

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 428 509**

51 Int. Cl.:

C04B 7/43 (2006.01)

C04B 7/36 (2006.01)

F27B 7/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2006** **E 06291766 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2013** **EP 1923367**

54 Título: **Proceso para la producción de cemento**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.11.2013

73 Titular/es:

LAFARGE (100.0%)
61, RUE DES BELLES FEUILLES
75016 PARIS, FR

72 Inventor/es:

PAXTON, COLIN y
WEICHINGER, MICHAEL

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 428 509 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

Proceso para la producción de cemento

Esta invención está relacionada con un proceso para la producción de cemento en el que parte del dióxido de carbono producido se separa de los otros gases implicados en el proceso de producción en una corriente de gas que

5 tiene un mayor contenido en dióxido de carbono.

La producción de cemento genera substanciales cantidades de dióxido de carbono. El dióxido de carbono se produce de dos maneras. Uno de los materiales en la producción de cemento es el carbonato de calcio. El carbonato de calcio se calienta para calcinarlo y pierde el dióxido de carbono para formar óxido de calcio. La quema de

10 carburante que contiene carbono para generar las altas temperaturas necesarias para producir cemento también genera dióxido de carbono. Por razones ambientales es deseable reducir la cantidad de dióxido de carbono liberado a la atmósfera.

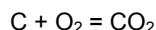
Las materias primas para la producción de cemento, que incluyen carbonato de calcio, por lo general se mezclan, secan y muelen hasta formar un "polvo bruto", que luego se procesa para producir clínker, el principal componente del cemento. En una etapa de precalentamiento el polvo bruto se calienta justo por debajo de la temperatura de

15 calcinación. A continuación, pasa a un horno de calcinación en el que tiene lugar más calentamiento y a medida que aumenta la temperatura, tiene lugar la calcinación del carbonato de calcio en óxido de calcio y se libera dióxido de carbono. El polvo bruto calcinado pasa a continuación a un horno en el que se calienta a mayor temperatura para producir clínker, que posteriormente se muele para producir cemento en polvo.

Generalmente se utiliza aire como fuente de oxígeno para la combustión del carburante para proporcionar calor al

20 horno de calcinación y al horno tipo *kiln*. Los principales gases presentes en el aire son el nitrógeno (aproximadamente el 80% en volumen) y el oxígeno (aproximadamente el 20% en volumen).

La combustión de un carburante sólido o líquido, a base de carbono, se puede resumir en la siguiente ecuación:

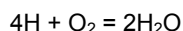


El volumen del carburante sólido o líquido es insignificante con respecto al de los gases involucrados. Un volumen de oxígeno produce un volumen de dióxido de carbono. El nitrógeno presente en el aire utilizado para la combustión

25 no está involucrado en la combustión. Después de la combustión la corriente de gas contiene aproximadamente el 80% en volumen de nitrógeno y aproximadamente el 20% de dióxido de carbono. El volumen total de gas aumenta por el calor generado.

Cuando se quema un carburante sólido o líquido de hidrocarburos, el hidrógeno combinado presente en el carburante se combina con el oxígeno según la ecuación:

30



El agua generada está en estado gaseoso y, por lo tanto, está presente como un diluyente gaseoso del dióxido de carbono que también se produce. Un volumen de oxígeno produce dos volúmenes de agua gaseosa, el volumen del carburante sólido o líquido de hidrocarburos es insignificante respecto al volumen de los gases involucrados. El agua

35 gaseosa contribuye por lo tanto a un aumento del volumen de gas formado por la combustión en comparación con el volumen de oxígeno utilizado. Sin embargo, se separa fácilmente del dióxido de carbono por la simple refrigeración en una fase posterior en la operación. El volumen total de gas aumenta en la fase de combustión con el aumento de la temperatura.

En los gases combinados a partir del proceso de calcinación y de la combustión del carburante, el dióxido de carbono está presente generalmente del 14 al 33% en volumen. El otro constituyente principal del gas es el nitrógeno. A pesar de que la mezcla de nitrógeno y dióxido de carbono se podría separar y el dióxido de carbono ser

40 almacenado para evitar su liberación a la atmósfera, la energía necesaria para efectuar la separación es demasiado alta para que valga la pena. Si se elimina el nitrógeno del aire y se usa el oxígeno resultante sustancialmente puro para quemar un carburante, el nitrógeno no está presente como diluyente del dióxido de carbono producido.

Si en lugar de aire se utilizara oxígeno para quemar todo el carburante necesario para producir cemento, se podría incurrir en costes adicionales. Además, los procesos de combustión que implican oxígeno sin diluir generalmente se comportan con gran vigor y generan temperaturas muy altas capaces de dañar o acortar la vida útil de las plantas de

45 producción.

Las patentes de EE.UU. n^{os} 4066470 y 491374 describen unos procesos en los que los gases de combustión de un horno tipo *kiln* que arde utilizando aire, que por lo tanto contiene nitrógeno, pasan a un horno de calcinación en el que tiene lugar una combustión secundaria. No hay manera de aislar el gas producido durante la combustión

50 secundaria.

La presente invención busca reducir las emisiones de dióxido de carbono en la producción de cemento mediante el uso de oxígeno para quemar sólo parte del carburante necesario en el proceso de elaboración de cemento y mediante la separación del gas de la fase de calcinación del gas del horno en el que tiene lugar la producción de clínker. El proceso se puede utilizar en el conocido proceso seco y en otros procesos, por ejemplo el proceso húmedo. El uso de oxígeno, sustancialmente puro o una mezcla con dióxido de carbono, en el horno de calcinación conjuntamente con la separación del gas que deja el horno de calcinación ofrece beneficios ambientales.

Por consiguiente, la presente invención proporciona un proceso para la producción de cemento que comprende la calcinación del polvo bruto que contiene carbonato de calcio en un horno de calcinación que tiene una pluralidad de puntos de entrada y se calienta por la combustión de carburante que contiene carbono con un gas que comprende oxígeno y del 0 al 80% en volumen de dióxido de carbono, y sustancialmente está libre de nitrógeno; introducir del polvo bruto calcinado en un horno tipo *kiln* en el que tiene lugar la producción de clínker; mantener el gas separado de la fase la calcinación del gas del horno tipo *kiln*; y aislar el gas producido por la combustión y la calcinación en el horno de calcinación.

El flujo de polvo bruto es generalmente similar al de los procesos conocidos para la producción de cemento. En este tipo de procesos el polvo bruto se calienta en un precalentador, por ejemplo un precalentador ciclónico, y se introduce luego en un horno de calcinación, por ejemplo un horno de calcinación tipo olla. El polvo bruto del horno de calcinación se introduce en un horno tipo *kiln*. El precalentador recibe gas caliente del horno tipo *kiln* y del horno de calcinación.

En el proceso de la invención, el gas procedente del horno de calcinación comprende un alto porcentaje de dióxido de carbono y es adecuado, tras el tratamiento apropiado (por ejemplo refrigeración y eliminación del polvo), para el almacenamiento u otra utilización sin liberación a la atmósfera.

La temperatura del dióxido de carbono que deja el horno de calcinación es generalmente de 800 a 900 °C. El gas se puede enfriar, por ejemplo, en un generador de vapor para generar energía eléctrica. Con el fin de minimizar la entrada de gas que podría reducir el porcentaje de dióxido de carbono, preferiblemente se evita un defecto de presión en el generador de vapor. Preferiblemente se hace funcionar al generador de vapor con exceso de presión. A continuación, preferiblemente se elimina el polvo del gas antes de su almacenamiento, por ejemplo, almacenamiento geológico subterráneo, por ejemplo en campos agotados de petróleo o de gas, u otro uso sin liberación a la atmósfera.

El gas utilizado para apoyar la combustión de carburante preferiblemente comprende por lo menos el 50% en volumen de oxígeno, por ejemplo, por lo menos el 80%, preferiblemente por lo menos el 90%, más preferiblemente por lo menos el 95%. Está sustancialmente libre de nitrógeno. Puede comprender dióxido de carbono, por ejemplo dióxido de carbono reciclado de la corriente de gas que deja el horno de calcinación. Ese dióxido de carbono puede ser introducido en el horno de calcinación por separado del gas enriquecido con oxígeno o mezclado con él. El oxígeno se puede introducir, por ejemplo, con el gas reciclado del horno de calcinación, generalmente en el fondo del horno de calcinación. También se puede introducir en uno o más puntos sustancialmente a nivel con el quemador, o con cada uno de éstos. El dióxido de carbono y el carburante también se pueden introducir en uno o más puntos de entrada.

La presencia de una pluralidad de puntos de entrada en el horno de calcinación facilita la regulación de la temperatura que de otro modo podría subir demasiado cuando el gas para la combustión de carburante comprende una alta proporción de oxígeno. La calcinación del carbonato de calcio en óxido de calcio y dióxido de carbono es un proceso endotérmico: la introducción del polvo bruto en una o en la pluralidad de entradas se puede utilizar por lo tanto para regular la temperatura.

La cantidad de oxígeno se controla para garantizar una combustión sustancialmente completa del carburante pero para minimizar el exceso de oxígeno.

El polvo bruto para la calcinación se seca generalmente en una etapa de precalentamiento. El polvo bruto calcinado del horno calcinación se introduce en un horno tipo *kiln* para producir clínker. El calor para el horno tipo *kiln* es proporcionado al quemar un carburante en un gas que contiene oxígeno, generalmente aire.

El calor necesario para el precalentamiento es proporcionado generalmente por el gas del horno tipo *kiln*. La temperatura máxima durante el precalentamiento es controlada preferiblemente para evitar la calcinación prematura y la liberación de dióxido de carbono. La temperatura del polvo bruto que deja el precalentador es preferiblemente inferior a aproximadamente 800 °C, generalmente inferior a aproximadamente 750 °C.

El carburante utilizado para la calcinación y para el horno tipo *kiln* puede ser el mismo o diferente, pero generalmente es el mismo. Si el gas de la calcinación se va a almacenar o eliminar, por ejemplo bajo tierra, puede ser permisible la presencia de pequeñas cantidades de sulfuro y/u óxidos de nitrógeno, en cuyo caso el carburante puede contener materiales que contienen azufre y/o nitrógeno. Estos carburantes son generalmente más baratos. El contenido de azufre en el carburante es preferiblemente bajo, típicamente inferior al 6%. El contenido de nitrógeno en el carburante es preferiblemente bajo, típicamente inferior al 1,5%. Si se necesita dióxido de carbono de alta

pureza de la calcinación, preferiblemente se utiliza un carburante que substancialmente está libre de nitrógeno y azufre. Entonces, preferiblemente, el polvo bruto también está sustancialmente libre de estos elementos. El polvo bruto tiene preferiblemente un bajo contenido de sulfato de calcio y azufre pirítico.

5 El carburante utilizado es preferiblemente carbón o coke de petróleo. Pueden utilizarse los residuos de carburante pero entonces se necesita un estrecho control de la combustión.

El proceso según la invención permite la producción de una corriente de gas desde el horno de calcinación que tiene un mayor contenido de dióxido de carbono. La invención busca proporcionar una corriente de gas que comprenda por lo menos el 90% en volumen de dióxido de carbono, preferiblemente por lo menos el 95%, por ejemplo del 92 al 93%.

10 La calcinación se efectúa generalmente introduciendo polvo bruto precalentado en una corriente de gas, generalmente en una corriente de gas ascendente. La corriente de gas se produce generalmente por el quemado de un carburante. Si es necesario con el fin de soportar al polvo bruto en la corriente de gas ascendente, parte del gas que contiene dióxido de carbono que deja el horno de calcinación puede ser recirculado y reintroducido en la corriente de gas ascendente.

15 La velocidad de la corriente de gas necesaria para soportar el polvo bruto depende, por ejemplo, de la finura del polvo. La finura del polvo bruto utilizado en el proceso de la invención puede variar: se puede utilizar una finura conocida. Preferiblemente se utiliza un polvo bruto que tiene un pequeño tamaño de partículas para facilitar el transporte del polvo por la corriente de gas. Ventajosamente se utiliza un polvo que deja un 10% en peso de residuos en una criba de 75 micras (200 mesh). Típicamente, un metro cúbico de gas (volumen a temperatura y presión estándar) que pasa a través del horno de calcinación soportará 2 kg de polvo bruto. Cuando se recircula la corriente de gas, el agua gaseosa que puede ser generada por la combustión del carburante también puede contribuir al volumen del gases recirculado. La concentración de dióxido de carbono en el horno de calcinación se reduce entonces correspondientemente.

25 El tiempo de estancia del polvo bruto en el horno de calcinación es relativamente corto, por ejemplo 5 o 6 segundos. La presencia de una alta concentración de dióxido de carbono en la corriente de gas que lleva el polvo bruto puede reducir la velocidad a la que evoluciona el dióxido de carbono por la calcinación a una temperatura dada. Si la concentración de dióxido de carbono en la corriente de gas es alta, puede ser deseable elevar la temperatura para asegurar el nivel deseado de calcinación desde el polvo bruto durante su presencia en el horno de calcinación. La concentración de dióxido de carbono en la corriente de gas a través del horno de calcinación se mantiene generalmente en un nivel tan bajo como sea posible compatible con un transporte efectivo del polvo a través del horno de calcinación y el nivel deseado de calcinación.

30 El nivel de calcinación en el polvo que deja el horno de calcinación es generalmente por lo menos el 60%, por ejemplo, del 70 al 80%, preferiblemente por lo menos el 90%. Puede ser deseable controlar el nivel de calcinación en un 80% o más en peso, dejando hasta el 20% de dióxido de carbono residual en el polvo, por ejemplo, un nivel del 92 al 95%, dejando del 5 al 8% de dióxido de carbono residual en el polvo que deja el horno de calcinación.

La ausencia de materiales tales como álcalis, sulfatos y cloruros en la corriente de gas en el horno de calcinación facilita su funcionamiento. En los procesos conocidos pueden estar presentes tales materiales, procedentes del gas del horno tipo *kiln*.

40 El horno de calcinación utilizado en el proceso de la invención puede ser de diseño conocido, por ejemplo un horno de calcinación tipo olla. Preferiblemente se evitan las fugas de aire en el horno de calcinación. Esto se ve facilitado mediante el control de las condiciones de presión en el proceso global de producción de cemento.

45 Se puede instalar a posteriori un nuevo horno de calcinación para el funcionamiento según la invención para funcionar en paralelo con un horno de calcinación existente. El suministro de polvo bruto desde el precalentador se divide luego entre el horno de calcinación existente y el nuevo. Todo o parte, por ejemplo un 20% o más, preferiblemente hasta un 50% del polvo puede desviarse al nuevo horno de calcinación. La liberación total de dióxido de carbono a la atmósfera desde la etapa de calcinación puede reducirse de ese modo aproximadamente en proporción a la introducción de polvo bruto al horno de calcinación nuevo y al existente. De manera similar, la invención se puede instalar en un proceso existente de horno tipo *kiln* de precalentamiento en suspensión.

50 La invención se ilustra aún más en los dibujos acompañantes en los que: la figura 1 ilustra en forma de diagrama el proceso de la invención;

La Figura 2 ilustra con más detalle un precalentador para llevar a cabo un proceso según la invención;

La Figura 3 ilustra con más detalle la disposición de un horno de calcinación para llevar a cabo un proceso según la invención; y

55 La Figura 4 ilustra una planta productora de clínker de cemento que incorpora el precalentador ilustrado en la Figura 2 y el horno de calcinación ilustrado en la Figura 3 para llevar a cabo un proceso según la invención.

Haciendo referencia a la Figura 1, el polvo bruto se introduce en un precalentador (1). El polvo precalentado se introduce desde el precalentador (1) en un horno de calcinación (3) según lo indicado por la flecha entre ellos. El gas caliente del calentador (1) sale a lo largo de la línea (2). El polvo precalcinado desde el horno de calcinación (3) se introduce en un horno tipo *kiln* (4) como indica la flecha. Los gases que contienen un alto porcentaje de dióxido de carbono dejan el horno de calcinación (3) a través de un ventilador (5). Los gases procedentes de la línea (2) salen a través de un ventilador (6) al molino para producir el polvo bruto.

Haciendo referencia a la Figura 2, los componentes (2), (3), (4), (5) y (6) son como en la Figura 1. El polvo bruto pasa sucesivamente a través de los ciclones (7), (8), (9), (10) y (11) y, a continuación, al horno de calcinación (3). El gas caliente del horno tipo *kiln* (4) fluye a través del elevador (12) al ciclón (11); el gas caliente desde el ciclón (11) fluye a través del elevador (13) al ciclón (10); el gas caliente desde el ciclón (10) fluye a través del elevador (14) al ciclón (9); el gas caliente desde el ciclón (9) fluye a través del elevador (15) a los ciclones (7) y (8).

El nuevo polvo bruto se introduce en el elevador (15) y se sube a los ciclones (7) y (8); el polvo desde los ciclones (7) y (8) se introduce en el elevador (14) y es subido por el gas caliente al ciclón (9); el polvo desde el ciclón (9) se introduce en el elevador (13) y es subido al ciclón (10); el polvo desde el ciclón (10) se introduce en el elevador (12) y se sube al ciclón (11); el polvo continúa desde el ciclón (11) al horno de calcinación (3).

Haciendo referencia a la Figura 3, los componentes (1), (2), (3), (4) y (6) son como en las Figuras 1 y 2. El carburante del horno de calcinación entra en el horno de calcinación (3) a través de la línea (13). El oxígeno se inyecta a través de la línea (14). El gas que contiene dióxido de carbono recirculado se introduce en el horno de calcinación (3) a través de la línea (15). Los gases y el polvo precalcinado dejan el horno de calcinación (3) y pasan a un ciclón (16). El polvo precalcinado pasa del ciclón (16) al horno tipo *kiln* (4). El gas separado que contiene dióxido de carbono deja el ciclón (16) a través de la línea (17). El gas de la tubería (17) se separa en dos corrientes. Una primera corriente en la línea (17) pasa al calentador de vapor (18) y, a continuación, a un ventilador (19) de intercambiador. El gas que deja el ventilador (19) de intercambiador se divide en dos corrientes. Una primera corriente desde el ventilador (19) de intercambiador se marcha a lo largo de la línea (20). Esta primera corriente que se marcha a lo largo de la línea (20) es el gas enriquecido con dióxido de carbono desde el proceso según la invención. Una segunda corriente de gas desde el ventilador (19) de intercambiador pasa a lo largo de la línea (21). Una segunda corriente de gas desde la línea (17) pasa a lo largo de la línea (22) a la línea (21). La combinación de corrientes de gas desde las líneas (21) y (22) pasa a través del ventilador de recirculación (23) y (15) al horno de calcinación (3).

Haciendo referencia a la Figura 4, se ilustra una planta de cemento que incorpora los componentes de las Figuras 1, 2 y 3. El carburante del horno tipo *kiln* pasa al horno tipo *kiln* (4) a lo largo de la línea (24). El clínker producido en el horno tipo *kiln* (4) pasa al enfriador (25) de clínker. El gas de desecho deja el enfriador (25) de clínker a lo largo de las líneas (26) y (27). La corriente de gas en la tubería (27) se divide en dos corrientes. Una primera corriente se usa para enfriar los gases que dejan del horno tipo *kiln* (4) a lo largo de la línea (28). La temperatura del gas caliente que pasa al precalentador (3) se controla ajustando los flujos de gas a lo largo de las líneas (27) y (28). Una segunda corriente (29) pasa a la línea (2) y se utiliza para el secado del polvo bruto en el molino que produce el polvo bruto.

En esta memoria descriptiva y las correspondientes reivindicaciones, a menos que se especifique de otro modo: las temperaturas son las que se miden de manera conocida durante el proceso para la producción de cemento, por ejemplo por termopar o pirometría y los porcentajes de gas son en volumen.

El siguiente Ejemplo ilustra, pero no limita, la invención.

Ejemplo

El polvo bruto y el polvo molido se introducen entonces en la parte superior del calentador (1). El precalentador comprende una serie de ciclones (7) a (11) y conductos de conexión (12), (13), (14) y (15) (los elevadores). El precalentador (1) recibe gas caliente del horno tipo *kiln*. El polvo bruto se calienta a medida que los gases son enfriados en los elevadores y los ciclones (de 7 a 11) capturan el polvo de modo que se pueda introducir en la siguiente fase inferior.

Los gases que pasan a través del calentador (1) solo provienen del horno tipo *kiln* (4). Los gases procedentes del horno de calcinación (3) se mantienen en una corriente independiente.

Cuando el polvo bruto sale de la etapa más baja del precalentador (1) se pasa al horno de calcinación (3) con una temperatura de aproximadamente 750 °C a 800 °C. En esta fase, el nivel de pre-calcinación será inferior a aproximadamente el 10% ya que la temperatura se mantiene por debajo de 800 °C. A medida que los gases dejan el horno tipo *kiln* (4) a aproximadamente 1100 °C, los gases de escape del enfriador (provenientes del enfriador de clínker) aproximadamente de 400° C a 500° C se pueden agregar en este punto antes de que el gas se introduzca al precalentador (1), con el fin de reducir la temperatura y mantener un bajo nivel de pre-calcinación. Los gases que dejan la parte superior del precalentador (1) tienen una temperatura de aproximadamente 300 °C y un nivel de dióxido de carbono de alrededor del 18% en volumen. Si es necesario se pueden utilizar para complementar la etapa de secado de materia prima.

- 5 El polvo bruto entra en el horno de calcinación (3) y se dispersa en los gases de admisión que se han reciclado desde la salida del horno de calcinación después del enfriamiento parcial y en el oxígeno inyectado. Como el objetivo es tener una alta concentración de dióxido de carbono en los gases de desecho, el oxígeno se utiliza para la combustión del carburante del horno de calcinación en lugar de aire que contiene una cantidad sustancial de nitrógeno. El flujo de carburante hacia el horno de calcinación (3) se controla para proporcionar una temperatura constante de los gases de salida con el fin de mantener una precalcinación congruente que es deseable para la estabilidad del horno tipo *kiln*.
- 10 El nivel de precalcinación del polvo bruto se controla para estar alrededor del 92% para evitar la acumulación de dificultades en el horno de calcinación (3). El polvo bruto precalcinado se recoge después del horno de calcinación en el ciclón (16) y luego se pasa al horno tipo *kiln* (4). Es una ventaja utilizar un carbón normal que tenga un bajo contenido en nitrógeno para minimizar la contaminación de los gases de salida. Después del ciclón (16) del horno de calcinación, parte de los gases que contienen más del 90% en volumen de dióxido de carbono se reciclan hacia la entrada del horno de calcinación a través de la línea (15) y el gas restante se enfría luego para la manipulación aguas abajo. El enfriamiento se obtiene mediante el uso de un intercambiador de calor que comprende un
- 15 calentador (18) de vapor con el fin de ayudar a minimizar la entrada de aire en el proceso. El funcionamiento del sistema a una ligera presión negativa también ayuda en este sentido. Utilizando el vapor que proviene del intercambiador de calor se puede generar energía eléctrica. Después del intercambiador de calor, parte de los gases se reciclan hacia la entrada del horno de calcinación para controlar la temperatura en el ventilador de recirculación y el resto se pasa a un tratamiento aguas abajo.
- 20 El polvo bruto que entra en el horno tipo *kiln* forma clínker de cemento de la forma normal. El enfriador de clínker funciona de una manera conocida excepto porque la cantidad de gas y la temperatura es un poco más alta de lo normal, ya que no se utiliza aire terciario del horno tipo *kiln* (4) para el horno de calcinación (3). Algunos gases del enfriador (25) de clínker se pueden usar para enfriar el gas del horno tipo *kiln* antes de que pase al precalentador y el resto se puede utilizar para el secado de materia prima.
- 25

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para la producción de cemento que comprende la calcinación del polvo bruto que contiene carbonato de calcio en un horno de calcinación que tiene una pluralidad de puntos de entrada y se calienta por la combustión de un carburante que contiene carbono con un gas que comprende oxígeno y del 0 al 80% en volumen de dióxido de carbono, y sustancialmente está libre de nitrógeno; introducir del polvo bruto calcinado en un horno tipo *kiln* en el que tiene lugar la producción de clínker; mantener el gas separado de la fase la calcinación del gas del horno; y aislar el gas producido por la combustión y la calcinación en el horno de calcinación.
- 5 2. Un proceso según la reivindicación 1, en el que la combustión se efectúa con un gas que comprende del 90 al 100% de oxígeno.
- 10 3. Un proceso según la reivindicación 1 o 2 en el que el polvo bruto se introduce en el horno de calcinación en una pluralidad de puntos.
4. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que el gas se introduce en el horno de calcinación en una pluralidad de puntos.
- 15 5. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que el oxígeno y el dióxido de carbono en el gas suministrado se introducen por separado en el horno de calcinación.
6. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que la cantidad de oxígeno se controla para asegurar sustancialmente la combustión completa del carburante, pero para minimizar el exceso de oxígeno.
- 20 7. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que el polvo bruto se seca en una etapa de precalentamiento y se controla la temperatura máxima durante el precalentamiento para evitar la calcinación prematura y la liberación de dióxido de carbono, la temperatura del polvo bruto que deja el precalentador es inferior a aproximadamente 800 °C.
8. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el carburante utilizado para la calcinación es carbón o coke de petróleo.

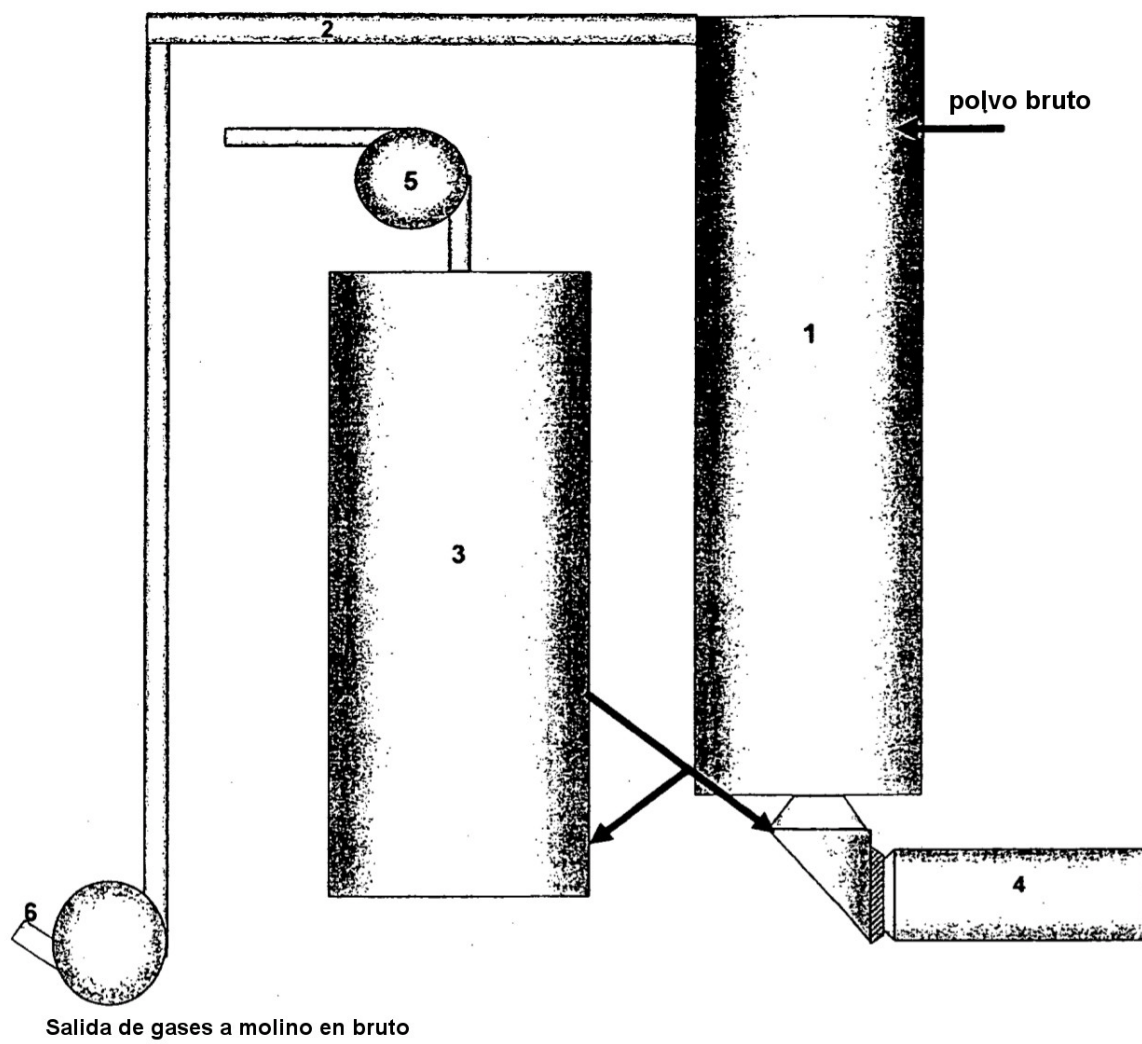


FIGURA 1

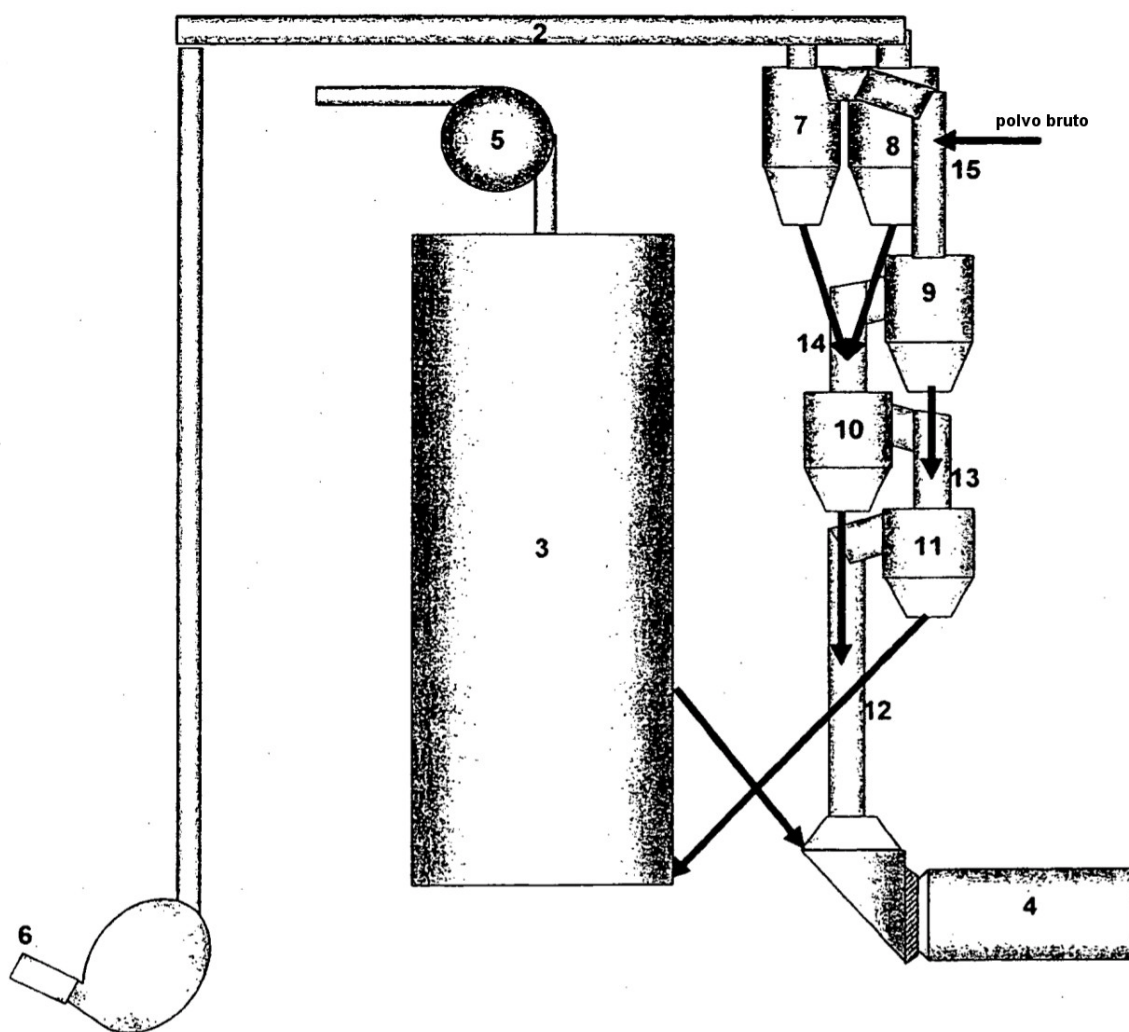


FIGURA 2

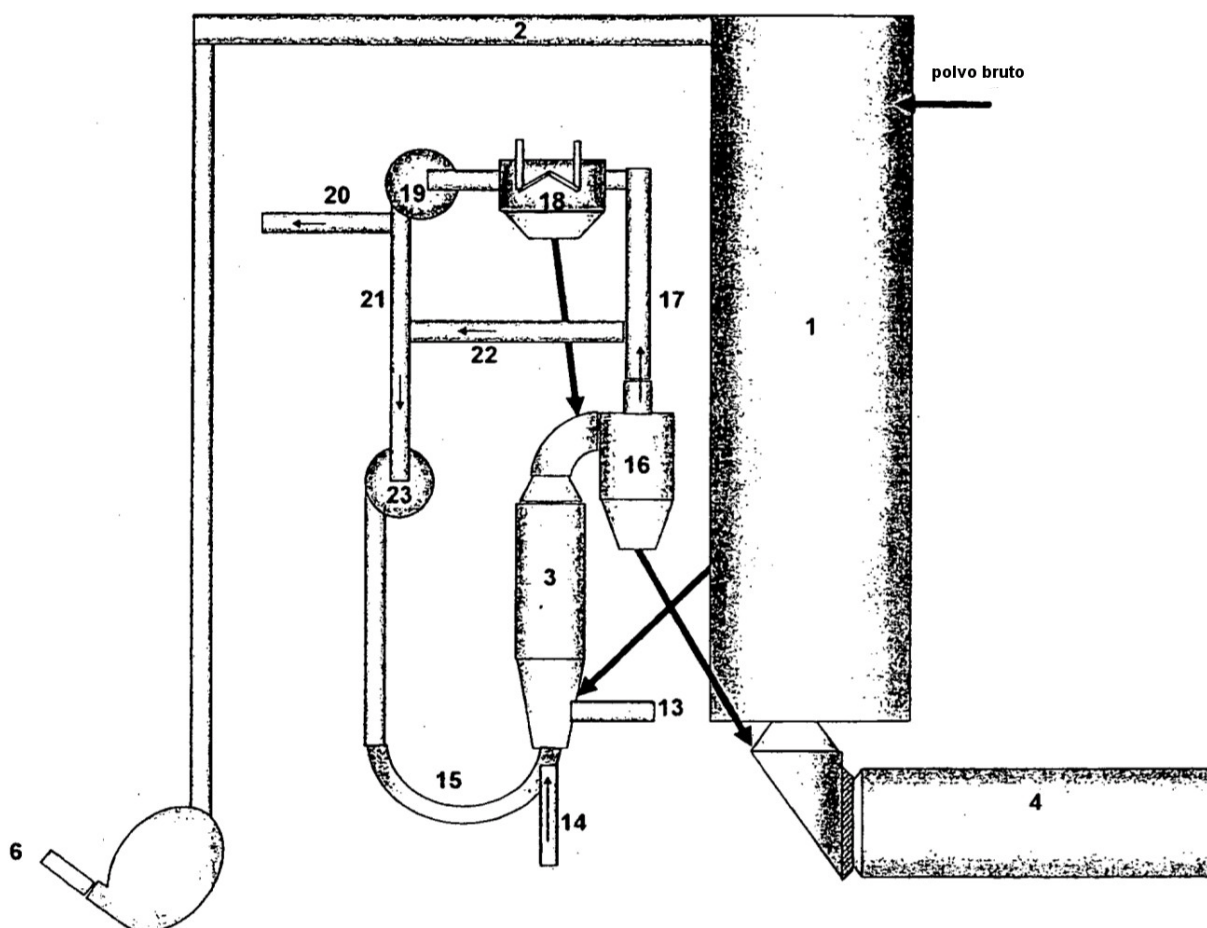


FIGURA 3

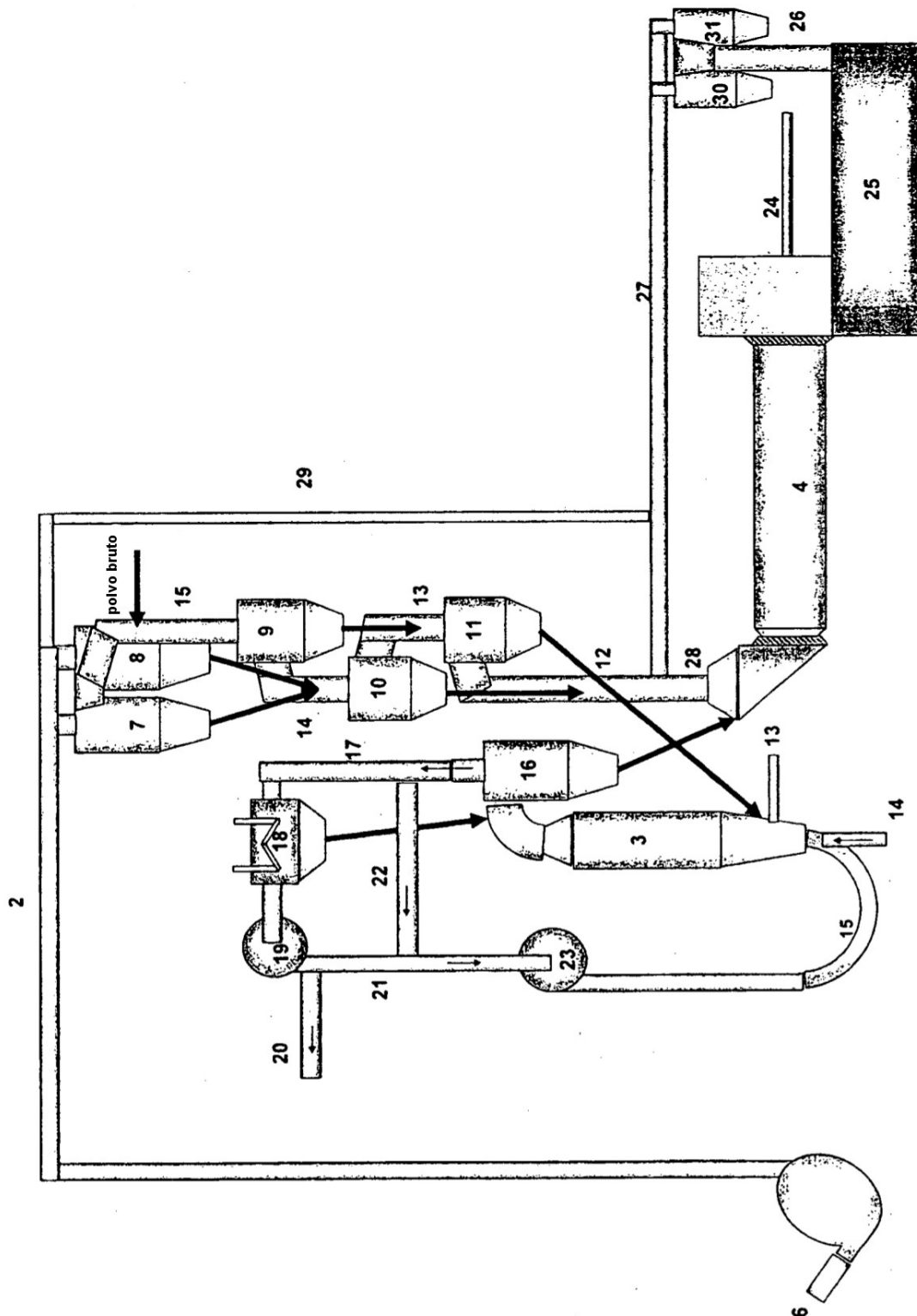


FIGURA 4