

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 434 122**

51 Int. Cl.:

**F27B 7/20** (2006.01)

**F27D 17/00** (2006.01)

**C04B 7/47** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.06.2009 E 09769455 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2013 EP 2281164**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de clinker de cemento e instalación de fabricación de clinker de cemento**

30 Prioridad:

**03.06.2008 FR 0803050**

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

**13.12.2013**

73 Titular/es:

**FIVES FCB (100.0%)  
50, Rue de Ticléni  
59650 Villeneuve d'Ascq , FR**

72 Inventor/es:

**DEVROE, SÉBASTIEN y  
METIVIER, SIMON**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 434 122 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).

**DESCRIPCION**

Procedimiento de fabricación de clinker de cemento e instalación de fabricación de clinker de cemento

El invento 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 como tal.

5 La fabricación de clinker de cemento utiliza con la mayor frecuencia un procedimiento de cocción llamado de vía seca, en el que las materias primas previamente trituradas son calcinadas en un horno rotativo. Con el fin de disminuir las necesidades energéticas de la operación, se han añadido intercambiadores aguas arriba y aguas abajo del horno rotativo y así recuperan directamente el calor contenido en las materias y en los humos que salen del horno. Así, mientras que los productos que salen del horno tienen una temperatura de 1.000 °C, los flujos de gas  
10 caliente, aire o humo, que salen de estos intercambiadores, sin haber sido utilizados en la operación de cocción, con mucha frecuencia no están ya nada más que a temperaturas inferiores a 350 °C. Sin embargo, estos gases contienen todavía una cantidad de calor que puede representar el 20 a 30% de la energía introducida bajo la forma de combustible en la instalación.

15 Los gases calientes son utilizados generalmente para el secado de las materias primas que sirven para la fabricación del clinker. Sin embargo, solamente una parte del calor es necesario para las operaciones de secado salvo en el caso muy raro en el que la humedad de las materias es muy elevada. Una parte del gas caliente no utilizado constituye así una energía disponible.

20 La recuperación del calor perdido con el fin de producción de electricidad es entonces conocida y practicada en numerosas fábricas. El procedimiento más corriente consiste en dirigir los gases calientes hacia intercambiadores constituidos por tubos por los que circula agua que el calor transforma en vapor a presión utilizado para mover las turbinas de un generador de electricidad. Teniendo en cuenta la temperatura moderada de los gases en los intercambiadores, el rendimiento global de la conversión de la energía en electricidad es pequeño.

25 Con el fin de mejorar las prestaciones de los intercambiadores, se sabe reemplazar el agua por pentano, por ejemplo. A pesar de esta mejora, el rendimiento no sobrepasa el 17%, lo que es netamente inferior al rendimiento de una central térmica clásica de producción de electricidad.

Para mejorar sensiblemente el rendimiento de recuperación, es entonces conocido un método llamado de cogeneración que consiste en aumentar la temperatura de trabajo gracias a un aporte suplementario de combustible. Así, por ejemplo, no sólo se aumenta la cantidad de energía recuperada, sino que se mejora igualmente el rendimiento de conversión gracias a la elevación de la temperatura.

30 Como la mayor parte de las instalaciones cementeras utilizan combustibles sólidos tales como carbón, cok de petróleo, es necesario disponer de un volumen de combustión importante para asegurar la combustión óptima del exceso de combustible y así disponer de una cámara de combustión dimensionada a estos efectos, suficientemente grande. La utilización de tal cámara de combustión necesita además evacuar las cenizas, y presenta igualmente el inconveniente de producir más gas NOx.

35 Se conocen por ejemplo por los documentos EP 0.492.133 y CN 1601214 instalaciones cementeras de esta clase en las que se recupera energía de combustión con el fin de producir electricidad.

40 Se conoce por el documento EP 0.045.811 un procedimiento de recuperación de los gases de escape de una caldera de un dispositivo generador de potencia eléctrica utilizando un material combustible tal como el fuel. Este documento trata más particularmente del tratamiento de los gases de escape que se realiza en una sección de precalentamiento de una instalación de fabricación de clinker de cemento.

El aire caliente que se produce por el enfriador del clinker de la instalación se envía por una conducción hasta la citada caldera para ser utilizado como gas de combustión. El material combustible se introduce en la conducción por una región adyacente a la entrada de la caldera, sobre todo bajo la forma de carbón pulverizado.

45 El objetivo del presente invento es el de paliar los inconvenientes citados anteriormente proponiendo un procedimiento de fabricación de clinker de cemento en una instalación, así como una instalación de fabricación de clinker de cemento como tal, que permitan aumentar los rendimientos de recuperación de energía minimizando el aporte de combustible necesario para la cogeneración.

Otros objetivos y ventajas aparecerán en el transcurso de la descripción que viene a continuación y que está dada nada más que a título indicativo y que no tiene como objetivo limitarla.

50 El invento se refiere en primer lugar a un procedimiento de fabricación de clinker de cemento en una instalación que comprende:

- un horno rotativo,

- un precalentador de ciclones que recibe los humos del citado horno rotativo,
  - un enfriador de clinker, al nivel de la salida del citado horno rotativo,
  - al menos un intercambiador llamado primer intercambiador y en el cual procedimiento
- 5
- se precalientan las materias en bruto y se las descarbonata en el citado precalentador de ciclones,
  - se enfría el clinker que sale del horno en el citado enfriador de clinker, por soplado de aire, engendrando aire caliente,
  - se dirige una primera parte del aire caliente engendrado en el citado enfriador de clinker, llamado aire secundario, hacia el horno rotativo para ser utilizado como aire de combustión,
- 10
- se dirige una segunda parte del aire caliente engendrado en el citado enfriador de clinker, llamado aire terciario, definida por una temperatura igual al menos a 750 °C, y se la conduce separadamente de la primera parte hasta un lugar de la instalación en el que el combustible es quemado para ser utilizado como aire de combustión, ya sea, según una primera alternativa, en uno o varios reactor(es) de precalcificación, equipado(s) cada uno de ellos con uno o varios quemador(es), unido(s) a la parte baja del citado precalentador de ciclones, ya sea, según una segunda
- 15
- alternativa, al quemador del citado horno rotativo,
  - se dirige y se conduce una tercera parte del aire caliente, engendrado en el citado enfriador de clinker, llamado aire excedente, a al menos un primer intercambiador con el objetivo de recuperar la energía para producir electricidad. – se prevé un segundo intercambiador que colabora con el aire terciario con el fin de calentar un fluido receptor de un
- 20
- circuito de fluido común al citado primer intercambiador y al citado segundo intercambiador, detrando el citado segundo intercambiador la energía del aire terciario, disminuyendo la temperatura del aire terciario de aguas arriba a aguas abajo del citado segundo intercambiador, siendo utilizado el aire terciario como aire de combustión aguas
- 25
- abajo del citado segundo intercambiador, siendo dirigido el aire de descarga del citado segundo intercambiador, ya sea al (a los) citado(s) reactor(es) de precalcificación, según la citada primera alternativa, ya sea al citado quemador del citado horno rotativo, según la citada segunda alternativa, correspondiendo el calor transmitido por el segundo intercambiador al fluido receptor al citado calor detrado del aire terciario, engendrado por el citado enfriador de clinker.
- Según una variante de realización, el citado fluido del circuito de fluido es agua en forma de vapor o líquido, siendo el primer intercambiador un generador de vapor y el citado segundo intercambiador un recalentador de vapor.
- El invento se refiere igualmente a una instalación para la fabricación de clinker de cemento, conveniente para la
- 30
- puesta en práctica del procedimiento, que comprende:
- un horno rotativo,
  - un precalentador de ciclones que recibe los humos del citado horno rotativo,
  - un enfriador de clinker en el cual el clinker es enfriado por soplado de aire, previsto al nivel de la salida del citado
- 35
- horno rotativo, generando aire caliente, siendo utilizada una primera parte del aire caliente así generado por el citado enfriador de clinker, llamado aire secundario, por el horno como aire de combustión.,
  - un conducto que conduce una segunda parte del aire caliente generado por el citado enfriador de clinker, llamado aire terciario, hasta una zona de combustión de la instalación, ya sea a uno o varios reactor(es) de precalcificación, equipado(s) cada uno de uno o varios quemador(es), unido(s) a la parte baja del citado precalentador de ciclones, según una primera alternativa, ya sea al quemador del citado horno rotativo según una segunda alternativa,
- 40
- un conducto que conduce una tercera parte del aire caliente generado por el citado enfriador de clinker, llamado aire excedente, hasta un intercambiador de un generador de producción de electricidad, llamado primer intercambiador y en la cual el conducto que conduce el aire terciario colabora con un segundo intercambiador, aguas
- 45
- arriba de la citada zona de combustión, siendo común un circuito de fluido al citado primer intercambiador y al citado segundo intercambiador, siendo utilizado el aire de descarga del citado segundo intercambiador como aire de combustión ya sea en el (los) citado(s) reactor(es) de precalcificación, según la citada primera alternativa, ya sea en el quemador del citado horno rotativo, según la citada segunda alternativa.
- El invento será mejor comprendido con la lectura de la siguiente descripción, acompañada de los dibujos anexos entre los cuales:
- 50
- la figura 1 es una vista esquemática del procedimiento conforme al invento puesto en práctica en una instalación de fabricación de clinker de cemento, según un modo de realización,

- la figura 2 es una vista esquemática de un procedimiento conforme al invento, según un segundo modo de realización, en una instalación de fabricación de clinker de cemento,

- la figura 3 es una vista esquemática de un procedimiento conforme al invento según un tercer modo de realización, en una instalación de fabricación de clinker de cemento,

5 - la figura 4 es una vista de detalle ilustrando el primer y el segundo intercambiadores así como el circuito de fluido común a estos últimos.

El invento se refiere a un procedimiento de fabricación de clinker de cemento en una instalación que comprende:

- un horno rotativo 1,

- un precalentador 2 que recibe los humos del citado horno rotativo,

10 - un enfriador de clinker 4, en cuyo enfriador el clinker se enfría por soplado de aire, al nivel de la salida del citado horno rotativo 1, generando aire caliente,

- al menos un intercambiador 9 llamado primer intercambiador, y en el cual procedimiento :

- se precalientan las materias en bruto y se las descarbonata en el citado precalentador de ciclones 2,

- se enfría el clinker que sale del horno en el citado enfriador de clinker 4,

15 - se dirige una primera parte 5 del aire caliente generado en el citado enfriador de clinker, llamado aire secundario, hacia el horno rotativo para ser utilizado como aire de combustión,

- se dirige una segunda parte 6 del aire caliente generado en el citado enfriador de clinker, llamado aire terciario, definida por una temperatura igual al menos a 750 ° C, y se la conduce separadamente de la primera parte hasta un lugar en la instalación en el que el combustible es quemado para ser utilizado como aire de combustión,

20 - se dirige y se conduce una tercera parte 7 del aire caliente generado en el citado enfriador de clinker, llamado aire excedente, a al menos un primer intercambiador 9 con el objetivo de recuperar la energía para producir electricidad.

Según las variantes de realización ilustradas sobre todo en la figura 1 y en la figura 2, y tal y como es conocido en el estado de la técnica, el citado aire terciario 6, sobre todo de temperatura superior o al menos igual a 750°C, es conducido por un conducto 60 hasta uno o varios reactores de precalcificación 3 unidos a la parte baja del citado precalentador 2 de ciclones. Estos precalcificadores están equipados cada uno de ellos de uno o varios quemadores.

25 Según el invento, se prevé un segundo intercambiador 10 que colabora con el aire terciario 6 de tal manera que calienta un fluido receptor de un circuito 12 común al citado primer intercambiador 9 y al citado segundo intercambiador 10.

30 El invento se basa en el hecho de aumentar el rendimiento de recuperación de energía añadiendo, a la instalación, además del primer intercambiador 9 colocado en el trayecto del aire excedente 7 y cuya temperatura es del orden de 250 °C a 300 °C, un segundo intercambiador 10 que va a funcionar a alta temperatura, y sobre todo a temperaturas superiores a 750 °C.

35 Este segundo intercambiador 10 detrae la energía del aire terciario 6 que es dirigido ya sea al quemador del precalcificador 3 (figuras 1 ó 2), ya sea al quemador del horno 1 (figura 3) y disminuye así la temperatura del aire en las proporciones necesarias para que no le hagan perder las propiedades de un aire de combustión y en consecuencia su calidad de aire terciario. Así, la pérdida de temperatura, de aguas abajo a aguas arriba del citado segundo intercambiador 10, puede ser del orden de 100 a 150 °C. La temperatura del aire de combustión, a saber del aire terciario 6 aguas abajo del segundo intercambiador 10, puede ser igual al menos a 650 °C.

40 Según un modo de realización, el fluido del circuito de fluido 12 es agua en forma de vapor o líquido, siendo el primer intercambiador 9 un generador de vapor y siendo el segundo intercambiador 10 un recalentador de vapor.

45 Refiriéndonos al ejemplo de la figura 4 sobre todo, el fluido del circuito de fluido 12, sobre todo en forma de vapor a alta presión, permite arrastrar una turbina 20 y su alternador. Por ejemplo, el aire excedente 7 está a una temperatura de alrededor de 250 °C y atraviesa el primer intercambiador 9 que es un generador de vapor. El vapor así generado prosigue su camino en el circuito hasta el segundo intercambiador 10, que es un recalentador de vapor atravesado por el aire terciario 6, por ejemplo a una temperatura de 750 °C aguas arriba del recalentador. Aguas abajo del recalentador, el vapor de agua está a alta presión (por ejemplo a 350 bares) y permite arrastrar una turbina y su alternador. Aguas abajo de la turbina, y aguas arriba del generador de vapor, un condensador 30 permite bajar la presión.

Según un modo de realización, se prevé un tercer intercambiador 11 para la recuperación de la energía y se conduce al menos una parte de los humos 8 que salen del precalentador de ciclones de tal manera que colabora con el citado tercer intercambiador 11.

5 Sobre todo, según un ejemplo de realización, los humos 8 del precalentador de ciclones colaboran con el tercer intercambiador 11 de tal manera que calientan un fluido de un circuito de fluido. Este circuito de fluido puede ser común o no al citado circuito de fluido 12 común entre el citado primer intercambiador 9 y el citado segundo intercambiador 10.

10 Refiriéndonos a la figura 3, según otro modo de realización del procedimiento, se mezcla el aire caliente excedente 7 del enfriador de clinker 4 con los humos 8 del precalentador de ciclones 2, aguas arriba del citado primer intercambiador 9, lo que permite aportar al intercambiador una mayor cantidad de energía térmica.

Eventualmente, sobre todo en el caso de materias primas húmedas, se pueden utilizar al menos parcialmente los humos 8 del precalentador de ciclones 2 para el secado de la materia prima de producción de clinker en una unidad 14, antes de ser mezcladas con el aire excedente 7 del enfriador.

El invento se refiere igualmente a una instalación para la fabricación de clinker de cemento que comprende:

- 15 - un horno rotativo 1,  
 - un precalentador de ciclones 2 que recibe los humos del citado horno rotativo,  
 - un enfriador de clinker 4 en el cual el clinker es enfriado por soplado de aire, previsto al nivel de la salida del citado horno rotativo 1, que genera aire caliente, siendo utilizada una primera parte 5 del aire caliente así generado por el enfriador de clinker 4, llamado aire secundario, por el horno como aire de combustión,  
 20 - un conducto 60; 60<sub>1</sub>; 60<sub>2</sub> que conduce una segunda parte 6 del aire caliente generado por el citado enfriador de clinker, llamado terciario, hasta una zona de combustión de la instalación,  
 - un conducto 70 que conduce una tercera parte 7 del aire caliente generado por el citado enfriador de clinker 4, llamado aire excedente, hasta un intercambiador 9 de un generador de producción de electricidad, llamado primer intercambiador.

25 Sobre todo y tal y como está ilustrado en las figuras 1 y 2, el conducto 70, llamado aire terciario, conduce el aire hasta uno o varios reactores de precalcinación 3 unidos a la parte baja del citado precalentador de ciclones, equipados cada uno de ellos de uno o varios quemadores.

Según otro modo de realización ilustrado en la figura 3, el conducto 60 de aire terciario conduce el aire hasta el quemador del horno rotativo 1.

30 Según la instalación conforme con el invento, el conducto 60<sub>1</sub>, 60<sub>2</sub> que conduce el aire terciario 6 colabora con un segundo intercambiador 10, siendo un circuito de fluido 12 común al citado primer intercambiador 9 y al citado segundo intercambiador 10. Esta instalación permitirá sobre todo la puesta en práctica del procedimiento conforme con el invento.

35 Según un modo de realización de la instalación, el primer intercambiador 9 es un generador de vapor y el segundo intercambiador 10 es un recalentador de vapor, que pueden permitir, tal y como está ilustrado según el ejemplo de la figura 4, generar vapor de agua de alta presión para accionar una turbina 20 y su alternador.

40 Tal y como está ilustrado en el ejemplo de la figura 1, la instalación puede presentar un tercer intercambiador 11. Al menos una parte de los humos 8 que salen del precalentador 2 colabora con el citado tercer intercambiador 11 para la recuperación de la energía. Según una alternativa, un circuito de fluido atraviesa el tercer intercambiador 11. Este circuito de fluido puede ser común o no con el citado circuito de fluido 12 común al citado primer intercambiador 9 y al citado segundo intercambiador 10.

45 Según el ejemplo de la figura 2, un conducto 80 de evacuación de humos del precalentador de ciclones se une al conducto del aire excedente 7, aguas arriba del primer intercambiador 9. Este conducto 80 de evacuación de humos 8 del precalentador de ciclones 2 puede colaborar eventualmente con una unidad 14 de secado de materia prima, aguas arriba de la unión con el citado conducto 70 de aire excedente 7.

Describiremos ahora cuatro ejemplos de instalación. El primer ejemplo de instalación es una instalación del estado de la técnica. Los ejemplos 2, 3 y 4 son diferentes variantes de la instalación de fabricación de clinker según el invento.

#### **Ejemplo 1: (Estado de la técnica)**

50 La instalación considerada, tal y como es conocida en el estado de la técnica, es una unidad de producción de clinker de tamaño medio, o representativa de la capacidad de un gran número de unidades existentes, y que

produce 5.000 toneladas por día de clinker. Una instalación como ésta consume 3.000 kJ por kg de clinker producido, aportados bajo la forma de combustible de los que el 62,8 % es introducido al nivel del precalcinador. Así, la potencia generada por el o los combustibles en el precalcinador es de 108,8 MW.

5 El enfriador de clinker produce, entre otros, 117.000 Nm<sup>3</sup>/h de aire terciario a 890 °C, que alimenta la combustión del reactor de precalcinación, y 210.000 Nm<sup>3</sup>/h de aire excedente a 245 °C. Los humos del precalentador de ciclones tienen un caudal de 286.200 Nm<sup>3</sup>/h y una temperatura de 320 °C.

10 Un intercambiador situado en el trayecto del aire de descarga del enfriador disminuye la temperatura de los gases de 245 °C a 135 °C, e intercambia una potencia de 8,6 MW. Teniendo en cuenta la baja temperatura a la que puede ser llevado el fluido del intercambiador, el rendimiento de conversión en electricidad no sobrepasa el 15 %, con la condición de utilizar un fluido adaptado a esta baja temperatura. Se pueden producir así 1,29 MW de electricidad.

15 Se considera el caso en el que el 50 % de la energía de los humos se necesita para el secado de las materias primas. Un intercambiador situado en el trayecto de los humos del precalentador y que trate el 50 % restante baja la temperatura de los gases de 320 °C a 135 °C, e intercambia una potencia de 11,5 MW. Teniendo en cuenta la temperatura moderada a la que puede ser llevado el fluido del intercambiador, el rendimiento de conversión en electricidad no sobrepasa el 15 % y se pueden producir así 1,73 MW de energía eléctrica como máximo.

La suma de las producciones máximas de electricidad es de 3,02 MW.

### Ejemplo 2:

20 Se considera la instalación, según el invento, del ejemplo 1, en la cual un intercambiador está situado en el trayecto del aire terciario y baja la temperatura de éste hasta 700 °C. La cantidad de combustible introducida en el reactor de precalcinación debe aumentar, y las nuevas condiciones de funcionamiento de la instalación son descritas a continuación.

La potencia generada por el combustible en el precalcinador es de 117,8 MW. El enfriador de clinker produce ahora 127.900 Nm<sup>3</sup>/h de aire terciario a 860 °C, y 199.200 Nm<sup>3</sup>/h de aire de descarga a 235 °C (aire excedente). Los humos del precalentador de ciclones tiene un caudal de 300.000 Nm<sup>3</sup>/h y una temperatura de 335 °C.

25 El intercambiador situado en el trayecto del aire terciario (segundo intercambiador) y que reduce la temperatura de éste de 860 °C a 700 °C, intercambia una potencia de 8,3 MW. El intercambiador (primer intercambiador) situado en el trayecto del aire de descarga (aire excedente) del refrigerador baja la temperatura de los gases de 235 °C a 135 °C, e intercambia una potencia de 7,4 MW. Los dos intercambiadores están unidos de tal manera que el segundo tenga el papel de precalentador del fluido. La temperatura máxima elevada permite alcanzar un rendimiento de conversión de 28 % sobre un total de 15,7 MW, o sea 4,40 MW.

30 En comparación con la conversión de energía sobre el único flujo de aire de descarga del refrigerador, presentada en el ejemplo 1, se ha aumentado la producción en 3,11 MW y el rendimiento marginal de la energía suplementaria aportada en combustible, o sea de 9 MW, alcanza un 34,5 %.

### Ejemplo 3:

35 Se considera la instalación, según el invento, del ejemplo 2, en la cual el 50 % de los humos del precalentador de ciclones son utilizados para el secado de las materias primas.

40 El flujo de humos del precalentador está dividido en dos. Un primer flujo que no sirve para el secado de las materias, o sea 150.000 Nm<sup>3</sup>/h que es conducido a través de un intercambiador (tercer intercambiador) y que baja los gases de 335 °C a 135 °C e intercambia 13,1 MW. El intercambiador está unido a los otros dos (primer intercambiador y segundo intercambiador) y dispone así de un total de 28,8 MW. El rendimiento de conversión alcanza un 28 % y se producen 8,06 MW de energía eléctrica.

En comparación con el ejemplo 1, en donde la energía recuperable es de 3,02 MW, el rendimiento marginal de la energía suplementaria aportada en combustible, o sea 9 MW, alcanza el 56 %. Este valor es equivalente al rendimiento de una central térmica moderna que utiliza combustible sólido.

### Ejemplo 4:

Se considera la instalación, según el invento, del ejemplo 2, en la cual el 50 % de los humos del precalentador de ciclones son utilizados para el secado de las materias primas, dando origen a un caudal de 182.000 Nm<sup>3</sup>/h a 105 °C.

50 Esta vez, la totalidad de los humos del precalentador es mezclada, aguas debajo de la unidad de secado, con el aire de descarga del refrigerador (aire excedente). Se dispone entonces de un caudal de 531.200 Nm<sup>3</sup>/h a 218 °C, Este fluido es conducido a través de un intercambiador (primer intercambiador) que baja la temperatura de los gases de 218 °C a 135 °C e intercambia 17,5 MW.

El intercambiador (primer intercambiador) está unido al intercambiador del aire terciario (segundo intercambiador) y se dispone así de un total de 25,8 MW. El rendimiento de conversión alcanza un 28 % y se producen 7,22 MW de energía eléctrica.

5 En comparación con el ejemplo 1 en donde la energía recuperada es de 3,02 MW, el rendimiento marginal de la energía suplementaria aportada en combustible, o sea 9 MW, alcanza un 46,6 %. Este valor es equivalente al rendimiento de una central térmica moderna que funciona con combustible sólido.

Naturalmente, se habrían podido considerar por el experto otros modos de realización sin tenernos que salir así del marco del invento definido por las reivindicaciones que vienen a continuación.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de fabricación de clinker de cemento en una instalación que comprende:
  - un horno rotativo (1),
  - un precalentador de ciclones (2) que recibe los humos del citado horno rotativo,
- 5 - un enfriador de clinker (4), al nivel de la salida del citado horno rotativo (1),
  - al menos un intercambiador (9), llamado primer intercambiador, y en el cual procedimiento:
    - se precalientan las materias en bruto y se las descarbonata en el citado precalentador de ciclones (2),
    - se enfría el clinker que sale del horno en el citado enfriador de clinker (4), por soplado de aire, generando aire caliente,
- 10 - se dirige una primera parte (5) del aire caliente generado en el citado enfriador de clinker, llamado aire secundario, hacia el horno rotativo (1) para ser utilizado como aire de combustión,
  - se dirige una segunda parte (6) del aire caliente generado en el enfriador de clinker, llamado aire terciario, definida por una temperatura igual al menos de 750 °C, y se la conduce separadamente de la primera parte hasta un lugar de la instalación en donde el combustible es quemado para ser utilizado como aire de combustión, ya sea, según una
- 15 primera alternativa, a uno o varios reactor(es) de precalcincación (3), equipado(s) cada uno de ellos con uno o varios quemador(es), unido(s) a la parte baja del citado precalentador de ciclones (2), ya sea, según una segunda alternativa, al quemador del citado horno rotativo (1),
  - se dirige y se conduce una tercera parte (7) del aire caliente generado en el citado enfriador de clinker, llamado aire excedente, a al menos el citado primer intercambiador (9) con el objetivo de recuperar la energía para producir
- 20 electricidad.
  - se prevé un segundo intercambiador (10) que colabora con el aire terciario (6) de tal manera que calienta un fluido receptor de un circuito de fluido (12) común al citado primer intercambiador (9) y al citado segundo intercambiador (10), detrayendo el citado segundo intercambiador (10) la energía del aire terciario, disminuyendo la temperatura del
- 25 aire terciario de aguas arriba a aguas abajo del citado segundo intercambiador (10), siendo utilizado el aire terciario como aire de combustión aguas abajo del citado segundo intercambiador (10), siendo dirigido el aire de descarga del citado segundo intercambiador (10), ya sea al (los) citado(s) reactor(es) de precalcincación (3), según la citada primera alternativa, ya sea al citado quemador del citado horno rotativo, según la citada segunda alternativa, correspondiendo el calor transmitido por el segundo intercambiador al fluido receptor al calor detruido del aire terciario, generado por el citado enfriador de clinker.
- 30 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en la cual el citado fluido del circuito de fluido (12) es agua en forma de vapor o líquido, siendo el citado primer intercambiador (9) un generador de vapor y siendo el citado segundo intercambiador (10) un recalentador de vapor.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en la cual la instalación comprende el citado uno o varios reactor(es) de precalcincación (3), y en el cual se conduce el aire terciario (6) hasta el (los) citado(s) reactores de precalcincación.
- 35 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el cual se prevé un tercer intercambiador (11) para la recuperación de energía, y en el que se conducen al menos en parte los humos (8) que salen del precalentador de ciclones (2) de tal manera que colaboran con el citado tercer intercambiador (11).
5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el cual los humos (8) del precalentador de ciclones (2) colaboran con el tercer intercambiador (11) de tal manera que calientan un fluido de un circuito de fluido común o no al citado
- 40 circuito de fluido (12) común entre el citado primer intercambiador (9) y el citado segundo intercambiador (10).
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el cual se mezcla el aire caliente excedente (7) del enfriador de clinker (4) con los humos (8) del precalentador de ciclones (2), aguas arriba del citado primer intercambiador (9).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el cual se utilizan al menos parcialmente los humos (8) del precalentador de ciclones (2) para el secado de las materias primas de producción del clinker en una unidad (14),
- 45 antes de ser mezclados con el aire excedente (7) del enfriador.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el cual la temperatura del aire de combustión, a saber el aire terciario (6), aguas abajo del citado segundo intercambiador (10) es igual al menos a 650 °C.
9. Instalación para la fabricación de clinker de cemento adecuada para la puesta en práctica del procedimiento
- 50 según la reivindicación 1, que comprende:

- un horno rotativo (1),
- un precalentador de ciclones (2) que recibe los humos del citado horno rotativo,
- un enfriador del clinker (4) en el cual se enfría el clinker por soplado de aire, previsto al nivel de la salida del citado horno rotativo (1), que genera aire caliente, siendo utilizada una primera parte (5) del aire caliente así generado por el enfriador de clinker (4), llamado aire secundario, por el horno como aire de combustión,
- un conducto (60; 60<sub>1</sub>; 60<sub>2</sub>) que conduce una segunda parte (6) del aire caliente generado por el citado enfriador de clinker (4), llamado aire terciario, hasta una zona de combustión de la instalación, ya sea, según una primera alternativa, a uno o varios reactor(es) de precalcinación (3) equipado(s) cada uno de ellos con uno o varios quemador(es), unido(s) a la parte baja del citado precalentador de ciclones (2), ya sea, según una segunda alternativa, al quemador del citado horno rotativo (1),
- un conducto (70) que conduce una tercera parte (7) del aire caliente generado por el citado enfriador de clinker (4), llamado aire excedente, hasta un intercambiador (9) de un generador de producción de electricidad, llamado primer intercambiador, y en la cual el conducto (60) que conduce el aire terciario (6) colabora con un segundo intercambiador (10), aguas arriba de la citada zona de combustión, siendo común un circuito de fluido (12) al citado primer intercambiador (9) y al citado segundo intercambiador (10), siendo utilizado el aire de descarga del citado segundo intercambiador como aire de combustión, ya sea en el (los) citado(s) reactor(es) de precalcinación (3), según la citada primera alternativa, ya sea en el quemador del citado horno rotativo, según la citada segunda alternativa.
- 10. Instalación según la reivindicación 9, que comprende el citado uno o varios reactor(es) de precalcinación (3) y en la que el conducto de aire terciario (6) dirige el aire hasta el citado o los citados reactor(es) de precalcinación.
- 11. Instalación según la reivindicación 9 ó 10, en la cual el citado primer intercambiador (9) es un generador de vapor y el citado segundo intercambiador (10) es un recalentador de vapor.
- 12. Instalación según una de las reivindicaciones 9 a 11, que presenta un tercer intercambiador (11) y en la cual al menos una parte de los humos (8) que salen del precalentador de ciclones (2) colabora con el citado tercer intercambiador (11) para la recuperación de energía.
- 13. Instalación según la reivindicación 12, en la cual un circuito de fluido atraviesa el citado tercer intercambiador (11), siendo el citado circuito idéntico o no al citado circuito de fluido (12) común al citado primer intercambiador (9) y al citado segundo intercambiador (10).
- 14. Instalación según una de las reivindicaciones 9 a 11, en la cual un conducto (80) de evacuación de los humos (8) del precalentador de ciclones (2) se une al conducto del aire excedente (7) aguas arriba del primer intercambiador (9).
- 15. Instalación según la reivindicación 14, en la cual el conducto (80) de evacuación de los humos (8) del precalentador de ciclones (2) colabora con una unidad (14) de secado de materias primas, aguas arriba de la unión con el citado conducto (70) del aire excedente (7).

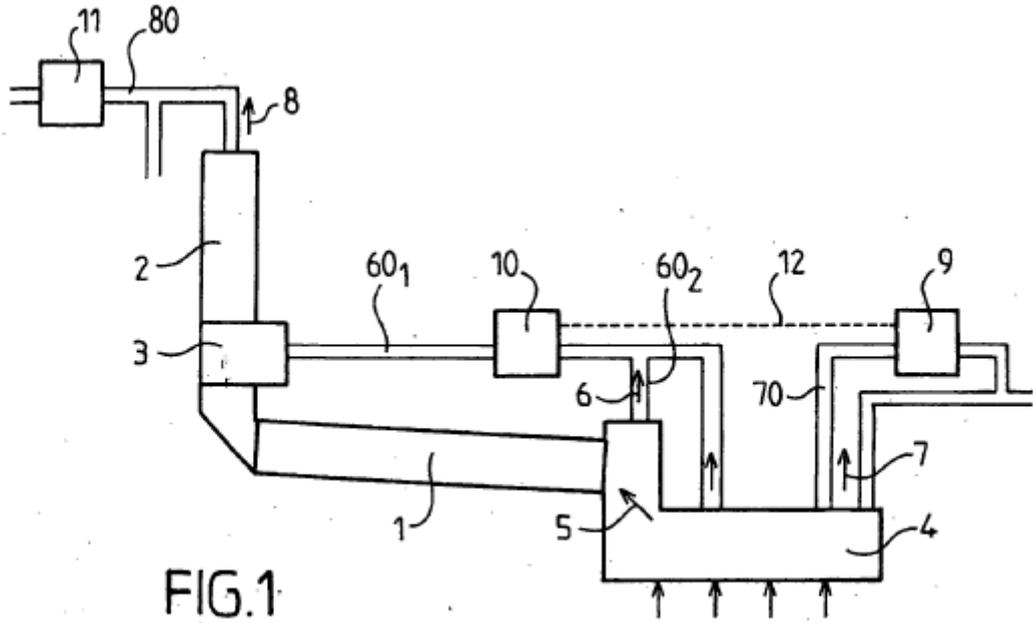


FIG. 1

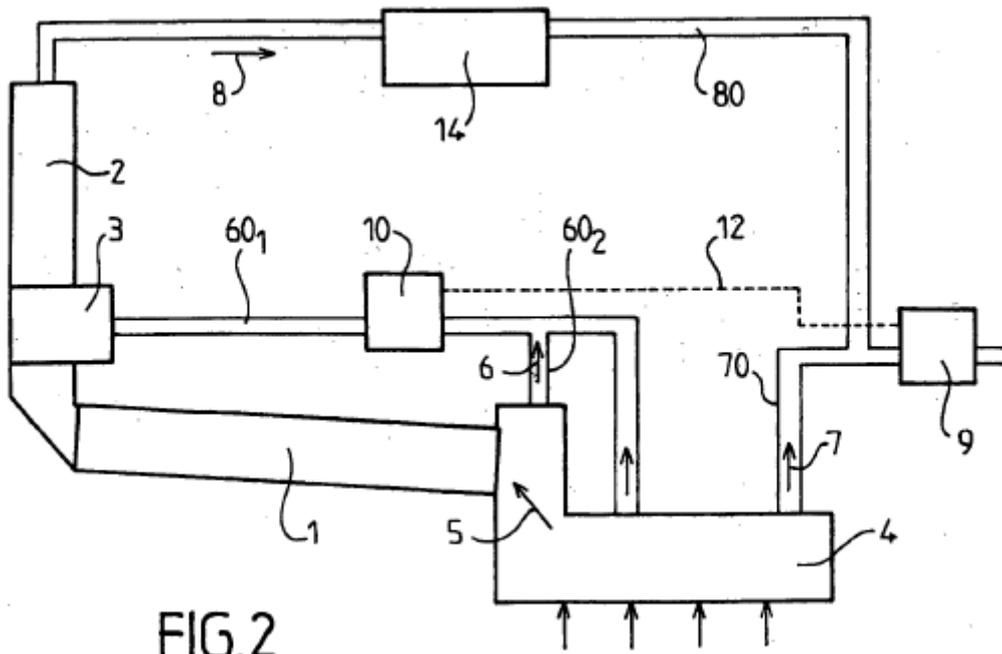


FIG. 2

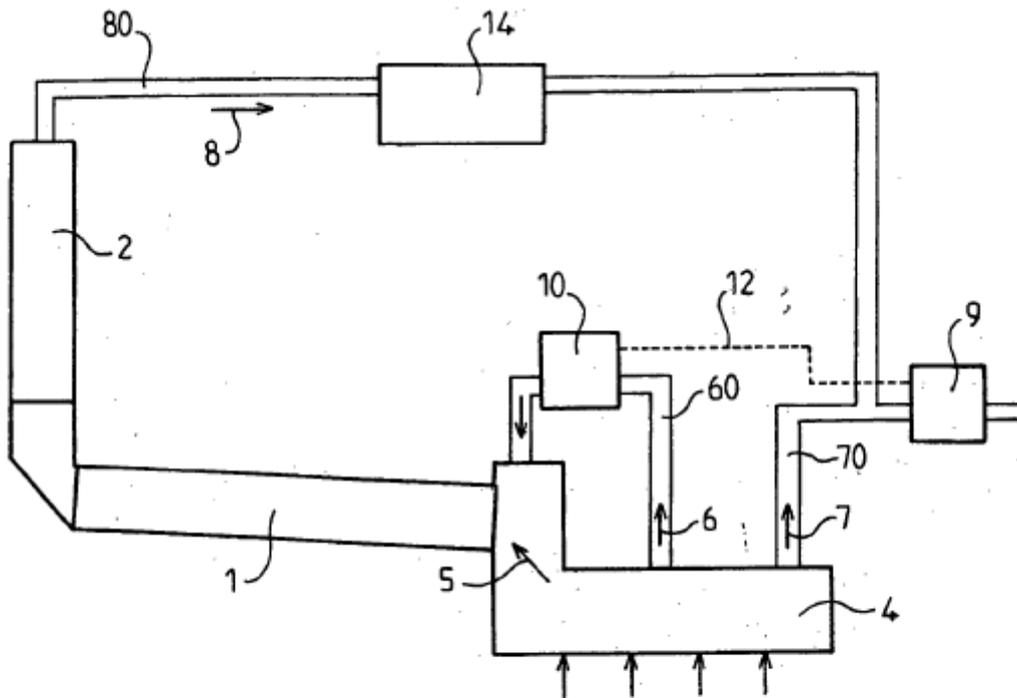


FIG.3

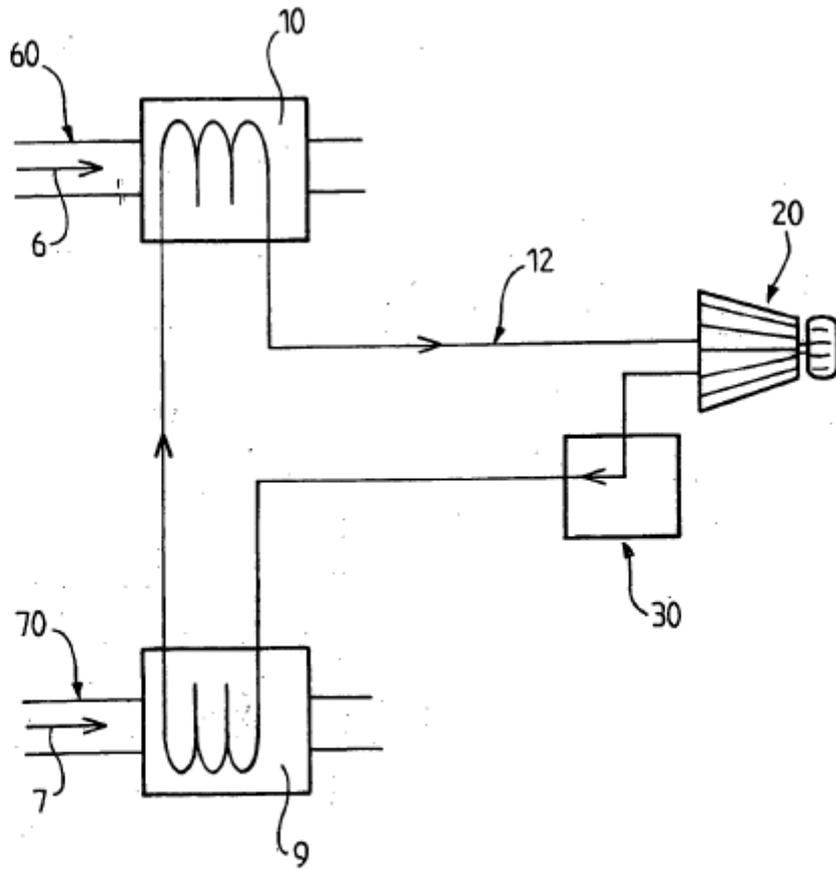


FIG.4