

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 024 561**

51 Int. Cl.:

C04B 7/43 (2006.01)

C04B 7/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.12.2021 PCT/IB2021/061403**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.06.2022 WO22123435**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2021 E 21819991 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2025 EP 4259591**

54 Título: **Procedimiento de producción de clínker a partir de harina cruda de cemento**

30 Prioridad:

09.12.2020 EP 20020600

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

04.06.2025

73 Titular/es:

HOLCIM TECHNOLOGY LTD (100.00%)

Grafenauweg 10

6300 Zug, CH

72 Inventor/es:

BUCHER, ERNST;

BRUSCO, GUILLERMO;

BLUM, RUDY;

STOFFEL, BEAT y

WEIHRAUCH, MICHAEL

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 3 024 561 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 producción de clínker a partir de harina cruda de cemento

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de producción de clínker a partir de harina cruda de cemento y a un dispositivo para llevar a cabo dicho procedimiento.

10 En los procesos conocidos para la producción de clínker de cemento, se suministra la materia prima a un horno rotativo después de haber sido precalentada y parcialmente descarbonatada en un sistema precalentador multietapa usando el calor de los gases de combustión que salen del horno rotativo. La materia prima precalentada se introduce en el horno rotativo a través de la entrada del horno y se desplaza a la salida del horno mientras se calcina a temperaturas de hasta 1400 °C.

15 El dióxido de carbono (CO₂) es el gas de efecto invernadero de larga duración más significativo en la atmósfera terrestre. El uso de combustibles fósiles y la deforestación han aumentado rápidamente su concentración en la atmósfera, provocando el calentamiento global. El dióxido de carbono también provoca la acidificación de los océanos, ya que se disuelve en el agua para formar ácido carbónico.

20 La industria del cemento es un importante emisor de CO₂. Dentro del proceso de producción de cemento, se generan cantidades significativas de CO₂ durante la descarbonatación de la harina cruda (que contiene CaCO₃) en cal (CaO). Durante la producción de clínker de cemento Portland se emiten alrededor de 0.9 toneladas de CO₂ por tonelada de clínker de cemento Portland por la calcinación de las materias primas y por la combustión de combustible en el horno rotativo.

25 El uso de combustibles alternativos, en particular combustibles renovables, en el quemador del horno rotativo puede reducir las cantidades de gases de efecto invernadero. Sin embargo, todavía se producen cantidades sustanciales de CO₂ debido a la descarbonatación de la harina cruda y se emiten hacia la atmósfera.

30 Tokheim Lars-Andre et al., ("Combined calcination and CO₂ capture in cement clinker production by use of electrical energy") divulga un procedimiento para producir clínker a partir de harina cruda de cemento, que comprende las etapas de: precalentar harina cruda de cemento en una cadena de precalentador, comprendiendo dicha cadena de precalentador una pluralidad de etapas de precalentadores, precalcinar harina cruda precalentada en un precalcinator para obtener un producto precalcinarado, introducir el producto calcinado en un horno rotativo para calcinar el producto precalcinarado para obtener clínker de cemento, en el que un flujo de por lo menos harina cruda parcialmente precalentada del precalentador se introduce en un dispositivo de calcinación y por lo menos parcialmente descarbonatado en el dispositivo de calcinación con el fin de obtener un producto por lo menos parcialmente descarbonatado y CO₂, en el que el dispositivo de calcinación se calienta mediante energía eléctrica, y en la que el producto por lo menos parcialmente descarbonatado se suministra al horno rotativo y el CO₂ es extraído del dispositivo de calcinación.

40 Se ha propuesto el uso de procedimientos de captura y secuestro de carbono con el fin de reducir o prevenir la emisión de CO₂ de los procesos industriales hacia la atmósfera. Dichos procedimientos comprenden la captura de CO₂ de los gases de combustión para su almacenamiento o para su uso en otras aplicaciones industriales. Sin embargo, dichos procedimientos requieren la separación de CO₂ de los gases de combustión, en los que las respectivas plantas de separación implican altos gastos de capital y operativos.

45 Por lo tanto, la presente invención tiene como objetivo reducir aún más la huella de CO₂ de una planta de cemento sin aumentar significativamente los gastos de capital y operativos.

50 Para dar solución a estos objetivos, la invención proporciona un procedimiento de producción de clínker a partir de harina cruda de cemento, que comprende las etapas de:

- precalentar harina cruda de cemento en una cadena de precalentadores, comprendiendo dicha cadena de precalentadores una pluralidad de etapas de precalentadores,
- precalcinar harina cruda precalentada en un precalcinator para obtener un producto precalcinarado,
- introducir el producto precalcinarado en un horno rotativo para calcinar el producto precalcinarado para obtener clínker de cemento,

60 en el que un flujo parcial de harina cruda por lo menos parcialmente precalentada se desvía de la cadena de precalentadores, se introduce en un dispositivo de calcinación y se descarbonata por lo menos parcialmente en el dispositivo de calcinación con el fin de obtener un producto por lo menos parcialmente descarbonatado y CO₂, en el que el dispositivo de calcinación es calentado por energía eléctrica, y en el que el producto por lo menos parcialmente descarbonatado se suministra al horno rotativo y el CO₂ se extrae del dispositivo de calcinación.

La invención se basa en la idea de utilizar energía eléctrica para descarbonatar la harina cruda en lugar de quemar combustibles fósiles. El proceso de la presente invención permite un uso eficiente de la energía eléctrica para la producción de cemento, y reduce el uso de combustibles fósiles y de otros combustibles alternativos que tradicionalmente se utilizan en el proceso del cemento. Esto permite reducir la huella de CO₂ de la producción de clínker, ya que la electricidad tiene una huella de CO₂ menor que los combustibles fósiles o alternativos.

Dado que el calor que se requiere para descarbonatar la harina cruda se genera mediante el uso de energía eléctrica en el dispositivo de calcinación, se puede eliminar la combustión de combustible, tal como combustible fósil, en el dispositivo de calcinación.

Además, la descarbonatación de la harina cruda en el dispositivo de calcinación accionado eléctricamente se puede llevar a cabo en ausencia de gas procedente del proceso de producción de clínker, es decir, el horno rotativo. De esta manera, se puede evitar una contaminación de la harina cruda por sustancias nocivas, que pueden estar contenidas en los gases extraídos del horno rotativo.

El procedimiento según la invención proporciona además una excelente integración del calor, ya que la harina cruda es introducida en el dispositivo de calcinación con el calor que recibió de la etapa de precalentamiento y el calor de la harina cruda que sale del dispositivo de calcinación es transferido completamente al horno rotativo para el proceso de calcinación.

Otra ventaja de la invención es que el gas de escape del dispositivo de calcinación, en el que no se quema combustible, es CO₂ sustancialmente puro, de modo que el proceso funciona sin el requisito de separar el CO₂ de los gases de combustión. Más bien, el gas de escape (CO₂) extraído del dispositivo de calcinación puede ser usado directamente en una unidad de procesamiento o secuestro de CO₂.

Según la invención, no todo el flujo de harina cruda de la cadena de precalentadores se calcina en el dispositivo eléctrico de calcinación, sino que solo se desvía un flujo parcial de material sólido de la cadena de precalentadores y se introduce en el dispositivo de calcinación. El uso de un flujo parcial permite que la harina cruda se separe en la mayor medida posible de los gases de combustión antes del siguiente proceso de calcinación y, por lo tanto, se puede extraer CO₂ muy puro del dispositivo de calcinación.

Debido al hecho de que, según la invención, solo se desvía un flujo parcial de la harina cruda por lo menos parcialmente precalentada de la cadena de precalentadores y se suministra al dispositivo de calcinación, la fracción de material suministrada al dispositivo de calcinación puede variar dependiendo de la cantidad de CO₂, que se necesita para etapas adicionales del proceso.

La variación de la fracción de material suministrada al dispositivo de calcinación también se puede realizar en función de la cantidad de energía eléctrica disponible para la descarbonatación eléctrica. De esta manera se consigue un proceso flexible, en el que la fracción de harina cruda a descarbonatar mediante energía eléctrica se puede adaptar a los requerimientos y circunstancias prácticas.

El flujo parcial desviado de la cadena de precalentadores puede ser preferentemente del 20 al 80% en peso, preferentemente del 30 al 50% en peso del flujo total de harina cruda.

Según una forma de realización preferida de la invención, la harina cruda por lo menos parcialmente precalentada es extraída de la cadena de precalentadores a una temperatura de 650-750 °C, preferentemente de 680-720 °C. A esta temperatura, sustancialmente ya no hay elementos volátiles presentes en la harina cruda, que de lo contrario se liberarían en el dispositivo de calcinación y contaminarían el CO₂ que se extrae del dispositivo de calcinación. Tales temperaturas ocurren usualmente en una de las etapas inferiores del precalentador de la cadena de precalentadores. Los precalentadores se realizan preferentemente como precalentadores ciclónicos de tipo suspensión.

Según una forma de realización preferida, la cadena de precalentadores comprende por lo menos una etapa de precalentador más baja y una segunda más baja, comprendiendo cada etapa de precalentador un conducto ascendente y un ciclón. En el conducto ascendente, el gas caliente asciende y arrastra harina cruda que se inyecta en el lado del conducto. Una vez que la mezcla de gas caliente y harina cruda ingresa al ciclón, la mezcla se separa: la harina calentada sale de la etapa de precalentador a través de la salida de sólidos y pasa a la siguiente etapa inferior, y el gas enfriado pasa a la siguiente etapa superior, entrando en el conducto ascendente de la siguiente etapa superior. Preferentemente, la harina cruda por lo menos parcialmente precalentada que se introducirá en el dispositivo de calcinación se extrae de la cadena de precalentadores en la salida de sólidos de la segunda etapa de precalentador más baja y el producto por lo menos parcialmente descarbonatado extraído del dispositivo de calcinación se devuelve aguas abajo de la salida de sólidos de la etapa de precalentador más baja. En particular, el producto por lo menos parcialmente descarbonatado extraído del dispositivo de calcinación se introduce en un conducto que conecta la salida de sólidos de la etapa de precalentador más baja con la entrada del horno rotativo o directamente en la entrada del horno rotativo.

Preferentemente, la harina cruda por lo menos parcialmente precalentada es extraída de la cadena de precalentadores a través de un dispositivo de separación, tal como un dispositivo de separación ciclónico, para minimizar la cantidad de gas arrastrado al dispositivo de calcinación.

5 Preferentemente, la entrada y la salida del dispositivo de calcinación están conectadas cada una a la cadena de precalentadores a través de una compuerta de presión o una esclusa de aire, tal como una aleta doble. De esta manera, el dispositivo de calcinación está aislado en gran medida de la presión del precalentador, de modo que se evita que los gases de combustión de la cadena de precalentadores y cualquier otro aire falso entren en el dispositivo de calcinación.

10 Preferentemente, el dispositivo de calcinación se mantiene en sobrepresión con respecto al sitio de extracción de la etapa de precalentador, del cual se extrae la harina cruda por lo menos parcialmente precalentada, y con respecto al sitio de retorno de la etapa de precalentador, al cual se devuelve el producto por lo menos parcialmente descarbonatado. Preferentemente, la sobrepresión en el dispositivo de calcinación es controlada controlando la cantidad de CO₂ que se extrae del dispositivo de calcinación. Este concepto aumenta la seguridad y minimiza la entrada de aire falso del ambiente. El aire falso podría diluir el CO₂ generado en el dispositivo de calcinación.

15 Preferentemente, la harina cruda por lo menos parcialmente precalentada es calentada a una temperatura de 750-950 °C, preferentemente de 800-950°, lo más preferentemente de 850-900 °C, en el dispositivo de calcinación. De esta manera, la temperatura dentro del dispositivo de calcinación se selecciona a fin de descarbonatar específicamente el componente de piedra caliza dentro de la harina cruda. Esto permite la producción de un gas de escape rico en CO₂ que luego puede ser capturado y utilizado como materia prima para la producción de combustible sintético o componentes plásticos, o secuestrado.

20 Varios tipos de dispositivos de calcinación pueden ser aptos para descarbonatar por lo menos parcialmente harina cruda precalentada mediante el uso de energía eléctrica. En formas de realización preferidas del dispositivo de calcinación, la harina cruda es transportada desde la entrada de harina cruda hasta la salida de harina cruda del dispositivo mientras se calienta. En particular, pueden estar previstos unos medios de transporte para transportar harina cruda desde la entrada de harina cruda hasta la salida de harina cruda del dispositivo mientras se calienta, con el fin de lograr una transferencia de energía eficiente a la harina cruda.

25 Los medios eléctricos de calentamiento pueden estar configurados para proporcionar calentamiento indirecto de la harina cruda. Por ejemplo, un medio de transferencia de calor sólido se calienta por medio de energía eléctrica, que se pone en contacto con la harina cruda con el fin de transferir energía térmica a la harina cruda por conducción térmica.

30 Según una forma de realización preferida, la harina cruda por lo menos parcialmente precalentada se transporta a través del dispositivo de calcinación por medio de un transportador de tornillo mientras se descarbonata por lo menos parcialmente. Un transportador de tornillo se caracteriza por un contacto directo entre la harina cruda y los medios de transporte, es decir, el tornillo transportador del transportador de tornillo, en el que se proporciona una gran superficie para transferir calor a la harina cruda.

Preferentemente, el dispositivo de calcinación está configurado como transportador de tornillo.

35 45 Preferentemente, un tornillo transportador del transportador de tornillo está configurado como un elemento de calentamiento que se calienta mediante energía eléctrica, por ejemplo, mediante calentamiento por resistencia.

50 El CO₂ producido en el dispositivo de calcinación tiene una temperatura de aproximadamente 850 a 900 °C, por lo que su energía térmica puede ser reciclada antes de seguir procesando el CO₂. A este respecto, una realización preferente prevé que el CO₂ extraído del dispositivo de calcinación sea suministrado a través de un intercambiador de calor, en el que un medio fluido o gaseoso se calienta por intercambio térmico con el CO₂.

55 En particular, el calor obtenido por intercambio térmico con el CO₂ puede ser utilizado en un ciclo termodinámico para evaporar un fluido de trabajo de dicho ciclo termodinámico, tal como se divulga en el documento de patente WO 2015/059547. El ciclo termodinámico puede estar diseñado preferentemente como un proceso de turbina de gas o como un Ciclo Rankine Orgánico.

60 Preferentemente, se puede usar una turbina de gas del proceso de turbina de gas o del Ciclo Rankine Orgánico para generar energía eléctrica por medio de un generador eléctrico y la energía eléctrica se puede suministrar opcionalmente al dispositivo de calcinación para calentar eléctricamente el mismo.

65 La extracción de CO₂ del dispositivo de calcinación se puede procesar de varias maneras. Puede ser utilizado como materia prima para la producción de combustibles sintéticos o componentes plásticos, o puede ser secuestrado. Se puede almacenar de diferentes maneras como, por ejemplo, en formas minerales estables de carbonato. El proceso respectivo se conoce como "secuestro de carbono por carbonatación mineral". El proceso consiste en hacer reaccionar dióxido de carbono con un material sólido carbonatable, comprendiendo dicho

material óxidos metálicos, en particular óxido de magnesio (MgO) u óxido de calcio (CaO), para formar carbonatos estables.

De manera alternativa, también es posible convertir el CO₂ en un combustible sintético mediante la adición de H₂.

El combustible sintético se puede utilizar de muchas maneras, por ejemplo, como combustible alternativo para el quemador de horno de un horno de cemento. De esta manera, se consigue una disminución adicional de la huella de CO₂ del proceso de producción de clínker. De manera alternativa, el combustible sintético puede ser usado como combustible para otras industrias, por ejemplo, como combustible de aviación renovable.

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento inventivo, que comprende:

- una cadena de precalentadores para precalentar harina cruda de cemento, comprendiendo dicha cadena de precalentadores una pluralidad de etapas de precalentadores,
- un precalcinador para precalcinarse harina cruda precalentada para obtener un producto precalcinado,
- un horno rotativo para calcinar el producto precalcinado para obtener clínker de cemento,
- un dispositivo de calcinación que tiene unos medios eléctricos de calentamiento, comprendiendo dicho dispositivo de calcinación una entrada que está conectada a la cadena de precalentadores para desviar un flujo parcial de harina cruda por lo menos parcialmente precalentada de la cadena de precalentadores e introducirla en el dispositivo de calcinación para obtener un producto por lo menos parcialmente descarbonatado y CO₂, comprendiendo dicho dispositivo de calcinación una salida que está conectada al horno rotativo para introducir el producto por lo menos parcialmente descarbonatado en el horno rotativo, y comprendiendo dicho dispositivo de calcinación una abertura de descarga de CO₂ para extraer el CO₂ del dispositivo de calcinación.

Preferentemente, el dispositivo de calcinación comprende por lo menos un elemento de calentamiento por contacto que está dispuesto para estar en contacto de intercambio térmico con la harina cruda por lo menos parcialmente precalentada mientras la misma se transporta desde la entrada hasta la salida, en el que dicho por lo menos un elemento de calentamiento por contacto está configurado para ser calentado por los medios eléctricos de calentamiento.

Preferentemente, el dispositivo de calcinación comprende un transportador de tornillo para transportar la harina cruda por lo menos parcialmente precalentada desde la entrada hasta la salida. Se entiende por transportador de tornillo un mecanismo que utiliza una paleta de tornillo helicoidal giratoria, el tornillo transportador, dispuesto dentro de un tubo, para mover la harina cruda a lo largo del eje de rotación del tornillo desde una entrada hasta una salida del transportador.

Preferentemente, un tornillo transportador del transportador de tornillo está configurado como por lo menos un elemento de calentamiento por contacto.

En particular, se puede usar un transportador de tornillo calentado eléctricamente como se describe en el documento de patente WO 2019/228696.

Preferentemente, los medios eléctricos de calentamiento están configurados como calentamiento por resistencia. En particular, el tornillo transportador del transportador de tornillo se calienta mediante calentamiento por resistencia eléctrica.

Preferentemente, la abertura de descarga de CO₂ está conectada a un intercambiador de calor, en el que un medio fluido o gaseoso se calienta por intercambio térmico con el CO₂.

Preferentemente, está previsto un ciclo termodinámico que comprende un evaporador y que está dispuesto de manera que el calor obtenido por intercambio térmico con el CO₂ se utiliza en el ciclo termodinámico para evaporar un fluido de trabajo de dicho ciclo termodinámico en dicho evaporador.

Preferentemente, el ciclo termodinámico se diseña como un proceso de turbina de gas o como un Ciclo Rankine Orgánico.

Preferentemente, una turbina de gas del proceso de turbina de gas o del Ciclo Rankine Orgánico está conectada a un generador eléctrico y la energía eléctrica generada por dicho generador eléctrico se suministra opcionalmente al dispositivo de calcinación para calentar eléctricamente la misma.

La invención será descrita ahora con mayor detalle con referencia al dibujo adjunto.

ES 3 024 561 T3

5 La Figura 1 ilustra esquemáticamente un proceso de producción de cemento, en el que se ha incorporado el procedimiento inventivo. En la planta de producción de clínker de cemento, la harina cruda molida se carga en una cadena de precalentadores 1, en la que se precalienta en contracorriente con los gases de escape calientes que provienen de un horno rotativo de clínker 2. La cadena de precalentadores 1 comprende una pluralidad etapas de precalentadores ciclónicos interconectados de tipo suspensión 3, 4, 5 y 6. Además, se proporciona un precalcinador 7 que se calienta quemando un combustible.

10 A continuación, la harina cruda precalentada y precalcinada se introduce en el horno rotativo 2, en el que se calcina para obtener clínker de cemento. El clínker sale del horno rotativo 2 y se enfría en un enfriador de clínker (no mostrado).

15 La harina cruda por lo menos parcialmente precalentada se toma de la cadena de precalentadores 1 directamente aguas abajo del segundo precalentador más bajo 5 a una temperatura de aproximadamente 700 °C y se introduce en un divisor 8, en el que la harina cruda se divide en un primer flujo parcial y un segundo flujo parcial. El primer flujo parcial se introduce en el precalcinador 7 y el segundo flujo parcial se introduce en el dispositivo de calcinación calentado eléctricamente 9, en el que la harina cruda se calienta a aproximadamente 900 °C y se descarbonata por lo menos parcialmente mientras se produce CO₂. El producto por lo menos parcialmente descarbonatado que sale del dispositivo de calcinación 9 se introduce en el horno 2 a través de las líneas 10 y 11. El CO₂ se extrae del dispositivo de calcinación 9 y se introduce en un dispositivo de recuperación de calor 12 a través de la línea 13.

25 En el dispositivo de recuperación de calor 12, el CO₂ se enfría, en el que el calor extraído del CO₂ se usa para producir energía eléctrica, por ejemplo, por medio de un ciclo termodinámico. La energía eléctrica se proporciona a los medios de calentamiento del dispositivo eléctrico de calcinación 9 a través de las líneas eléctricas 14 y 15. La energía eléctrica también se puede utilizar en otros dispositivos.

Además, el CO₂ enfriado que sale del dispositivo de recuperación de calor 12 puede ser introducido en un almacenamiento 16 para su posterior procesamiento.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de producción de clínker a partir de harina cruda de cemento, que comprende las etapas de:

- 5 - precalentar harina cruda de cemento en una cadena de precalentadores, comprendiendo dicha cadena de precalentadores una pluralidad de etapas de precalentadores,
- precalcinar harina cruda precalentada en un precalcinator para obtener un producto precalcinado,
- 10 - introducir el producto precalcinado en un horno rotativo para calcinar el producto precalcinado para obtener clínker de cemento,

en el que un flujo parcial de harina cruda por lo menos parcialmente precalentada se desvía de la cadena de precalentadores, se introduce en un dispositivo de calcinación y se descarbonata por lo menos parcialmente en el dispositivo de calcinación con el fin de obtener un producto por lo menos parcialmente descarbonatado y CO₂, en el que el dispositivo de calcinación es calentado por energía eléctrica, y en el que el producto por lo menos parcialmente descarbonatado se suministra al horno rotativo y el CO₂ se extrae del dispositivo de calcinación.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la harina cruda por lo menos parcialmente precalentada es extraída de la cadena de precalentadores a una temperatura de 650 a 750 °C, preferentemente de 680 a 720 °C.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que la harina cruda por lo menos parcialmente precalentada es calentada a una temperatura de 750 a 950 °C, preferentemente de 800-950 °C, más preferentemente de 850 a 900 °C, en el dispositivo de calcinación.

4. Procedimiento según la reivindicación 1, 2 o 3, en el que la descarbonatación de la harina cruda por lo menos parcialmente precalentada comprende convertir piedra caliza en CaO y CO₂.

5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la harina cruda por lo menos parcialmente precalentada es transportada a través del dispositivo de calcinación por medio de un transportador de tornillo mientras se descarbonata por lo menos parcialmente.

6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el dispositivo de calcinación está configurado como un transportador de tornillo.

7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que un tornillo transportador del transportador de tornillo está configurado como un elemento de calentamiento que se calienta mediante energía eléctrica, tal como, mediante calentamiento por resistencia.

8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el CO₂ extraído del dispositivo de calcinación se suministra a través de un intercambiador de calor, en el que un medio fluido o gaseoso se calienta por intercambio térmico con el CO₂.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que el calor obtenido por intercambio térmico con el CO₂ se utiliza en un ciclo termodinámico para evaporar un fluido de trabajo de dicho ciclo termodinámico.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que el ciclo termodinámico está diseñado como un proceso de turbina de gas o como un Ciclo Rankine Orgánico.

11. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que una turbina de gas del proceso de turbina de gas o del Ciclo Rankine Orgánico es utilizada para generar energía eléctrica por medio de un generador eléctrico y en el que la energía eléctrica se suministra opcionalmente al dispositivo de calcinación para calentar eléctricamente el mismo.

12. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el CO₂ extraído del dispositivo de calcinación se suministra a un reactor, en el que el CO₂ y otros reactivos son transformados en un combustible sintético.

13. Dispositivo para llevar a cabo un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende:

- una cadena de precalentadores para precalentar harina cruda de cemento, comprendiendo dicha cadena de precalentadores una pluralidad de etapas de precalentadores,
- un precalcinator para precalcinar harina cruda precalentada para obtener un producto precalcinado,

- un horno rotativo para calcinar el producto precalcinado para obtener clínker de cemento,
- un dispositivo de calcinación que tiene unos medios eléctricos de calentamiento, comprendiendo dicho dispositivo de calcinación una entrada que está conectada a la cadena de precalentadores para desviar un flujo parcial de harina cruda por lo menos parcialmente precalentada de la cadena de precalentadores e introducirla en el dispositivo de calcinación con el fin de obtener un producto por lo menos parcialmente descarbonatado y CO₂, comprendiendo dicho dispositivo de calcinación una salida que está conectada al horno rotativo para suministrar el producto por lo menos parcialmente descarbonatado al horno rotativo, y comprendiendo dicho dispositivo de calcinación una abertura de descarga de CO₂ para extraer el CO₂ del dispositivo de calcinación.

14. Dispositivo según la reivindicación 13, en el que el dispositivo de calcinación comprende por lo menos un elemento de calentamiento por contacto que está dispuesto para estar en contacto de intercambio térmico con la harina cruda por lo menos parcialmente precalentada mientras la misma es transportada desde la entrada hasta la salida, en el que dicho por lo menos un elemento de calentamiento por contacto está configurado para ser calentado por los medios eléctricos de calentamiento.

15. Dispositivo según la reivindicación 13 o 14, en el que el dispositivo de calcinación comprende un transportador de tornillo para transportar la harina cruda por lo menos parcialmente precalentada desde la entrada hasta la salida.

16. Dispositivo según la reivindicación 15, en el que un tornillo transportador del transportador de tornillo está configurado como el por lo menos un elemento de calentamiento por contacto.

17. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, en el que los medios eléctricos de calentamiento están configurados como un calentamiento por resistencia.

18. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 17, en el que la abertura de descarga de CO₂ está conectada a un intercambiador de calor, en el que un medio fluido o gaseoso es calentado por intercambio térmico con el CO₂.

19. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 18, en el que está previsto un ciclo termodinámico, que comprende un evaporador y que está dispuesto de modo que el calor obtenido por intercambio térmico con el CO₂ se utiliza en el ciclo termodinámico para evaporar un fluido de trabajo de dicho ciclo termodinámico en dicho evaporador.

20. Dispositivo según la reivindicación 19, en el que el ciclo termodinámico está diseñado como un proceso de turbina de gas o como un Ciclo Rankine Orgánico.

21. Dispositivo según la reivindicación 20, en el que una turbina de gas del proceso de turbina de gas o del Ciclo Rankine Orgánico está conectada a un generador eléctrico y en el que la energía eléctrica generada por dicho generador eléctrico se suministra opcionalmente al dispositivo de calcinación para calentar eléctricamente el mismo.

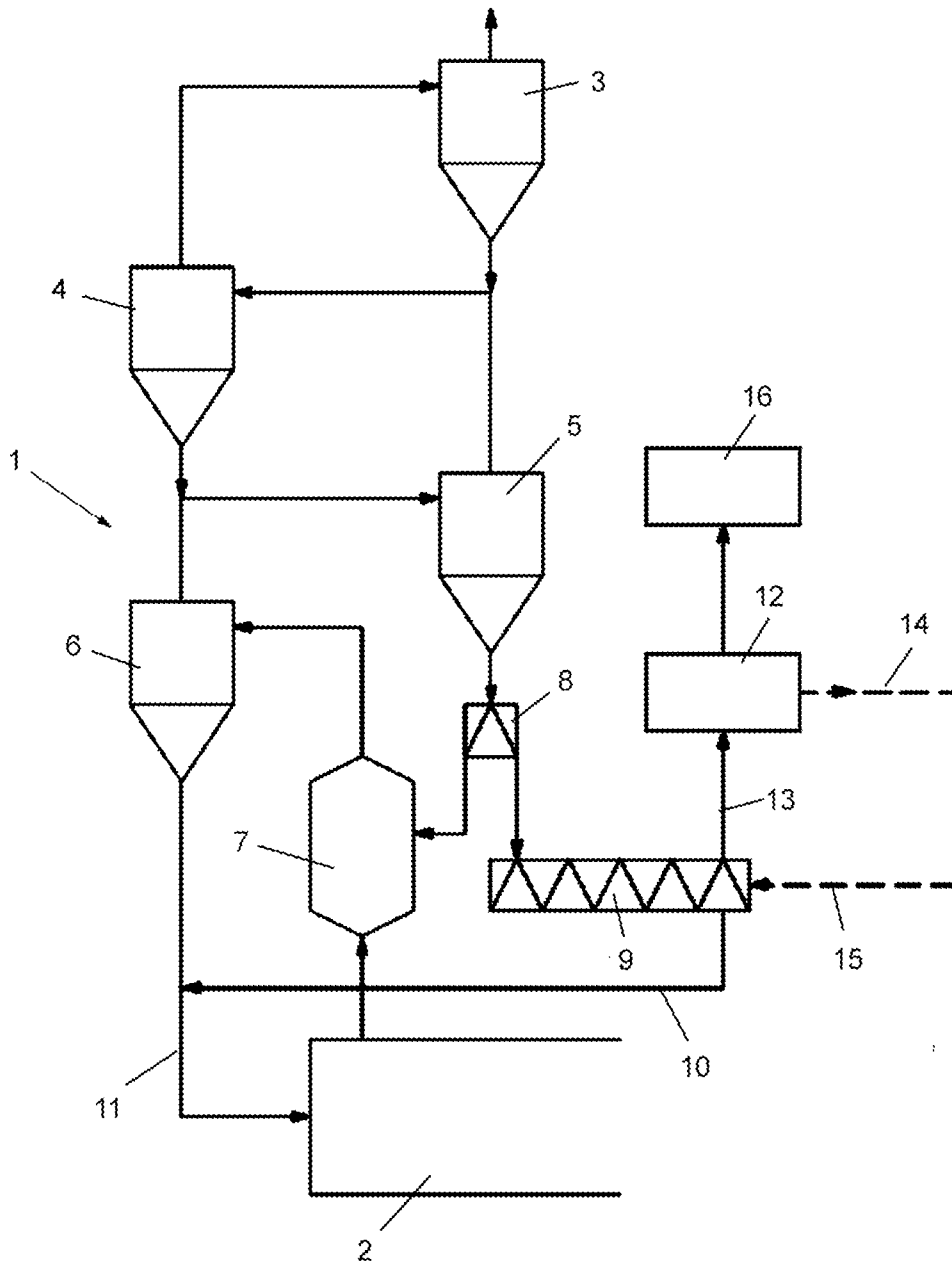


Fig. 1