

Señores

Superintendencia de Industria y Comercio

Dirección de Nuevas Creaciones

E. S. D.

Ref: Expediente No. NC2019/0010924.

Solicitud de registro de Patente de Invención denominada “PROCESO DE FABRICACIÓN DE PUZOLANA CON CAMBIO DE COLOR Y SIN EMISIÓN DE CO”.

Entrada en fase nacional de la solicitud PCT/BR2018/050120.

Solicitante: DYNAMIS ENGENHARIA E COMERCIO LTDA.

Luz Helena Adarve, identificada como aparece al pie de mi firma, y obrando en mi condición de apoderada de **DYNAMIS ENGENHARIA E COMERCIO LTDA.**, solicitante de la patente en referencia, a continuación, doy respuesta al Oficio **No. 4573** del 07 de abril de 2021.

1. Respecto al título de la solicitud

En el numeral 2.1 del oficio No. **4573**, se presentan las siguientes observaciones sobre el título de la solicitud:

“El nombre de la invención de que se trata en el artículo 27 literal d) de la Decisión 486 deberá reflejar el objeto y el campo industrial con el cual se relaciona la misma y ser concordante con la materia descrita y las reivindicaciones de la solicitud. El nombre no podrá referirse a nombres personales, marcas de productos o nombres de fantasía.

El solicitante en el escrito radicado bajo el N° NC2019/0010924 el 1 de octubre de 2019, tituló la invención como: “PROCESO DE FABRICACIÓN DE PUZOLANA CON CAMBIO DE COLOR Y

PUZOLANA ASÍ OBTENIDA”. Este título no se relaciona con el objeto de la solicitud contenido en la descripción y las reivindicaciones, por lo cual se sugiere el título siguiente: “PROCESO DE FABRICACIÓN DE PUZOLANA CON CAMBIO DE COLOR A PARTIR DE ARCILLAS BLANCAS, AMARILLAS O ROJIZAS Y LA PUZOLANA ASÍ OBTENIDA”

Con el objetivo de superar esta objeción, es deseo del solicitante cambiar el título de la solicitud, sin embargo, el título sugerido por el examinador no refleja las características de la invención que se reclama.

Debido a que la invención que se reclama no produce emisiones de CO como se explica más adelante y que ahora el capítulo reivindicatorio solo reclama el proceso, es deseo del solicitante cambiar el título al siguiente:

“PROCESO DE FABRICACIÓN DE PUZOLANA CON CAMBIO DE COLOR Y SIN EMISIÓN DE CO Y PUZOLANA ASÍ OBTENIDA”

2. Respecto a las Objeciones a la Claridad y Concisión de las reivindicaciones (Artículo. 30 de la Decisión 486).

En el numeral 2.2 del oficio No. **4573**, se presentan las siguientes objeciones a la claridad de las reivindicaciones:

- *La expresión “mezcla de materia prima” (Reiv. 1), es de carácter general que no define adecuadamente la materia que se desea proteger y sugiere, de forma imprecisa, que la protección se extendería a posibles variaciones o modificaciones no sustentadas por la descripción. Se sugiere sustituirla por los materiales indicados en el párrafo [0018] de la descripción, a saber, arcillas blancas, amarillas o rojizas.*
- *La expresión “disminución rápida de la temperatura” (Reiv. 1) no define claramente la velocidad a la que disminuye la temperatura, por lo que no limita el alcance de la materia que se desea proteger. Se sugiere hacer las correcciones o aclaraciones correspondientes.*

- La expresión “alrededor de 0%” (Reiv. 4) carece de claridad, ya que implica que no se agrega combustible sólido a la mezcla, lo cual no tiene sustento en la descripción, la cual establece en el párrafo [0031] que el contenido mínimo de combustible es 1%. Se sugiere hacer las modificaciones y aclaraciones correspondientes.
- La expresión “alrededor de” (Reiv 4) carece de concisión y no define adecuadamente el alcance de la solicitud. Se sugiere hacer las correcciones y aclaraciones correspondientes.
- Las reivindicaciones 4 y 11 carecen de claridad por cuanto se refieren a un contenido de hematita en la materia prima pero no hay definición de una materia prima que pueda contener hematita. Se sugiere hacer las correcciones y aclaraciones correspondientes.
- La reivindicación 6 se refiere a un documento de patente, lo cual no constituye una manera adecuada de caracterizar una invención. Se le recuerda al solicitante que las reivindicaciones no pueden incorporar referencias a documentos externos y que todas las características de la invención deben estar explícitamente divulgadas en las reivindicaciones. Se recomienda hacer las correcciones y aclaraciones correspondientes.
- Las expresiones “Flash Calciner” (Reiv. 7) y “Flash Cooler” (Reiv. 8, 9) corresponden a un anglicismo, se le recuerda al solicitante que la solicitud solo debe contener expresiones técnicas en castellano. Se recomienda hacer las modificaciones y correcciones necesarias.
- Las reivindicaciones 12, 13 y 14 caracterizan la puzolana por el método de fabricación lo cual no constituye una manera adecuada de caracterizar un producto. Se recuerda al solicitante que los productos sólo pueden caracterizarse mediante sus componentes y sus cantidades. Se recomienda hacer las correcciones y aclaraciones correspondientes.

Con el fin de superar las objeciones presentadas respecto a la claridad y concisión de las reivindicaciones, **es deseo del solicitante presentar un nuevo capítulo reivindicatorio compuesto por 11 reivindicaciones**, que encuentran su debido sustento en las reivindicaciones y la descripción originalmente presentadas, sin que ello conlleve ampliación de la invención.

A continuación, se explicará cómo este nuevo capítulo reivindicatorio busca superar cada una de las objeciones de claridad expuestas previamente:

- Sobre la objeción del examinador que indica que la expresión “*mezcla de materia prima*” es de carácter general y que sugiere una protección no sustentada en la descripción, amablemente aclaramos que dicha expresión es lo suficientemente específica para definir de manera clara y concisa la materia que el solicitante desea proteger, y dicha protección está sustentada en la Descripción de la solicitud.

El solicitante desea proteger un “*Proceso de fabricación de puzolana con cambio de color*” que comprende una etapa de calentamiento de la “*mezcla de materia prima*” entre otras características y por esa razón lo define así.

La expresión “*mezcla de materia prima*” está sustentada en los párrafos [0018] y [0019] que dicen lo siguiente:

- El párrafo [0018] dice “*El proceso de esta invención consiste en un método para activación de arcillas y obtención de puzolana grisácea a partir de arcillas blancas, amarillas o rojizas y otras materias primas*” (Subrayado fuera de texto).
- El párrafo [0019] dice “*Calentamiento: consiste en calentar las materias primas a una temperatura entre 100 y 350° C hasta que el secado del material presente entre el 0% y el 5% de humedad*” (Subrayado fuera de texto).

La expresión “*mezcla de materia prima*” es una expresión más concisa (es decir es breve y precisa) para referirse a las “*arcillas blancas, amarillas o rojizas, y otras materias primas*” que se describen en el párrafo [0018] teniendo en cuenta que las arcillas blancas, amarillas o rojizas son también materias primas. De esta forma la expresión “mezcla de materia prima” no solo incluye las arcillas blancas, amarillas o rojizas sino también otras materias primas.

Debido a que la expresión “*mezcla de materia prima*” es clara, concisa y está sustentada en la descripción debe ser aceptada para definir la materia que se desea proteger de acuerdo con el Artículo 30 de la Decisión 486.

Sobre la sugerencia del examinador de sustituir esta expresión con solo las arcillas blancas, amarillas o rojizas, se indica que dicha sustitución limitaría injustificadamente la protección de la invención según lo descrito en la descripción porque no incluiría las “*otras materias primas*” definidas en el párrafo [0018].

- Sobre la objeción a la expresión “*disminución rápida de la temperatura*” se indica que la reducción rápida de temperatura es una reducción ‘activa’, es decir, utilizando refrigerantes, que se enumeran y especifican en las reivindicaciones 8 y 9.

Además, como se infiere del informe descriptivo, debido a que los cambios indeseados de color se producen cuando la temperatura es superior a 600° C, entre menos tiempo dure la materia prima a temperaturas superiores a 600° C, es decir cuanto más rápida es la reducción de temperatura hasta 600°C, menor es el riesgo de un cambio no deseado en el color de la puzolana. Por lo tanto, no existe una velocidad de enfriamiento preferencial, sino la necesidad de que el enfriamiento tenga lugar lo más rápido posible.

Para hacer este paso de enfriamiento aún más claro, el solicitante modifica esta expresión para incluir la palabra ‘activa’ con el objetivo de dejar claro que no es un enfriamiento pasivo y que debe ser activo para conseguir dicha disminución rápida de temperatura que se requiere.

- Sobre la expresión “*alrededor de*” se indica que se eliminó y, por lo tanto, se superan las objeciones relacionadas.
- Sobre la cantidad de 0% que según el examinador no tiene sustento en la descripción de la solicitud, se aclara que dicha descripción sí apoya la no inclusión de combustible sólido cuando el contenido de hematita es inferior al 3% en la segunda fila de la Tabla I, debido a que, de acuerdo con dicha Tabla I de la Descripción de la solicitud, el combustible sólido solo es necesario cuando el contenido de hematita es superior al 3%.

- Sobre la objeción a las reivindicaciones 4 y 11 que según el examinador carecen de claridad porque se refieren a un contenido de hematita en la materia prima pero no hay definición de una materia prima que pueda contener hematita, amablemente se indica que la presencia de hematita en las materias primas para la fabricación de puzolana, por ejemplo, hematita en la composición de las arcillas, es bien conocida por la persona del oficio técnico del sector. En general, es rara la existencia de dichas materias primas sin hematita. En otras palabras, la presencia de hematita en las materias primas para fabricar puzolana es en la práctica un hecho.
- Sobre la objeción a la reivindicación 6, se eliminó la referencia a documentos externos.
- Sobre las expresiones “Flash Calciner” de la reivindicación 7 y “Flash Cooler” de las reivindicaciones 8 y 9, se indica que fueron reemplazadas respectivamente por “calcinador rápido” y “enfriador rápido” respectivamente. Estas expresiones también fueron modificadas en la descripción.
- Sobre las objeciones a las reivindicaciones 12, 13 y 14, se indica que estas reivindicaciones fueron canceladas.

3. Respecto a las Objeciones a la Claridad de la Descripción (Artículo 28 de la Decisión D486).

En el numeral 2.3 del oficio No. **4573**, se presentan la siguiente objeción a la claridad de la Descripción:

- *Las expresiones “Flash Calciner” y “Flash Cooler” corresponden a un anglicismo, se le recuerda al solicitante que la solicitud solo debe contener expresiones técnicas en castellano. Se recomienda hacer las modificaciones y correcciones necesarias.*
- *El párrafo [0028] establece que el horno se alimenta con materias primas que contienen del 0% de la mezcla, lo cual no es coherente por cuanto sugiere que no se adiciona nada al horno, lo cual significa que no se lleva a*

cabo ningún proceso. Se recomienda hacer las correcciones y aclaraciones correspondientes.

- *La tabla 1 no es coherente con el párrafo [0031], ya que mientras que en dicha tabla se establece que el combustible sólido es innecesario si el contenido de hematita en la materia prima es < al 3%, en el párrafo en mención se establece que la cantidad de combustible sólido varía de 1% a 5%. Se sugiere hacer las correcciones y aclaraciones correspondientes.*

Sobre esto se indica que junto con esta repuesta se presenta una descripción modificada que supera las objeciones anteriormente planteadas.

A continuación, se explica cómo dicha Descripción supera dichas objeciones:

- Sobre las objeciones a las expresiones “Flash Calciner” y “Flash Cooler”, se indica que la Descripción fue complementada para indicar que dichas expresiones corresponden a “calcinador rápido” y “enfriador rápido” respectivamente. Adicionalmente, se complementó de igual forma la expresión “Flash dryer” para indicar que se refiere a “secador rápido”.
- La traducción de la expresión del párrafo [0028] fue corregido de la siguiente forma “En la "etapa 1", el horno se alimenta con materias primas que contienen del 0% hasta el 50% de mezcla humedad” para que corresponda a la traducción del texto original donde la expresión original en la solicitud PCT es “In "step 1" the kiln is fed with raw materials that contain 0-50% of moisture”. Con esta corrección ya se entiende que la expresión no se refiere a que se ingrese un 0% de mezcla sino que dicha materia prima puede tener un 0% de humedad.
- Sobre la coherencia del párrafo [0031] con la Tabla I, se indica que el proceso que se describe en la Descripción consiste en adicionar combustible sólido entre 1% a 5% dependiendo de la cantidad de hematita (de acuerdo con el párrafo [0031]) y para una cantidad menor a 3% de hematita no es necesario adicionar dicho combustible (de acuerdo con la Tabla I). En otras palabras, de forma más resumida, cuando se necesita combustible sólido, se agrega en una cantidad que varía entre el 1 y el 5%, y cuando no es necesario, no se agrega. El párrafo [0031] es coherente con la Tabla I porque el rango de los valores de combustible sólido que se

adicionan cuando la cantidad de hematita se encuentra entre 3% y 12% son valores que están entre 1% y 5% como lo indican las filas 3, 4 y 5 de la Tabla I.

4. Respecto a la Determinación del Estado de la Técnica y al Examen de Patentabilidad

En los numerales 3, 4 y 5 del oficio citado, ese Despacho concluye que las reivindicaciones de la presente solicitud de patente carecen de nivel inventivo frente a las enseñanzas de los documentos **US2014/0000491 (D1)** y **PI 1002450-6 (D2)**.

4.1. Novedad y Nivel inventivo

Aunque el Examinador haya citado los documentos **D1 y D2** para objetar la altura inventiva de la presente invención, es posible afirmar que éstos no enseñan las características esenciales de la invención, como será demostrado a continuación.

Los documentos citados en el examen de patentabilidad (D1 y D2) están relacionados con procesos para la producción (activación por calentamiento) de puzolana de color gris, como la presente invención. El contenido de estos dos documentos ya había sido detectado como tecnología anterior por el solicitante y citados en la Descripción de la presente solicitud (ver párrafos [004] y [007]). Los documentos D1 y D2 no tienen objetivos comunes en relación con la presente invención. Específicamente, ninguno de los documentos de la técnica anticipa la producción de puzolana con control de color preciso y permanente, y sin emisión alguna de CO.

Tal y como lo indica la Descripción de la solicitud en su párrafo [007] de la presente solicitud, el documento WO 2012/126696, que corresponde al mismo contenido del documento US2014/0000491 (D1), **a diferencia de la invención de la presentes solicitud** divulga una solución que conduce a un sistema más complejo, que generalmente resulta es una operación más costosa y que emite monóxido de carbono.

El documento D1 se refiere a un proceso de fabricación de un sustituto de clínker en la producción de cemento que puede reemplazar del 10% hasta el 40% de clínker en la composición de cemento. El material referido está hecho de arcilla con una fracción de masa de hierro superior al 1,5% (base húmeda) y una fracción de masa de caolinita inferior al 40% (base húmeda). La calcinación de arcilla se realizará en un horno de lecho fluidizado o en un horno rotativo o en un calcinador ascendente o en una torre de ciclones, con atmósfera reductora, con gases de escape y con temperaturas entre 600 y 1000° C. El proceso de enfriamiento se realizará hasta que la temperatura sea inferior a 300° C, con la adición de un combustible líquido (generalmente aceite), que se gasifica durante el contacto con el material caliente y genera monóxido de carbono (CO), lo que contribuye al mantenimiento de una atmósfera reductora. El material final contendrá más del 90% de magnetita - Fe_3O_4 - fracción de masa (base húmeda), más del 0,1% de fracción de masa de CaO y ninguna cantidad de hematita - Fe_2O_3 . El color final del material será gris. El proceso descrito hace uso de un combustible líquido (aceite) sobre el material caliente para mantener la atmósfera reductora durante el proceso de enfriamiento. Esta solución conduce a un sistema más complejo (tanque, bombas, válvulas) y generalmente el resultado es una operación más costosa, debido al mayor precio del combustible.

Por otro lado, tal y como lo indica la Descripción de la solicitud en su párrafo [004] de la presente solicitud, el documento BRPI 1002450-6, **a diferencia de la invención de la presentes solicitud divulga una solución que emite monóxido de carbono, sin detalles en el proceso de enfriamiento que afecte el color final del material, ni control control sobre dicho color final.**

El documento D2 se refiere a un proceso de fabricación de puzolana artificial activada mediante la calcinación de arcilla en un horno horizontal, con la adición de un combustible sólido a temperaturas entre 300 y 900° C. Dentro del horno habrá una atmósfera reductora, con niveles de monóxido de carbono (CO) que varían entre el 0,5% hasta el 3% y el tiempo de permanencia del material varía entre 40 y 70 minutos. El proceso de enfriamiento se realizará con aire a contracorriente o a temperatura ambiente. El proceso descrito tiende a reducir o eliminar el resultante color rojizo de la puzolana para las tonalidades entre marrón oscuro y gris claro. El proceso descrito ocurre en una atmósfera reductora con el 0,5% hasta el 3% de monóxido de carbono, lo que indica que habrá CO en la

composición de los gases de escape del horno. No hay ninguna mención sobre el proceso de enfriamiento y sus consecuencias para el color final del material. La descripción no menciona ningún control sobre el color final exacto del producto.

En cuanto al control del color de la puzolana producida, así como su estabilidad, los inventores descubrieron que esto solo es posible a partir de un control refinado del paso de enfriamiento, y que este paso debe realizarse de forma escalonada, es decir, con un primer enfriamiento rápido hasta una temperatura intermedia (unos 600 °C) complementado con un enfriamiento hasta una temperatura de unos 120 °C. Además, es imperativo que el primer enfriamiento se realice rápidamente y, para ello, la invención prevé un enfriamiento activo, por ejemplo, mediante el uso de agua que se reclama en la reivindicación 9, ya sea bajando la temperatura de las paredes de un tambor en un enfriador rotativo, o agua serpentina en el caso de un enfriador de lecho fluidizado.

Según los estudios realizados por los inventores, este enfriamiento rápido y activo es necesario para obtener la estabilización del color de puzolana. Como resultado de estos estudios, los inventores encontraron que los cambios involuntarios en el color de la puzolana calcinada ocurren exactamente a temperaturas superiores a aproximadamente 600 °C, y que, si la puzolana se coloca a temperaturas inferiores a 600 °C, la segunda fase de enfriamiento se puede realizar sin riesgo de cualquier cambio involuntario en la coloración de la puzolana. Así, la solución descubierta por los inventores, y que no está divulgada en el estado de la técnica, es reducir la temperatura de la puzolana calcinada, rápidamente de forma forzada (es decir de forma activa) con la ayuda de un refrigerante para evitar el rango de temperatura crítica en el que pueden ocurrir cambios involuntarios en la coloración de la puzolana.

Además, nada de lo mencionado en la técnica anterior (D1 y D2) permite producir puzolana sin la emisión o producción de CO. Según el desarrollo realizado por los inventores, es posible prevenir la liberación o generación de CO controlando con precisión la cantidad de combustible añadido a la materia prima en función de la cantidad de hematita en la arcilla. Ninguno de los documentos D1 o D2 brinda ningún tipo de control en la cantidad de combustible agregado a la materia prima en función de la cantidad de hematita, así como tampoco define el uso preferencial de combustible sólido (ver reivindicación 3) y previamente seco (ver reivindicación 2) antes del paso de calcinación.

Adicionalmente se indica que las generalidades citada en el Oficio No. 4573 para objetar alguna de las características específicas de la invención no deben considerarse como una divulgación de dichas características específicas y, por lo tanto, no afectan la novedad ni nivel inventivo de la solicitud.

Lo anterior se basa en que las **generalidades** no anulan la novedad de características **específicas**, es decir las generalidades no se consideran una divulgación de lo específico, esto de acuerdo con la sección 2.12.3.1 de la “*Guía para examen de solicitudes de patente de invención y modelo de utilidad*”, Versión de enero de 2014, de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), que establece lo siguiente:

“El examinador deberá tener en cuenta que una expresión general del estado de la técnica no anula la novedad de un elemento particular que se reivindica y que está incluido dentro de tal expresión general”
(subrayado fuera de texto).

De acuerdo con lo anterior, indicamos que las generalidades de los documentos D1 y D2 no mencionan ciertas particularidades de la invención que se reclama como se explica a continuación.

Aunque el documento D1 en su párrafo [0056] menciona una etapa de pretratamiento en donde la materia prima es secada en un secador hasta una humedad <6%, el documento D1 no menciona que dicho secado se realice a una temperatura entre 100° C y 350° C. Por el contrario, el documento D1 indica que dicho secado se realiza a una temperatura de 70° C (ver párrafo [148]). Sobre esto, aunque el documento D1, en una etapa posterior al secado divulga un precalentamiento a una temperatura entre 350°C y 600°C (Ver párrafo [0057]), dicha etapa posterior no controla el secado a niveles de humedad entre 0% y 5% y es una etapa diferente a la etapa de pretratamiento descrita en el párrafo [0056]. Es decir, la persona del oficio en conocimiento del documento D1, se alejaría de la invención que actualmente se reclama en la presente solicitud porque implementaría dos etapas distintas, una etapa de secado (con valores de humedad <6% y una temperatura de 70°C) y una otra etapa posterior y distinta de precalentamiento (con valores de temperatura entre 350° C y 600° C), pero no una sola etapa donde se calienta la mezcla de materia prima a una temperatura entre 100 y 350° C hasta que el material se seque a un rango de humedad entre el 0% y el 5%.

Aunque el documento D2 menciona que una arcilla o mezcla de arcillas se mezcla con combustible en una cantidad entre 1% y 10% (ver página 5, líneas 15 a 23) dicha cantidad de combustible no depende de la concentración de hematita de la materia prima como se requiere en la presente solicitud. La dependencia de la cantidad de combustible con la cantidad de combustible es una característica importante de la invención porque es la que permite reducir o eliminar las emisiones de CO como se explicó anteriormente. Por lo tanto, el documento D2 no divulga ni sugiere “*mezclar las materias primas secas que provienen de la etapa de calentamiento, con el 1% hasta el 5% de fracción de masa de combustible de acuerdo con la concentración de hematita de la materia prima*”.

Los documentos D1 o D2 no mencionan “*calentar la mezcla de combustible con materias primas secas a una temperatura entre 700 y 900° C, con una concentración de oxígeno entre el 1% y el 5%*”.

Aunque el documento D1 menciona un calentamiento a una temperatura entre 600° C y 900° C (ver párrafo [0057]) dicho calentamiento no se realiza con una concentración de oxígeno entre el 1% y el 5%. Adicionalmente, el análisis de patentabilidad del oficio en referencia cita el párrafo [0059] del documento D1 para sugerir que el calentamiento se realiza en una atmosfera reductora, sin embargo, la aplicación de condiciones de reducción a las que se refiere el documento D1 se realiza después de la etapa de calcinación (ver párrafos [0058] y [0059]) y no implican una concentración de oxígeno en la atmosfera. Las condiciones de reducción que se divulga en D1 se refiere a condiciones de oxígeno excluido (sin oxígeno) como se evidencia en su párrafo [0059]. Por lo tanto, nada en el documento D1, inclusive lo descrito en su párrafo [0059], divulga o sugiere la concentración de oxígeno entre el 1% y el 5% que se requiere en la presente invención para la etapa de calcinación.

Por su parte, aunque el documento D2 menciona un calentamiento a una temperatura entre 600° C y 900° C en un ambiente reductor (ver página 5, líneas 23 a 26) dicho calentamiento no se realiza con una concentración de oxígeno entre el 1% y el 5%. Nótese que un ambiente reductor no implica una concentración de oxígeno entre 1% y 5%. Por el contrario, el ambiente reductor que se divulga en el documento D2 motivaría a la persona del oficio utilizar agentes reductores en vez de agentes oxidantes (el oxígeno es un agente oxidante) y, de esta manera, el documento D2, en vez de divulgar o sugerir la

invención que se reclama, se aleja de ella. Por lo tanto, nada en el documento D2, inclusive lo descrito en las líneas 23 a 26 de su página 5, divulga o sugiere la concentración de oxígeno entre el 1% y el 5% que se requiere en la presente invención para la etapa de calcinación.

Los documentos D1 o D2 tampoco mencionan un paso de enfriamiento con dos etapas, *“una etapa inicial con disminución rápida y activa de la temperatura hasta 600° C y una etapa final con disminución de la temperatura de la puzolana hasta 120° C”*.

Aunque el documento D1 menciona un primer enfriamiento donde se reduce la temperatura a un valor menor de 300° C (ver párrafo [0059]) dicho primer enfriamiento es diferente a la etapa inicial que se reclama en la presente solicitud porque, en la invención que se reclama requiere disminuir la temperatura hasta 600° C, lo que es diferente a la reducción hasta los 300°C o menos que se divulga en D1. Además, el documento D1, aunque divulga un enfriamiento final (ver párrafo [0060]), no divulga ni sugiere que dicho enfriamiento final reduzca la temperatura hasta 120° C como lo requiere la presente solicitud.

Por su parte, el documento D2, aunque menciona un paso de enfriamiento (ver página 6, líneas 9 a 11, y reivindicación 8), no enseña ni sugiere como se debe reducir la temperatura durante dicho paso enfriamiento. Particularmente, el documento D2 no enseña una primera reducción de temperatura hasta 600° C, ni tampoco una segunda reducción de temperatura hasta 120° C como lo requiere la invención de la presente solicitud.

Así, aun combinando las enseñanzas de los documentos D1 y D2, una persona del oficio medianamente versada en la materia no podría anticipar el proceso de producción de puzolana, con color controlado y estable, y sin ninguna emisión de CO a la atmósfera.

Por todo lo anterior se concluye que las reivindicaciones independientes en cuestión poseen características que no se dan a conocer de manera obvia para una persona versada en la materia por los documentos D1 o D2, por ende la presente invención debe ser considerada como novedosa y con nivel inventivo sobre el estado de la técnica presentado por el Examinador.

5. Conclusión

Las modificaciones realizadas a las reivindicaciones y Descripción de la presente solicitud de patente y las aclaraciones presentadas a lo largo del presente escrito permiten superar completamente las objeciones realizadas a la claridad de las reivindicaciones, por lo cual, la presente solicitud cumple a cabalidad las exigencias establecidas por el artículo 30 de la Decisión 486 según los requerimientos del Examinador.

De otra parte, los argumentos expuestos en el numeral 4 del presente escrito ponen de manifiesto de una manera clara y contundente que lo revelado en las nuevas reivindicaciones de la presente solicitud resulta completamente novedoso e inventivo sobre las enseñanzas del estado del arte más cercano representado por los documentos D1 y D2, toda vez que nada dentro de dichos documentos revela en forma directa o al menos llega a sugerir todas las características que se reclaman en la presente solicitud.

En consecuencia, me permito solicitar a este Despacho, proceder con la revisión de las modificaciones y de los argumentos aquí presentados, para conceder el privilegio de patente solicitado para la materia objeto de las 11 reivindicaciones ahora presentadas en el capítulo reivindicatorio modificado, y que de subsistir alguna duda o inquietud respecto a la patentabilidad de la presente invención, a pesar de las modificaciones y argumentos técnicos ahora presentados, sin apartarse del espíritu inventivo originalmente revelado en la solicitud internacional, se le brinde la oportunidad al solicitante de aclararla o de limitar aún más la invención, mediante la emisión de un segundo examen de fondo, teniendo en cuenta el nuevo capítulo reivindicatorio que se somete a revisión, antes de que se emita una decisión definitiva por parte de ese Despacho, de conformidad con lo dispuesto en 1.2.2.5.1 del artículo primero de la Resolución 54093 de 2012.

6. Anexos

Junto con este escrito se incluye lo siguiente:

- Capítulo reivindicatorio modificado, en donde se han llevado a cabo las modificaciones mencionadas anteriormente.

- Capitulo descriptivo modificado.

7. Pagos

Junto con esta respuesta se paga la tasa correspondiente a la tasa de modificación.

Petición

Solicito al Despacho, y en el evento que el examinador considere que pese a las modificaciones presentadas aún existen objeciones, que proceda a emitir un segundo examen de fondo sobre el nuevo capítulo reivindicatorio presentado.

En este sentido requiero se me comunique a través del SIPI o cualquier otro medio la existencia de estas objeciones para, de esta manera, si procede, realizar el nuevo pago del examen de patentabilidad de la solicitud de la referencia.

Atentamente,



LUZ HELENA ADARVE GÓMEZ.

C.C 41.575.435 de Bogotá.

T.P. 14.884 C.S.J.

FJG

P-1106

Reivindicaciones (con marcas de corrección)

1. Proceso de fabricación de puzolana con cambio de color, caracterizado por comprender las siguientes etapas:

- Calentamiento (1): consiste en calentar la mezcla de materia prima a una temperatura entre 100 y 350° C hasta que el material se seque a un rango de humedad entre el 0% y el 5% (base húmeda).
- Mezcla (2): consiste en mezclar las materias primas secas que provienen de la etapa de calentamiento, con el 1% hasta el 5% de fracción de masa de combustible de acuerdo con la concentración de hematita de la materia prima.
- Calcinación (3): consiste en calentar la mezcla de combustible con materias primas secas a una temperatura entre 700 y 900° C, con una concentración de oxígeno entre el 1% y el 5%.
- Enfriamiento (4): consiste en una etapa inicial con disminución rápida y activa de la temperatura hasta 600° C y una etapa final con disminución de la temperatura de la puzolana hasta 120° C.

2. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por una etapa de mezcla (1) que precede la etapa de calentamiento (2), esta última consistiendo en calentar una mezcla de materias primas y combustible sólido a una temperatura entre 100 y 350° C hasta el secado de la mezcla a una fracción de masa de humedad del 0% hasta el 5% (base húmeda).

3. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por el hecho de que el combustible es sólido y se seleccionará entre los siguientes: carbón mineral, carbón vegetal, coque de petróleo, carbón pulverizado, biomasa u otros desechos ricos en carbono.

4. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 o 3, caracterizado por el hecho de que durante la etapa de mezcla (1) la cantidad de combustible sólido agregado es de ~~alrededor del~~ 0% para una concentración de hematita inferior al 3% en la composición de la materia prima; ~~alrededor del~~ 1,5% para una concentración de hematita entre el 3% y el 5% en la composición de la materia prima; ~~alrededor del~~ 3% para una concentración de hematita entre el 5% y el 8% en la composición de la materia prima; y ~~alrededor del~~ 5% para una concentración de hematita entre el 8% y el 12% en la composición de la materia prima.

5. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por el hecho de que la etapa de calcinación (3) puede hacer uso de gases recirculados bajos en oxígeno del escape.

6. Un proceso, según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por el hecho de que durante la etapa de calcinación (3) la combustión de combustible sólido, líquido o gaseoso tiene lugar dentro de una precámara de combustión compacta, ~~de acuerdo con el documento BR-PI 1000417-3.~~

7. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por el hecho de que el equipo de calcinación se selecciona entre: horno rotativo o lecho fluidizado o ~~"Flash-Calciner"~~calcinador rápido".

8. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por el hecho de que la etapa de enfriamiento (4) tiene lugar en un enfriador que se seleccionará entre: enfriador rotativo o lecho fluidizado o ~~"Flash-Cooler"~~enfriador rápido".

9. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por el hecho de que la primera etapa del proceso de enfriamiento consiste en mantener húmedo el lado externo del tambor, en el caso de un enfriador rotativo o ~~"Flash-Cooler"~~enfriador rápido" o mediante el uso de un agua serpentina, en caso de lecho fluidizado.

10. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 1, 2 u 8, caracterizado por el hecho de que la segunda etapa del proceso de enfriamiento (4) se selecciona de acuerdo con la concentración de hematita en la materia prima.

11. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por el hecho de que la segunda etapa del proceso de enfriamiento comprende:

- Uso directo del aire ambiente, para una concentración de hematita inferior al 3%;
- Uso directo de gases recirculados, para una concentración de hematita entre el 3% y el 6%;
- Uso directo de aire ambiente combinado con el uso indirecto de agua, para una concentración de hematita entre el 6% y el 10%;
- Uso directo de gases recirculados combinados con uso indirecto de agua, para una concentración de hematita superior al 10%.

~~12. Puzolana, caracterizada por el hecho de ser fabricada según el proceso de la reivindicación 1.~~

~~13. Puzolana, caracterizada por el hecho de ser fabricada según el proceso de la reivindicación 2.~~

~~14. Pozolana, caracterizada por el hecho de ser fabricada de acuerdo con el proceso de cualquier reivindicación entre 3 y 11.~~

Reivindicaciones

1. Proceso de fabricación de puzolana con cambio de color, caracterizado por comprender las siguientes etapas:

- Calentamiento (1): consiste en calentar la mezcla de materia prima a una temperatura entre 100 y 350° C hasta que el material se seque a un rango de humedad entre el 0% y el 5% (base húmeda).
- Mezcla (2): consiste en mezclar las materias primas secas que provienen de la etapa de calentamiento, con el 1% hasta el 5% de fracción de masa de combustible de acuerdo con la concentración de hematita de la materia prima.
- Calcinación (3): consiste en calentar la mezcla de combustible con materias primas secas a una temperatura entre 700 y 900° C, con una concentración de oxígeno entre el 1% y el 5%.
- Enfriamiento (4): consiste en una etapa inicial con disminución rápida y activa de la temperatura hasta 600° C y una etapa final con disminución de la temperatura de la puzolana hasta 120° C.

2. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por una etapa de mezcla (1) que precede la etapa de calentamiento (2), esta última consistiendo en calentar una mezcla de materias primas y combustible sólido a una temperatura entre 100 y 350° C hasta el secado de la mezcla a una fracción de masa de humedad del 0% hasta el 5% (base húmeda).

3. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por el hecho de que el combustible es sólido y se seleccionará entre los siguientes: carbón mineral, carbón vegetal, coque de petróleo, carbón pulverizado, biomasa u otros desechos ricos en carbono.

4. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 o 3, caracterizado por el hecho de que durante la etapa de mezcla (1) la cantidad de combustible sólido agregado es de 0% para una concentración de hematita inferior al 3% en la composición de la materia prima; 1,5% para una concentración de hematita entre el 3% y el 5% en la composición de la materia prima; 3% para una concentración de hematita entre el 5% y el 8% en la composición de la materia prima; y 5% para una concentración de hematita entre el 8% y el 12% en la composición de la materia prima.

5. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por el hecho de que la etapa de calcinación (3) puede hacer uso de gases recirculados bajos en oxígeno del escape.

6. Un proceso, según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por el hecho de que durante la etapa de calcinación (3) la combustión de combustible sólido, líquido o gaseoso tiene lugar dentro de una precámara de combustión compacta.

7. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por el hecho de que el equipo de calcinación se selecciona entre: horno rotativo o lecho fluidizado o "calcinador rápido".

8. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por el hecho de que la etapa de enfriamiento (4) tiene lugar en un enfriador que se seleccionará entre: enfriador rotativo o lecho fluidizado o “enfriador rápido”.

9. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por el hecho de que la primera etapa del proceso de enfriamiento consiste en mantener húmedo el lado externo del tambor, en el caso de un enfriador rotativo o “enfriador rápido” o mediante el uso de un agua serpentina, en caso de lecho fluidizado.

10. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 1, 2 u 8, caracterizado por el hecho de que la segunda etapa del proceso de enfriamiento (4) se selecciona de acuerdo con la concentración de hematita en la materia prima.

11. Un proceso, de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por el hecho de que la segunda etapa del proceso de enfriamiento comprende:

- Uso directo del aire ambiente, para una concentración de hematita inferior al 3%;
- Uso directo de gases recirculados, para una concentración de hematita entre el 3% y el 6%;
- Uso directo de aire ambiente combinado con el uso indirecto de agua, para una concentración de hematita entre el 6% y el 10%;
- Uso directo de gases recirculados combinados con uso indirecto de agua, para una concentración de hematita superior al 10%.

Proceso de fabricación de puzolana con cambio de color y puzolana así obtenida

[001] La presente invención se refiere a un proceso de fabricación de puzolana artificial que tiene el color final gris, con la particularidad de una atmósfera controlada durante el proceso de activación de la puzolana.

ESTADO DE LA TÉCNICA

[002] El uso de material puzolánico como sustituto del clinker en la fabricación de cemento es de gran interés para las industrias de cemento, hormigón y mortero debido a las siguientes razones:

- Pozolana tiene un costo de producción más bajo que el clinker;
- La producción de puzolana tiene una tasa de emisión de CO₂ más baja que la producción de clinker;
- Existe una gran disponibilidad de material de arcilla para la producción de puzolana;
- La adición de puzolana al cemento reduce el calor de hidratación de la mezcla, lo que a su vez reduce la expansión de grandes bloques de hormigón, evitando en consecuencia rajaduras.

[003] En la actualidad, hay muchas formas de producir puzolana artificial a través de la activación térmica de las arcillas en un horno. Las técnicas ya conocidas para la activación de la arcilla se resumen a continuación.

[004] El documento BRPI 1002450-6 se refiere a un proceso de fabricación de puzolana artificial activada mediante la calcinación de arcilla en un horno horizontal, con la adición de un combustible sólido a temperaturas entre 300 y 900° C. Dentro del horno habrá una atmósfera reductora, con niveles de

monóxido de carbono (CO) que varían entre el 0,5% hasta el 3% y el tiempo de permanencia del material varía entre 40 y 70 minutos. El proceso de enfriamiento se realizará con aire a contracorriente o a temperatura ambiente. El proceso descrito tiende a reducir o eliminar el resultante color rojizo de la puzolana para las tonalidades entre marrón oscuro y gris claro. El proceso descrito ocurre en una atmósfera reductora con el 0,5% hasta el 3% de monóxido de carbono, lo que indica que habrá CO en la composición de los gases de escape del horno. No hay ninguna mención sobre el proceso de enfriamiento y sus consecuencias para el color final del material. La descripción no menciona ningún control sobre el color final exacto del producto.

[005] El documento BRPI 020453-9 se refiere a un proceso de fabricación de puzolana artificial, activada mediante la calcinación de una mezcla de arcilla caolinítica y piedra caliza a temperaturas entre 600 y 1000° C. El proceso descrito no proporciona información sobre qué tipo de horno se utiliza para la calcinación de arcilla y tampoco proporciona información sobre el proceso de enfriamiento del material. No se especifica qué tipo de enfriador se usa, ni la composición de la atmósfera requerida dentro del enfriador, ni la necesidad de ningún agente de enfriamiento adicional. El proceso descrito no especifica si existe algún control sobre el color final del material.

[006] El documento BRPI 1004045-5 se refiere a un proceso para controlar la calcinación de arcilla dentro de un horno horizontal giratorio, bajo atmósfera reductora, con o sin adición de combustible sólido. El proceso de enfriamiento puede realizarse con o sin aplicación directa de agua. El producto final se puede encontrar en tres colores distintos, de acuerdo con los procesos elegidos: (1) coloración rosada, si no se agrega combustible sólido durante la calcinación de

la arcilla y no se inyecta agua durante el enfriamiento; (2) color gris claro, si se agrega una pequeña cantidad de combustible sólido durante la calcinación de la arcilla y no se usa agua durante el proceso de enfriamiento; (3) color gris oscuro, si se agrega una gran cantidad de combustible sólido durante la calcinación de la arcilla y se inyecta agua durante el proceso de enfriamiento. El proceso descrito es capaz de generar una puzolana de color grisáceo solo mediante la adición de combustible sólido a la fase de calcinación, lo que significa que el monóxido de carbono estará en la composición de los gases de escape del horno. Además, la etapa de enfriamiento utiliza agua directamente sobre el material.

[007] El documento WO 2012/126696 se refiere a un proceso de fabricación de un sustituto de clínker en la producción de cemento que puede reemplazar del 10% hasta el 40% de clínker en la composición de cemento. El material referido está hecho de arcilla con una fracción de masa de hierro superior al 1,5% (base húmeda) y una fracción de masa de caolinita inferior al 40% (base húmeda). La calcinación de arcilla se realizará en un horno de lecho fluidizado o en un horno rotativo o en un calcinador ascendente o en una torre de ciclones, con atmósfera reductora, con gases de escape y con temperaturas entre 600 y 1000° C. El proceso de enfriamiento se realizará hasta que la temperatura sea inferior a 300° C, con la adición de un combustible líquido (generalmente aceite), que se gasifica durante el contacto con el material caliente y genera monóxido de carbono (CO), lo que contribuye al mantenimiento de una atmósfera reductora. El material final contendrá más del 90% de magnetita - Fe_3O_4 - fracción de masa (base húmeda), más del 0,1% de fracción de masa de CaO y ninguna cantidad de hematita - Fe_2O_3 . El color final del material será gris. El proceso descrito hace uso de un combustible líquido (aceite) sobre el material caliente para mantener la atmósfera reductora durante el proceso de enfriamiento. Esta solución conduce a un sistema más complejo (tanque, bombas, válvulas) y generalmente el resultado es una operación más costosa, debido al mayor precio del combustible.

[008] El documento US 2012/0160135 se refiere a la fabricación de puzolana artificial mediante tratamiento térmico de materia prima a base de alúmina. El material resultante presenta un color gris claro o blanco. El proceso de calentamiento se realizará en un horno rotativo o un calcinador ascendente, con la adición de combustible líquido (aceite) hasta la temperatura de activación de la arcilla (entre 700 hasta 850° C). El proceso de enfriamiento se realizará bajo atmósfera reductora con la adición de combustible líquido (aceite) o una pulverización de agua sobre el material caliente, hasta que se alcance la temperatura de estabilización del color de la puzolana (entre 180 y 400° C). Una cantidad de la puzolana sintética generada se recircula de nuevo al proceso de calentamiento en el horno rotativo o el calcinador. El proceso descrito explica la adición de combustible líquido durante el proceso de enfriamiento y también el uso directo de agua sobre el material caliente.

[009] El documento US 2016/0304395 se refiere a la fabricación de material puzolánico para ser utilizado como sustituto del clínker en la composición de cemento. La metodología se basa en la calcinación de una mezcla que contiene arcilla y combustible sólido mineral (carbón) o una mezcla de arcilla y cenizas. El proceso de calentamiento se realizará en un horno rotativo o un horno de lecho fluidizado o una torre de calentamiento o un intercambiador de calor de suspensión neumática. Las temperaturas de calentamiento deberán estar preferentemente entre 700 y 900° C. El enfriamiento del material caliente se realizará en un enfriador rotativo o un enfriador de rejilla o un enfriador de lecho fluidizado o un enfriador vertical o un enfriador tipo rosca. El proceso descrito no proporciona detalles con respecto al proceso de enfriamiento.

[0010] Debe destacarse un punto importante con respecto a la presencia de monóxido de carbono (CO) en el escape de un proceso químico. El monóxido de carbono es un gas tóxico y contaminante que puede causar la muerte de las personas que lo inhalan durante un período prolongado. Por esta razón, las agencias ambientales exigen que el control de emisiones de CO se realice en todos los procesos industriales, especialmente los que queman combustibles fósiles, donde la presencia de este gas es más probable.

[0011] El uso de agua para el enfriamiento directo de la puzolana activada (por ejemplo, usando una pulverización de agua sobre el material caliente) tiene un efecto negativo de aumentar el consumo de calor en el proceso. El vapor de agua se genera dentro del enfriador y se aspira hacia el horno, elevando el flujo de gases de escape del horno y, en consecuencia, aumentando las pérdidas térmicas del proceso. Esto es lo que caracteriza el aumento de consumo de calor del horno

[0012] Además de la ineficiencia de los procesos de fabricación de las puzolanas existentes, el uso a gran escala todavía enfrenta una resistencia del mercado debido al color rojizo de las puzolanas con alto contenido de hierro.

[0013] Aunque el color no tenga influencia sobre las propiedades de resistencia de la puzolana, los cementos rojizos no son bien aceptados en el mercado de la construcción civil, puesto que el color rojo está asociado a la adición de tierra al cemento, lo que daría como resultado un material de baja calidad. Actualmente, todavía no existe una tecnología que sea económica y energéticamente eficiente para la activación de arcillas con alto contenido de hierro resultando en una puzolana grisácea de buena calidad.

Objetos de la Invención

[0014] El primer objeto de la presente invención es un proceso de fabricación mejorado de cementos basados en puzolanas.

[0015] El segundo objeto de la presente invención es un proceso de fabricación innovador de puzolana, que permite cambios controlados en el color del producto final.

[0016] El tercer objeto de la presente invención es un proceso de fabricación de cemento, mejorado y compatible con el medio ambiente, a base de puzolana, en el que la presencia de monóxido de carbono (CO) es eliminada en el escape del horno.

[0017] Otros objetos de la presente invención se delinearán en el breve reporte y en la descripción de una forma preferencial de proporcionar la invención.

Síntesis de la Invención

[0018] El proceso de esta invención consiste en un método para activación de arcillas y obtención de puzolana grisácea a partir de arcillas blancas, amarillas o rojizas y otras materias primas. El proceso de activación se realizará en un horno rotativo o en un "calcinador rápido" (en inglés "Flash Calciner") o en un horno de lecho fluidizado. Para realizar los procesos de activación y cambio de color de la manera deseada, la atmósfera del horno debe presentar una baja concentración de oxígeno (entre el 1% y el 5%), sin permitir el monóxido de carbono (CO) en los gases de escape del horno.

[0019] Por lo tanto, más particularmente, la presente invención se refiere a un proceso de fabricación de puzolana con cambio de color, que comprende los siguientes pasos:

- Calentamiento: consiste en calentar las materias primas a una temperatura entre 100 y 350° C hasta que el secado del material presente entre el 0% y el 5% de humedad.
- Mezcla: consiste en mezclar las materias primas secas originadas en la etapa de calentamiento, en una proporción de fracción de masa de combustible entre el 1% y el 5%, de acuerdo con el contenido de hematita en las materias primas.
- Calcinación: consiste en calentar una mezcla de combustible y materias primas secas a una temperatura entre 700 y 900° C, con una concentración de oxígeno entre el 1% y el 5%.
- Enfriamiento: consiste en una primera etapa de disminución rápida de la temperatura hasta 600° C y una segunda etapa de disminución lenta de la temperatura hasta 120° C.

[0020] Además, el proceso descrito en esta invención está particularmente definido por las reivindicaciones de 2 a 11.

[0021] Por último, la presente invención se refiere a una puzolana que se fabrica mediante lo definido en las reivindicaciones de 1 a 11.

Breve descripción de los dibujos

[0022] La presente invención se entenderá mejor con una descripción detallada de una forma preferencial (pero no la única) de la invención, que hace uso de las figuras adjuntas que no serán restrictivas.

- La figura 1 contiene un diagrama de las etapas de fabricación de puzolanas de acuerdo con la presente invención, con la adición de combustible sólido después de la etapa de calentamiento.
- La figura 2 contiene un diagrama de las etapas de fabricación de puzolanas de acuerdo con la presente invención, con la adición de combustible sólido antes de la etapa de calentamiento.
- La figura 3 contiene un diagrama de reacciones reductoras de hematita (Fe_2O_3) para magnetita (Fe_3O_4) de acuerdo con la cantidad de combustible sólido mezclado con el material.
- La figura 4 contiene el cuadro de la reacción de *Boudouard*.

Descripción Preferencial de la Invención

[0023] El proceso descrito en la presente invención tiene como objetivo obtener una puzolana activada grisácea que pueda sustituir parcialmente los componentes del cemento, mejorando o manteniendo las propiedades de resistencia del cemento, sin cambios en el color original del cemento, y manteniendo su valor comercial. Además, el proceso de esta invención es particularmente importante desde el punto de vista ambiental, una vez que elimina el monóxido de carbono de los gases de escape del horno.

[0024] La emisión de monóxido de carbono (CO) a través de los gases de escape a la atmósfera después del proceso de activación de la arcilla no es aceptable. Hay algunos procesos de activación de arcilla descritos en el estado de la técnica que presentan del 0,5% hasta el 3% (5000-30000 ppmv) de monóxido de carbono dentro de la atmósfera del horno, por ejemplo, como en el documento BRPI 1002450-6. Además de no presentar ninguna estimación de la fracción de

CO dentro del horno o dentro del enfriador o en la chimenea, todos los inventos de los documentos BRPI 1004045, WO 2012/126696 y US 2012/0160135 usan otro combustible (más ligero, como el aceite combustible) para mantener una atmósfera reductora durante el proceso de enfriamiento.

[0025] Las agencias ambientales son responsables por delimitar la emisión máxima permitida de monóxido de carbono por procesos industriales. El Consejo Nacional de Medio Ambiente de Brasil (CONAMA), por ejemplo, reglamenta las "Normas para la calidad del aire" en la resolución 03/90, que establece las concentraciones de contaminantes del aire que pueden afectar la salud, la seguridad y el bienestar de la población local, así como causar daños a la fauna y flora, a materiales y al ambiente en general. Esta resolución establece para el monóxido de carbono que una concentración promedio durante 8 horas de 10000 µg por metro cúbico de aire (9 ppm) no debe excederse más de una vez al año. También establece que una concentración promedio de monóxido de carbono durante 1 hora de 40000 µg por metro cúbico de aire (35 ppm) no debe excederse más de una vez al año. Otra resolución de CONAMA es la 264/99, que se refiere a la licencia de hornos rotativos de clínker que coprocesan los residuos. Esta resolución establece una emisión máxima de monóxido de carbono de 100 ppmv para el 7% de oxígeno. Un proceso que permite la emisión de monóxido de carbono entre 5000 y 30000 ppmv no se considera seguro para el medio ambiente. Por lo tanto, para que el proceso de activación de la arcilla sea ambientalmente seguro, el monóxido de carbono deberá ser eliminado de la composición de los gases de escape

[0026] En la industria, la forma más común de mitigar el CO de los gases de combustión es quemándolo en la presencia de aire. Este agotamiento conduce a un aumento en la temperatura del gas debido a la energía liberada por el proceso de combustión. El aumento de la temperatura de los gases de escape representa un desperdicio de energía y tiene como resultado un aumento del consumo de calor específico del horno. Consecuentemente, no se puede afirmar que un proceso de fabricación de puzolanas que elimine el monóxido de carbono mediante el aumento de la temperatura de los gases de combustión sea el más

eficiente. Por lo tanto, la presencia de monóxido de carbono (CO) en el escape del horno no es deseable, ya sea debido a los impactos ambientales o al aumento en el consumo de calor específico del horno.

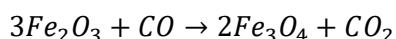
[0027] El método de la presente invención consiste en las siguientes etapas: 1) calentamiento; 2) mezcla; 3) calcinación y 4) enfriamiento.

[0028] En la "etapa 1", el horno se alimenta con materias primas que contienen del 0% hasta el 50% de ~~mezcla~~humedad. Estos materiales se calientan dentro del horno. El proceso de calentamiento se puede hacer de manera lenta, como ocurre en un horno rotativo (en el que el tiempo de permanencia es de aproximadamente una hora), o se puede hacer de manera rápida, como sucede en un lecho fluidizado o en un "calcinador rápido" (en inglés "Flash Calciner") (en el que el tiempo de permanencia es de solo unos segundos). El proceso de calentamiento continúa hasta que la temperatura alcanza entre 100 y 350° C, lo que permite el secado del material del 0% hasta el 5% de humedad. Durante esta etapa, todavía no hay preocupación por la concentración de oxígeno, porque la oxidación del material no es significativa en este rango de temperatura.

[0029] En la "etapa 2", las materias primas calientes se mezclan con un combustible sólido, en una proporción del 1% hasta el 5% de combustible (fracción en peso) de acuerdo con el nivel de hematita en la composición de la materia prima. Cuando los insumos exhiben un alto contenido de hematita (Fe_2O_3) ellos muestran el color rojizo, que se intensifica durante la calcinación debido a la alta temperatura que facilita la reacción de oxidación del hierro. La granulometría del combustible mezclado debe estar cerca de la granulometría de la materia prima. Las materias primas sólidas que se pueden aplicar en este caso son: carbón mineral, carbón vegetal, coque de petróleo, biomasa u otros residuos ricos en carbono. El combustible sólido es necesario puesto que el óxido de hierro contenido en la materia prima exige la presencia de carbono para reducirse a magnetita. Esta reducción química tiene lugar cuando la mezcla de arcilla y combustible sólido alcanza una temperatura de alrededor de 600° C. En niveles inferiores a esta temperatura, la generación de CO, controlada por el mecanismo de Boudouard ($\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO}$), alcanza una tasa cinética mínima que activa el

proceso. La figura 3 muestra un diagrama de reacciones reductoras de hematita (Fe_2O_3) a magnetita (Fe_3O_4) de acuerdo con la cantidad de combustible sólido mezclado con el material. La figura 4 contiene el gráfico de reacción de Boudouard. El gráfico muestra que casi no hay formación de monóxido de carbono hasta la temperatura de 500°C . La generación de CO se vuelve más expresiva después de 600°C , favoreciendo el proceso reductor de la hematita.

[0030] En la "etapa 3" tiene lugar la activación de la materia prima. El agua se libera de la estructura cristalina de la materia prima y la reducción de la hematita conduce a un cambio en el color de la puzolana. La liberación de agua conduce a una estructura amorfa que activa la materia prima. La activación de la arcilla se lleva a cabo entre 700 y 900°C , cuando se elimina el agua cristalizado, causando una destrucción en la estructura cristalina del material, proporcionando a la puzolana actividad hidráulica. (La actividad hidráulica es la reactividad del aluminio u óxido de silicio contenido en la puzolana con óxidos de calcio del clínker o de la cal). Por lo tanto, la temperatura para la calcinación de arcilla puede variar de 700°C a 900°C , de acuerdo con su composición mineralógica. Además, durante esta etapa se produce el cambio de color de la materia prima, de rojizo a grisáceo. La hematita (Fe_2O_3) contenida en la arcilla reacciona con la atmósfera reductora, preferiblemente con monóxido de carbono, y se convierte en magnetita (Fe_3O_4), liberando dióxido de carbono (CO_2) en el proceso. La magnetita muestra un color parduzco o grisáceo. La reacción simplificada que ocurre se muestra a continuación:



[0031] En caso de que la "etapa 1" y la "etapa 3" se realicen en equipos separados (por ejemplo, en un horno rotatorio o un "secador rápido" (en inglés "flash dryer"), respectivamente), el combustible sólido se mezclará con arcilla justo después de que se haya calentado y secado, como se muestra en la figura 1. La cantidad de combustible sólido agregado a la mezcla varía entre el 1% y el 5% (fracción en peso) de acuerdo con el nivel de hematita contenido en la materia prima. La Tabla I muestra la cantidad necesaria de combustible sólido

que se agregará a la mezcla en función de la concentración de hematita en la arcilla.

Tabla I - Adición de combustible sólido de acuerdo con el contenido de hematita.

Hematita (Fe_2O_3) contenida en la materia prima	Fracción en masa de combustible sólido en la mezcla (*)
< 3%	No se hace necesario
3-5%	1,5%
5-8%	3,0%
8-12%	5,0%

(*) Estos valores se toman para un combustible de referencia con parámetro ($\% C_{\text{fijo}} + \% \text{Volátiles}$) = 90%; Utilice la relación entre el parámetro ($\% C_{\text{fijo}} + \% \text{volátiles}$) del combustible de referencia y el combustible efectivamente utilizado para corregir la cantidad de combustible que se mezclará con arcilla.

[0032] En caso de que las etapas de "calentamiento" y "calcinación" se realicen en el mismo equipo, el combustible sólido se agregará antes de la "etapa 1" para que se caliente y se seque al mismo tiempo que la materia prima. Este proceso se muestra en la figura 2.

[0033] Para maximizar los resultados de cambio de color, se debe mantener la atmósfera interna del horno con muy baja concentración de oxígeno (entre el 1 y el 5%). Una forma de lograr esta atmósfera reductora es mediante la combustión de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos (que se alimentan en la "etapa 2") con un muy pequeño exceso de aire.

[0034] Un equipo que puede promover la combustión adecuada de muchos tipos de combustibles (sólidos y líquidos), especialmente en las condiciones críticas determinadas en la presente invención, es una precámara de combustión compacta, como se describe en el documento BRPI 1000417- 3, que se lo utiliza como referencia. Este equipo es capaz de quemar combustibles sólidos y líquidos en condiciones de bajo exceso de aire (contenido de oxígeno entre el 1 y el 5%).

Sin embargo, los resultados de la presente invención también se pueden lograr usando otro equipo similar.

[0035] La temperatura media de la puzolana no debe exceder los 900° C, que es la temperatura de formación de la mulita, una estructura cristalina estable que no tiene propiedades de activación como la puzolana. Para mantener el rango de temperatura correcto del proceso, se debe limitar la temperatura de los gases. Una forma de hacerlo sin la dilución con aire, lo que significa mantener una baja concentración de oxígeno, es mediante la recirculación de los gases de escape del sistema. En otras palabras, la combustión tiene lugar con un pequeño exceso de oxígeno y el control de la temperatura del proceso también se realiza con gases con poco oxígeno (y no con aire ambiente, como es habitual). De esta manera, todo el proceso en el interior del horno se realiza con baja disponibilidad de oxígeno, lo que contribuye para el cambio efectivo en el color del producto.

[0036] En la siguiente etapa ("etapa 4"), la puzolana que se generó en el horno y tenía el color modificado ahora entrará en un proceso de enfriamiento. La presente invención puede aplicarse para diferentes tipos de enfriadores: un enfriador rotativo, un enfriador de lecho fluidizado o un "enfriador rápido" (en inglés "flash cooler").

[0037] Durante el proceso de enfriamiento, se debe tener especial cuidado para no revertir el cambio de color que tuvo lugar dentro del horno, de lo contrario, el color del producto puede volver a ser rojizo.

[0038] Por la razón, explicada anteriormente, una característica obligatoria de la presente invención es que el proceso de enfriamiento se realizará en dos etapas: una etapa inicial que disminuye la temperatura de la puzolana rápidamente a 600° C y una etapa final que lleva la temperatura de la puzolana hasta 120° C. La presente invención sugiere que la primera etapa de enfriamiento puede aumentar el coeficiente de intercambio de calor mediante el uso indirecto de agua (por ejemplo, manteniendo el lado externo del tambor húmedo en un enfriador rotativo o "enfriador rápido" (en inglés "flash cooler"), o mediante el uso de un agua serpentina en un enfriador de lecho fluidizado). La segunda etapa de enfriamiento, por otro lado, se realizará con el uso de aire o una corriente de

gas con poco oxígeno (de los gases de recirculación). La necesidad de usar agua, así como una corriente de gas con baja concentración de oxígeno, depende del contenido de hematita que se encuentre en la materia prima. Los inventores definieron rangos para la aplicación de cada método de enfriamiento (uso directo de aire ambiente; uso indirecto de agua; uso directo de gases recirculados bajos en oxígeno). La Tabla II relaciona los métodos de enfriamiento aplicados según la concentración de hematita en la materia prima. Se puede verificar a partir de la Tabla II que hay un aumento en la sofisticación del proceso de enfriamiento, a medida que aumenta también la concentración de hematita de la materia prima. Esto se explica porque la reversión del color es más rápida e intensa a medida que la concentración de hematita de la puzolana caliente y la concentración de oxígeno del proceso de enfriamiento son más altas.

Tabla II - Condiciones de enfriamiento según la concentración de hematita en la materia prima.

Concentración de hematita (Fe ₂ O ₃) en la materia prima	Técnica de Enfriamiento.
< 3%	Uso directo de aire ambiente
3-6%	Uso directo de gases recirculados
6-10%	Uso directo de aire ambiente y uso indirecto de agua
> 10%	Uso directo de gases recirculados y uso indirecto de agua

[0039] La puzolana artificial generada mediante el método descrito en este documento cumple con las siguientes normas:

- NBR 5736 Cemento Portland Puzolánico
- NBR 5737 Cemento Portland Resistente a Sulfato
- NBR 12653 Material Puzolánico

- NBR 5751 Material Puzolánico - Determinación de la actividad puzolánica - índice de actividad puzolánica con cal
- NBR 5752 Material puzolánico - Determinación de la actividad puzolánica con cemento
- NBR 5753 Cemento Portland - Ensayo de actividad puzolánica para cemento Portland Puzolánico

[0040] Las técnicas conocidas hasta la actualidad para producir puzolana artificial activada tienen cinco diferencias importantes con respecto a la técnica desarrollada por Dynamis:

- (1) Aplicación directa de combustible líquido sobre el material caliente durante el proceso de enfriamiento, para permitir el cambio de color deseado; y / o
- (2) Uso de combustibles sólidos durante la etapa de "calcinación", para mantener una atmósfera reductora dentro del horno, permitiendo la emisión de monóxido de carbono en los gases de escape del proceso; y / o
- (3) Aplicación directa de agua sobre el material caliente durante el proceso de enfriamiento; y / o
- (4) No hay generación de puzolana grisácea; y / o
- (5) No hay control sobre el color final de la puzolana.

Proceso de fabricación de puzolana con cambio de color y puzolana así obtenida

[001] La presente invención se refiere a un proceso de fabricación de puzolana artificial que tiene el color final gris, con la particularidad de una atmósfera controlada durante el proceso de activación de la puzolana.

ESTADO DE LA TÉCNICA

[002] El uso de material puzolánico como sustituto del clinker en la fabricación de cemento es de gran interés para las industrias de cemento, hormigón y mortero debido a las siguientes razones:

- Pozolana tiene un costo de producción más bajo que el clinker;
- La producción de puzolana tiene una tasa de emisión de CO₂ más baja que la producción de clinker;
- Existe una gran disponibilidad de material de arcilla para la producción de puzolana;
- La adición de puzolana al cemento reduce el calor de hidratación de la mezcla, lo que a su vez reduce la expansión de grandes bloques de hormigón, evitando en consecuencia rajaduras.

[003] En la actualidad, hay muchas formas de producir puzolana artificial a través de la activación térmica de las arcillas en un horno. Las técnicas ya conocidas para la activación de la arcilla se resumen a continuación.

[004] El documento BRPI 1002450-6 se refiere a un proceso de fabricación de puzolana artificial activada mediante la calcinación de arcilla en un horno horizontal, con la adición de un combustible sólido a temperaturas entre 300 y 900° C. Dentro del horno habrá una atmósfera reductora, con niveles de

monóxido de carbono (CO) que varían entre el 0,5% hasta el 3% y el tiempo de permanencia del material varía entre 40 y 70 minutos. El proceso de enfriamiento se realizará con aire a contracorriente o a temperatura ambiente. El proceso descrito tiende a reducir o eliminar el resultante color rojizo de la puzolana para las tonalidades entre marrón oscuro y gris claro. El proceso descrito ocurre en una atmósfera reductora con el 0,5% hasta el 3% de monóxido de carbono, lo que indica que habrá CO en la composición de los gases de escape del horno. No hay ninguna mención sobre el proceso de enfriamiento y sus consecuencias para el color final del material. La descripción no menciona ningún control sobre el color final exacto del producto.

[005] El documento BRPI 020453-9 se refiere a un proceso de fabricación de puzolana artificial, activada mediante la calcinación de una mezcla de arcilla caolinítica y piedra caliza a temperaturas entre 600 y 1000° C. El proceso descrito no proporciona información sobre qué tipo de horno se utiliza para la calcinación de arcilla y tampoco proporciona información sobre el proceso de enfriamiento del material. No se especifica qué tipo de enfriador se usa, ni la composición de la atmósfera requerida dentro del enfriador, ni la necesidad de ningún agente de enfriamiento adicional. El proceso descrito no especifica si existe algún control sobre el color final del material.

[006] El documento BRPI 1004045-5 se refiere a un proceso para controlar la calcinación de arcilla dentro de un horno horizontal giratorio, bajo atmósfera reductora, con o sin adición de combustible sólido. El proceso de enfriamiento puede realizarse con o sin aplicación directa de agua. El producto final se puede encontrar en tres colores distintos, de acuerdo con los procesos elegidos: (1) coloración rosada, si no se agrega combustible sólido durante la calcinación de

la arcilla y no se inyecta agua durante el enfriamiento; (2) color gris claro, si se agrega una pequeña cantidad de combustible sólido durante la calcinación de la arcilla y no se usa agua durante el proceso de enfriamiento; (3) color gris oscuro, si se agrega una gran cantidad de combustible sólido durante la calcinación de la arcilla y se inyecta agua durante el proceso de enfriamiento. El proceso descrito es capaz de generar una puzolana de color grisáceo solo mediante la adición de combustible sólido a la fase de calcinación, lo que significa que el monóxido de carbono estará en la composición de los gases de escape del horno. Además, la etapa de enfriamiento utiliza agua directamente sobre el material.

[007] El documento WO 2012/126696 se refiere a un proceso de fabricación de un sustituto de clínker en la producción de cemento que puede reemplazar del 10% hasta el 40% de clínker en la composición de cemento. El material referido está hecho de arcilla con una fracción de masa de hierro superior al 1,5% (base húmeda) y una fracción de masa de caolinita inferior al 40% (base húmeda). La calcinación de arcilla se realizará en un horno de lecho fluidizado o en un horno rotativo o en un calcinador ascendente o en una torre de ciclones, con atmósfera reductora, con gases de escape y con temperaturas entre 600 y 1000° C. El proceso de enfriamiento se realizará hasta que la temperatura sea inferior a 300° C, con la adición de un combustible líquido (generalmente aceite), que se gasifica durante el contacto con el material caliente y genera monóxido de carbono (CO), lo que contribuye al mantenimiento de una atmósfera reductora. El material final contendrá más del 90% de magnetita - Fe_3O_4 - fracción de masa (base húmeda), más del 0,1% de fracción de masa de CaO y ninguna cantidad de hematita - Fe_2O_3 . El color final del material será gris. El proceso descrito hace uso de un combustible líquido (aceite) sobre el material caliente para mantener la atmósfera reductora durante el proceso de enfriamiento. Esta solución conduce a un sistema más complejo (tanque, bombas, válvulas) y generalmente el resultado es una operación más costosa, debido al mayor precio del combustible.

[008] El documento US 2012/0160135 se refiere a la fabricación de puzolana artificial mediante tratamiento térmico de materia prima a base de alúmina. El material resultante presenta un color gris claro o blanco. El proceso de calentamiento se realizará en un horno rotativo o un calcinador ascendente, con la adición de combustible líquido (aceite) hasta la temperatura de activación de la arcilla (entre 700 hasta 850° C). El proceso de enfriamiento se realizará bajo atmósfera reductora con la adición de combustible líquido (aceite) o una pulverización de agua sobre el material caliente, hasta que se alcance la temperatura de estabilización del color de la puzolana (entre 180 y 400° C). Una cantidad de la puzolana sintética generada se recircula de nuevo al proceso de calentamiento en el horno rotativo o el calcinador. El proceso descrito explica la adición de combustible líquido durante el proceso de enfriamiento y también el uso directo de agua sobre el material caliente.

[009] El documento US 2016/0304395 se refiere a la fabricación de material puzolánico para ser utilizado como sustituto del clínker en la composición de cemento. La metodología se basa en la calcinación de una mezcla que contiene arcilla y combustible sólido mineral (carbón) o una mezcla de arcilla y cenizas. El proceso de calentamiento se realizará en un horno rotativo o un horno de lecho fluidizado o una torre de calentamiento o un intercambiador de calor de suspensión neumática. Las temperaturas de calentamiento deberán estar preferentemente entre 700 y 900° C. El enfriamiento del material caliente se realizará en un enfriador rotativo o un enfriador de rejilla o un enfriador de lecho fluidizado o un enfriador vertical o un enfriador tipo rosca. El proceso descrito no proporciona detalles con respecto al proceso de enfriamiento.

[0010] Debe destacarse un punto importante con respecto a la presencia de monóxido de carbono (CO) en el escape de un proceso químico. El monóxido de carbono es un gas tóxico y contaminante que puede causar la muerte de las personas que lo inhalan durante un período prolongado. Por esta razón, las agencias ambientales exigen que el control de emisiones de CO se realice en todos los procesos industriales, especialmente los que queman combustibles fósiles, donde la presencia de este gas es más probable.

[0011] El uso de agua para el enfriamiento directo de la puzolana activada (por ejemplo, usando una pulverización de agua sobre el material caliente) tiene un efecto negativo de aumentar el consumo de calor en el proceso. El vapor de agua se genera dentro del enfriador y se aspira hacia el horno, elevando el flujo de gases de escape del horno y, en consecuencia, aumentando las pérdidas térmicas del proceso. Esto es lo que caracteriza el aumento de consumo de calor del horno

[0012] Además de la ineficiencia de los procesos de fabricación de las puzolanas existentes, el uso a gran escala todavía enfrenta una resistencia del mercado debido al color rojizo de las puzolanas con alto contenido de hierro.

[0013] Aunque el color no tenga influencia sobre las propiedades de resistencia de la puzolana, los cementos rojizos no son bien aceptados en el mercado de la construcción civil, puesto que el color rojo está asociado a la adición de tierra al cemento, lo que daría como resultado un material de baja calidad. Actualmente, todavía no existe una tecnología que sea económica y energéticamente eficiente para la activación de arcillas con alto contenido de hierro resultando en una puzolana grisácea de buena calidad.

Objetos de la Invención

[0014] El primer objeto de la presente invención es un proceso de fabricación mejorado de cementos basados en puzolanas.

[0015] El segundo objeto de la presente invención es un proceso de fabricación innovador de puzolana, que permite cambios controlados en el color del producto final.

[0016] El tercer objeto de la presente invención es un proceso de fabricación de cemento, mejorado y compatible con el medio ambiente, a base de puzolana, en el que la presencia de monóxido de carbono (CO) es eliminada en el escape del horno.

[0017] Otros objetos de la presente invención se delinearán en el breve reporte y en la descripción de una forma preferencial de proporcionar la invención.

Síntesis de la Invención

[0018] El proceso de esta invención consiste en un método para activación de arcillas y obtención de puzolana grisácea a partir de arcillas blancas, amarillas o rojizas y otras materias primas. El proceso de activación se realizará en un horno rotativo o en un "calcinador rápido" (en inglés "Flash Calciner") o en un horno de lecho fluidizado. Para realizar los procesos de activación y cambio de color de la manera deseada, la atmósfera del horno debe presentar una baja concentración de oxígeno (entre el 1% y el 5%), sin permitir el monóxido de carbono (CO) en los gases de escape del horno.

[0019] Por lo tanto, más particularmente, la presente invención se refiere a un proceso de fabricación de puzolana con cambio de color, que comprende los siguientes pasos:

- Calentamiento: consiste en calentar las materias primas a una temperatura entre 100 y 350° C hasta que el secado del material presente entre el 0% y el 5% de humedad.
- Mezcla: consiste en mezclar las materias primas secas originadas en la etapa de calentamiento, en una proporción de fracción de masa de combustible entre el 1% y el 5%, de acuerdo con el contenido de hematita en las materias primas.
- Calcinación: consiste en calentar una mezcla de combustible y materias primas secas a una temperatura entre 700 y 900° C, con una concentración de oxígeno entre el 1% y el 5%.
- Enfriamiento: consiste en una primera etapa de disminución rápida de la temperatura hasta 600° C y una segunda etapa de disminución lenta de la temperatura hasta 120° C.

[0020] Además, el proceso descrito en esta invención está particularmente definido por las reivindicaciones de 2 a 11.

[0021] Por último, la presente invención se refiere a una puzolana que se fabrica mediante lo definido en las reivindicaciones de 1 a 11.

Breve descripción de los dibujos

[0022] La presente invención se entenderá mejor con una descripción detallada de una forma preferencial (pero no la única) de la invención, que hace uso de las figuras adjuntas que no serán restrictivas.

- La figura 1 contiene un diagrama de las etapas de fabricación de puzolanas de acuerdo con la presente invención, con la adición de combustible sólido después de la etapa de calentamiento.
- La figura 2 contiene un diagrama de las etapas de fabricación de puzolanas de acuerdo con la presente invención, con la adición de combustible sólido antes de la etapa de calentamiento.
- La figura 3 contiene un diagrama de reacciones reductoras de hematita (Fe_2O_3) para magnetita (Fe_3O_4) de acuerdo con la cantidad de combustible sólido mezclado con el material.
- La figura 4 contiene el cuadro de la reacción de *Boudouard*.

Descripción Preferencial de la Invención

[0023] El proceso descrito en la presente invención tiene como objetivo obtener una puzolana activada grisácea que pueda sustituir parcialmente los componentes del cemento, mejorando o manteniendo las propiedades de resistencia del cemento, sin cambios en el color original del cemento, y manteniendo su valor comercial. Además, el proceso de esta invención es particularmente importante desde el punto de vista ambiental, una vez que elimina el monóxido de carbono de los gases de escape del horno.

[0024] La emisión de monóxido de carbono (CO) a través de los gases de escape a la atmósfera después del proceso de activación de la arcilla no es aceptable. Hay algunos procesos de activación de arcilla descritos en el estado de la técnica que presentan del 0,5% hasta el 3% (5000-30000 ppmv) de monóxido de carbono dentro de la atmósfera del horno, por ejemplo, como en el documento BRPI 1002450-6. Además de no presentar ninguna estimación de la fracción de

CO dentro del horno o dentro del enfriador o en la chimenea, todos los inventos de los documentos BRPI 1004045, WO 2012/126696 y US 2012/0160135 usan otro combustible (más ligero, como el aceite combustible) para mantener una atmósfera reductora durante el proceso de enfriamiento.

[0025] Las agencias ambientales son responsables por delimitar la emisión máxima permitida de monóxido de carbono por procesos industriales. El Consejo Nacional de Medio Ambiente de Brasil (CONAMA), por ejemplo, reglamenta las "Normas para la calidad del aire" en la resolución 03/90, que establece las concentraciones de contaminantes del aire que pueden afectar la salud, la seguridad y el bienestar de la población local, así como causar daños a la fauna y flora, a materiales y al ambiente en general. Esta resolución establece para el monóxido de carbono que una concentración promedio durante 8 horas de 10000 µg por metro cúbico de aire (9 ppm) no debe excederse más de una vez al año. También establece que una concentración promedio de monóxido de carbono durante 1 hora de 40000 µg por metro cúbico de aire (35 ppm) no debe excederse más de una vez al año. Otra resolución de CONAMA es la 264/99, que se refiere a la licencia de hornos rotativos de clínker que coprocesan los residuos. Esta resolución establece una emisión máxima de monóxido de carbono de 100 ppmv para el 7% de oxígeno. Un proceso que permite la emisión de monóxido de carbono entre 5000 y 30000 ppmv no se considera seguro para el medio ambiente. Por lo tanto, para que el proceso de activación de la arcilla sea ambientalmente seguro, el monóxido de carbono deberá ser eliminado de la composición de los gases de escape

[0026] En la industria, la forma más común de mitigar el CO de los gases de combustión es quemándolo en la presencia de aire. Este agotamiento conduce a un aumento en la temperatura del gas debido a la energía liberada por el proceso de combustión. El aumento de la temperatura de los gases de escape representa un desperdicio de energía y tiene como resultado un aumento del consumo de calor específico del horno. Consecuentemente, no se puede afirmar que un proceso de fabricación de puzolanas que elimine el monóxido de carbono mediante el aumento de la temperatura de los gases de combustión sea el más

eficiente. Por lo tanto, la presencia de monóxido de carbono (CO) en el escape del horno no es deseable, ya sea debido a los impactos ambientales o al aumento en el consumo de calor específico del horno.

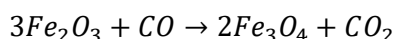
[0027] El método de la presente invención consiste en las siguientes etapas: 1) calentamiento; 2) mezcla; 3) calcinación y 4) enfriamiento.

[0028] En la "etapa 1", el horno se alimenta con materias primas que contienen del 0% hasta el 50% de humedad. Estos materiales se calientan dentro del horno. El proceso de calentamiento se puede hacer de manera lenta, como ocurre en un horno rotativo (en el que el tiempo de permanencia es de aproximadamente una hora), o se puede hacer de manera rápida, como sucede en un lecho fluidizado o en un "calcinador rápido" (en inglés "Flash Calciner") (en el que el tiempo de permanencia es de solo unos segundos). El proceso de calentamiento continúa hasta que la temperatura alcanza entre 100 y 350° C, lo que permite el secado del material del 0% hasta el 5% de humedad. Durante esta etapa, todavía no hay preocupación por la concentración de oxígeno, porque la oxidación del material no es significativa en este rango de temperatura.

[0029] En la "etapa 2", las materias primas calientes se mezclan con un combustible sólido, en una proporción del 1% hasta el 5% de combustible (fracción en peso) de acuerdo con el nivel de hematita en la composición de la materia prima. Cuando los insumos exhiben un alto contenido de hematita (Fe_2O_3) ellos muestran el color rojizo, que se intensifica durante la calcinación debido a la alta temperatura que facilita la reacción de oxidación del hierro. La granulometría del combustible mezclado debe estar cerca de la granulometría de la materia prima. Las materias primas sólidas que se pueden aplicar en este caso son: carbón mineral, carbón vegetal, coque de petróleo, biomasa u otros residuos ricos en carbono. El combustible sólido es necesario puesto que el óxido de hierro contenido en la materia prima exige la presencia de carbono para reducirse a magnetita. Esta reducción química tiene lugar cuando la mezcla de arcilla y combustible sólido alcanza una temperatura de alrededor de 600° C. En niveles inferiores a esta temperatura, la generación de CO, controlada por el mecanismo de Boudouard ($\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO}$), alcanza una tasa cinética mínima que activa el

proceso. La figura 3 muestra un diagrama de reacciones reductoras de hematita (Fe_2O_3) a magnetita (Fe_3O_4) de acuerdo con la cantidad de combustible sólido mezclado con el material. La figura 4 contiene el gráfico de reacción de Boudouard. El gráfico muestra que casi no hay formación de monóxido de carbono hasta la temperatura de 500°C . La generación de CO se vuelve más expresiva después de 600°C , favoreciendo el proceso reductor de la hematita.

[0030] En la "etapa 3" tiene lugar la activación de la materia prima. El agua se libera de la estructura cristalina de la materia prima y la reducción de la hematita conduce a un cambio en el color de la puzolana. La liberación de agua conduce a una estructura amorfa que activa la materia prima. La activación de la arcilla se lleva a cabo entre 700 y 900°C , cuando se elimina el agua cristalizado, causando una destrucción en la estructura cristalina del material, proporcionando a la puzolana actividad hidráulica. (La actividad hidráulica es la reactividad del aluminio u óxido de silicio contenido en la puzolana con óxidos de calcio del clínker o de la cal). Por lo tanto, la temperatura para la calcinación de arcilla puede variar de 700°C a 900°C , de acuerdo con su composición mineralógica. Además, durante esta etapa se produce el cambio de color de la materia prima, de rojizo a grisáceo. La hematita (Fe_2O_3) contenida en la arcilla reacciona con la atmósfera reductora, preferiblemente con monóxido de carbono, y se convierte en magnetita (Fe_3O_4), liberando dióxido de carbono (CO_2) en el proceso. La magnetita muestra un color parduzco o grisáceo. La reacción simplificada que ocurre se muestra a continuación:



[0031] En caso de que la "etapa 1" y la "etapa 3" se realicen en equipos separados (por ejemplo, en un horno rotatorio o un "secador rápido" (en inglés "flash dryer"), respectivamente), el combustible sólido se mezclará con arcilla justo después de que se haya calentado y secado, como se muestra en la figura 1. La cantidad de combustible sólido agregado a la mezcla varía entre el 1% y el 5% (fracción en peso) de acuerdo con el nivel de hematita contenido en la materia prima. La Tabla I muestra la cantidad necesaria de combustible sólido

que se agregará a la mezcla en función de la concentración de hematita en la arcilla.

Tabla I - Adición de combustible sólido de acuerdo con el contenido de hematita.

Hematita (Fe_2O_3) contenida en la materia prima	Fracción en masa de combustible sólido en la mezcla (*)
< 3%	No se hace necesario
3-5%	1,5%
5-8%	3,0%
8-12%	5,0%

(*) Estos valores se toman para un combustible de referencia con parámetro ($\% C_{\text{fijo}} + \% \text{Volátiles}$) = 90%; Utilice la relación entre el parámetro ($\% C_{\text{fijo}} + \% \text{volátiles}$) del combustible de referencia y el combustible efectivamente utilizado para corregir la cantidad de combustible que se mezclará con arcilla.

[0032] En caso de que las etapas de "calentamiento" y "calcinación" se realicen en el mismo equipo, el combustible sólido se agregará antes de la "etapa 1" para que se caliente y se seque al mismo tiempo que la materia prima. Este proceso se muestra en la figura 2.

[0033] Para maximizar los resultados de cambio de color, se debe mantener la atmósfera interna del horno con muy baja concentración de oxígeno (entre el 1 y el 5%). Una forma de lograr esta atmósfera reductora es mediante la combustión de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos (que se alimentan en la "etapa 2") con un muy pequeño exceso de aire.

[0034] Un equipo que puede promover la combustión adecuada de muchos tipos de combustibles (sólidos y líquidos), especialmente en las condiciones críticas determinadas en la presente invención, es una precámara de combustión compacta, como se describe en el documento BRPI 1000417- 3, que se lo utiliza como referencia. Este equipo es capaz de quemar combustibles sólidos y líquidos en condiciones de bajo exceso de aire (contenido de oxígeno entre el 1 y el 5%).

Sin embargo, los resultados de la presente invención también se pueden lograr usando otro equipo similar.

[0035] La temperatura media de la puzolana no debe exceder los 900° C, que es la temperatura de formación de la mulita, una estructura cristalina estable que no tiene propiedades de activación como la puzolana. Para mantener el rango de temperatura correcto del proceso, se debe limitar la temperatura de los gases. Una forma de hacerlo sin la dilución con aire, lo que significa mantener una baja concentración de oxígeno, es mediante la recirculación de los gases de escape del sistema. En otras palabras, la combustión tiene lugar con un pequeño exceso de oxígeno y el control de la temperatura del proceso también se realiza con gases con poco oxígeno (y no con aire ambiente, como es habitual). De esta manera, todo el proceso en el interior del horno se realiza con baja disponibilidad de oxígeno, lo que contribuye para el cambio efectivo en el color del producto.

[0036] En la siguiente etapa ("etapa 4"), la puzolana que se generó en el horno y tenía el color modificado ahora entrará en un proceso de enfriamiento. La presente invención puede aplicarse para diferentes tipos de enfriadores: un enfriador rotativo, un enfriador de lecho fluidizado o un "enfriador rápido" (en inglés "flash cooler").

[0037] Durante el proceso de enfriamiento, se debe tener especial cuidado para no revertir el cambio de color que tuvo lugar dentro del horno, de lo contrario, el color del producto puede volver a ser rojizo.

[0038] Por la razón, explicada anteriormente, una característica obligatoria de la presente invención es que el proceso de enfriamiento se realizará en dos etapas: una etapa inicial que disminuye la temperatura de la puzolana rápidamente a 600° C y una etapa final que lleva la temperatura de la puzolana hasta 120° C. La presente invención sugiere que la primera etapa de enfriamiento puede aumentar el coeficiente de intercambio de calor mediante el uso indirecto de agua (por ejemplo, manteniendo el lado externo del tambor húmedo en un enfriador rotativo o "enfriador rápido" (en inglés "flash cooler"), o mediante el uso de un agua serpentina en un enfriador de lecho fluidizado). La segunda etapa de enfriamiento, por otro lado, se realizará con el uso de aire o una corriente de

gas con poco oxígeno (de los gases de recirculación). La necesidad de usar agua, así como una corriente de gas con baja concentración de oxígeno, depende del contenido de hematita que se encuentre en la materia prima. Los inventores definieron rangos para la aplicación de cada método de enfriamiento (uso directo de aire ambiente; uso indirecto de agua; uso directo de gases recirculados bajos en oxígeno). La Tabla II relaciona los métodos de enfriamiento aplicados según la concentración de hematita en la materia prima. Se puede verificar a partir de la Tabla II que hay un aumento en la sofisticación del proceso de enfriamiento, a medida que aumenta también la concentración de hematita de la materia prima. Esto se explica porque la reversión del color es más rápida e intensa a medida que la concentración de hematita de la puzolana caliente y la concentración de oxígeno del proceso de enfriamiento son más altas.

Tabla II - Condiciones de enfriamiento según la concentración de hematita en la materia prima.

Concentración de hematita (Fe ₂ O ₃) en la materia prima	Técnica de Enfriamiento.
< 3%	Uso directo de aire ambiente
3-6%	Uso directo de gases recirculados
6-10%	Uso directo de aire ambiente y uso indirecto de agua
> 10%	Uso directo de gases recirculados y uso indirecto de agua

[0039] La puzolana artificial generada mediante el método descrito en este documento cumple con las siguientes normas:

- NBR 5736 Cemento Portland Puzolánico
- NBR 5737 Cemento Portland Resistente a Sulfato
- NBR 12653 Material Puzolánico

- NBR 5751 Material Puzolánico - Determinación de la actividad puzolánica - índice de actividad puzolánica con cal
- NBR 5752 Material puzolánico - Determinación de la actividad puzolánica con cemento
- NBR 5753 Cemento Portland - Ensayo de actividad puzolánica para cemento Portland Puzolánico

[0040] Las técnicas conocidas hasta la actualidad para producir puzolana artificial activada tienen cinco diferencias importantes con respecto a la técnica desarrollada por Dynamis:

- (1) Aplicación directa de combustible líquido sobre el material caliente durante el proceso de enfriamiento, para permitir el cambio de color deseado; y / o
- (2) Uso de combustibles sólidos durante la etapa de "calcinación", para mantener una atmósfera reductora dentro del horno, permitiendo la emisión de monóxido de carbono en los gases de escape del proceso; y / o
- (3) Aplicación directa de agua sobre el material caliente durante el proceso de enfriamiento; y / o
- (4) No hay generación de puzolana grisácea; y / o
- (5) No hay control sobre el color final de la puzolana.