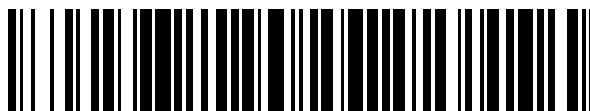


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 135**

51 Int. Cl.:  
**C04B 7/47** (2006.01)  
**F27D 17/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09757867 .8**  
96 Fecha de presentación: **04.06.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2294028**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.03.2011**

54 Título: **Cogeneración de electricidad mejorada en producción de clinker de cemento**

30 Prioridad:  
**05.06.2008 WO PCT/IB2008/001447**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**18.07.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**18.07.2012**

73 Titular/es:  
**Cemex Research Group AG**  
**Römerstrasse 13**  
**2555 Brugg bei Biel, CH**

72 Inventor/es:  
**FUENTES SAMANIEGO, Raul;**  
**MARTINEZ FARIAS, Luis Ramon;**  
**NOYOLA DE GARAGORRI, Antonio Higinio y**  
**TREVINO VILLAREAL, Luis**

74 Agente/Representante:  
**Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 385 135 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**

Cogeneración de electricidad mejorada en producción de clinker de cemento

Campo de la invención

5 La invención se refiere a un método de generación/cogeneración de electricidad mejorada en la producción de clinker de cemento a partir de polvo bruto de cemento.

Antecedentes de la invención

10 Normalmente, en un procedimiento en seco de fabricación de cemento, la unidad de producción de clinker de cemento comprende un precalentador en el que el polvo bruto se precalienta, un precalcinador en el que el polvo bruto precalentado se calcina parcialmente, aproximadamente el 90%, para transformar el  $\text{CaCO}_3$  en  $\text{CaO}$  y  $\text{CO}_2$ , un horno en el que el polvo se calcina completamente y se sinteriza para formar el clinker, y un enfriador de clinker. Al precalcinador y el horno se les suministra combustible y la fase de precalentador se calienta mediante los gases de combustión calientes procedentes del precalcinador y del horno. Además, se suministra aire calentado en el enfriador de clinker de cemento al horno y al precalcinador como aire de combustión. Como mucho, el consumo de calor específico del diseño del procedimiento mencionado anteriormente es de aproximadamente 690 kcal por 15 kilogramo de clinker mientras que el consumo de calor teórico es de aproximadamente 420.

Por tanto, en la producción de clinker de cemento, la eficacia energética se ve limitada por dos factores:

20 i) los gases que entran en el precalentador tienen más calor del necesario para precalentar eficazmente el material bruto, ya que el flujo de gas de combustión aumenta aproximadamente el 50% por el dióxido de carbono liberado y puesto que la reacción más endotérmica: la calcinación, se produce sólo en teoría por encima de 800°C pero más próxima a 900°C en la práctica; y

ii) el clinker producido necesita más aire para enfriarse que el necesario para lograr una combustión eficaz, de modo que hay una pérdida de energía a través del enfriador de clinker de cemento.

25 Además, el procedimiento de fabricación de cemento implica un consumo eléctrico muy alto (aproximadamente 120 kWh por tonelada de cemento o 150 kWh por tonelada de clinker) en relación con la preparación de polvo bruto (trituración, molienda, transporte), debido al uso de ventiladores de aire (transporte, clasificación, enfriamiento del clinker) y trituradoras de cemento muy grandes, por ejemplo.

30 Con el fin de aumentar la eficacia energética de tal instalación, se conoce el uso de tecnología de cogeneración. Habitualmente, los gases de combustión de salida de la fase de precalentador que recibe el polvo bruto y/o el aire caliente en exceso del enfriador de clinker se conducen a generadores de vapor de recuperación de calor, y el vapor producido acciona un dispositivo de generación eléctrico que comprende una turbina de vapor con un generador eléctrico.

35 La patente estadounidense n.º 6.749.681 describe un método para producir electricidad y mezcla bruta calcinada en un reactor de lecho fluidizado circulante e ilustra el uso de la mezcla bruta calcinada para producir clinker. Sin embargo, las tecnologías de reactor de lecho fluidizado circulante son caras y, por tanto, se usan poco para la producción de clinker de cemento.

40 La patente estadounidense n.º 4.052.148 da a conocer una unidad de producción de clinker de cemento en la que se inyecta combustible en un generador de vapor y los gases de combustión descargados del generador de vapor se envían al procedimiento de producción de clinker de cemento. Alternativamente, los gases derivados del procedimiento de producción de clinker de cemento se envían al generador de vapor como aire de combustión. El objetivo de este método es disminuir el consumo de combustible en la producción de clinker de cemento y producir energía eléctrica. Sin embargo, este documento no enseña el suministro de más combustible al precalcinador y/o al horno del necesario para el procedimiento de producción de clinker de cemento.

45 Por tanto, en el caso de diseño de 690 kcal por kg de clinker, aproximadamente 1,7 toneladas de gases por tonelada de clinker (de los cuales aproximadamente 0,6 son el  $\text{CO}_2$  liberado) salen de los precalentadores a una temperatura de aproximadamente 293°C y la energía eléctrica promedio producida por sistemas de cogeneración habituales es de aproximadamente 15 kWh por tonelada de clinker. La energía eléctrica que puede producirse mediante el aire caliente en exceso del enfriador de clinker es aproximadamente la misma, de modo que en conjunto pueden producirse 30 kWh por tonelada de clinker con este consumo de calor específico. Puesto que el consumo promedio del procedimiento de producción de cemento es de 150 kWh/tonelada de clinker, la cogeneración cubre sólo el 20% 50 del consumo.

Además, aunque la industria de la energía se ha desplazado hacia ciclos combinados más eficaces, la electricidad sigue siendo una materia prima cara debido al aumento del precio del gas natural a causa de su característica no renovable. Se han hecho esfuerzos para usar combustibles menos caros o de coste negativo, tales como desechos y combustibles alternativos de baja calidad, mediante gasificación, lechos fluidizados y otras tecnologías, pero estas tecnologías son caras.

Para responder al aumento del precio de la energía, la industria del cemento se hace más eficaz energéticamente desde el punto de vista del combustible y el consumo de combustible por kg de clinker producido disminuye.

Además, la industria del cemento cambia parcialmente los combustibles por combustibles alternativos de baja calidad y desechos sin el uso de las tecnologías mencionadas anteriormente requeridas por la industria de la energía. Resulta que el procedimiento de producción de clinker de cemento funciona como lecho fluidizado natural debido a su entorno altamente alcalino y el largo tiempo de residencia, con las ventajas adicionales de su alta temperatura, y que el desecho sólido se incorpora de manera segura en el cemento. No obstante, el uso de humedad alta y/o combustibles de bajo valor de calentamiento y desecho en la producción de clinker de cemento, combinado con el aire en exceso alto habitualmente necesario para quemar tales combustibles, aumenta el volumen de gases de combustión calientes y disminuye la eficacia, pero todavía con beneficios económicos y medioambientales del cambio de combustible. En estas condiciones, el flujo de gases que salen de los precalentadores aumenta así como su temperatura, elevando la capacidad de cogeneración. Un valor típico de la cogeneración del precalentador y el enfriador de clinker combinados es de 40 kWh/tonelada de clinker, que cubre el 27% del consumo promedio del procedimiento de producción de cemento de 150 kWh/tonelada de clinker. Sin embargo, las necesidades eléctricas del procedimiento de producción de cemento siguen siendo significativas y esta clase de cogeneración no se aprovecha completamente del hecho de que el procedimiento de producción de clinker de cemento es un sustituto natural de un lecho fluidizado caro.

#### Sumario de la invención

Por consiguiente, el objetivo de la invención es remediar las desventajas anteriores proporcionando un método para producir una cantidad superior de energía eléctrica en el procedimiento de producción de clinker de cemento y que tiene una eficacia energética global superior considerando el procedimiento completo.

Esto se logra, según la invención, mediante un método para producir electricidad en una unidad de producción de clinker de cemento que utiliza un horno y/o un precalcinador como cámaras de combustión para generar electricidad, comprendiendo el método:

- a. suministrar combustible (30, 31) al precalcinador (3,4) y/o el horno (5) en una cantidad correspondiente a al menos el 110% del requisito de valor calorífico optimizado para la operación de producción de clinker del precalcinador (3,4) y/o el horno (5) rotatorio, respectivamente, por peso unitario de clinker;
- b. derivar una parte de los gases de combustión calientes de al menos una de las siguientes fuentes: (i) el horno y/o (ii) el precalcinador;
- c. conducir dicha parte derivada de los gases de combustión calientes a un generador de vapor de recuperación de calor que produce vapor (con medios de separación de polvo e incrustaciones, y válvulas y/o ventiladores de tiro inducido);
- d. producir electricidad con una isla de potencia que comprende una turbina de vapor con un generador eléctrico accionado por el vapor (que incluye todo el equipo auxiliar común tal como un condensador, bombas de agua y así sucesivamente).

Por tanto, la eficacia energética global de la producción de clinker-energía eléctrica y la capacidad del procedimiento de producción de clinker de cemento para convertir combustibles alternativos de baja calidad y desechos en energía eléctrica aumenta.

La derivación de una parte de los gases de combustión calientes del horno y/o el precalcinador combinada con la inyección de más combustible del necesario aumenta la cantidad de energía que puede generarse y la cantidad de desechos y combustible alternativo de baja calidad que pueden usarse.

Con este método, se genera energía simultáneamente i) a través de la inyección de más combustible del necesario para el procedimiento de producción de clinker de cemento, y ii) se cogenera a través de la recuperación de pérdida de calor del procedimiento de producción de clinker de cemento.

Por tanto, a través de la recuperación de pérdida de calor, la eficacia del consumo de combustible adicional es superior a la del ciclo de Rankine y, en algunas circunstancias, tiene un rendimiento superior a la eficacia de un ciclo

combinado típico (55%).

Además, si se usan desechos, aparte del beneficio económico de usar combustibles de coste bajo (o incluso negativo), habría beneficios medioambientales de la eliminación de desechos puesto que las plantas de producción de clinker de cemento están disponibles por todo el mundo, lo que no es el caso de los lechos fluidizados o gasificadores comúnmente necesarios para eliminar desechos.

Además, según la invención, las necesidades eléctricas globales de la producción de cemento pueden cubrirse completamente y puede haber energía en exceso para exportar o venderse, aprovechándose de los nuevos mercados eléctricos.

Debe indicarse que el suministro a un horno y/o a un precalcinador de una cantidad adicional de combustible es contrario a la consideración de eficacia energética convencional en la producción de clinker que sugiere reducir el consumo de combustible del procedimiento. Por tanto, este método modifica altamente el modo de optimizar el combustible suministrado.

Ventajosamente, el generador de vapor de recuperación de calor produce vapor supercalentado con una temperatura superior a 400°C y una presión superior a 35 bares absolutos y la turbina de vapor es una turbina de alta presión. Por tanto, este método modifica altamente el concepto de baja temperatura-baja presión (aproximadamente 250-300°C/10 bares) en sistemas de cogeneración habituales.

Por tanto, la eficacia del ciclo de Rankine es alta porque aumenta con la presión y la temperatura. Por tanto, puesto que se usa vapor supercalentado de alta entalpía, se producirá más energía y se requerirá menos agua de enfriamiento puesto que tiene que condensarse menos vapor por unidad de energía producida.

Ventajosamente, se suministra combustible en una cantidad correspondiente a más del 120% del requisito de valor calorífico optimizado por peso unitario de clinker, preferiblemente más del 140% y más preferiblemente más del 200%.

Ventajosamente, los gases de combustión calientes se derivan de tal modo que la cantidad de los gases de salida del precalentador es inferior a 1,5 toneladas de gases por tonelada de clinker, preferiblemente inferior a 1,3 toneladas de gases, más preferiblemente inferior a 1 y muy preferiblemente inferior a 0,8.

En una realización preferida, los gases de combustión calientes se derivan del horno rotatorio y el precalcinador.

Preferiblemente, la razón de gases de combustión calientes derivados del horno rotatorio con respecto a los gases de combustión calientes derivados del precalcinador es inferior a 1, preferiblemente inferior a 0,5 y más preferiblemente inferior a 0,35.

Preferiblemente, los gases de combustión calientes pueden derivarse del/de los precalentador(es) y/o puede inyectarse algo de polvo bruto en otro lugar del punto de inyección convencional para controlar el procedimiento.

El método comprende ventajosamente:

- inyectar aire adicional directamente en el combustor del precalcinador y/o en el horno como aire de combustión y como medio de control de la temperatura refractaria; y/o

- inyectar aire adicional directamente en el/los precalentador(es) para compensar cualquier alteración en el/los precalentador(es); y/o

- reinyectar parcial o totalmente los gases de combustión fríos descargados del procedimiento y/o el generador de vapor de recuperación de calor en el horno y/o el precalcinador y/o el/los precalentador(es), a través del uso de ventilador(es) de tiro inducido.

Por tanto, la generación de energía eléctrica aumenta adicionalmente. Además, la inyección de aire o gases de combustión fríos permite controlar cualquier posible alteración en el procedimiento de producción de clinker debido a la extracción del gas de combustión caliente a través de las derivaciones, y/o conseguir un flujo y/o temperatura máximos de los gases de combustión derivados mencionados anteriormente.

En una realización preferida de la invención, la inyección de gases de combustión fríos recirculados sustituye en lo posible la inyección de aire, para aumentar la eficacia energética global y para aumentar la concentración de dióxido de carbono de los gases de combustión, haciendo su extracción relativamente más fácil para contribuir a prevenir el calentamiento global.

En una realización preferida, la isla de potencia envía de vuelta agua precalentada por calentadores de agua de alimentación para evitar la corrosión y/o incrustación.

5 En una realización preferida, la instalación comprende un economizador de agua adicional en el que se calienta el agua que alimenta al generador de vapor de recuperación de calor mediante los gases de combustión descargados del precalentador.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se ilustrará ahora, simplemente a modo de ejemplo, con referencia a los siguientes dibujos:

10 La figura 1 es un diagrama esquemático de la realización preferida de la invención, que muestra los equipos principales implicados y el flujo de sólidos, aire, combustible, gases de combustión, gases de combustión recirculados, agua y vapor.

La figura 2 es un diagrama esquemático de una segunda realización de la invención;

la figura 3 es un diagrama esquemático de una tercera realización de la invención; y

la figura 4 muestra un gráfico que presenta la relación entre el número de fases del precalentador, la capacidad de secado y el consumo de calor específico de una unidad de producción de clinker de cemento, a modo de ejemplo.

15 Descripción detallada de la invención

Los equipos 1 a 6, y los flujos 10 a 44, representan un procedimiento de producción de clinker de cemento típico a partir de polvo bruto de cemento.

20 En un procedimiento en seco de fabricación de cemento, se introduce sucesivamente polvo 10 bruto en los precalentadores 1 y 2 en los que su temperatura se eleva y su contenido en agua se evapora. Cada uno de los precalentadores 1, 2 puede comprender una o más fases de precalentamiento de ciclón. Los precalentadores 1, 2 se calientan mediante los gases 42 de combustión calientes descargados del precalcinador 3, 4.

El polvo 12 bruto precalentado se introduce en el combustor 3 del precalcinador en el que tiene lugar la mayor parte del proceso de calcinación. El polvo 13 parcialmente precalcinado y los gases 41 de combustión descargados del combustor 3 del precalcinador se separan en un separador 4 de ciclón del precalcinador.

25 El polvo 14 parcialmente precalcinado se introduce entonces en el horno 5 rotatorio en el que se produce clinker. El clinker 15 caliente, a una temperatura de aproximadamente 1500°C, se descarga en el enfriador 6 de clinker de cemento. En el mejor caso, la temperatura del clinker 16 enfriado descargado del enfriador 6 de clinker es de aproximadamente 100°C.

30 Se introduce aire en el proceso como aire 20 de combustión primario en el horno 5 rotatorio, como aire 21 de enfriamiento en el enfriador 6 de clinker de cemento, y pueden entrar como aire 24 de combustión auxiliar en las fases (3,4) del precalcinador. El aire calentado en el enfriador de clinker de cemento va al horno 5 rotatorio como aire 22 de combustión secundario y a la fase (3,4) del precalcinador como aire 23 de combustión terciario. La descarga 25 de aire de enfriamiento representa el aire no usado para la combustión. Debe indicarse que, según la invención, puesto que se suministra más combustible en el combustor 3 del precalcinador y en el horno 5 que en un procedimiento de producción de clinker de cemento convencional, puede ser necesaria una inyección 24 de aire complementaria porque la descarga 25 de aire se reducirá, e incluso puede desaparecer para aumentar el flujo 22, 23 de aire caliente, extraído del enfriador 6 de clinker de aire.

40 Se introducen los combustibles 30 y 31 en el horno 5 rotatorio y en el combustor 3 del precalcinador, respectivamente. Preferiblemente, los combustibles 30 y 31 son combustibles alternativos de bajo coste, de baja calidad o desechos.

Gases 40 de combustión calientes descargados del horno 5 rotatorio se envían al combustor 3 del precalcinador para usar su alto contenido en calor. La temperatura de los gases de combustión calientes descargados del horno es de aproximadamente 1200°C.

45 Los gases 41 de combustión calientes descargados del combustor del precalcinador entran en un separador de ciclón del precalcinador en el que los gases 41 de combustión se separan del polvo 13 parcialmente precalcinado. Los gases 42 de combustión resultantes, a una temperatura de aproximadamente 900°C, se envían entonces sobre los precalentadores, 2 y 1 con el fin de calentar y evaporar el contenido en agua del polvo 10, 11 bruto. Sin

derivarse, los gases 44 de salida enfriados descargados del precalentador 1 contienen todavía cantidades sustanciales de calor, normalmente su temperatura es de aproximadamente 290-450°C.

5 En la presente invención, se introduce combustible en el horno 5 rotatorio y/o en el precalcinador (3,4) en una cantidad correspondiente a al menos el 110% del requisito de valor calorífico optimizado del horno 5 rotatorio y/o el precalcinador 3, respectivamente, por peso unitario de clinker.

Por tanto, según la presente invención, todos los gases de combustión del combustible adicional (exceso de llama de al menos el 10%) introducidos en el horno 5 rotatorio y/o en el precalcinador (3,4) se derivan completamente al generador 7 de vapor de recuperación de calor.

10 El requisito de valor calorífico requerido optimizado se refiere al valor calorífico requerido para la operación de producción de clinker, que se optimiza normalmente para una instalación dada en la que no se deriva gas de combustión.

15 Tal como se conoce ampliamente, el valor calorífico requerido optimizado depende de las características intrínsecas de la unidad de producción de clinker de cemento: diseño del horno, del precalcinador; liberaciones de gases (tales como NOx, SOx o cloro...); las propiedades del polvo bruto (humedad, fineza, etc.), las propiedades de los combustibles 30, 31, y así sucesivamente.

Según la invención, se suministra combustible en una cantidad correspondiente al 110% del requisito de valor calorífico optimizado para la operación de producción de clinker en una instalación dada para utilizar el horno y/o el precalcinador como cámaras de combustión para generar electricidad.

20 La figura 4 muestra un gráfico que presenta la relación entre el número de fases del precalentador, la capacidad de secado y el consumo de calor específico para la operación de producción de clinker en una instalación dada. Por ejemplo, este gráfico muestra que el valor calorífico requerido optimizado de una unidad de producción dada que comprende cuatro fases de precalentamiento es de 750 Kcal por kg de clinker. Para esta instalación dada, el valor calorífico requerido optimizado del horno y el precalcinador para la operación de producción de clinker es de aproximadamente 700 a 800 Kcal por kg de clinker.

25 Ventajosamente, se suministra combustible en una cantidad correspondiente a más del 110%, preferiblemente más del 120%, preferiblemente más del 125%, preferiblemente más del 140%, preferiblemente más del 160% del valor calorífico requerido optimizado por peso unitario de clinker para la operación de producción de clinker, y más preferiblemente más del 200%.

30 En otras palabras, en la unidad de cuatro fases de precalentamiento de la figura 4, que consume 750 kcal por kg de clinker para la operación de producción de clinker, se suministra combustible en una cantidad correspondiente a más de 825 kcal por kg de clinker, preferiblemente más de 900, 937,5, 1050, 1200 kcal por kg de clinker, y más preferiblemente más de 1500 kcal por kg de clinker.

Sin embargo, se observa que la cantidad de combustible adicional puede limitarse por la capacidad de carga térmica máxima del horno y/o el precalcinador y/o por la cantidad de liberación de gas contaminante por ejemplo.

35 Se añade combustible adicional en el horno 5 y/o en el combustor 3 del precalcinador. Preferiblemente, se añade combustible adicional en tanto el horno 5 como el combustor 3 del precalcinador.

40 Según la invención, una parte de los gases 50 y 51 de combustión calientes se derivan del horno 5 rotatorio, y se envían al separador 4 de ciclón del precalcinador y directamente a un generador 7 de vapor de recuperación de calor, respectivamente. Una parte de los gases 52 y 53 de combustión calientes se derivan también del separador 4 de ciclón del precalcinador y de los precalentadores 2, respectivamente, y se envían al generador 7 de vapor de recuperación de calor.

En una realización preferida, se recogen gases de combustión derivados tanto del horno 5 como del separador 4 del precalcinador.

45 Preferiblemente, los gases 51 de combustión extraídos del horno contienen/representan todos los gases descargados del horno 5, y los gases 52 de combustión extraídos del separador 4 del precalcinador contienen la cantidad máxima de gases de combustión calientes compatible con la operación de precalentamiento del procedimiento de producción de clinker, de tal manera que el flujo 44 es el mínimo posible por debajo de 1,5 toneladas de gases por tonelada de clinker. Los flujos 53, 62, 63 pueden ser necesarios para fines de control.

50 Debe indicarse que el uso de vapor supercalentado a 480°C/60 bares absolutos, gases de combustión del precalcinador a 900°C y gases de combustión del horno rotatorio a 1200°C produce aproximadamente 90 y 140

kilovatios por tonelada métrica por hora de gases de combustión, respectivamente.

Además, la razón de gases de combustión calientes derivados del horno rotatorio con respecto los gases de combustión calientes derivados del precalcinador es inferior a 1, preferiblemente inferior a 0,5 y más preferiblemente inferior a 0,35. Preferiblemente, esta razón está comprendida entre 0,15 y 0,35. Por tanto, la temperatura y el flujo de los gases de combustión calientes conducidos al generador 7 de vapor de recuperación de calor se optimizan con el fin de maximizar la producción de electricidad y respetar las restricciones térmicas impuestas por el generador 7 de vapor. De hecho, la temperatura y el flujo de los gases de combustión calientes conducidos al generador 7 de vapor de recuperación de calor deben ser máximos para maximizar el intercambio de calor pero su temperatura debe estar limitada por la carga térmica máxima del generador 7 de vapor.

Además, una parte de los gases 53 de combustión calientes puede derivarse de al menos una de la fase 2 del precalentador previa a la primera que recibe el polvo bruto. Este flujo 53, junto con el flujo 63, contribuye principalmente al control del procedimiento.

En una realización particular, la instalación comprende medios de separación de gases/sólidos adicionales, no mostrados, para disminuir adicionalmente la cantidad de polvo en cualquiera o todos los flujos 51 a 53 extraídos.

El generador 7 de vapor de recuperación de calor recibe agua o bien directamente del vapor 70 de agua procedente de la isla de potencia o bien del vapor 71 de agua procedente del economizador 9 de agua y produce vapor 72 supercalentado que se conduce a una isla de potencia, no mostrada, para producir energía eléctrica. La isla de potencia comprende una turbina de vapor accionada por el vapor y un generador eléctrico. En la presente invención, el contenido en calor de los gases 50 a 53 de combustión calientes se recupera para producir vapor supercalentado con una temperatura superior a 400°C y una presión superior a 35 bares absolutos, y preferiblemente 60 bares absolutos o más. Por tanto, la turbina de vapor es una turbina de alta presión y no una turbina de baja presión y de baja eficacia tal como se usa en el procedimiento de cogeneración conocido en la industria del cemento.

Además, puede recogerse vapor a baja presión de la isla de potencia, para cualquier fin.

Además, puede introducirse parcialmente material bruto de clinker de cemento a través de los flujos 80 a 82, además del 10, para fines de control.

En la realización preferida de la invención ilustrada en la figura 1, la instalación comprende un economizador 9 de agua en el que se calienta agua 71 de alimentación del generador 7 de vapor mediante los gases 44 de combustión descargados del precalentador 1. En una realización preferida, el economizador 9 de agua recibe agua 70 procedente de la isla de potencia.

Preferiblemente, para aumentar adicionalmente la generación de electricidad y/o para compensar cualquier alteración en el procedimiento de producción de clinker de cemento debido a la extracción del gas de combustión caliente a través de la derivación, una parte de los gases 54 y/o 45 de combustión enfriados procedentes del generador 7 de vapor y del economizador 9 de agua, respectivamente, se inyectan, mezclados o no, mediante ventilador(es) 8 de recirculación en el horno 5 (flecha 60), en el combustor 3 del precalcinador (flecha 61) y, si es necesario, en los precalentadores 1 y 2 (flechas 62, 63).

El objetivo de los flujos 60 y 61 es aumentar la generación de energía eléctrica aumentando el volumen de los gases de combustión calientes además de permitir la regulación de la temperatura del horno y el precalcinador, respectivamente. El uso de gases de combustión recirculados, en lugar de aire en exceso, aumenta la eficacia global de la unidad de producción de clinker de cemento y aumenta la concentración de dióxido de carbono en los gases de combustión. Si no se recircula el gas de combustión, el flujo 46 aumenta y la eficacia disminuye.

El aumento en la concentración de dióxido de carbono a través del uso de recirculación de gas hace más fácil su extracción de los gases de combustión. Por tanto, la invención contribuye a evitar el calentamiento global.

El objetivo de los flujos 62 y 63 es compensar cualquier alteración en los precalentadores 1, 2 debido a la extracción de los gases de combustión calientes a través de las derivaciones 52 y 53, respectivamente.

Todas las opciones de control descritas son necesarias para controlar las emisiones de gases de combustión de salida; el depósito, la incrustación y la corrosión de las tuberías de generación de vapor de recuperación de calor; las temperaturas refractarias, entre otras variables, además de ayudar a controlar el procedimiento de producción de clinker para lograr una generación de energía eléctrica máxima. Sin embargo, su uso dependerá de la composición de los combustibles y los materiales brutos, el diseño de la unidad de clinker de cemento y así sucesivamente.

Por supuesto, los flujos de gases se conducen en conductos equipados con dispositivos auxiliares tales como ventiladores y válvulas de control del flujo de gas, no mostrados.

La figura 2 y la figura 3 ilustran realizaciones alternativas de la invención.

5 La figura 2 ilustra una instalación, según la invención, que no comprende un dispositivo 8 de recirculación de gases de combustión enfriados y un economizador 9 de agua. En esta realización, se inyecta aire a través de 62 y 63 para compensar las extracciones 52, 53 de gases de combustión del separador 4 del precalcinador y de los precalentadores 1, 2 y se dirige al generador 7 de vapor de recuperación de calor.

En la realización ilustrada en la figura 3, no se inyecta aire adicional directamente en los precalentadores 1, 2 y el aire inyectado en los precalentadores 1, 2 puede proceder del enfriador 22 y/o 23 de clinker de cemento y/o de cualquier otra fuente 20 y/o 24.

10 Debe indicarse que la conveniencia de instalar tanto el dispositivo 8 de recirculación de gases de combustión enfriados como el economizador 9 de agua adicional para complementar el generador 7 de vapor de recuperación de calor depende de cada caso.

Además, hay muchas variantes, tal como conoce cualquier experto en el procedimiento de producción de clinker de cemento, pero las variantes se han reducido por motivos de simplicidad y no a modo de limitación de esta invención.

15 Por ejemplo, pueden introducirse diversos combustibles de muchos modos diferentes; pueden usarse cámaras de combustión separadas, y así sucesivamente.

La siguiente tabla ilustra la cantidad de energía generada para diferentes ejemplos del método según la invención.



	Combustible suministrado al horno y al precalcina-dor (en % del requisito de valor calorífico optimizado)	Combustible suministrado al horno y al precalcina-dor (en Kcal/kg de clinker)	Gases de combustión derivados del horno y el precalcina-dor (en toneladas de gases por tonelada de clinker)	Energía generada (en kWh/tonelada de clinker)	Gases 50+51 de combustión derivados del horno (en toneladas de gases por tonelada de clinker)	Gases 52 de combustión derivados del precalcina-dor (en toneladas de gases por tonelada de clinker)	Energía 50+51 generada (en kWh/tonelada de clinker) debida a los gases de combustión derivados del horno	Energía 52 generada (en kWh/tonelada de clinker) debida a los gases de combustión derivados del precalcina-dor	Calor 50+51 en los gases de combustión derivados del horno (en % del calor total suministrado)	Calor 52 en los gases de combustión derivados del precalcina-dor (en % del calor total suministrado)
Base	100	945	0	0	0	0	0	0	0	0
1	115	1085	1,22	124	0,2	1,02	30	94	6	22
2	146	1378	2,89	293	0,5	2,39	74	219	12	39

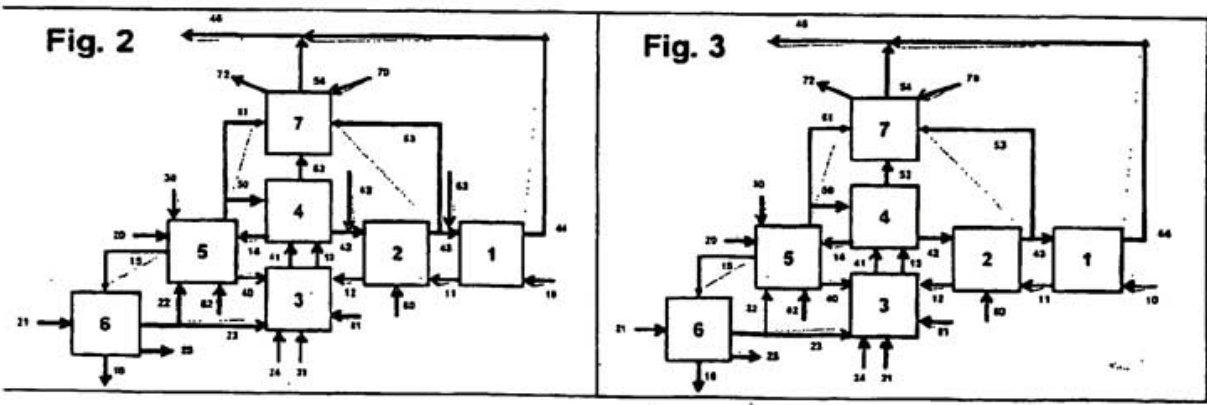
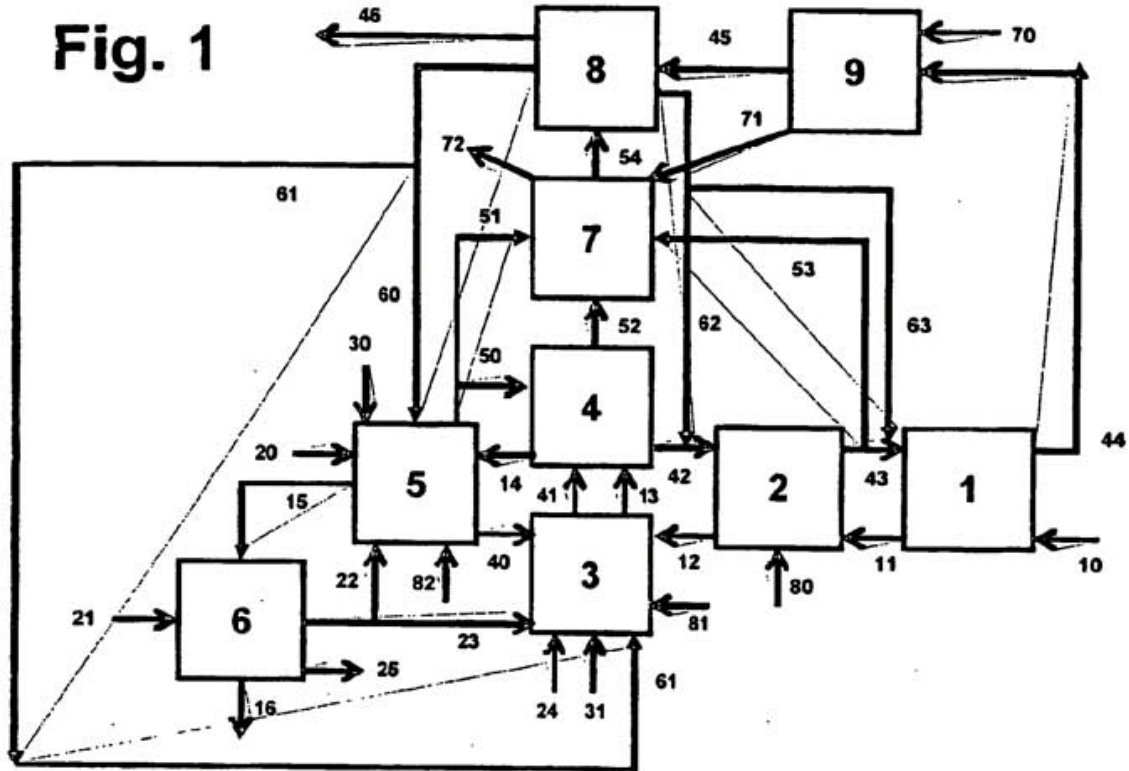
Debe entenderse que, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, la invención puede ponerse en práctica de otra forma distinta de la descrita específicamente en el presente documento.

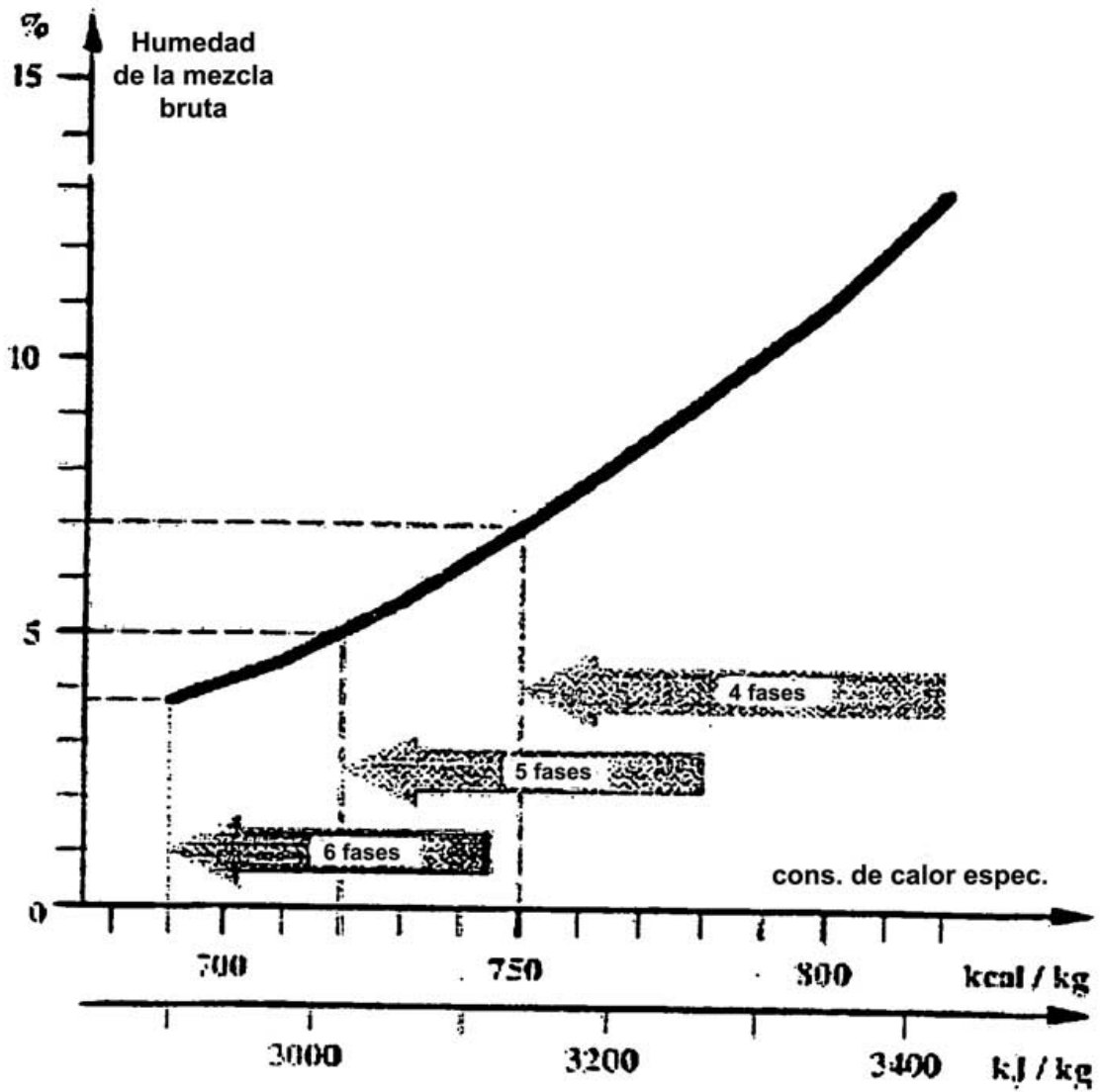
**REIVINDICACIONES**

1. Método para producir electricidad en una unidad de producción de clinker de cemento que utiliza un horno (5) y/o un precalcinador (3, 4) como cámaras de combustión para generar electricidad, comprendiendo el método:
- 5 a) suministrar combustible (30, 31) al precalcinador (3, 4) y/o el horno (5) en una cantidad correspondiente a al menos el 110% del requisito de valor calorífico optimizado para la operación de producción de clinker del precalcinador (3, 4), y/o el horno (5) rotatorio, respectivamente, por peso unitario de clinker;
- b) derivar una parte de los gases (50, 51, 52) de combustión calientes de al menos uno de: (i) el horno (5) y/o (ii) el precalcinador (3, 4);
- 10 c) conducir dicha parte derivada de gases de combustión calientes a un generador (7) de vapor de recuperación de calor que produce calor;
- d) producir electricidad con una isla de potencia que comprende una turbina de vapor equipada con un generador eléctrico.
2. Método según la reivindicación 1, en el que el generador (7) de vapor de recuperación de calor produce vapor con una temperatura superior a 400°C y una presión superior a 35 bares absolutos y la turbina de vapor es una turbina de alta presión.
- 15 3. Método según la reivindicación 1 ó 2, en el que se suministra combustible (31) en una cantidad correspondiente a más del 120% del requisito de valor calorífico optimizado por peso unitario de clinker, preferiblemente más del 140% y más preferiblemente más del 200%.
4. Método según una de las reivindicaciones 1 ó 3, en el que el clinker de cemento comprende una fase (1,2) de precalentador que descarga gases (44) de salida, derivándose los gases (50, 51, 52) de combustión calientes de tal modo que la cantidad de los gases (44) de salida es inferior a 1,5 toneladas de gases por tonelada de clinker, preferiblemente inferior a 1,3 toneladas de gases, más preferiblemente inferior a 1 y muy preferiblemente inferior a 0,8.
- 20 5. Método según una de las reivindicaciones 1 a 4, en la que los gases de combustión calientes se derivan del horno (5) rotatorio y el precalcinador (3, 4).
6. Método según la reivindicación 5, en el que la razón de gases (50, 51) de combustión calientes derivados del horno rotatorio con respecto a los gases (52) de combustión calientes derivados del precalcinador es inferior a 1, preferiblemente inferior a 0,5 y más preferiblemente inferior a 0,35.
- 30 7. Método según la reivindicación 2, en el que la unidad de producción de clinker de cemento comprende al menos un precalentador (2) del cual se derivan adicionalmente gases de combustión calientes para controlar el procedimiento.
8. Método según la reivindicación 5 ó 6, en el que los gases (51, 52, 53) de combustión calientes derivados se mezclan y desempolvan antes de entrar en el generador (7) de vapor de recuperación de calor.
- 35 9. Método según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que se inyecta directamente aire (20, 24) adicional en el precalcinador (3, 4) y/o en el horno (5) como aire de combustión.
10. Método según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que se inyecta directamente aire (62, 63) adicional en el/los precalentador(es) (1, 2) para compensar cualquier alteración en el procedimiento de producción de clinker de cemento.
11. Método según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que:
- 40 e) se inyectan gases de combustión enfriados descargados del generador (7) de vapor de recuperación de calor o procedentes de los precalentadores en el horno (5) y/o el precalcinador (3, 4) y/o el/los precalentador(es) (1, 2).
12. Método según una de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la isla de potencia (70) envía de vuelta agua precalentada mediante calentadores de agua de alimentación para evitar la corrosión y/o incrustación.
- 45 13. Método según una de las reivindicaciones 1 a 12, que usa un economizador (9) de agua adicional, en el que el agua (71) de alimentación del generador (7) de vapor de recuperación de calor se calienta mediante los gases (44)

de combustión descargados del precalentador (1).

14. Método según la reivindicación 13, en el que el economizador (9) de agua adicional recibe agua de la isla de potencia.





**Fig.4**