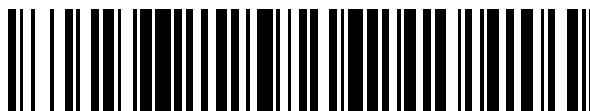


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 786 313**

51 Int. Cl.:

F27B 7/10 (2006.01)

F27B 7/36 (2006.01)

C04B 7/44 (2006.01)

F27B 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.02.2015 PCT/EP2015/053985**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.09.2015 WO15128400**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2015 E 15707329 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2020 EP 3111151**

54 Título: **Método de funcionamiento de un horno rotativo de aglutinante hidráulico**

30 Prioridad:

28.02.2014 EP 14305296

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

09.10.2020

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE (100.0%)
75 Quai d'Orsay
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**GRASSI, ALEX;
HOELSCHER, DIRK;
LEROUX, BERTRAND;
MULON, JACQUES;
PAUBEL, XAVIER y
TSIAVA, RÉMI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 786 313 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

Método de funcionamiento de un horno rotativo de aglutinante hidráulico

La presente invención se refiere a hornos rotativos para la producción de aglutinantes hidráulicos tales como cemento y cal.

5 Los hornos rotativos de este tipo tienen una forma generalmente sustancialmente cilíndrica, siendo la longitud del cilindro mucho mayor que su ancho. El horno rota alrededor de un eje de rotación que está inclinado con respecto a la horizontal y corresponde al eje longitudinal del cilindro. El material a ser piroprocesado en el interior del horno se desplaza hacia abajo a través del horno bajo el efecto de la gravedad. El horno comprende un conjunto de quemador en su extremo inferior para la combustión del combustible principal con oxidante de combustión para
10 generar el calor necesario para el piroprocesamiento. La llama generada por el conjunto de quemador es dirigida sustancialmente a lo largo de la dirección longitudinal del horno. Los gases de combustión generados en el interior del horno se evacúan del horno desde su extremo superior.

El material piroprocesado, tal como la cal o el clínker, es transferido desde el horno a un enfriador de material enfriado por aire.

15 Con el fin de reutilizar la energía térmica del aire de enfriamiento caliente que sale del enfriador, es conocida la utilización del aire de enfriamiento caliente como oxidante secundario para la combustión del combustible principal. En ese caso, el conjunto de quemador inyecta el combustible principal y el oxidante primario de combustión en el interior del horno para generar una combustión parcial del combustible principal con el oxidante primario de combustión. El aire caliente del enfriador del material es alimentado al horno para proporcionar un oxidante
20 secundario de combustión para la combustión sustancialmente completa del citado combustible principal.

Un problema con los hornos rotativos para la producción de aglutinantes hidráulicos es que se forman depósitos o acumulaciones gruesas localizadas, también denominados anillos, en la pared cilíndrica del horno durante el funcionamiento del horno.

25 Tales depósitos (que típicamente comprenden material, no piroprocesado y/o parcialmente o completamente piroprocesado, cenizas y polvo) pueden limitar drásticamente la capacidad de producción del horno e inhabilitar su funcionamiento estable.

De hecho, tales depósitos reducen el área de la sección transversal interna libre / diámetro del horno rotativo, lo que en primer lugar crea un cuello de botella para el flujo de material y también da como resultado un aumento de la caída de presión a lo largo del horno. Como consecuencia de este aumento de la caída de presión, cuando el ventilador, conocido como ventilador de escape, que suministra el oxidante secundario de combustión al horno por medio de un enfriador de material piroprocesado aguas abajo, funciona a una potencia constante, la cantidad de oxidante de combustión suministrado al horno disminuye, causando una disminución en el calor producido en el interior del horno y una disminución correspondiente en la producción de material piroprocesado. Alternativamente, si la potencia del ventilador, que puede ser un ventilador de Tiro Inducido o ID, es incrementada con el fin de superar
30 el aumento de la caída de presión y mantener el nivel de oxidante de combustión suministrado al horno, de esta manera la eficiencia energética del proceso de producción se reduce significativamente.

El documento GB2104636 describe un horno de cocción rotativo y un método para usar un horno de cocción de este tipo. Se han propuesto varios métodos para limitar la formación de anillos y eliminar aquellos anillos que se han formado durante el funcionamiento del horno.

40 Cuando la formación de anillos se debe a la recirculación en el interior del horno de cocción de una atmósfera de horno que contiene una gran cantidad de impurezas, tales como azufre o cloro, una solución básica conocida es el uso de una instalación de derivación para extraer parte de los gases de combustión o de la atmósfera del horno, típicamente del 1% al 5%. Esta solución reduce la eficiencia global de la planta debido a que el calor del gas de combustión y el material presente en el gas de combustión se pierde con la extracción de los gases de combustión.
45 Además, esta solución es muy compleja de diseñar e implica un considerable costo adicional de capital.

Otra solución curativa consiste en disparar el anillo con una pistola industrial disparando a través de la campana del horno de cocción, si el anillo no se está formado demasiado lejos de la salida del horno de cocción. Una solución alternativa para romper mecánicamente tales depósitos es disparar cargas de CO₂ a través de la camisa del horno de cocción en lugares en los que se produce la formación de anillos, siempre que haya puertos disponibles para ello
50 (ver el documento US - A - 2301855). El documento US - A - 3220714 describe un proceso adicional para eliminar mecánicamente un anillo de material de un horno de cocción rotativo mediante la aplicación cíclica de energía mecánica vibratoria para producir grietas en el anillo y, por lo tanto, reducir la rigidez estructural del anillo. Estas soluciones mecánicas conocidas pueden dañar seriamente la (el material refractario de la) pared del horno.

55 Sin embargo, no reducen el proceso de formación de anillos en el interior del horno y requieren que el horno se apague y se enfríe antes de que se puedan eliminar los anillos.

De acuerdo con el proceso que se describe en el documento US - A - 4421563, en primer lugar el combustible sólido es gasificado, el azufre se elimina del gas producido y el gas limpio se somete a combustión en el interior del horno rotativo. Un proceso de este tipo es capaz de reducir los mecanismos de formación de anillos conectados a la presencia de cenizas y otros residuos de combustión en el interior del horno. Sin embargo, un proceso de este tipo normalmente no es de interés industrial ya que aumenta los costos de producción del aglutinante hidráulico a niveles inaceptables. De hecho, la razón por la cual los combustibles de baja calidad y otros productos de desecho se queman con frecuencia en el interior del horno rotativo es exactamente para mantener los costos de producción en un nivel competitivo bajo.

En el documento US - A - 5882190 se propone un método de producción de clinker quemando combustible con alto contenido de azufre, en el que se mide el contenido de azufre del clinker y el contenido de oxígeno en el gas de combustión del horno se mantiene lo suficientemente alto como para mantener la temperatura en el interior del horno de cocción por debajo de la temperatura de descomposición del CaSO_4 . El contenido de oxígeno en el gas de combustión se controla ajustando la velocidad del extractor (ventilador de extracción) que aspira el aire a través del horno de cocción y la torre y la planta. Esta solución está limitada por la capacidad del ventilador de extracción y solo aborda el problema de la formación de anillos relacionados con el exceso de azufre.

En el documento FR - A - 2246510, se propone inyectar aire adicional en el extremo de entrada (salida de gases de combustión) de un horno de cocción de clínker con el fin de reducir la temperatura de la atmósfera en la entrada del horno a una temperatura inferior a la temperatura que define la formación del anillo. Esta solución propuesta reduce drásticamente la eficiencia térmica del horno y solo se ocupa de la formación de anillos en la entrada del horno.

El documento FR - A - 2837916 propone cambiar la longitud de la llama y la localización del punto caliente por medio de la variación de la partición del flujo del oxidante entre dos inyectores oxidantes ramificados de un quemador. También se describe un control automático de la longitud de la llama en función de las necesidades del proceso, tales como la necesidad de limitar los bloqueos. Asociado con este método hay un dispositivo quemador que consiste esencialmente en tres tubos concéntricos con un canal de combustible localizado entre dos canales oxidantes.

La implementación práctica del método tal como se describe en el documento FR - A - 2837918 no es adecuada para el piropcesamiento en un horno de cocción rotativo como se ha descrito más arriba. De hecho, prácticamente no es posible usar el dispositivo quemador que se describe en el documento FR - A - 2837916 para usar aire caliente del enfriador de material, que generalmente tiene una temperatura de alrededor de 1100°C , para inyectar oxidante primario y oxidante secundario en el interior del horno rotativo ramificando el oxidante secundario desde una línea común de suministro de oxidante primario y secundario, como es el caso de acuerdo con el documento FR - A - 2837918, y para variar sustancialmente la relación de flujo entre los dos, lo que requiere un dispositivo de control mecánico adecuado, tal como una válvula, y conllevaría una caída de presión adicional significativa que el ventilador de escape tendría que superar, reduciendo por consiguiente la rentabilidad del proceso.

Por esta razón, una práctica estándar es no utilizar aire de enfriamiento caliente para el oxidante primario, sino suministrar el oxidante primario inyectado a través del conjunto de quemador desde una fuente de oxidante diferente. El uso de una fuente de aire frío común para generar el oxidante primario y secundario mediante ramificación tampoco es una opción, ya que esto representaría una pérdida de eficiencia enorme e inaceptable, ya que típicamente alrededor del 20% del aporte total de calor al horno rotativo es proporcionado por el aire caliente que proviene del enfriador de material.

Un objetivo de la presente invención es mejorar el funcionamiento del horno limitando el grado (grosor y/o velocidad) de la formación de anillos durante el funcionamiento del horno. Un objetivo adicional de la presente invención es mejorar el funcionamiento del horno desestabilizando los anillos formados durante el funcionamiento del horno.

Para ello, la presente invención propone un método de funcionamiento de un horno rotativo como parte de un proceso para la producción de un aglutinante hidráulico. Como se ha descrito más arriba, el horno tiene una forma sustancialmente cilíndrica con un eje longitudinal que está inclinado con respecto a la horizontal y alrededor del cual rota el horno. El horno tiene un extremo superior, un extremo inferior y una pared sustancialmente cilíndrica. Para lograr el grado deseado de piropcesamiento del material, el horno tiene una longitud que es sustancialmente mayor que su ancho. La longitud del horno es típicamente al menos 9 veces el diámetro del horno, y preferiblemente de 9 a 40 veces el diámetro del horno.

El material que va a ser piropcesado es alimentado al horno por su extremo superior, se desplaza hacia abajo a través del horno bajo el efecto de la gravedad y de la rotación del horno y sale del horno por su extremo inferior como material piropcesado.

En el horno, el material es piropcesado por el calor generado por la combustión de un combustible principal. En el extremo inferior del horno, el material piropcesado caliente es transferido desde el horno a un enfriador de material enfriado por aire en el que el material piropcesado caliente es enfriado por un flujo de aire de enfriamiento, produciendo de esta manera material piropcesado enfriado y aire caliente.

- 5 El horno comprende un conjunto de quemador en su extremo inferior para inyectar el combustible principal y un oxidante primario de combustión en el interior del horno para generar una combustión parcial del combustible principal con el citado oxidante primario de combustión, de modo que los productos de combustión del combustible principal y el oxidante primario todavía contienen materia combustible. El oxidante primario se suplementa con aire caliente del enfriador de material que es alimentado al horno por su extremo inferior como oxidante secundario. En combinación, los oxidantes primario y secundario proporcionan una combustión sustancialmente completa del combustible principal. La llama generada por la combustión del combustible principal con los oxidantes primario y secundario se dirige sustancialmente paralela al eje longitudinal del horno. El gas de combustión es evacuado del horno por su extremo superior.
- 10 De acuerdo con la presente invención, el perfil de temperatura longitudinal en el interior del horno varía durante el funcionamiento del horno mediante la inyección de al menos un fluido que no sea el combustible principal, el oxidante primario y el oxidante secundario en el interior del horno, la citada variación del perfil de temperatura longitudinal se consigue variando continua o discontinuamente al menos un parámetro de inyección del citado fluido en el interior del horno.
- 15 En el presente contexto y, a menos que se indique lo contrario, los términos "horno rotativo" o, abreviando, "horno" y "horno de cocción rotativo" o, abreviando "horno de cocción", son sinónimos y todos se refieren a un horno rotativo del tipo que se describe en la presente memoria descriptiva. En el presente contexto, la expresión "funcionamiento del horno" se refiere a un proceso con piroprocesamiento ininterrumpido en el interior del horno, es decir, con la introducción continua en el interior del horno del material que debe ser procesado y con la combustión continua del combustible principal en el interior del horno.
- 20 A menos que se indique lo contrario, en el contexto de la presente invención, el término "combustible" se refiere al "combustible principal".
- El "perfil de temperatura longitudinal" en el interior del horno se refleja de varias maneras. Se puede determinar notablemente como el perfil de temperatura longitudinal del material que viaja a través del horno, el perfil de temperatura longitudinal de la pared o camisa cilíndrica del horno y el perfil de temperatura longitudinal de la atmósfera gaseosa en el interior del horno. De hecho, los tres están intrínsecamente vinculados.
- 25 Los "parámetros de inyección" de la inyección de un fluido se refieren a cualquier parámetro de inyección, cuya variación pueda conducir a una variación correspondiente del perfil de temperatura longitudinal en el interior del horno. Tales parámetros de inyección incluyen: el punto de inyección, la velocidad de inyección, el caudal volumétrico o másico de inyección, la temperatura de inyección y la dirección de inyección.
- 30 Durante la variación "continua" de un parámetro, el parámetro es variado, es decir, cambia, sin interrupción (incesantemente). Durante la variación "discontinua", el parámetro varía o cambia en ciertos momentos, pero permanece constante en otros momentos. Un ejemplo de variación continua es una variación sinusoidal. Un ejemplo de una variación discontinua es una variación escalonada.
- 35 De acuerdo con una realización de la invención, el fluido es inyectado con una velocidad de inyección que varía continua o discontinuamente con el fin de variar el perfil de temperatura longitudinal en el interior del horno.
- De acuerdo con una realización adicional en la cual, para variar el perfil de temperatura longitudinal en el interior del horno, el fluido es inyectado con una dirección de inyección que varía continua o discontinuamente. En ese caso, por ejemplo, la dirección de inyección del fluido puede ser variada entre al menos dos de las siguientes direcciones de inyección:
- 40
- hacia el material en el interior del horno,
 - hacia la pared del horno y no hacia el material,
 - sustancialmente de acuerdo con, o paralelo al eje longitudinal del horno.
- 45 Otra posibilidad es variar el perfil de temperatura longitudinal en el interior del horno inyectando el fluido desde uno o más puntos de inyección que varían de forma continua o discontinua.
- Con el fin de variar el perfil de temperatura longitudinal en el interior del horno, el fluido puede ser inyectado con un caudal de inyección que varía continua o discontinuamente. Por ejemplo, de acuerdo con la presente invención, es posible inyectar el fluido de forma intermitente, es decir, alternar períodos con inyección de fluido en el interior del horno y períodos sin inyección de fluido en el interior del horno. Alternativamente, el fluido puede ser inyectado continuamente, pero con caudales variables (distintos de cero).
- 50 Una posibilidad adicional es variar el perfil de temperatura longitudinal en el interior del horno inyectando al fluido con una temperatura de fluido que varía de forma continua o discontinua.

- La variación de los parámetros puede ser periódica o no periódica. Una variación "periódica" es una variación en la cual los cambios de parámetros se producen o se repiten a intervalos de tiempo fijos, pero en los cuales los cambios sucesivos de parámetros pueden ser idénticos o diferentes. Durante una variación "no periódica", los cambios sucesivos de parámetros no se producen a intervalos de tiempo fijos, sino que, por ejemplo, se instigan en respuesta a un cambio en el proceso de piroprocesamiento (caída de presión en el interior del horno, grado de piroprocesamiento o calidad del material piroprocesado, la temperatura de la pared cilíndrica, etc.) detectado por un operador de horno o por un sistema de control.
- Una variación "cíclica" es una variación en forma de ciclos recurrentes sucesivos del parámetro, siendo idénticos los cambios del parámetro en cada ciclo.
- También es posible combinar dos o más de las variaciones de parámetros anteriores o tipos de variaciones de parámetros para variar el perfil de temperatura longitudinal. Por ejemplo, es posible combinar una variación de uno o más de entre la velocidad de inyección del fluido, el caudal del fluido y la temperatura de fluido a frecuencias de variación constantes o variables del parámetro de inyección.
- Dividir la inyección de fluido, tal como la inyección de oxígeno, en dos o más localizaciones de inyección, y variar los parámetros de inyección de fluido en las diferentes localizaciones de inyección puede mejorar en gran medida el efecto de la invención.
- Puede ser variada, por ejemplo, la impulsión de inyección de la inyección de fluido en cada una de las citadas localizaciones de inyección. De manera notable, puede ser útil inyectar el fluido en lugares de inyección que funcionan con diferentes impulsiones de inyección variable.
- El fluido puede ser inyectado por medio de una o más lanzas localizadas en el extremo inferior del horno.
- En ese caso, el fluido puede ser inyectado en el interior del horno por separado del quemador o a través del conjunto de quemador. En particular, el fluido puede ser inyectado en el interior del horno por medio de una o más lanzas de fluido instaladas en pasajes pasantes del conjunto de quemador.
- El fluido que se inyecta en el interior del horno para variar el perfil de temperatura longitudinal puede ser un gas. El fluido contiene ventajosamente un gas seleccionado del grupo que comprende: oxígeno, aire, CO₂, vapor y gas de combustión reciclado, o mezclas de los mismos, preferiblemente oxígeno o aire enriquecido con oxígeno.
- El fluido también puede ser un líquido, tal como un líquido que comprende oxígeno licuado, aire licuado, CO₂ licuado, agua o mezclas de al menos dos de los citados líquidos, preferiblemente oxígeno licuado o aire enriquecido con oxígeno licuado. A menos que se indique lo contrario, el término "oxígeno", tal como se usa en la presente memoria descriptiva, se refiere a oxígeno industrial, es decir, un fluido que contiene 80% en volumen a 100% en volumen de O₂, preferiblemente al menos 90% en volumen de O₂ y más preferiblemente al menos 95% en volumen de O₂.
- De acuerdo con una realización de la invención, el fluido que se inyecta en el interior del horno es o comprende un combustible auxiliar que se inyecta en el interior del horno por medio de un quemador auxiliar localizado en el extremo inferior del horno. En ese caso, el perfil de temperatura longitudinal varía no solo por la mera inyección del citado combustible auxiliar, sino también por la combustión del citado combustible auxiliar en el interior del horno y los productos de calor y combustión generados por la citada combustión. Típicamente, pero no necesariamente, el quemador auxiliar también inyecta un oxidante auxiliar de combustión para quemar el combustible auxiliar en el interior del horno.
- Cuando no se inyecta oxidante auxiliar de combustión en el interior del horno, el combustible auxiliar se quema en el interior del horno con el restante oxidante primario y/o secundario no consumido por la combustión del combustible principal.
- El quemador auxiliar puede estar separado o formar parte del conjunto de quemador. Cuando el quemador auxiliar es un quemador separado, puede ser montado por separado del conjunto de quemador o en un pasaje pasante del conjunto de quemador.
- Quemadores auxiliares particularmente adecuados son aquellos capaces de variar la impulsión de inyección de combustible / la impulsión de la llama. Un buen ejemplo de un quemador de impulsión de llama variable de este tipo es el quemador que se describe en el documento FR - A - 2837916.
- Como ya se ha mencionado más arriba, es posible variar el parámetro de inyección en respuesta a un cambio observado en el proceso de piroprocesamiento en el interior del horno rotativo detectado por un operador de horno o por un sistema de control.
- De acuerdo con una realización, el parámetro de inyección varía en función de la temperatura de la pared cilíndrica detectada en una localización dada a lo largo de la longitud del horno rotativo. En ese caso, el parámetro de inyección varía ventajosamente cuando la temperatura detectada de la pared cilíndrica está por debajo de un valor

umbral predeterminado indicativo de la formación de anillo y/o de cierto grosor del citado anillo, o cuando la temperatura detectada de la pared cilíndrica disminuye en entre 10°C y 100°C, más probablemente entre 10°C y 50°C en ausencia de otros cambios en los parámetros del proceso (tipo de combustible, tipo de material a ser piroprocesado, rendimiento del material del horno, etc.) que daría lugar a un cambio de temperatura de este tipo de la pared cilíndrica del horno.

Alternativamente o en combinación con lo anterior, el parámetro de inyección puede ser variado en función de la caída de presión en el interior del horno rotativo, que, tal como se ha mencionado más arriba, es una indicación de (el nivel de) la formación de anillos en el interior del horno. En ese caso, el parámetro de inyección varía ventajosamente cuando la caída de presión a lo largo del horno rotativo es mayor que un valor umbral predeterminado.

El aglutinante hidráulico puede ser cemento o cal.

La presente invención también se refiere al uso de cualquiera de las realizaciones anteriores del método de acuerdo con la invención para reducir la acumulación local de material sobre la pared cilíndrica del horno durante el funcionamiento del horno.

La presente invención se refiere además al uso de cualquiera de las realizaciones del método de acuerdo con la invención para desestabilizar físicamente la acumulación de material local en la pared cilíndrica del horno durante el funcionamiento del horno.

La presente invención y sus ventajas se entenderán mejor a la luz del siguiente ejemplo, haciendo referencia a las figuras 1 a 7, en las que:

- la figura 1 es una representación esquemática del impacto de la variación de la impulsión de la inyección de oxígeno de acuerdo con la presente invención en la impulsión global del horno y en la temperatura en distintas posiciones longitudinales en el interior del horno;
- la figura 2 es una representación esquemática del impacto de la variación de la impulsión global en el interior del horno causada por la variación de la impulsión de inyección de oxígeno de acuerdo con la presente invención en el perfil de temperatura longitudinal en el interior del horno y la localización longitudinal de la formación del anillo;
- la figura 3 es una representación parcial esquemática de una unidad de producción de aglutinante hidráulico de acuerdo con el estado de la técnica que comprende un horno de piroprocesamiento rotativo.
- la figura 4 es una representación parcial esquemática de una unidad de producción de aglutinante hidráulico del tipo que se ilustra en la figura 3, pero adaptada para su uso en una realización del método de la presente invención;
- la figura 5 es una representación parcial esquemática adicional de una unidad de producción de aglutinante hidráulico del tipo que se ilustra en la figura 3, pero adaptada para su uso en una segunda realización del método de la presente invención;
- la figura 6 es una representación esquemática en sección transversal longitudinal y en vista frontal de una lanza de oxígeno adecuada para usar en el método de la presente invención, que incluye las unidades de producción que se ilustran en las figuras 4 y 5;
- la figura 7 es una vista frontal esquemática de un conjunto de quemador equipado con una lanza adecuada tal como se ilustra en la figura 6 y adecuada para usar en el método de acuerdo con la presente invención, que incluye la unidad de producción que se ilustra en la figura 4.

Aunque el ejemplo se refiere específicamente a un horno rotativo de cemento, se aplican consideraciones similares a otros hornos rotativos de aglutinante hidráulico, tales como los hornos rotativos de cal.

La conversión final de la alimentación en clínker de cemento, que generalmente se realiza en un horno rotativo de cemento, es una reacción de sinterización entre los reactivos principales cal (CaO) y los sólidos restantes de silicato dicálcico (C2S). Esta conversión de sólido a sólido se ve reforzada en gran medida por la presencia de una fase líquida del 20% a 30% formada a partir de las fases de ferrita de alúmina cálcica (C3AF) y aluminato tricálcico (C3A) más los álcalis, sulfatos y magnesio.

La coexistencia de estas diversas fases a lo largo del horno de cocción crea un gradiente de viscosidad y pegajosidad del material dependiendo de la temperatura y la composición de la mezcla de materiales y de la atmósfera en contacto con los mismos, causando la formación localizada de un revestimiento grueso, acumulación o anillo de material pegajoso en la pared del horno cilíndrico.

La práctica actual de quemar combustibles alternativos, tales como neumáticos triturados, desechos orgánicos, etc., como el (parte del) combustible principal en el interior del horno rotativo, introduciendo así una cantidad sustancial de impurezas tales como azufre y cloro en el proceso, tiende a promover la formación de anillos y aumenta la necesidad de una solución al problema.

5 Se informan varios tipos y localizaciones de anillos en la literatura de acuerdo con su localización en el interior del horno:

- Anillo en el extremo inferior del horno rotativo.

10 Estos anillos están asociados principalmente con el sobrecalentamiento del revestimiento refractario y la sobreproducción de la fase líquida del material granular. Para contrarrestar este fenómeno, se conoce seleccionar los parámetros del proceso al comienzo del funcionamiento del horno, en particular para seleccionar un flujo de aire secundario suficiente para lograr un enfriamiento adecuado de la pared del horno, para seleccionar una temperatura del aire secundario suficientemente baja, para posicionar el conjunto de quemador más profundamente dentro del horno o para hacer funcionar el conjunto de quemador para generar una llama apretada cuando la citada llama tiende a elevarse hacia el revestimiento del horno.

15 - Anillo en el extremo superior del horno rotativo.

Estos anillos se deben principalmente a la formación de espurrita/sulfato de espurrita, posiblemente debido a condiciones de combustión reductora en algún punto del horno de cocción y a la recirculación de sulfato.

20 Estos anillos son particularmente problemáticos ya que están localizados demasiado lejos del extremo inferior del horno para ser eliminados de manera efectiva mediante disparos con una pistola de trabajo. Se ha propuesto destruir los citados anillos disparando cargas de CO₂ a través de la pared cilíndrica cuando se proporcionan puertos para el disparo de cargas de este tipo. En cualquier caso, el horno de cocción debe ser parado con frecuencia y se debe dejar enfriar antes de que los anillos puedan retirarse físicamente. La única solución conocida que no requiere la parada frecuente del horno de cocción es seleccionar los parámetros del proceso, y en particular la selección de material de alimentación crudo y el combustible principal al comienzo del funcionamiento del horno de cocción, para evitar un exceso de sulfato en el material caliente. Sin embargo, esto a menudo no es posible debido a la necesidad de abastecimiento regional de material de alimentación crudo y de combustible principal por razones de costo.

- Anillo en la zona de combustión en el medio del horno rotativo.

30 Estos anillos están asociados con la (re) circulación en la atmósfera del horno de partículas de polvo, en particular cenizas de combustible y polvo de material tal como el polvo de clínker, por ejemplo arrastrado con el aire de combustión secundario del enfriador. Cuando se alcanza una temperatura suficientemente alta en la llama, las partículas de polvo se funden y son transportadas al horno de cocción en el que se endurecen de nuevo y se adhieren a la pared del horno, formando anillos generalmente alargados. Estos anillos generalmente pueden destruirse mecánicamente disparando una pistola de trabajo, pero esto requiere un tiempo de inactividad significativo del horno y puede dañar el revestimiento refractario.

35 También es conocido tratar de reducir la producción de polvo y/o la (re) circulación de polvo haciendo funcionar el conjunto de quemador para acortar y apretar la llama, sin embargo, esto no elimina por completo la formación de anillos en el medio del horno rotativo, sino simplemente reduce la frecuencia requerida de apagado del horno o la longitud del anillo. De hecho, acortar la llama requiere aumentar el flujo de aire primario y, por lo tanto, la recirculación de gas en la punta del quemador, de modo que el polvo del enfriador se lleve menos lejos en el interior del horno, lo que da tal como resultado anillos más pequeños.

De acuerdo con la presente invención, el perfil de temperatura longitudinal en el interior del horno varía durante el funcionamiento del horno dando tal como resultado una variación correspondiente del perfil de transferencia de calor longitudinal y/o perfil de composición del material a lo largo del horno rotativo.

45 Durante el funcionamiento del horno, es decir, en el curso del funcionamiento continuo del horno, el perfil de temperatura longitudinal varía durante el funcionamiento del horno inyectando al menos un fluido que no sea el combustible principal, el oxidante primario y el oxidante secundario bajo parámetros de inyección que varían continuamente o de forma discontinua. Se puede inyectar una amplia gama de fluidos en el mismo. El fluido puede ser gaseoso o líquido. Puede comprender o consistir en un oxidante adicional o auxiliar, un combustible adicional o auxiliar, una combinación de combustible auxiliar y oxidante auxiliar, gases de combustión generados por la combustión de un combustible auxiliar, vapor, CO₂, oxígeno, gases de combustión reciclados, etc. En general, debido a su promoción de la combustión completa del combustible, se prefiere inyectar oxígeno o un fluido que contenga oxígeno. De acuerdo con la presente invención, al menos un parámetro de inyección de la citada inyección de oxígeno, tal como velocidad y/o caudal y/o temperatura, se varía en un grado suficiente para generar una variación correspondiente en el perfil de temperatura longitudinal del horno.

55 En la práctica, el operador del horno selecciona el fluido y los parámetros de inyección del fluido, incluyendo, pero no solamente, el parámetro o los parámetros de inyección que se varía (n) de acuerdo con la invención, con el fin de

maximizar el impacto de la variación del parámetro en el perfil de temperatura longitudinal del horno, pero sin un impacto negativo apreciable en la producción del horno, en la calidad del producto o en la rentabilidad del proceso. La selección de la impulsión con la que se inyecta el fluido es generalmente particularmente relevante a este respecto. La impulsión de la inyección del fluido se selecciona ventajosamente entre el 5% y el 50% de la impulsión global del horno, preferiblemente entre el 10% y el 30%. Este es el caso en particular en el que el fluido es oxígeno.

Por medio de la invención, se evita que en un punto dado a lo largo de la longitud del horno, la temperatura del material y la atmósfera del horno y su composición se establezcan o permanezcan en una combinación que pueda promover la formación de anillos.

La figura 1 ilustra el impacto en el tiempo de una variación continua no periódica y no cíclica de la impulsión de inyección de un chorro de fluido que consiste en oxígeno sobre la temperatura de la pared del horno / del material en el interior del horno en una posición longitudinal dada del horno.

De esta manera, la presente invención limita sustancialmente el crecimiento del anillo en localizaciones específicas en el interior del horno rotativo al desplazar la aparición de condiciones que promueven el crecimiento del anillo a lo largo de la longitud del horno rotativo. Esto se ilustra en la figura 2.

Tal como se muestra en el ejemplo de la figura 2, cuando el horno de cocción rotativo funciona con una impulsión global M1, el perfil de composición y temperatura longitudinal asociado crea una zona a una distancia X1 del conjunto de quemador en el que las citadas condiciones promueven la formación de anillos.

Después de un período determinado de funcionamiento del horno, por ejemplo, después de un número predeterminado de horas de funcionamiento o cuando se detecta una formación probable de anillos (por ejemplo, una disminución en la temperatura de la pared cilíndrica y/o un aumento en la caída de presión a lo largo del horno de cocción) la impulsión de la inyección de oxígeno en el interior del horno se cambia con el fin de cambiar la impulsión global del nivel M1 al nivel M2, modificando así la temperatura y la composición del material y la atmósfera en la zona X1 para detener el crecimiento del anillo en la citada zona y preferiblemente antes de la estabilización del citado anillo. En esta nueva fase de operación del proceso, las condiciones adecuadas para la formación de anillos ahora se han trasladado a una nueva localización X2 a lo largo del horno rotativo. Después de algunas horas más de producción o, tal como se ha indicado más arriba, cuando hay nuevas indicaciones de formación de anillos en el interior del horno, la impulsión de la inyección de oxígeno se ajusta nuevamente, por ejemplo, para volver al nivel de impulsión global inicial M1.

En el último caso, el funcionamiento del horno alternando entre la operación en el nivel de impulsión global M1 y el nivel de impulsión global M2, la variación del parámetro de inyección de oxígeno es discontinua. Cuando las variaciones de la impulsión de inyección de oxígeno tienen lugar a intervalos de tiempo fijos, la variación es periódica.

Cuando los cambios en el perfil de la temperatura longitudinal son suficientemente grandes, la presente invención hace posible además desestabilizar y disminuir o destruir los anillos que se han formado en el interior del horno en una etapa previa del proceso.

La figura 1 ilustra el impacto a lo largo del tiempo de una variación continua no periódica y no cíclica de la impulsión de inyección de un chorro de fluido que consiste en oxígeno sobre la temperatura de la pared del horno / del material en el interior del horno en dos posiciones longitudinales distintas del horno. Tal como se muestra en la figura 1, la impulsión del chorro de oxígeno fue variada lo suficiente como para cambiar la temperatura en las dos posiciones longitudinales (y, en consecuencia, el perfil de temperatura longitudinal en el interior del horno).

Sin embargo, los cambios en la impulsión del oxígeno no generan cambios significativos en la impulsión global del horno. El funcionamiento estable del horno y la productividad se mantienen de esta manera a pesar de los cambios en la impulsión de inyección de oxígeno.

El horno rotativo u horno de cocción 10 presenta un eje longitudinal inclinado alrededor del cual rota. El material que va a ser piropcesado, tal como el material de alimentación no calcinado o parcialmente calcinado, se introduce en el interior del horno rotativo 10 a través de la entrada 11 del horno de cocción localizada en el extremo superior del horno 10. El material se desplaza a través del horno rotativo 10 bajo el efecto de la gravedad y la rotación de la pared cilíndrica y es procesado por piropcesamiento por el calor generado por la combustión del combustible principal o combustibles principales 31 en el interior del horno 10. De hecho, es una práctica común usar el combustible o la combinación de combustibles apropiados más baratos posibles para el piropcesamiento de minerales con el fin de mantener bajos los costos de producción.

Los humos o gases de combustión 51 generados en el interior del horno son evacuados en el extremo superior del horno 10 a través del conducto de escape 50. Cuando, por ejemplo, un precalcinador (que no se ilustra) está presente aguas arriba del horno rotativo (en la dirección de flujo del material), al menos parte de los gases de combustión pueden ser dirigidos hacia citado precalcinador por medio del citado conducto de escape 50.

En el extremo inferior del horno 10, el material mineral piroprocesado es transferido desde el horno 10 al enfriador de material 20.

En el enfriador 20, el material piroprocesado es enfriado por medio de aire de enfriamiento 21.

5 Para la combustión del combustible principal o de los combustibles principales 31, se proporciona un quemador principal o conjunto de quemador 30 en la campana 12 del horno de cocción en el extremo inferior del horno 10. Este quemador principal 30 está diseñado típicamente para permitir la combustión eficiente de una gama de combustibles, incluidos los combustibles alternativos y de bajo valor calorífico 31.

10 Además del (de los) combustible (s) principal (es) 31, el quemador principal 30 también inyecta el oxidante primario de combustión 32, típicamente aire primario de combustión, en el interior del horno para generar una combustión parcial de los combustibles principales 31 con el oxidante primario 32. La combustión del (de los) combustible (s) principal (es) 31 se completa a continuación por una combustión adicional con oxidante secundario de combustión 22. El aire caliente 22 del enfriador 20 se usa como oxidante secundario de combustión y se inyecta en el interior del horno 10 en el extremo inferior del horno 10 separadamente del quemador principal 30.

15 En la realización que se ilustra que se muestra en la figura 3, una porción adicional 23 del aire caliente del enfriador 20 se usa como aire terciario y se transporta desde la campana 12 del horno de cocción a un calcinador (no mostrado) a través del conducto de aire terciario 40.

En la unidad de producción que se ilustra en la figura 4, un dispositivo de inyección de fluido 60 está instalado en el interior del conjunto de quemador 30 (por ejemplo, en los canales 33 y / o 34 en la figura 7).

20 El conjunto de quemador que se ilustra en la figura 7 está adaptado para quemar dos tipos de combustible principal. Se inyecta un primer combustible principal "primario" a través del paso de inyección de combustible primario anular 311. El aire primario de combustión se divide en dos flujos de aire. Un primer flujo de aire primario axial se inyecta en el interior del horno a través del paso de aire axial anular 321 que rodea el paso de inyección de combustible primario 311. Un segundo flujo de aire primario radial se inyecta a través del paso de aire radial anular 322 localizado adyacente y en el interior del paso de inyección de combustible primario 311. El conjunto de quemador
25 comprende además un elemento central en el interior del paso de aire 322. Se proporcionan múltiples pasajes o canales pasantes en el citado elemento central, y más particularmente, en el paso de combustible primario 312 para la inyección de combustible primario en el interior del horno rotativo y en los dos canales adicionales 33 y 34 que se han mencionado más arriba. Los parámetros de inyección del aire primario se fijan en función de la naturaleza y de los caudales del (de los) combustible (es) primario (s).

30 Puesto que muchos conjuntos de quemadores de horno de cocción rotativos existentes ya presentan uno o más de estos pasajes o canales pasantes que, en el funcionamiento normal del horno, no se usan para inyectar medios en el interior del horno, la instalación de un dispositivo de inyección de fluido para usar en el método de la invención a menudo es posible sin cambios en la estructura o en el diseño del conjunto de quemador 30 del horno 10.

35 En la unidad de producción que se ilustra en la figura 5, el dispositivo de inyección de fluido 60 está montado por separado del conjunto de quemador 30. El dispositivo de inyección 60 se muestra montado debajo del conjunto de quemador 30, pero también puede estar montado encima o al lado del conjunto de quemador 30, siempre que esto no interfiera con el buen funcionamiento del horno.

Una opción ventajosa para el fluido adicional 61 es el oxígeno.

40 De acuerdo con la presente invención, el dispositivo de inyección 60 se usa para inyectar un fluido, denominado fluido adicional, distinto del (de los) combustible (s) principal (es) 31, oxidante primario 32 y oxidante secundario 22, en el interior del horno. El dispositivo de inyección 60 se usa más específicamente para inyectar el fluido adicional 61 en el interior del horno y para variar al menos un parámetro de inyección del fluido adicional durante el funcionamiento del horno para lograr de esta manera un cambio en el perfil de temperatura longitudinal en el horno mientras se mantiene una productividad adecuada y calidad del producto piroprocesado.

45 Una forma de implementar la presente invención es variar la velocidad de inyección o la impulsión del fluido adicional 61, y de esta manera variar el perfil de temperatura longitudinal en el horno.

50 Esto se puede lograr usando una lanza con dos boquillas tal como dispositivo de inyección 60. Típicamente, una boquilla rodeará a la otra, por ejemplo en una disposición coaxial. Un ejemplo de una lanza de este tipo se ilustra en la figura 6. La lanza que se ilustra tiene un eje longitudinal 600, un tubo de suministro interno 68, que termina en la boquilla de inyección interna 66 y un tubo de suministro externo 67 que termina en la boquilla de inyección externa 65. La boquilla de inyección interna 66 define la abertura de inyección interna 63 y el espacio entre la boquilla de inyección interna 66 y la boquilla de inyección externa 65 define la abertura de inyección externa 64. Una lanza 60 de este tipo hace posible variar la velocidad de inyección de oxígeno y la impulsión de inyección incluso a velocidades de flujo de masa de oxígeno constante a través de la lanza 60, cambiando la inyección de oxígeno entre
55 (a) inyección de oxígeno sustancialmente a través de una de las aberturas de inyección 63 y 64 solamente y (b) inyección de oxígeno a través de ambas aberturas interna y externa 63, 64.

Por lo tanto, la lanza 60 puede ser usada para la variación escalonada discontinua de la velocidad o la impulsión de la inyección de oxígeno cambiando el funcionamiento de la lanza entre una primera y una segunda fase durante el funcionamiento del horno. Por ejemplo, durante una primera fase, el oxígeno es alimentado a ambas aberturas de inyección 63 y 64 para proporcionar una velocidad de inyección de oxígeno baja, mientras que durante una segunda fase, la boquilla interna 66 es alimentada con la mayor parte del oxígeno (por ejemplo, 90%) para inyectar un chorro de oxígeno a mayor velocidad o impulsión en el interior del horno. El 10% restante del flujo de oxígeno se inyecta a través de la abertura exterior 64 para garantizar el enfriamiento del exterior de la lanza y evitar daños térmicos a la misma. Cuando el área de la sección transversal del flujo de la abertura de inyección interna 63 difiere sustancialmente del área de la sección transversal del flujo de la abertura de inyección externa 64, se pueden realizar variaciones adicionales en la velocidad y la impulsión de la inyección de oxígeno al mismo caudal másico de inyección de oxígeno. Naturalmente, también es posible variar la velocidad o la impulsión de la inyección de oxígeno variando el caudal másico de oxígeno a través de la lanza y combinar una variación del caudal de fluido con una variación de la velocidad de inyección.

También es posible instalar dos o más dispositivos distintos de inyección de fluido adicional 60 para su uso de acuerdo con la presente invención. Por ejemplo, se pueden instalar varios dispositivos de inyección 60, cada uno con su propio punto de inyección y/o dirección de inyección en el interior del horno. En ese caso, el perfil de temperatura longitudinal del horno puede variar durante el funcionamiento del horno variando el flujo de fluido adicional a través de los diferentes dispositivos de inyección.

También es posible proporcionar varias lanzas de impulsión variable como se ha descrito más arriba, cada una capaz de inyectar oxígeno con una impulsión baja y alta a un caudal de masa de oxígeno constante.

Cuando el horno está equipado con dos lanzas de este tipo, por ejemplo, una en el canal 33 y otra en el canal 34 del conjunto de quemador que se muestra en la figura 7 o dos lanzas en diferentes posiciones alrededor del conjunto de quemador 30 en la figura 5 o en diferentes localizaciones en el interior del horno rotativo, y para funcionar, durante una primera fase, una de las citadas lanzas para inyectar oxígeno con una elevada impulsión, la otra para inyectar oxígeno con una baja impulsión, y a continuación cambiar a una segunda fase en la que la primera de las citadas dos lanzas inyecta oxígeno con una baja impulsión y la segunda de las dos lanzas inyecta oxígeno con una elevada impulsión. Al conmutar de esta manera entre la primera fase y la segunda fase durante el funcionamiento del horno, de nuevo es posible variar el perfil de temperatura longitudinal en el interior del horno incluso sin variar el caudal másico de oxígeno inyectado en el interior del horno como fluido adicional.

También es posible, opcionalmente en combinación con una de las realizaciones anteriores, variar el perfil de temperatura longitudinal en el horno variando la temperatura de fluido adicional inyectado en el interior del horno, por ejemplo precalentando el citado fluido a diferentes temperaturas por medio de intercambio de calor con los gases de combustión de la planta de producción de aglutinante hidráulico o con gas de enfriamiento del enfriador.

Ejemplo

La presente invención y sus ventajas se ilustran en el siguiente ejemplo no limitativo de la implementación del método de acuerdo con la presente invención.

En un horno de cocción rotativo de la técnica anterior para la producción de clínker de cemento del tipo que se ilustra en la figura 3, con una longitud interna de 65 m y equipado con un quemador 30 tal como se ilustra en la figura 7, pero sin lanza de inyección en ninguno de los canales 33 y 34, se produjo una formación sustancial de anillos a una distancia entre 20 m y 30 m del quemador 30, lo que resultó en reducciones significativas en la capacidad de producción. En el exterior del horno, se pudo observar la formación de los citados anillos en el interior del horno, ya que la temperatura de la camisa (es decir, la temperatura en el exterior de la pared cilíndrica del horno) cayó significativamente debido al efecto aislante de los depósitos de anillos.

De acuerdo con la presente invención, se instaló una lanza de oxígeno del tipo tubo en tubo que se muestra en la figura 6 en el paso 34 en el elemento de núcleo central del quemador 30 (como se muestra en la figura 7).

Una válvula de solenoide (no mostrada) en el extremo de entrada de la citada lanza de oxígeno controlaba la distribución del oxígeno inyectado respectivamente a través de la abertura de inyección interna 63 y la abertura de inyección externa 64.

Con el uso de la citada lanza de oxígeno y de la válvula de solenoide asociada, se inyectó oxígeno en el interior del horno de cocción a un caudal constante de 600 Nm³/h, pero con variaciones cíclicas de la velocidad de inyección de oxígeno.

La variación cíclica consistió en dos fases.

Durante la primera fase, la válvula de solenoide estaba cerrada y todo el oxígeno, a excepción de una fracción de barrido menor, se inyectó a través de la abertura de inyección interna 63 a una primera velocidad de inyección en el rango de 120 m/s a 140 m/s, preferiblemente a 120 m/s. La fracción de oxígeno de barrido se inyectó a través de la abertura de inyección externa 64. La citada fracción de oxígeno de barrido se obtuvo de la línea de suministro de

oxígeno derivando la válvula de solenoide y estaba limitada a la cantidad de oxígeno requerida para mantener la boquilla de inyección externa 65 a una temperatura suficientemente baja para evitar daños térmicos en la misma y para impedir que los gases cargados de partículas de la atmósfera del horno de cocción se desplazasen hacia arriba por la citada boquilla externa 65 durante la primera fase.

- 5 Durante la segunda fase del ciclo, la válvula de solenoide se abrió y el oxígeno se distribuyó e inyectó a través de la abertura de inyección interna 63 y la abertura de inyección externa 64, lo que resultó en una velocidad de inyección de oxígeno menor, entre 60 m/s y 90 m/s, preferiblemente de 60 m/s.

La conmutación entre las dos fases tuvo lugar cada 12 horas.

- 10 Cuando se usó el método de acuerdo con la presente invención, no hubo pérdida significativa de la capacidad de producción debido a la formación de depósitos en anillos.

En aquellas áreas en las que durante el funcionamiento del horno de cocción de la técnica anterior se observó la formación de anillos, es decir, a entre 20 m y 30 m del quemador, la temperatura de la cubierta del horno fue en promedio 200°C más alta que durante el funcionamiento del horno de la técnica anterior.

- 15 En comparación con el funcionamiento de la técnica anterior, se observó un aumento en la producción de aproximadamente 12 toneladas de clínker por tonelada de oxígeno inyectado.

- 20 Esto es aún más notable ya que la penetración de oxígeno en el interior del horno de cocción a parámetros constantes de inyección de oxígeno dio como resultado un aumento de producción significativamente menor de 2 a 4 toneladas de clínker por tonelada de oxígeno inyectado. El método de acuerdo con la invención no solo fue eficaz para prevenir la formación de anillos en el interior del horno rotativo. De hecho, cuando el método de acuerdo con la invención se usó después de un período de funcionamiento del horno de la técnica anterior, el método de acuerdo con la invención permitió la desestabilización y destrucción de los anillos formados con anterioridad.

Aunque la invención se ha descrito en la presente memoria descriptiva con respecto a hornos rotativos para la producción de aglutinantes hidráulicos, se apreciará que puede ser útil para todos los hornos rotativos en los que la formación de anillos durante el funcionamiento del horno presenta un problema.

25

Leyenda

- 10 : horno / horno de cocción rotativo
- 11 : entrada del horno de cocción / extremo superior
- 12 : campana de horno de cocción
- 5 20 : enfriador de material
- 21 : aire frío de enfriamiento
- 22 : aire secundario / aire de enfriamiento caliente
- 23 : aire terciario
- 30 : conjunto de quemador principal
- 10 31 : combustible (s) principal (es)
- 32 : aire primario / oxidante primario
- 33 : canal para dispositivo de inyección de fluido
- 34 : canal para dispositivo de inyección de fluido
- 40 : conducto de aire terciario
- 15 50 : conducto de escape de gases de combustión
- 51 : gases de combustión
- 60 : dispositivo / lanza de inyección de fluido
- 61 : fluido (s) adicional (es)
- 63 : abertura de inyección interna
- 20 64 : abertura de inyección externa
- 65 : boquilla de inyección externa
- 66 : boquilla de inyección interna
- 67 : tubo de suministro externo
- 68 : tubo de suministro interno
- 25 311 : combustible primario
- 312 : combustible secundario
- 321 : flujo axial de aire primario
- 322 : flujo radial de aire primario
- 600 : eje longitudinal del dispositivo de inyección de fluido
- 30

REIVINDICACIONES

1. Método de funcionamiento de un horno rotativo (10) para la producción de un aglutinante hidráulico, en el que:
 - 5 • el horno (10) tiene una forma sustancialmente cilíndrica con un eje longitudinal que está inclinado con respecto a la horizontal, un extremo superior (11), un extremo inferior y una pared sustancialmente cilíndrica, siendo la longitud del horno (10) de al menos 9 veces el diámetro del horno (10), y preferiblemente de 9 a 40 veces el diámetro del horno,
 - el horno (10) rota alrededor del eje longitudinal,
 - 10 • el material que va a ser piropcesado es alimentado al horno por su extremo superior (11), se desplaza hacia abajo a través del horno (10) bajo el efecto de la gravedad, se procesa por piropcesado en el interior del horno (10) por el calor generado por la combustión de un combustible principal (31, 311, 312) en el interior del horno (10) y sale del horno por su extremo inferior como material piropcesado,
 - el material piropcesado es transferido desde el horno (10) a un enfriador de material enfriado por aire (20), para producir material piropcesado enfriado y aire caliente (22),
 - 15 • el horno (10) comprende un conjunto de quemador (30) en su extremo inferior para inyectar el combustible principal (31, 311, 312) y el oxidante primario de combustión (32) en el interior del horno (10) para generar una combustión parcial del combustible principal (31, 311, 312) con el oxidante primario de combustión,
 - 20 • el aire caliente (22) del enfriador de material (20) es alimentado al horno (10) en su extremo inferior como oxidante secundario para proporcionar una combustión sustancialmente completa del combustible principal (31, 311, 312),
 - la llama generada por la combustión del combustible principal (31, 311, 312) con el oxidante primario (32) y secundario (22) es dirigida sustancialmente paralela al eje longitudinal del horno (10),
 - 25 • el gas de combustión (51) es evacuado del horno (10) en su extremo superior (11), **caracterizado por que:**
 - el perfil de temperatura longitudinal en el interior del horno es variado durante el funcionamiento del horno mediante la inyección en el interior del horno (10) de al menos un fluido (61) distinto del combustible principal (31, 311, 312), del oxidante primario (32) y del oxidante secundario (22), mediante lo cual se logra la variación del perfil de temperatura longitudinal variando continua o discontinuamente al menos un parámetro de inyección de la inyección del citado fluido (61) en el interior del horno (10).
- 35 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que, con el fin de variar el perfil de temperatura longitudinal en el interior del horno (10), el fluido (61) es inyectado con una velocidad de inyección variable continua o discontinua.
3. Método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que, para variar el perfil de temperatura longitudinal en el interior del horno (10), se inyecta al fluido (61) con una dirección de inyección que varía continua o discontinuamente.
- 40 4. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que, para variar el perfil de temperatura longitudinal en el interior del horno (10), el fluido (61) es inyectado desde uno o más puntos de inyección que varían de forma continua o discontinua.
5. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, para variar el perfil de temperatura longitudinal en el interior del horno (10), se inyecta al fluido (61) un caudal de inyección del fluido que varía continua o discontinuamente.
- 45 6. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, para variar el perfil de temperatura longitudinal en el interior del horno (10), el fluido (61) es inyectado con una temperatura del fluido (61) variable continua o discontinuamente.
7. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el fluido (61) se inyecta por medio de una o más lanzas (60) localizadas en el extremo inferior del horno (10).
- 50 8. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el fluido es un gas.

ES 2 786 313 T3

9. Método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el fluido (61) contiene un gas seleccionado del grupo que comprende: oxígeno, aire, CO₂, vapor y gas de combustión reciclado, o mezclas de los mismos, preferiblemente oxígeno o aire enriquecido con oxígeno.
10. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el fluido (61) es un líquido.
- 5 11. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 o 10, en el que el fluido (61) es un combustible auxiliar que se inyecta en el interior del horno por medio de un quemador auxiliar localizado en el extremo inferior del horno (10).
12. Método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el quemador auxiliar también inyecta un oxidante de combustión auxiliar para quemar el combustible auxiliar.
- 10 13. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el parámetro de inyección varía en función de la temperatura de la pared cilíndrica detectada en una localización dada a lo largo de la longitud del horno rotativo (10).
14. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el parámetro de inyección varía en función de la caída de presión a lo largo del horno rotativo (10).
- 15 15. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aglutinante hidráulico es cemento o cal.

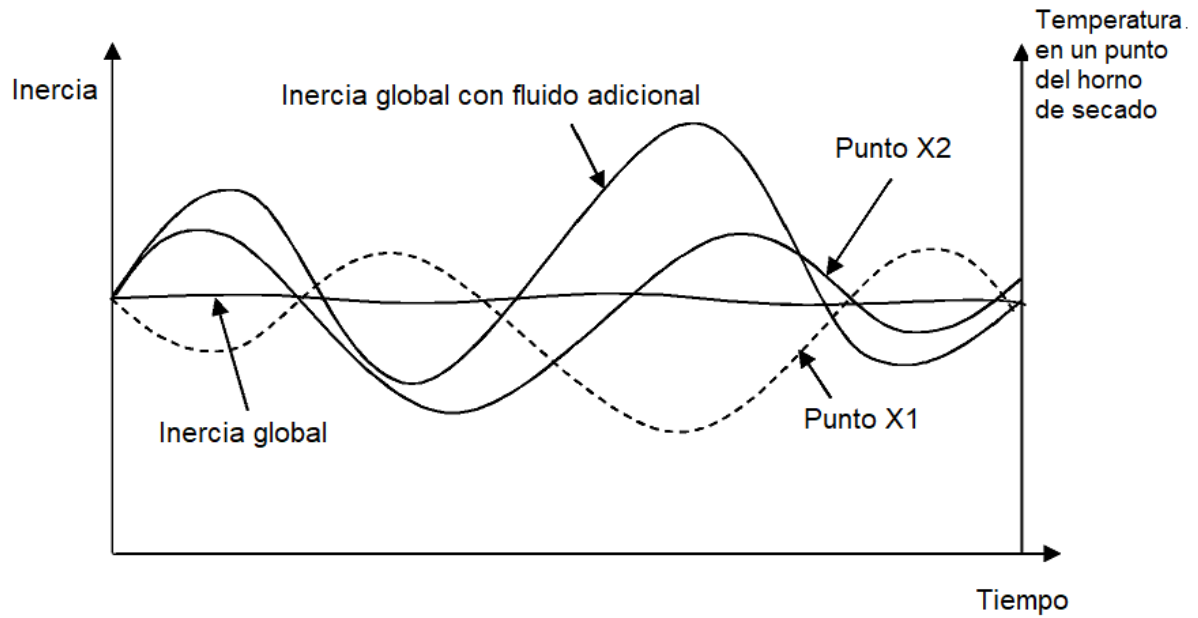


Figura 1

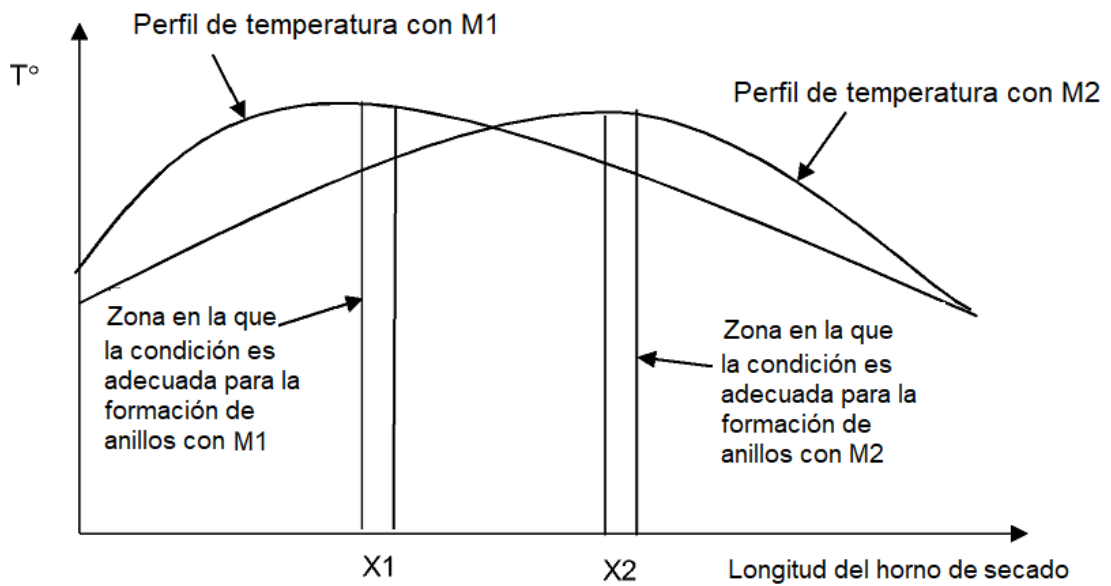


Figura 2

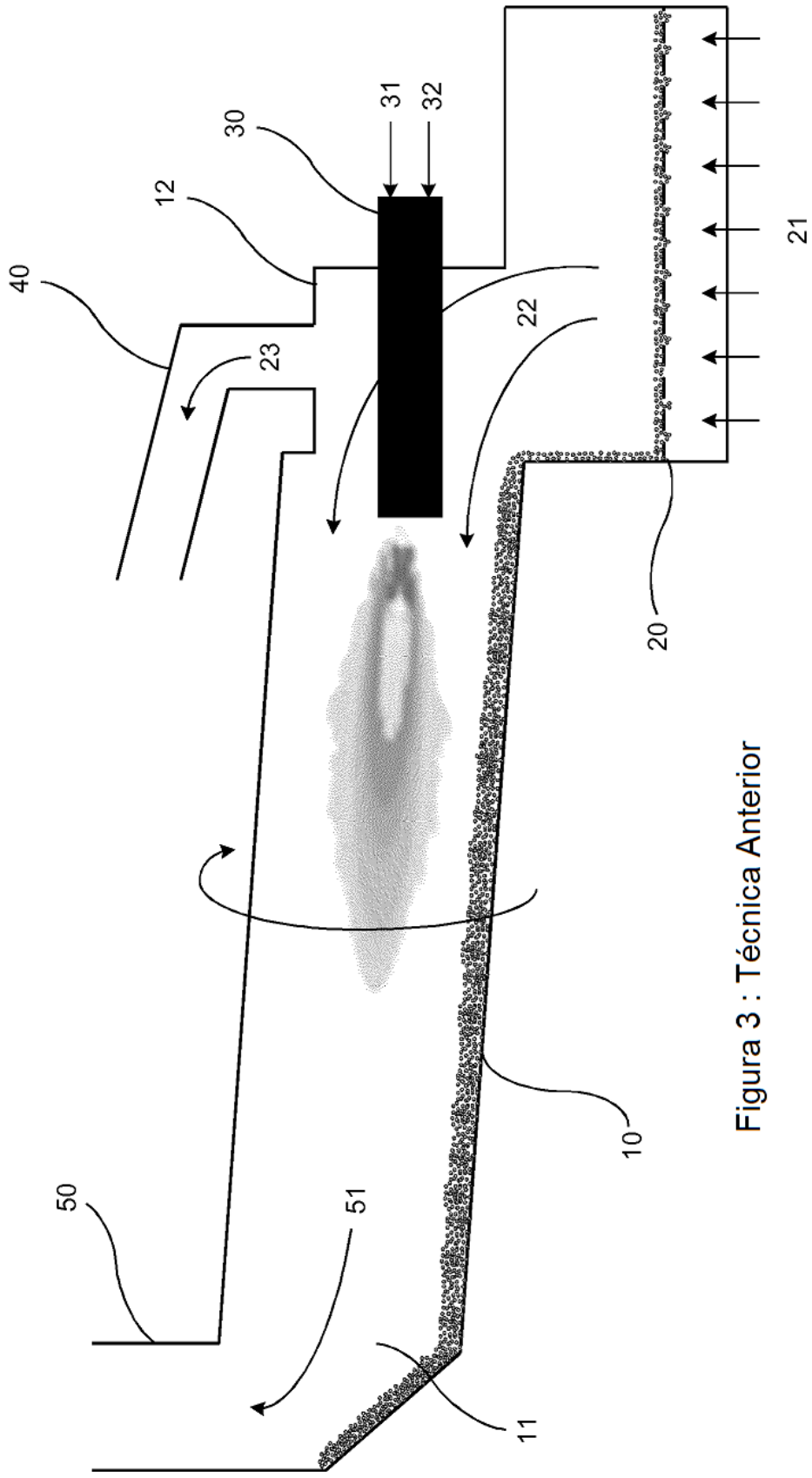


Figura 3 : Técnica Anterior

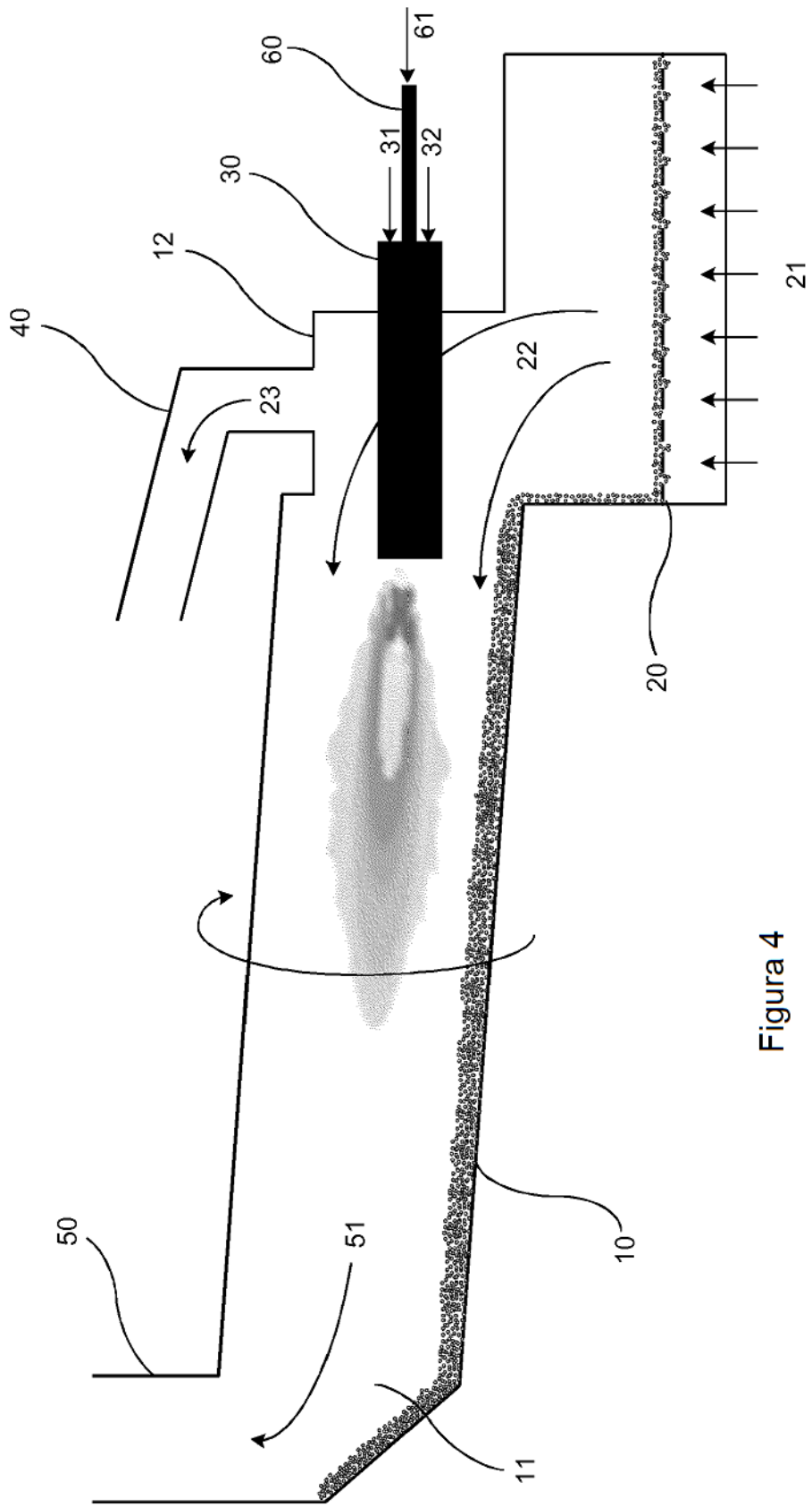


Figure 4

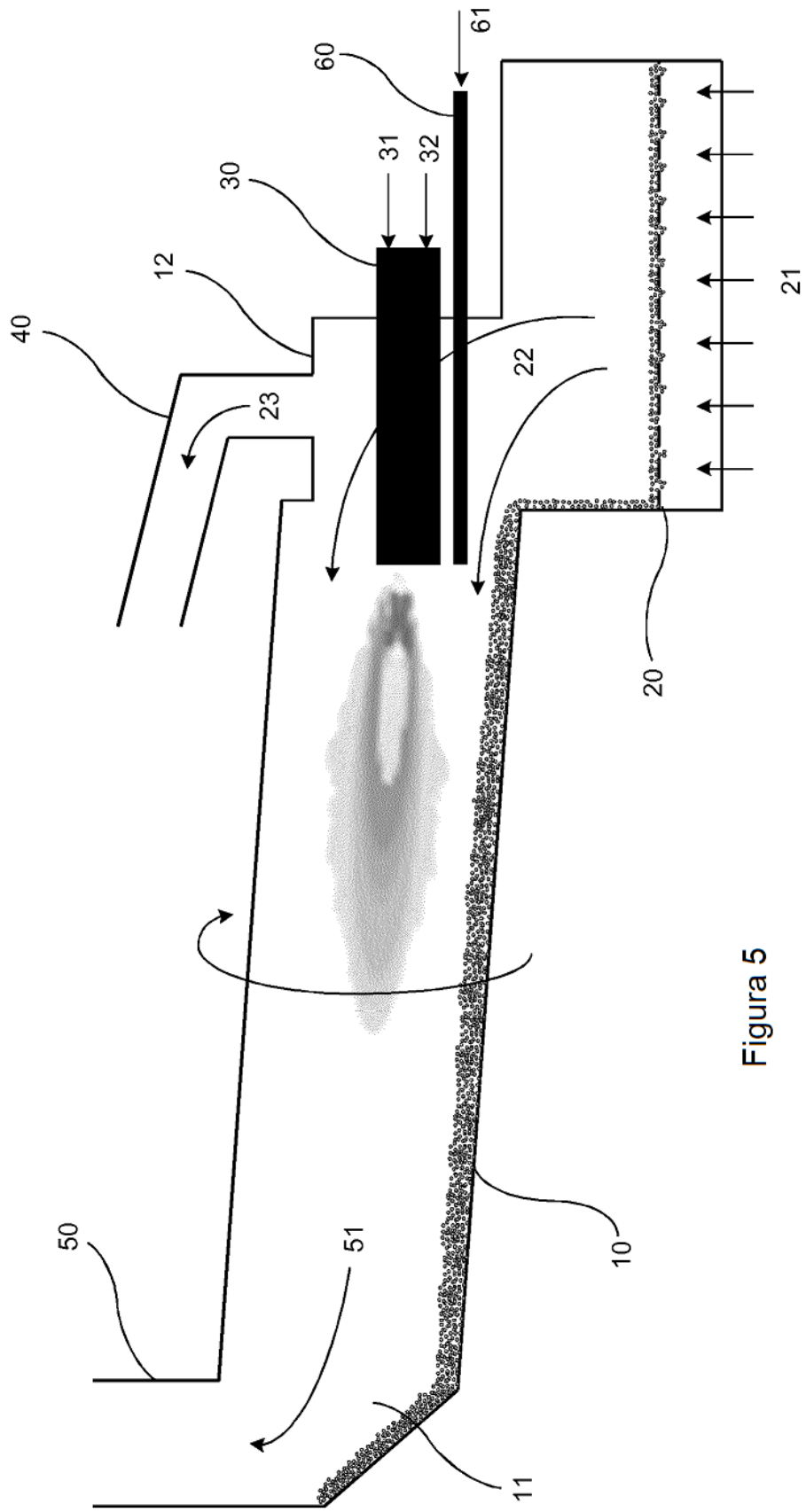


Figure 5

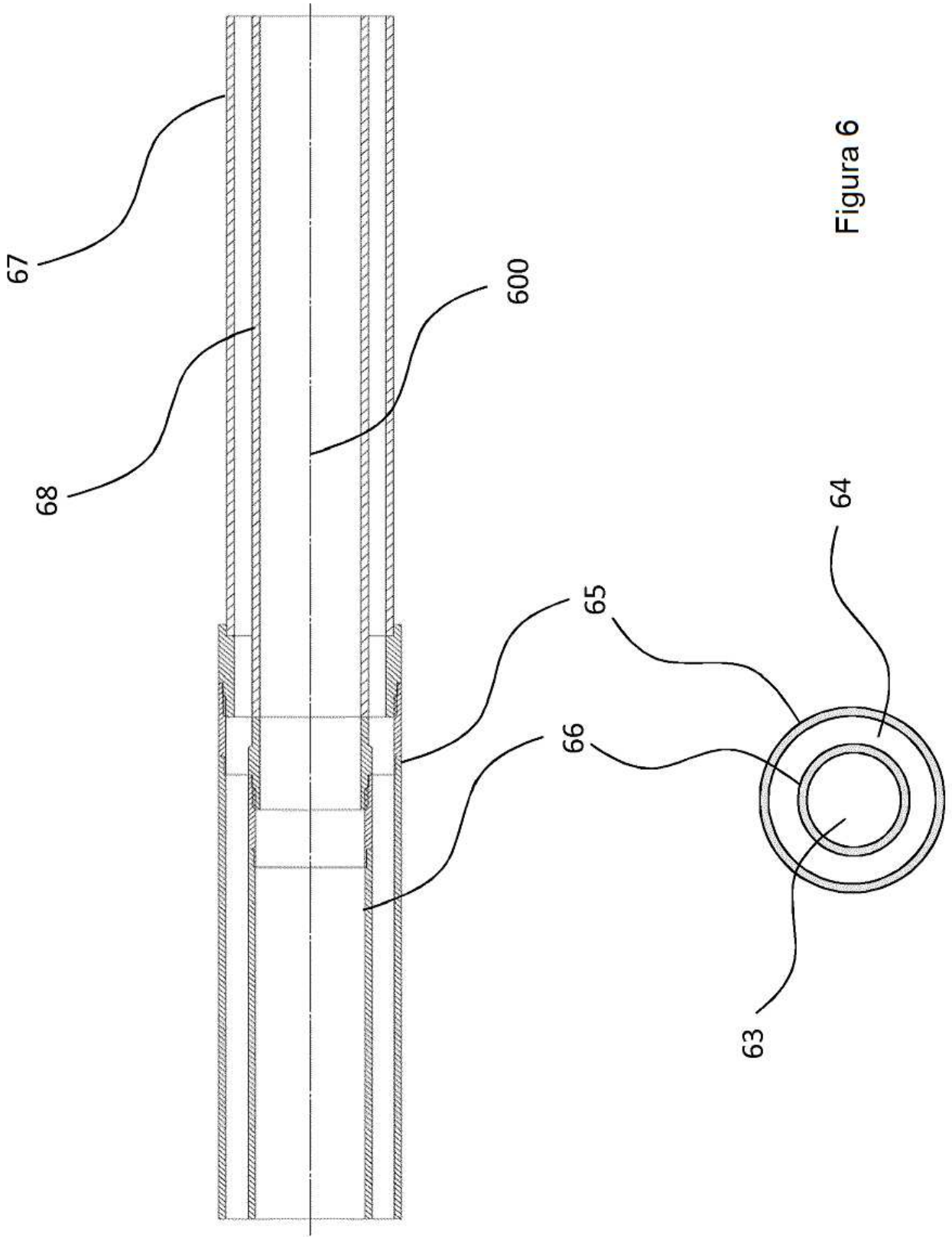


Figura 6

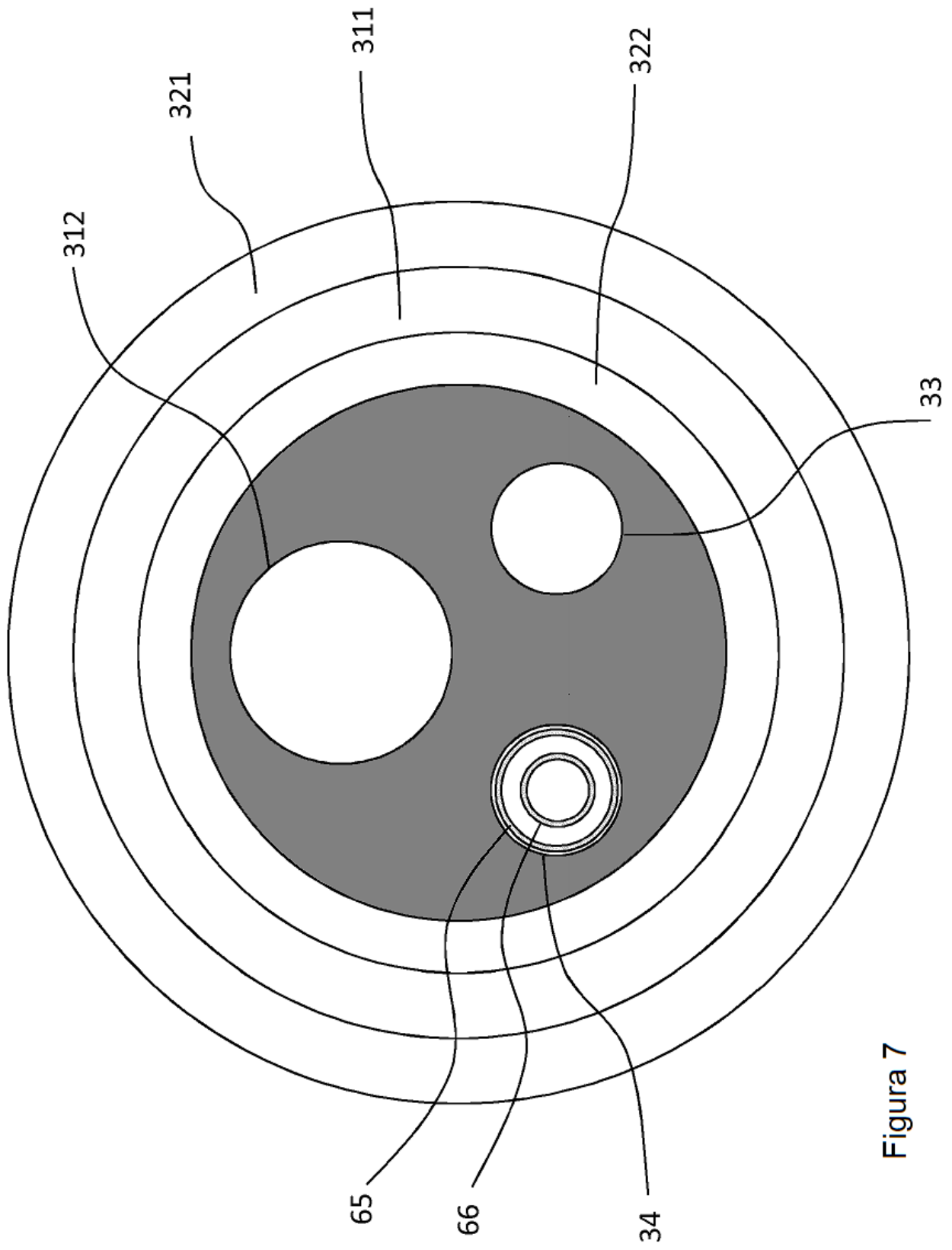


Figura 7