dichos humos y dichos gases no se mezclen,
  - una fuente de un gas rico en oxígeno, cuyo porcentaje de nitrógeno es inferior a 30 %, que alimenta el reactor de precalcificación,
- 30
- un conducto para el reciclado de una parte de los gases que salen de dicho precalentador de ciclones en el reactor de precalcificación, incluso en dicho precalentador.

La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción siguiente que acompaña los dibujos en anexo donde:

- 35
- La figura 1 ilustra esquemáticamente un ejemplo del procedimiento de fabricación realizado en una instalación, conforme a la invención según un primer modo de realización,
  - La figura 2 ilustra un procedimiento de fabricación de clinker de cemento y la instalación correspondiente, conformes a la invención según un segundo modo de realización.

La invención se refiere a un procedimiento de fabricación de clinker de cemento en una instalación.

Que comprende:

- 40
- un precalentador de ciclones 3, 3<sub>a</sub> destinado a precalentar la materia cruda,
  - un reactor de precalcificación 4, provisto con uno o varios quemadores, que aporta calor principalmente bajo la forma de gases calientes al precalentador de ciclones,
  - un horno rotativo 1, provisto con un quemador alimentado con combustible,
- 45
- un enfriador de clinker 5 por soplado de un gas de enfriamiento, a nivel de la salida de dicho horno rotativo, originando gas caliente. Se trata de una instalación que comprende un precalentador de ciclones, un reactor

de precalcinación, un horno rotativo y un enfriador de clinker de forma equivalente a las instalaciones ya conocidas.

Según el procedimiento:

- 5
- se precalientan las materias crudas y se las descarbonata (en su mayor parte) en dicho precalentador de ciclones 3, 3<sub>a</sub> y/o el reactor de precalcinación 4,
  - se enfría el clinker que sale del horno en dicho enfriador de clinker 5.

Según el procedimiento de fabricación conforme a la invención:

- 10
- se separan los humos 10 producidos por el horno rotativo 1 y los gases del precalentador 3, 3<sub>a</sub> de modo que dichos humos 10 del horno y dichos gases del precalentador 3, 3<sub>a</sub> no se mezclen,
- 15
- se alimenta el reactor de precalcinación 4 con un gas 9 rico en oxígeno cuyo porcentaje de nitrógeno es inferior a 30 % constituyendo de este modo la única fuente de oxígeno de dicho reactor 4,
  - se recicla una parte 8<sub>a</sub> de los gases 8 que salen de dicho precalentador de ciclones 3, 3<sub>a</sub> en dicho reactor de precalcinación, incluso en dicho precalentador 3, 3<sub>a</sub> a fin de obtener un flujo adecuado necesario para la suspensión de las materias en dicho precalentador, mientras que la otra parte 8<sub>b</sub> de los gases de dicho precalentador de ciclones 3, 3<sub>a</sub> rica en dióxido de carbono, es adaptada para un tratamiento que permite limitar las emanaciones de dióxido de carbono en la atmósfera.

Como quiera que alrededor de las tres cuartas partes del dióxido de carbono son generadas en el precalentador y el reactor de precalcinación, la invención consiste de este modo en concentrar el CO<sub>2</sub> al menos en dichas partes de la instalación.

20

Los humos 10 producidos por el horno 1 y los del conjunto precalentador 3, 3<sub>a</sub> reactor 4 se separan entonces. Contrariamente, en una instalación tradicional de fábrica de cemento, los humos del horno alimentan con gas caliente el conjunto precalentador/precalcinador permitiendo, por una parte, un aporte de calor en dicho conjunto, pero también creando un flujo de gas en el conjunto necesario para la suspensión de las materias.

25

En la instalación según la invención, los humos del horno no alimentan el conjunto precalentador/precalcinador. Con respecto a una instalación tradicional, se crea un doble desequilibrio de funcionamiento, ya que el flujo de gas en el precalentador es insuficiente para obtener la suspensión de las materias pues el flujo térmico no es suficiente para obtener el precalentamiento requerido.

30

Según la instalación de la invención, dicho desequilibrio se restablece en su totalidad o en parte mediante el reciclado de la parte 8<sub>a</sub> de los gases 8 que salen del precalentador. La parte de los gases reciclados es tal que permite obtener un flujo adecuado necesario para lograr la suspensión de las materias en el precalentador.

Más precisamente, según un modo de realización, se recicla la parte 8<sub>a</sub> de los gases 8 que salen del precalentador de modo que se obtenga una relación de caudal másico entre la materia tratada y el flujo necesario para la suspensión de las materias comprendido entre 0,5 kg/kg y 2 kg/kg.

35

Cuando están dirigidos directamente hacia el reactor de precalcinación 4, el gas de combustión en el reactor 4 es una mezcla del gas 9 rico en oxígeno y de la parte reciclada 8<sub>a</sub> rica en dióxido de carbono. Ventajosamente, esta mezcla evita que el gas de combustión esté demasiado concentrado en oxígeno, y así, evita la creación de una llama demasiado fuerte en el reactor 4 que podría deteriorarlo.

40

Además, dicho reciclado de la parte 8<sub>a</sub> permite reciclar una cantidad de calor producida por el precalentador 3, 3<sub>a</sub> y el reactor de precalcinación 4. A los efectos de reducir aún más el consumo de combustible en el reactor 4, el procedimiento puede prever una etapa donde se calienta la parte 8<sub>a</sub> de los gases reciclados en el reactor de precalcinación 4, incluso en el precalentador 3, 3<sub>a</sub> a través de un intercambiador 11, principalmente debido al calor contenido en los humos 10 del horno rotativo 1 y/o a una parte del gas caliente originado por dicho enfriador de clinker 5.

Más precisamente, según un modo de realización:

- 45
- se dirige una primera parte 60 del gas caliente producido en dicho enfriador de clinker 5, denominada flujo secundario, hacia el horno rotativo 1 para ser utilizado como gas de combustión, principalmente por el o los quemadores del horno 1,
  - una segunda parte 6 del gas caliente producido en dicho enfriador de clinker 5, denominado flujo terciario, definida por una temperatura al menos igual a 750° C se conduce, separada desde la primera parte, hasta dicho intercambiador 11 para calentar la parte 8<sub>a</sub> de los humos reciclados,
- 50

- y se extrae una tercera parte 7 del gas caliente producido en dicho enfriador de clinker, denominado flujo excedente.

Eventualmente, se desempolvan los humos 10 del horno 1 en un ciclón 12 y se introduce en el precalentador 3, 3<sub>a</sub> incluso en el reactor de precalcificación 4, la materia caliente así recogida.

- 5 Se describe ahora parcialmente el ejemplo de la figura 1 y más particularmente el modo en que los gases reciclados 8<sub>a</sub> son calentados por el intercambiador 11.

En este ejemplo, el gas de enfriamiento del enfriador de clinker 5 es aire y contiene de este modo una parte importante de nitrógeno.

- 10 El aire del enfriador es dividido en tres flujos. Una parte 60 de los gases calientes producidos en el enfriador, denominado flujo secundario, es dirigida hacia el horno rotativo 1 para ser utilizada como aire de combustión en el horno.

Una segunda parte 6 de gases calientes producidos en el enfriador de clinker, denominada flujo terciario, definida por una temperatura al menos igual a 750° C es conducida separadamente de la primera parte 60 hasta el intercambiador 11 para calentar la parte 8<sub>a</sub> de los gases reciclados.

- 15 Finalmente, la tercera parte 7, con temperatura inferior a la temperatura del flujo terciario, es extraída y puede ser utilizada para la producción de energía mecánica, incluso de electricidad.

Los humos 10 del horno son conducidos hacia un ciclón 12 para desempolvarlos. Los polvos recogidos en el ciclón 12 son conducidos hasta el reactor de precalcificación 4. Los humos desempolvados atraviesan el intercambiador 11 para contribuir, con el flujo terciario 6, al calentamiento de la parte 8<sub>a</sub> de los gases reciclados.

- 20 Después del intercambiador 11, el calor residual de los gases 6<sub>a</sub> provenientes del flujo terciario y de los humos 10 provenientes del horno rotativo 1, puede ser utilizado igualmente para la producción de energía mecánica, incluso de electricidad.

- 25 En este ejemplo, el intercambiador 11 permite intercambiar calor entre tres flujos, a saber la parte 8<sub>a</sub> de los gases reciclados, el flujo terciario 6 y los humos 10. Se designa de este modo como intercambiador 11 a un intercambiador en un sentido amplio, que, eventualmente puede estar constituido por varios módulos intercambiadores. De un modo general, en este ejemplo principalmente se utiliza el calor contenido en los gases 6<sub>a</sub>, 10<sub>a</sub>, más particularmente los humos 10 del horno 1 y/o el flujo terciario originado por el enfriador de clinker, en la salida de dicho intercambiador 11, así como el calor del flujo excedente 7, incluso la otra parte 8<sub>b</sub> de los humos al menos parcialmente no reciclados, para la producción de energía, principalmente de electricidad.

- 30 En este ejemplo de la figura 1, se puede utilizar también al menos parcialmente la parte 8<sub>b</sub>, principalmente no directamente reciclada, de los gases ricos en dióxido de carbono como fluido de transporte neumático para los combustibles sólidos y/o de pulverización para los combustibles líquidos que alimentan el o los quemadores del reactor de precalcificación 4 y/o como fluido de limpieza neumática del precalentador de ciclones 3, 3<sub>b</sub>.

- 35 Obsérvese que en este ejemplo de la figura 1, únicamente los gases producidos por el conjunto reactor de precalcificación 4/precalentador de ciclones 3, 3<sub>a</sub> están sometidos a un tratamiento para limitar las emanaciones de dióxido de carbono. En efecto, los humos del horno 10, ricos en nitrógeno no están adaptados para tal tratamiento, principalmente una retención.

- 40 Según otro modo de realización, ilustrado en la figura 2, se concentran igualmente los gases del horno rotativo 1 en dióxido de carbono para someterlos a un tratamiento que permite limitar las emanaciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Más particularmente, según este modo de realización:

- se alimenta el quemador del horno rotativo 1 con un gas 15 rico en oxígeno cuyo porcentaje de nitrógeno es inferior a 30 %, constituyendo de este modo la única fuente de oxígeno del horno,
- se recicla una parte 17 de los gases producidos por el horno rotativo 1 y del gas caliente originado por el enfriador de clinker 5 que se enfría para alimentar con gas de enfriamiento dicho enfriador de clinker 5, mientras que la otra parte 16 de los gases, rica en dióxido de carbono se adapta principalmente para retener el dióxido de carbono.

- 50 Eventualmente, según el modo de realización de la figura 2, se utiliza una parte de los gases 8<sub>b</sub>, 16 ricos en dióxido de carbono, respectivamente del conjunto precalcificador 4/precalentador 3, 3<sub>a</sub> de ciclones y del conjunto horno rotativo 1/enfriador de clinker 5, como fluido de transporte neumático para el combustible sólido y/o de pulverización de los combustibles líquidos que alimentan el quemador del horno rotativo y/o como fluido que alimenta los aparatos de limpieza neumáticos automáticos de la cámara de entrada del horno 1 y del enfriador 5.

Se describe más detalladamente el ejemplo de la figura 2. En este ejemplo, los gases del conjunto precalentador de ciclones 3, 3<sub>a</sub>/reactor de precalcificación 4, por una parte, y del horno rotativo 1/enfriador de clinker 5 por otra, son reciclados de forma independiente.

5 Más particularmente en este ejemplo ilustrado en la figura 2, un gas 15 rico en oxígeno alimenta el quemador del horno rotativo 1 constituyendo la única fuente de oxígeno del horno.

El gas de enfriamiento del enfriador de clinker 5 está constituido por gases reciclados, provenientes, por una parte, de los gases originados en el enfriador de clinker 5 y por otra de los humos 10 del horno.

10 El gas de enfriamiento es también rico en dióxido de carbono. Una parte 60 del gas caliente producido en el enfriador de clinker 5, denominado flujo secundario, es dirigido hacia el horno rotativo 1. Más precisamente, se mezcla con el gas 15 rico en oxígeno, limitando de este modo la concentración de oxígeno del gas de combustión para evitar una llama demasiado fuerte en el quemador del horno, susceptible de deteriorar dicho horno.

Una segunda parte 6 del gas caliente, también rica en dióxido de carbono, producido en el enfriador de clinker 5, denominado flujo terciario, definida por una temperatura al menos igual a 750° C, es conducida en forma separada de la primera parte hacia el intercambiador 11 para calentar la parte 8<sub>a</sub> de los gases reciclados.

15 Una tercera parte 7 del gas caliente producido en el enfriador de clinker, con temperatura inferior, está destinada a ser reciclada con una parte de los humos 10 del horno en el enfriador de clinker 5.

Más precisamente, los humos del horno 10 son desempolvados en un ciclón 12. Los polvos calientes recogidos por el ciclón 12 son dirigidos al reactor de precalcificación

20 4 y/o hacia el horno 1. Los humos 10 desempolvados recorren el intercambiador 11 para calentar la parte 8<sub>a</sub> de los gases reciclados del precalentador 3, 3<sub>a</sub>.

Del mismo modo, dicha parte 6 de los gases producidos en el enfriador de clinker 5, denominado flujo terciario, definida por una temperatura al menos igual a 750° C es conducida hasta el intercambiador 11 para calentar la parte 8<sub>a</sub> de los gases reciclados.

25 Los gases de drenaje que salen del intercambiador 11, a saber los gases 10<sub>a</sub> provenientes de los humos 10 y los gases 6<sub>a</sub> provenientes del flujo terciario son conducidos entonces hacia un intercambiador 14 para enfriarlos. Una parte de dichos gases 16 no es reciclada mientras que la otra es conducida hacia el enfriador de clinker 5 para alimentarlo con gas de enfriamiento.

Del mismo modo, dicho flujo excedente 7 es enfriado en otro intercambiador 14<sub>a</sub> y sirve igualmente como gas de enfriamiento para el enfriador de clinker 5.

30 Eventualmente se puede utilizar una parte de los gases 8<sub>b</sub>/16 ricos en dióxido de carbono, principalmente no reciclados, provenientes respectivamente, por una parte, del conjunto reactor de precalcificación 4/precalentador de ciclones 3, 3<sub>a</sub>, y por otra parte, del conjunto enfriador de clinker 5/horno rotativo 1, como fluido de transporte neumático para el combustible sólido y/o de pulverización de los combustibles líquidos que alimentan el quemador del horno rotativo 1 y/o como fluido que alimenta los aparatos de limpieza neumática automática de la cámara de entrada del horno 1 y del enfriador de clinker 5.

De un modo general, el gas 9, rico en oxígeno y que alimenta el reactor de precalcificación 4 puede tener un porcentaje de nitrógeno inferior a 5 %. Llegado el caso, el gas 15 rico en oxígeno y que alimenta, principalmente según el ejemplo de la figura 2, el quemador del horno rotativo 1 puede tener igualmente un porcentaje de nitrógeno inferior a 5 %.

40 La invención se refiere asimismo a una instalación para la fabricación de clinker de cemento como tal. Dicha instalación comprende:

- un precalentador de ciclones 3, 3<sub>a</sub>, destinado a precalentar la materia cruda 2,
- un reactor de precalcificación 4, provisto de uno o varios quemadores, que aporta calor al precalentador de ciclones 3, 3<sub>a</sub>,
- un horno rotativo 1 provisto de un quemador alimentado con combustible,
- 45 - un enfriador de clinker 5 por soplado de un gas de enfriamiento a nivel de la salida de dicho horno rotativo 1, originando gas caliente.

Según la invención, dicha instalación comprende:

- conductos separados para los humos 10 del horno rotativo y los gases del precalentador 3, 3<sub>a</sub> de modo que los humos y dichos gases no se mezclen,

- una fuente de un gas 9 rico en oxígeno cuyo porcentaje de nitrógeno es inferior a 30 %, que alimenta el reactor de precalcificación 4,
- un conducto 80 para el reciclado de una parte 8<sub>a</sub> de los gases 8 que salen de dicho precalentador de ciclones 3, 3<sub>a</sub> en el reactor de precalcificación incluso en dicho precalentador 3, 3<sub>a</sub>. Podrá tratarse principalmente de las instalaciones anteriormente descritas en las figuras 1 y 2, permitiendo la puesta en práctica del procedimiento conforme a la invención.

5

Generalmente, un intercambiador 11 puede cooperar con los humos 10 del horno rotativo y al menos una parte del gas caliente generado por el enfriador de clinker 5 de modo que se caliente la parte 8<sub>a</sub> reciclada de los gases 8 que salen del precalentador de ciclones 3, 3<sub>a</sub>.

10

Un ciclón 12 puede preverse para desempolvar los humos 10 del horno rotativo 1. Un conducto 120 permite eventualmente introducir el polvo recogido por el ciclón 12 en el reactor de precalcificación 4, incluso en el calentador 3, 3<sub>a</sub>.

Eventualmente, principalmente según el ejemplo de la figura 2, la instalación puede presentar además

15

- una fuente de un gas 15 rico en oxígeno cuyo porcentaje de nitrógeno es inferior a 30 %, que alimenta el quemador del horno rotativo 1,
- conductos que permiten el reciclado en el enfriador de clinker 5 de una parte de los humos 10 del horno rotativo 1 y del gas caliente originado por dicho enfriador de clinker 5, un conjunto de intercambiador 11, 14, 14<sub>a</sub> que permite enfriar los gases reciclados para alimentar dicho enfriador de clinker 5 con gas de enfriamiento.

20

Se describen ahora los rendimientos de una instalación de este tipo de las ya conocidas y los conseguidos con la instalación anteriormente descrita e ilustrada en la figura 1 y finalmente, las de la instalación anteriormente descrita e ilustrada en la figura 2.

25

Estado actual de la técnica: La instalación considerada en el estado actual de la técnica es una unidad de producción de clinker de tamaño mediano, representativa de la capacidad de una gran cantidad de unidades existentes, y que produce 5.000 toneladas de clinker por día a partir de un caudal de materias crudas de 337 toneladas por hora.

Dicha instalación consume 3.000 MJ por tonelada de clinker producido, aportados bajo la forma de combustible, de los cuales 62,8 % son introducidos a nivel del reactor de precalcificación. Se considera el caso donde el combustible es coque de petróleo, con un poder calorífico inferior a 34.400 kJ/kg y un porcentaje de nitrógeno de 2 %.

30

El enfriador de clinker produce entre otros, 117.000 Nm<sup>3</sup>/hora de aire terciario a 890° C, que alimenta la combustión del reactor de precalcificación, y 210.000 Nm<sup>3</sup>/hora de aire de drenaje a 245° C. Los humos del precalentador de ciclones tienen un caudal de 286.200 Nm<sup>3</sup>/hora a una temperatura de 320° C. La relación de los caudales máxicos entre la materia alimentada y los humos del precalentador es de 0,82.

La composición de los humos producidos y salientes del precalentador es:

35

- oxígeno: 3,6 %
- agua: 7,1 %
- dióxido de carbono: 29,6 %
- nitrógeno: 59,7 %

Los humos del horno rotativo tienen un caudal de 86.200 Nm<sup>3</sup>/hora y una temperatura de 1.160° C. Son utilizados en el precalentador de ciclones. La composición de los humos producidos en el horno es:

40

- oxígeno: 3,2 %
- agua: 5,9 %
- dióxido de carbono: 21,5 %
- nitrógeno: 69,4 %

45

En dichas condiciones el 78,1 % de la cantidad total de dióxido de carbono está generado en el precalentador y únicamente el 21,9 % en el horno rotativo.

Ejemplo 1 según la invención:

La instalación considerada es comparable con la de la técnica actual pero aquí la concentración de dióxido de carbono se realiza en el precalentador, según el ejemplo ilustrado en la figura 1.

5 Se aporta combustible en el reactor de precalcificación o sea 1.972 MJ por tonelada de clinker producido. El funcionamiento del horno no se modifica globalmente con respecto al estado actual de la técnica con un consumo de 1.117 MJ por tonelada de clinker. Las necesidades de oxígeno para la combustión en el precalcinador son de 27.650 Nm<sup>3</sup>/hora aportados bajo la forma de oxígeno puro.

De este modo, se producen en el precalentador 235.600 Nm<sup>3</sup>/hora de humos a 325° C de los cuales 150.800 Nm<sup>3</sup>/hora son reciclados y 84.800 Nm<sup>3</sup>/hora son extraídos para procesar el CO<sub>2</sub>. La relación de los caudales máxicos entre la materia alimentada y los humos del precalentador es de 0,82 como en el ejemplo del estado actual de la técnica.

10 La composición de dichos humos producidos y salientes del precalentador es:

- oxígeno: 5,1 %
  - agua: 15,8 %
  - dióxido de carbono: 78,85 %
  - nitrógeno: 0,24 %
- 15 - CO<sub>2</sub> en humos secos: 93,6 %

El caudal máxico de CO<sub>2</sub> emitido por los humos es de 36,4 toneladas/hora; el caudal máxico de CO<sub>2</sub> que puede ser retenido a partir del humo extraído del precalentador es de 131,34 t/h, o sea 78,2 % del total.

Los humos del horno son conducidos a través de un ciclón que los libera de la mayor parte de los polvos contenidos a 1.160° C, polvos que son reintroducidos en el reactor de precalcificación.

20 Se retiran del enfriador 145.800 Nm<sup>3</sup>/h de aire terciario a 810° C que son conducidos con los humos del horno a través de un intercambiador y transfieren su energía a los humos reciclados del precalentador enfriando hasta 350° C. Dichos humos del precalentador son llevados de este modo a la temperatura de 943° C antes de ser introducidos en el precalcinador.

Ejemplo 2 según la invención:

25 La instalación considerada es la anteriormente descrita e ilustrada en la figura 2, en la que se realiza además el reciclado de los humos en el horno rotativo, según la invención, para concentrar el dióxido de carbono.

El funcionamiento del precalentador es idéntico al del ejemplo anterior, con la alimentación de oxígeno y el reciclado de los humos muy ricos en CO<sub>2</sub>.

30 Esta vez se intercambia una parte máxima del calor contenido en los gases, por una parte los humos del horno, y por otra parte los gases calientes producidos en el enfriador de clinker de modo que la temperatura de dichos gases baje hasta 135° C, conduciendo los gases a través de dichos intercambiadores. Se realiza el soplado en el enfriador de clinker con dichos gases así enfriados.

En el horno rotativo, las necesidades de combustible son de 1.117 MJ por tonelada de clinker producida, y la combustión del combustible se garantiza mediante oxígeno puro.

35 De este modo los humos tienen la composición siguiente:

- oxígeno: 6,5 %
  - agua: 16,2 %
  - dióxido de carbono: 77,08 %
  - nitrógeno: 0,19 %
- 40 - CO<sub>2</sub> en humos secos : 92,0 %

45 Dichos humos son utilizados y reciclados, de modo tal que se obtenga el funcionamiento siguiente. Se soplan en el enfriador de clinker 306.900 Nm<sup>3</sup>/h de humos cuya temperatura ha sido rebajada a 135° C. Se producen 53.500 Nm<sup>3</sup>/h de gases muy calientes, a 1.180° C que se dirigen hacia el horno; se producen igualmente 112.900 Nm<sup>3</sup>/h de gases calientes, a 810° C, de los cuales se utiliza una parte del calor para calentar los humos reciclados del precalentador: se producen finalmente 140.500 Nm<sup>3</sup>/h de gases menos calientes, a 262° C.

## ES 2 380 521 T3

Los humos del horno, con un caudal de  $77.600 \text{ Nm}^3/\text{h}$  y a una temperatura de  $1.180^\circ \text{ C}$ , son utilizados para calentar los humos reciclados del precalentador. Se extrae  $24.100 \text{ Nm}^3/\text{h}$  de humos para extraer el dióxido de carbono que representa  $36,4 \text{ t/h}$ . Se enfría el resto a  $350^\circ \text{ C}$  para la utilización en el enfriador de clinker. El clinker se enfría en el enfriador hasta una temperatura de  $205^\circ \text{ C}$ . Se aporta al horno para la combustión  $14.700 \text{ Nm}^3/\text{h}$  de oxígeno puro.

- 5 De este modo, se emite la totalidad del dióxido de carbono de la instalación bajo la forma de humos concentrados a menos del 92%, aptos para un tratamiento por retención.

Naturalmente, podrían ser considerados otros modos de realización por parte del profesional en la materia sin salirse por ello del marco de la invención, definida por las reivindicaciones que se exponen a continuación.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de fabricación de clinker de cemento en una instalación que comprende:
  - un precalentador de ciclones (3, 3<sub>a</sub>), destinado a precalentar la materia cruda (2),
  - 5 - un reactor de precalcación (4) provisto con uno o varios quemadores que aporta calor al precalentador de ciclones (3, 3<sub>a</sub>),
  - un horno rotativo (1) provisto de un quemador alimentado con combustible,
  - un enfriador de clinker (5) por soplado de un gas de enfriamiento, a nivel de la salida de dicho horno rotativo (1) originando un gas caliente; procedimiento en el curso del cual
  - 10 - se precalientan las materias crudas y se las descarbonata en dicho precalentador de ciclones (3, 3<sub>a</sub>) y/o dicho reactor de precalcación (4),
  - se enfría el clinker que sale del horno en dicho enfriador de clinker (5),
 caracterizado porque:
  - se separan los humos (10) producidos por el horno rotativo (1) y los gases del precalentador (3, 3<sub>a</sub>) de modo que dichos humos (10) y dichos gases del precalentador no se mezclen,
  - 15 - se alimenta el reactor de precalcación (4) con un gas (9) rico en oxígeno cuyo porcentaje de nitrógeno es inferior a 30 %, constituyendo de este modo la única fuente de oxígeno de dicho reactor (4),
  - se recicla una parte (8<sub>a</sub>) de los gases (8) que salen de dicho precalentador de ciclones (3, 3<sub>a</sub>) en dicho reactor de precalcación (4), incluso en dicho precalentador de ciclones (3, 3<sub>a</sub>) de modo que se obtenga un flujo adecuado necesario para la suspensión de las materias en dicho precalentador, mientras que la otra parte (8<sub>b</sub>) de los gases de dicho precalentador de ciclones (3, 3<sub>a</sub>) rica en dióxido de carbono, es adaptada para un tratamiento que permita limitar las emanaciones de dióxido de carbono en la atmósfera, como por ejemplo, la retención.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado en que se recicla dicha parte (8<sub>a</sub>) de los gases (8) que salen del precalentador de ciclones (3, 3<sub>a</sub>) de modo que se obtenga una relación de caudales máxicos entre la materia tratada y el flujo necesario para la suspensión de las materias comprendida entre 0,5 kg/kg y 2 kg/kg.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado en que se calienta la parte (8<sub>a</sub>) de los gases reciclados en el reactor de precalcación (4) incluso en el precalentador (3, 3<sub>a</sub>), mediante un intercambiador (11) mediante el calor contenido en los humos (10) del horno rotativo (1) y/o a una parte del gas caliente originado por el enfriador de clinker (5).
- 30 4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado en que:
  - se dirige una primera parte (6<sub>0</sub>) de gas caliente producido en dicho enfriador de clinker (5) denominado flujo secundario, hacia el horno rotativo (1),
  - una segunda parte (6) de gas caliente producido en dicho enfriador de clinker, denominado flujo terciario, definida por una temperatura al menos igual a 750° C, se conduce, separada de la primera parte, hasta dicho intercambiador (11) para calentar la parte (8<sub>a</sub>) de los gases reciclados,
  - 35 - y se extrae una tercera parte (7) de gas caliente producido en dicho enfriador de clinker, denominada flujo excedente.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado en que se utiliza el calor contenido en los gases (6<sub>a</sub>, 10<sub>a</sub>), más particularmente los humos del horno y/o flujo del enfriador a la salida de dicho intercambiador (11), así como el calor del flujo excedente (7), incluso la otra parte (8<sub>b</sub>) de los humos no reciclados, al menos parcialmente, para la producción de energía, principalmente electricidad.
- 40 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado en que se desempolvan los humos (10) del horno en un ciclón (12) y se introduce en el precalentador (3, 3<sub>a</sub>), incluso en el reactor de precalcación (4), la materia (13) así recogida.
- 45 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6 caracterizado en que se utiliza al menos parcialmente dicha parte (8<sub>b</sub>) no reciclada de gas rico en dióxido de carbono, como fluido de transporte neumático para los combustibles sólidos y/o de pulverización para los combustibles líquidos que alimentan los quemadores del reactor de precalcación (4) y/o como fluido de limpieza neumática del precalentador de ciclones (3, 3<sub>a</sub>).

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4 caracterizado en que:
- se alimenta el quemador del horno rotativo (1) con un gas (15) rico en oxígeno cuyo porcentaje de nitrógeno es inferior a 30 %, constituyendo de este modo la única fuente de oxígeno del horno,
- 5
- se recicla una parte (17) de los gases producidos por el horno rotativo (1) y del gas caliente originado por el enfriador de clinker (5) que se enfría para alimentar con gas de enfriamiento dicho enfriador (5) mientras que la otra parte (16) de los gases, rica en dióxido de carbono, es adaptada para un tratamiento que permita limitar las emanaciones de dióxido de carbono en la atmósfera, principalmente por retención.
- 10
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado en que se utiliza una parte de los gases (8b,16) ricos en dióxido de carbono como fluido de transporte neumático para el combustible sólido y/o de pulverización de los combustibles líquidos que alimentan el quemador del horno rotativo y/o como fluido que alimenta los aparatos de limpieza neumáticos automáticos de la cámara de entrada del horno (1) y del enfriador (5).
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9 caracterizado en que dicho gas (9 o 15) rico en oxígeno tiene un porcentaje de nitrógeno inferior a 5 %.
- 15
11. Instalación para la fabricación de clinker de cemento, principalmente para la realización del procedimiento según la reivindicación 1 que comprende:
- un precalentador de ciclones (3, 3<sub>a</sub>) destinado a precalentar la materia cruda (2),
  - un reactor de precalcificación (4) provisto con uno o varios quemadores, que aporta calor al precalentador de ciclón (3, 3<sub>a</sub>),
- 20
- un horno rotativo (1) provisto con un quemador alimentado con combustible,
  - un enfriador de clinker (4) por soplado de un gas de enfriamiento, a nivel de la salida de dicho horno rotativo (1) originando gas caliente,
- caracterizada porque comprende:
- conductos separados para los humos (10) del horno rotativo (1) y los gases del precalentador (3, 3<sub>a</sub>) de modo que dichos humos y dichos gases no se mezclen,
  - una fuente de un gas (9) rico en oxígeno cuyo porcentaje de nitrógeno es inferior a 30 %, que alimenta el reactor de precalcificación (4),
  - un conducto (80) para el reciclado de una parte (8a) de los gases (8) que salen de dicho precalentador de ciclones (3, 3<sub>a</sub>) en el reactor de precalcificación (4), incluso en dicho precalentador (3, 3<sub>a</sub>)
- 25
- 30
12. Instalación según la reivindicación 11, caracterizada en que un intercambiador (11) coopera con los humos (10) del horno rotativo (1) y al menos una parte del gas caliente generado por dicho enfriador de clinker (5) para calentar la parte (8a) reciclada de los gases (8) que salen del precalentador de ciclones (3, 3<sub>a</sub>).
13. Instalación según la reivindicación 11 o 12 caracterizada en que un ciclón (12) está previsto para desempolvar los humos (10) de dicho horno rotativo (1).
- 35
14. Instalación según la reivindicación 13 caracterizada en que un conducto (120) permite introducir el polvo recogido por el ciclón (12) en el reactor de precalcificación (4) incluso en el precalentador (3, 3<sub>a</sub>),
15. Instalación según una de las reivindicaciones 11 a 14 que comprende además:
- una fuente de un gas (15) rico en oxígeno, cuyo porcentaje de nitrógeno es inferior a 30 %, que alimenta el quemador del horno rotativo (1),
- 40
- conductos que permiten el reciclado en el enfriador de clinker (5) de una parte de los humos (10) del horno rotativo (1) y del gas caliente originado por dicho enfriador de clinker (5), un conjunto de intercambiadores (11, 14, 14<sub>a</sub>) que permite enfriar los gases reciclados para alimentar dicho enfriador de clinker (5) con gas de enfriamiento.
- 45

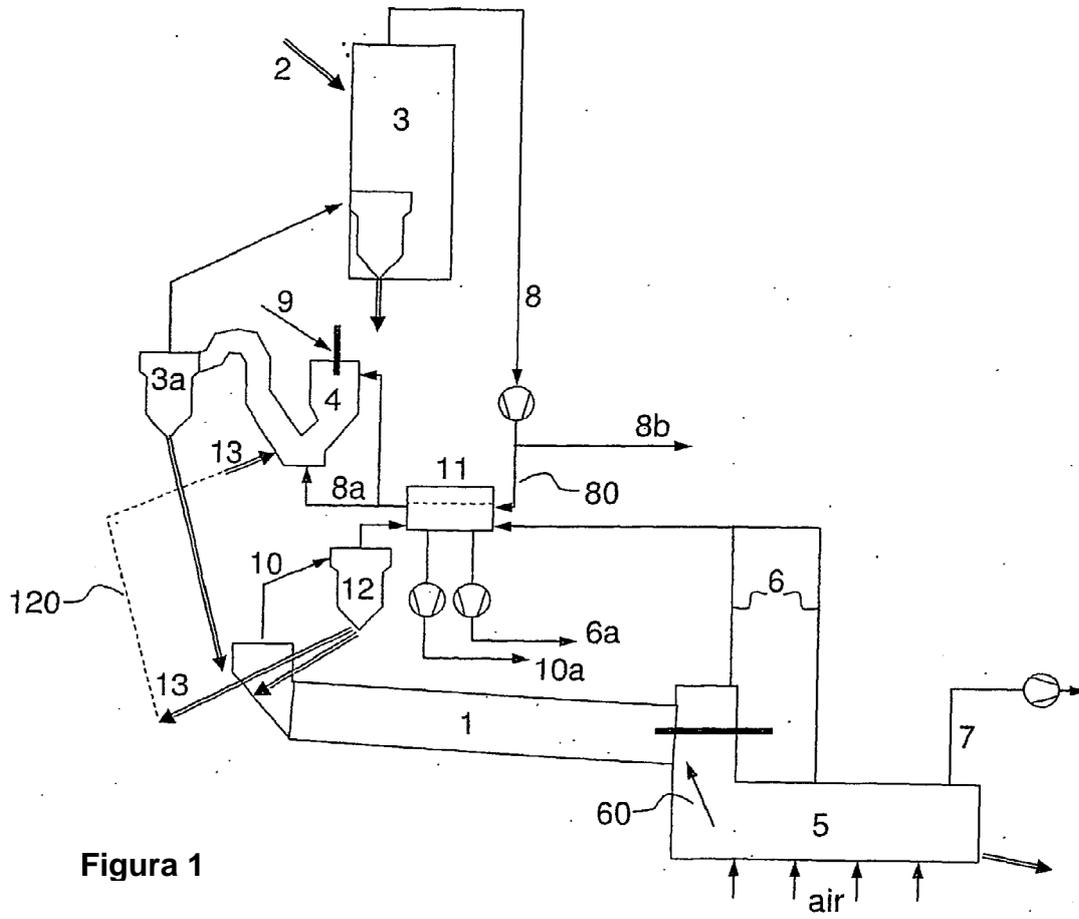


Figura 1

