

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 749**

51 Int. Cl.:

C04B 7/32 (2006.01)

C04B 7/44 (2006.01)

C03B 5/235 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.01.2016 PCT/EP2016/051731**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.08.2016 WO16120347**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2016 E 16701664 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2020 EP 3250535**

54 Título: **Proceso para la preparación de cemento con alto contenido de alúmina**

30 Prioridad:

27.01.2015 GB 201501306

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

14.07.2020

73 Titular/es:

**KNAUF INSULATION (100.0%)
Rue de Maestricht 95
4600 Visé, BE**

72 Inventor/es:

**DEMOTT, GERARD;
MAROLT, BOSTJAN y
DUCARME, DAVID**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 773 749 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Proceso para la preparación de cemento con alto contenido de alúmina

5 La presente invención se refiere a un proceso mejorado para la preparación de cemento de alto contenido de alúmina.

10 El cemento de alto contenido de alúmina, también denominado cemento aluminoso o cemento de aluminato de calcio, se produce por medio de fusión de una mezcla de caliza y bauxita a temperaturas elevadas entre 1400 y 1600 °C, obteniéndose además una masa fundida que, tras enfriar, se tritura hasta obtener un cemento fino. La fusión se puede llevar a cabo en hornos de cuba, tales como altos hornos u hornos rotatorios.

15 En las formulaciones típicas para la preparación de cemento de alto contenido de alúmina, el contenido de SiO₂ puede variar de un 0,4 a un 10,0 % en peso, Al₂O₃ puede variar de un 25 a un 85 % en peso y CaO de un 15 a un 50 % en peso. El cemento de alto contenido de alúmina se puede usar como aglutinante hidráulico para la preparación de hormigón destinado a fines de construcción o en la fabricación de elementos refractarios. También se puede mezclar con otros cementos para la preparación de mezclas de cemento que muestran propiedades específicas. Se conoce el cemento de alto contenido de alúmina por su rápido desarrollo de resistencia.

20 La producción de cemento de alto contenido de alúmina requiere aportaciones de alta energía, y existe una demanda creciente para mejorar la eficiencia energética del proceso de fabricación. Además, debido a la naturaleza altamente corrosiva de las materias primas y la masa fundida objeto de tratamiento, es preciso reparar o sustituir el revestimiento refractario de los hornos en los que se trata cemento de alto contenido de alúmina tras períodos de tiempo relativamente cortos. Además, existe una demanda para encontrar un modo de solucionar ese problema técnico.

30 Se ha encontrado que el cemento de alto contenido de alúmina se puede preparar ventajosamente en un dispositivo de fusión de combustión sumergida. El proceso de la invención comprende la introducción de un material sólido por lotes para la preparación de cemento de alto contenido de alúmina en un dispositivo de fusión, comprendiendo el dispositivo de fusión paredes de cámara enfriadas y no cubiertas por un revestimiento refractario, fundir el material sólido por lotes en el dispositivo de fusión por medio de combustión sumergida, descargar una masa fundida líquida, enfriar dicha masa fundida líquida para obtener una masa fundida solidificada y triturar la masa fundida solidificada hasta obtener un tamaño de grano apropiado. La etapa de trituración se conoce por parte de la persona experta y se puede adaptar a la demanda de calidad de producto y los requisitos del lugar de mercado.

35 La preparación de cemento de alto contenido de alúmina se puede llevar a cabo usando un método y/o dispositivo de fusión divulgado en cualquiera de los documentos WO 2015/014919, WO 2015/014920 o WO 2015/014921. El documento CN 101811838 divulga un método para producir cemento que implica pulverizar combustible y gas de soporte de combustión en la masa fundida.

40 Se conocen los dispositivos de fusión de combustión sumergida. Estos dispositivos de fusión se caracterizan por el hecho de que tienen una o más boquillas de quemador dispuestas por debajo de la superficie de la masa fundida, en las paredes del dispositivo de fusión y/o la parte inferior del dispositivo de fusión, preferentemente en la parte inferior del dispositivo de fusión, de manera que la llama del quemador y/o los productos de combustión pasan a través de la masa fundida y transfieren energía directamente a la masa fundida.

50 Se sabe que los dispositivos de fusión de combustión sumergida generan elevada turbulencia o agitación en la masa fundida provocada al menos parcialmente por la inyección o gas de combustión bajo presión elevada en el interior de la masa fundida y por medio de movimientos convectivos dentro de la masa fundida. La elevada turbulencia garantiza la mezcla eficaz en la masa fundida, y homogeneiza la masa fundida en términos de perfil de temperatura y composición, lo cual conduce a un producto de cemento de elevada calidad. También favorece la absorción de materias primas en el interior de la masa fundida y mejora la transferencia térmica hasta la materia prima nueva. Esto reduce el tiempo de residencia necesario en el dispositivo de fusión antes de la extracción para el tratamiento aguas abajo. No obstante, es preferible que los quemadores estén controlados de manera que el volumen en masa fundida aumente en al menos un 8 %, preferentemente al menos un 10 %, más preferentemente al menos un 15 % o un 20 %, en comparación con el volumen que tendría la masa fundida sin combustión por parte de los quemadores. Se comprende que la inyección de gas reduce la densidad de la masa fundida, además aumenta su volumen, en comparación con el que sería sin inyección alguna de gas.

60 En conexión con lo anterior, el volumen en masa fundida (sin combustión sumergida de quemadores) se puede calcular como función de la temperatura y la composición del lote de materias primas. El nivel y además el volumen de la masa fundida agitada (combustión sumergida en quemadores) se puede medir con dispositivos de detección por láser o dispositivos de medición similares que permiten medir y promediar el nivel de masa fundida durante un período de tiempo concreto.

65 Aunque la combustión sumergida tiene tendencia a provocar formación de espuma en la parte superior de la masa

fundida, es decir sobre el nivel de masa fundida, es preferible operar el dispositivo de fusión de combustión sumergida sin espuma o con un nivel reducido de espuma, ya que el nivel de espuma puede resultar desventajoso con respecto a la transferencia térmica.

- 5 Las paredes de la cámara de fusión se enfrían; por ejemplo, pueden comprender paredes de acero dobles separadas por medio de un líquido refrigerante en circulación, preferentemente agua. Particularmente, en el caso de una cámara de fusión cilíndrica, dicho conjunto resulta relativamente fácil de construir y es capaz de resistir tensiones mecánicas elevadas. Una forma cilíndrica del dispositivo de fusión facilita el equilibrio de tensiones sobre la pared exterior. A medida que las paredes se enfrían, por ejemplo, se enfrían con agua, preferentemente la masa
- 10 fundida se solidifica y forma una capa protectora sobre la parte interior de la pared del dispositivo de fusión. El conjunto de dispositivo de fusión no requiere ningún revestimiento refractario interno y, por tanto, requiere menos mantenimiento o un mantenimiento menos costoso. Además, la masa fundida no está contaminada con componentes no deseados o material refractario normalmente erosionado a partir del revestimiento refractario interno. La cara interna de la pared del dispositivo de fusión puede estar equipada de forma ventajosa con pestañas o pastillas u otros elementos pequeños que se proyectan hacia el interior del dispositivo de fusión. Estas pueden contribuir a constituir y fijar una capa de masa fundida solidificada sobre la pared interna del dispositivo de fusión generando un revestimiento que tiene una resistencia térmica y reduciendo la transferencia de calor al líquido de refrigeración en las paredes dobles del dispositivo de fusión.
- 15
- 20 El dispositivo de fusión puede estar equipado con un equipo de recuperación térmica. Los humos calientes procedentes del dispositivo de fusión se pueden usar para precalentar las materias primas o se puede recuperar la energía térmica contenida en los mismos. Similarmente, la energía térmica contenida en el líquido de refrigeración que circula entre las dos paredes del dispositivo de fusión se puede también convertir para el calentamiento u otros fines. Sobre todo, la eficiencia energética de los dispositivos de fusión de combustión sumergida es significativamente mejorada, en comparación con los dispositivos de fusión de cuba convencionales u hornos rotatorios.
- 25

Las materias primas se pueden introducir a través de una abertura en la pared de dispositivo de fusión, por encima de la superficie de la masa fundida. Dicha abertura se puede abrir y cerrar, por ejemplo, por medio de un pistón, para minimizar el escape de calor y humos. La materia prima se puede preparar e introducir en un canal intermedio y posteriormente caer en el interior del dispositivo de fusión, en dirección opuesta a los humos que salen, sobre la superficie de la masa fundida. Este flujo en contracorriente puede precalentar ventajosamente las materias primas. En la alternativa, las materias primas se pueden introducir por debajo del nivel de la masa fundida, por medio de un alimentador de tornillo o un alimentador hidráulico.

- 30
- 35 La masa fundida se puede extraer de forma continua o por lotes a partir del dispositivo de fusión. Cuando se introduce la materia prima cerca de la pared del dispositivo de fusión, preferentemente la salida de masa fundida está dispuesta en sentido opuesto a la entrada de material. En una realización preferida de la invención, la masa fundida se extrae a través de una abertura de descarga controlada, por ejemplo, por un pistón cerámico. El pistón puede abrir o cerrar una puerta deslizante que cubre o descubre la abertura de descarga.
- 40

Preferentemente, los quemadores sumergidos inyectan chorros de alta presión de productos de combustión en el interior de la masa fundida que son suficientes para superar la presión del líquido y crear un desplazamiento forzado hacia arriba de la llama y los productos de combustión. La velocidad de los gases combustibles y/o de combustión, concretamente en la salida de la(s) boquilla(s) del quemador, puede ser de ≥ 60 m/s, ≥ 100 m/s o ≥ 120 m/s y/o ≤ 350 m/s, ≤ 330 m/s, ≤ 300 m/s o ≤ 200 m/s. Preferentemente, la velocidad de los gases de combustión está dentro del intervalo de aproximadamente 60 a 300 m/s, preferentemente de 100 a 200, más preferentemente de 110 a 160 m/s.

- 45
- 50 La temperatura de la masa fundida puede estar ventajosamente entre 1400 °C y 1600 °C; puede ser al menos de 1450 °C o 1480 °C y/o no más de 1600 °C o 1550 °C o 1520 °C.

De acuerdo con una realización preferida, la combustión sumergida se lleva a cabo de manera que el patrón de flujo en masa fundida sustancialmente toroidal se genere en la masa fundida, presentando un eje de revolución central vertical, que comprende flujos convergentes principales hacia el interior y el centro en la superficie de la masa fundida; la masa fundida se mueve hacia abajo en las proximidades del eje de revolución central vertical y se recircula en movimiento ascendente de nuevo hasta la superficie de la masa fundida, definiendo de este modo un patrón de flujo sustancialmente toroidal.

- 55
- 60 La generación de dicho patrón de flujo toroidal garantiza una mezcla altamente eficaz de la masa fundida y la absorción de la materia prima en el interior de la masa fundida, y homogeneiza la misma en términos de perfil de temperatura y composición, lo cual conduce a una elevada calidad del producto final.

- 65 Ventajosamente, la etapa de fusión comprender fundir el material sólido por lotes, en un dispositivo de fusión de combustión sumergida, sometiendo la masa fundida a un patrón de flujo que cuando se simula por medio de análisis computacional de dinámica de fluidos muestra un patrón de flujo en masa fundida sustancialmente toroidal, que

comprende vectores de flujo que convergen hacia el centro y el interior en la superficie de la masa fundida, siendo el eje de revolución central del toroide sustancialmente vertical.

5 En el eje de revolución vertical de dicho patrón de flujo toroidal, los vectores de flujo tienen un componente hacia abajo que refleja el movimiento hacia abajo de la masa fundida en las proximidades de dicho eje. Hacia la parte inferior del dispositivo de fusión, los vectores de flujo cambian de orientación, mostrando componentes hacia afuera y hacia arriba.

10 Preferentemente, el modelo de dinámica de fluidos tiene la codificación ANSYS R14.5, que toma en consideración el campo de flujo de multifase que varía desde el material sólido por lotes a la masa fundida líquida y el gas generado durante el transcurso de la conversión, y la conversión lote-a-masa fundida.

15 Se puede obtener un patrón de flujo de masa fundida toroidal usando quemadores de combustión sumergida dispuestos en la parte inferior del dispositivo de fusión en una zona de quemador sustancialmente anular que confiere un componente de velocidad dirigido hacia arriba sustancialmente vertical a los gases de combustión. Ventajosamente, los quemadores están dispuestos con una distancia entre los quemadores adyacentes de aproximadamente 250-1250 mm, ventajosamente 500-900 mm, preferentemente de aproximadamente 600-800, incluso más preferentemente de aproximadamente 650-750 mm. Es preferible que las llamas adyacentes no se junten.

20 Cada eje de quemador y/o vector de velocidad de la masa fundida que se mueve hacia arriba sobre o adyacente a los quemadores sumergidos se puede inclinar ligeramente desde la vertical, por ejemplo, en un ángulo que es $\geq 1^\circ$, $\geq 2^\circ$, $\geq 3^\circ$ o $\geq 5^\circ$ y/o que es $\leq 30^\circ$, preferentemente $\leq 15^\circ$, más preferentemente $\leq 10^\circ$, concretamente hacia el centro del dispositivo de fusión. Dicha configuración puede mejorar el flujo y dirige el flujo en masa fundida fuera de la abertura de salida y/o hacia el centro del dispositivo de fusión, favoreciendo de este modo un flujo toroidal y la incorporación de materia prima en la masa fundida.

30 De acuerdo con una realización, cada eje de quemador central está inclinado un ángulo de giro con respecto al plano vertical que pasa a través de un eje vertical central del dispositivo de fusión y el centro del quemador. El ángulo de giro puede ser $\geq 1^\circ$, $\geq 2^\circ$, $\geq 3^\circ$ o $\geq 5^\circ$ y/o $\leq 30^\circ$, $\leq 20^\circ$, $\leq 15^\circ$ o $\leq 10^\circ$. Preferentemente, el ángulo de giro es aproximadamente el mismo. La configuración de cada eje de quemador con un ángulo de giro confiere una componente de velocidad ligeramente tangencial a las llamas que fluyen hacia arriba, confiriendo de este modo un movimiento de giro a la masa fundida, además del patrón de flujo toroidal.

35 La zona del quemador está definida como una zona sustancialmente anular. Las configuraciones de quemador, por ejemplo, sobre una línea ovalada o elíptica dentro de la zona relevante resultan posibles, pero preferentemente los quemadores están dispuestos sobre una línea de quemador sustancialmente circular.

40 Preferentemente, el patrón de flujo comprende un flujo convergente hacia adentro en la superficie de la masa fundida seguido de un flujo orientado hacia abajo en las proximidades del eje central de revolución del toroide. Dicho eje de revolución central ventajosamente corresponde al eje vertical de simetría del dispositivo de fusión. Por eje de simetría se entiende un eje de simetría central y, si el dispositivo de fusión muestra un corte-transversal que no tenga ningún eje de simetría individual definido, entonces el eje de simetría del círculo en el que se inscribe la sección del dispositivo de fusión. El flujo orientado hacia abajo va seguido de un flujo orientado hacia afuera en la parte inferior del dispositivo de fusión y un flujo hacia arriba sustancialmente anular en las proximidades de los quemadores, que refleja una recirculación de la masa fundida hacia la zona del quemador y en movimiento ascendente de nuevo hasta la superficie de la masa fundida, definiendo de este modo un patrón de flujo sustancialmente toroidal.

50 Los vectores de flujo convergente hacia adentro en la superficie de masa fundida muestran ventajosamente una velocidad comprendida entre 0,1-3 m/s. Los vectores de velocidad orientada hacia abajo en la proximidad del eje de revolución central vertical son preferentemente de magnitud significativa que refleja una velocidad relativamente elevada de material que fluye hacia abajo. Los vectores de velocidad hacia abajo pueden ser entre 0,1-3 m/s. La masa fundida y/o las materias primas dentro del dispositivo de fusión, en al menos una parte del dispositivo de fusión y concretamente en la superficie de la masa fundida (en particular los vectores de flujo convergente hacia el interior en la superficie de masa fundida) y/o en el eje de revolución central vertical o próximo al mismo, pueden alcanzar una velocidad que es $\geq 0,1$ m/s, $\geq 0,2$ m/s, $\geq 0,3$ m/s o $\geq 0,5$ m/s y/o que es $\leq 2,5$ m/s, $\leq 2,0$ m/s, $\leq 1,8$ m/s o $\leq 1,5$ m/s.

60 El patrón de flujo toroidal preferido garantiza la mezcla altamente eficaz y homogeneiza la masa fundida en términos de perfil de temperatura y composición. También favorece la absorción de materia prima en la masa fundida y mejora la transferencia térmica a la materia prima nueva. Esto reduce el tiempo de residencia necesario en el dispositivo de fusión antes de la extracción, al tiempo que evita o al menos reduce el riesgo de la materia prima que cortocircuita la circulación de la masa fundida.

65 En una realización preferida, los quemadores se disponen a una distancia de aproximadamente 250-750 mm a partir

de la pared lateral de dicha cámara de fusión; esto favorece el flujo preferido descrito anteriormente y evita la atracción de llama a las paredes laterales de la cámara de fusión. Una distancia demasiado pequeña entre los quemadores y la pared lateral puede dañar o tensionar innecesariamente la pared lateral. Aunque determinado flujo de masa fundida entre el quemador y la pared puede no resultar negativo y puede ser incluso deseable, una distancia demasiado larga tiende a generar flujos en masa fundida no deseados y puede crear zonas muertas que se mezclen menos con la masa fundida en el centro del dispositivo de fusión y conduzca a una menor homogeneidad de la masa fundida.

La distancia entre los quemadores sumergidos se escoge ventajosamente de manera que proporcione un patrón de flujo toroidal deseado dentro de la masa fundida, pero también evite la unión de las llamas adyacentes. Aunque este fenómeno depende de muchos parámetros tales como temperatura y viscosidad de la masa fundida, presión y otras características de los quemadores, se ha encontrado que resulta ventajoso seleccionar un diámetro de ciclo de quemador comprendido entre aproximadamente 1200 y 2000 mm. Dependiendo del tipo de quemador, la presión de operación y otros parámetros, un diámetro demasiado grande conduce a llamas que divergen; un diámetro demasiado estrecho conduce a llamas que se unen.

Preferentemente, se proporcionan al menos 6 quemadores, por ejemplo, dispuestos sobre una línea de círculo de quemadores, más preferentemente de 6 a 10 quemadores, incluso más preferentemente de 6 a 8 quemadores, dependiendo de las dimensiones del dispositivo de fusión, dimensiones del quemador, presión de operación y otros parámetros de diseño.

Cada quemador de cada una de una pluralidad de grupo de quemadores, por ejemplo, quemadores opuestos, se puede controlar de forma individual. Los quemadores próximos a la descarga de materia prima se pueden controlar a diferentes velocidades de gas y/o presiones, preferentemente mayores que los quemadores adyacentes, permitiendo de este modo una mejor transferencia térmica a la materia prima nueva que se introduce en el dispositivo de fusión. Pueden ser necesarias velocidades de gas elevadas únicamente de forma temporal, es decir, en el caso de un modo de introducción por lotes de la materia prima, justo durante el período de tiempo necesario para la absorción de la carga relevante en el interior de la masa fundida presente en el dispositivo de fusión. También puede resultar deseable controlar los quemadores que están ubicados cerca de una salida de la masa fundida a una velocidad de gas/presión más baja, con el fin de no perturbar la salida de la masa fundida.

Preferentemente, la cámara de fusión es sustancialmente cilíndrica en cuanto al corte transversal; no obstante, puede tener un corte transversal elíptico o poligonal que muestre más de 4 lados, preferentemente más de 5 lados.

Se ha encontrado que la masa fundida para la preparación de cemento de alto contenido de alúmina muestra una tendencia a cristalización de forma bastante rápida. De este modo, puede resultar deseable descargar la masa fundida de forma rápida para la solidificación aguas abajo y la trituración. Dicha descarga se puede llevar a cabo preferentemente a través de una abertura de salida que se puede abrir y cerrar por medio de una puerta deslizante controlada por un pistón.

La composición de la masa fundida producida puede comprender normalmente:

	Composición en masa fundida (% en peso)
SiO ₂	4,0
Al ₂ O ₃	39,4
CaO	38,4
Fe ₂ O ₃ (hierro total)	16,4
MgO	1,0
Na ₂ O	0,1
K ₂ O	0,2
TiO ₂	1,9
Otros	Resto hasta 100 %

Se permite que la masa fundida descargada se enfríe a una temperatura apropiada para el almacenamiento y/o la trituración. La trituración se puede operar en diversas etapas como se sabe de por sí. Una primera etapa de trituración puede romper las partículas de masa fundida solidificadas y enfriadas hasta un tamaño de partícula apropiado para el suministro en el interior de un dispositivo de trituración que finalmente reduce el tamaño de partícula, tal como el 100 % del mismo atraviesa un tamiz de 90 µm en circuito seco, posiblemente en diversas etapas. El equipo para llevar a cabo dichas operaciones de trituración se conoce en la técnica.

Una realización de un dispositivo de fusión apropiado para su uso de acuerdo con la presente invención se describe a continuación, con referencia a los dibujos adjuntos de los cuales:

La Figuras 1a y 1b son representaciones esquemáticas de un patrón de flujo toroidal en un dispositivo de fusión de combustión sumergida;

La Figura 2 muestra una sección vertical a través de un dispositivo de fusión de combustión sumergida;
 La Figura 3 es una representación esquemática de una configuración de quemador para un dispositivo de fusión de la Figura 2; y
 La Figura 4 muestra esquemáticamente una línea de producción de acuerdo con la invención.

5 Con referencia a las figuras, preferentemente se establece un patrón de flujo toroidal en el que la masa fundida sigue una dirección ascendente próxima a los quemadores sumergidos 21, 22, 23, 24, 25, 26 que están dispuestos en una línea 27 de quemador circular, fluye hacia adentro en dirección al centro de la línea de quemador circular en la superficie de la masa fundida, y fluye hacia abajo en las proximidades de dicho centro. El flujo toroidal genera
 10 agitación en la masa fundida, garantiza una buena agitación de la masa fundida, y la absorción de materia prima en la masa fundida. Además, se ha determinado que el flujo, tal y como se genera, también reduce la generación de espuma en la parte superior de la masa fundida; quedando atrapadas burbujas de espuma o gas en el interior de la masa fundida, reduciendo de este modo su densidad.

15 El dispositivo de fusión 1 ilustrado comprende: una cámara 3 de fusión cilíndrica que tiene un diámetro interno de aproximadamente 2,0 m que contiene la masa fundida; una cámara superior 5; y una chimenea para evacuación de humos. La cámara superior 5 está equipada con deflectores 7 que evitan cualesquiera proyecciones de la masa fundida desde la superficie 18 de la masa fundida que queda atrapada en el interior de los humos. Un dispositivo de alimentación de materia prima 10 está dispuesto en la cámara superior 5 y está diseñado para introducir materia
 20 prima nueva en el interior del dispositivo de fusión 1 en el punto 11 ubicado por encima de la superficie 18 de masa fundida y cerca de la pared lateral del dispositivo de fusión. El dispositivo de alimentación 10 comprende un medio de alimentación horizontal, por ejemplo, un tornillo de alimentación, que transporta la mezcla de materias primas hasta una tolva ajustada al dispositivo de alimentación, cuya parte inferior puede abrirse y cerrarse por medio de un pistón vertical. La parte inferior de la cámara de fusión comprende seis quemadores sumergidos 21, 22, 23, 24, 25,
 25 26 dispuestos en una línea 27 de quemador circular concéntrica con el eje del dispositivo de fusión y que tiene un diámetro de aproximadamente 1,4 mm. La masa fundida se puede extraer de la cámara de fusión 3 a través de una abertura 9 de salida controlable ubicada en la pared lateral de la cámara de fusión, cerca de la parte inferior del dispositivo de fusión, sustancialmente opuesta al dispositivo de alimentación 10. A continuación, es posible permitir el enfriamiento de la extracción de masa fundida desde el dispositivo de fusión y la posterior trituración según se requiera.
 30

La temperatura dentro de la masa fundida puede estar entre 1400 °C y 1600 °C, preferentemente de 1450 °C a 1550 °C, dependiendo de la composición de la masa fundida, la viscosidad deseada y otros parámetros. Preferentemente, la pared del dispositivo de masa fundida es una pared de acero doble enfriada por un líquido de refrigeración, preferentemente agua. Las conexiones del agua de refrigeración proporcionada en la pared externa
 35 del dispositivo de fusión permiten un flujo suficiente para extraer energía de la pared interior, de manera que la masa fundida se pueda solidificar sobre la pared interna y el líquido de refrigeración, en este caso agua, no experimente ebullición. La pared interna del dispositivo de fusión no está revestida con ningún material refractario.

40 Los quemadores sumergidos 21, 22, 23, 24, 25, 26 comprenden quemadores de tubo concéntricos operados con flujos de gas de 100 a 200 m/s, preferentemente de 110 a 160 m/s y generan la combustión del gas combustible y gas que contiene oxígeno dentro de la masa fundida. La combustión y los gases de combustión generan agitación dentro de la masa fundida antes de escapar al interior de la cámara superior y, a continuación, a través de la chimenea. Estos gases calientes se pueden usar para precalentar las materias primas y/o el gas combustible y/o el
 45 gas oxidante (por ejemplo, oxígeno, el oxígeno industrial tiene un contenido de oxígeno ≥ 95 % en peso o aire enriquecido con oxígeno) usado en los quemadores. Preferentemente, los humos se filtran antes de la liberación al medio ambiente, opcionalmente usando dilución con aire ambiente para reducir su temperatura antes de la filtración.

Con referencia a la Figura 4, la materia prima procedente de un almacenamiento 30 de materia prima se introduce en el horno 1 como se ha descrito anteriormente, y se extrae la misma para enfriamiento 32 y posteriores
 50 tratamientos aguas debajo de por sí. La masa fundida descargada se deja enfriar a una temperatura apropiada para la operación adicional aguas abajo, incluyendo la trituración 34 hasta un tamaño de grano apropiado y/o almacenamiento 36,38. La trituración se lleva a cabo de manera ventajosa en varias etapas, incluyendo una primera etapa 39 que reduce el tamaño de partícula de la masa fundida solidificada hasta un tamaño apropiado para la
 55 trituración 40 de finos aguas abajo que, a su vez, se puede llevar a cabo de manera conocida de por sí, en varias etapas, con el fin de alcanzar un tamaño de partícula que sea común en la industria de fabricación de cemento. En la mayoría de los casos, el tamaño de grano es un tamaño de grano en forma de polvo. Por ejemplo, es tal que un 100 % de las partículas atraviesan un tamiz de 90 μm en un circuito seco. El revestimiento de producción además comprende secadores según sea apropiado y es como se conoce de por sí; estos dispositivos no se han mostrado en las figuras.
 60

Con respecto al dispositivo de fusión ejemplificado, se ha encontrado que la masa fundida aireada turbulenta no mostró apenas flotación de espuma en la parte superior de la masa fundida, y se ha determinado que la masa fundida aireada turbulenta mostró un volumen (promediado durante un período de tiempo de 1 minuto) de un 30-
 65 50 % más que la calculada basándose en la materia prima alimentada en el interior del dispositivo de fusión y mantenida a la misma temperatura. El volumen estaba.

El cemento de alto contenido de alúmina obtenido es de alta calidad. El proceso de producción anteriormente descrito demanda menos energía que los procesos conocidos, debido a la elección de los dispositivos de combustión sumergida que permiten una transferencia de energía mejorada a la masa fundida, tiempos de residencia más cortos y, con ello, menos pérdida de calor, y debido a que la elevada agitación conduce a una masa fundida menos homogénea a viscosidad reducida de masa fundida lo que, a su vez, permite la operación a temperaturas reducidas. Además, la combustión sumergida se puede llevar a cabo ventajosamente en dispositivos de fusión refrigerados con agua que resultan más fáciles y menos costosos de mantener y reparar y que permiten de forma adicional el reciclaje de la energía extraída a partir del líquido de refrigeración.

5

10

REIVINDICACIONES

1. Proceso para la preparación de cemento de alto contenido de alúmina que comprende:
 - 5 - introducir un material sólido por lotes para la preparación de cemento de alto contenido de alúmina en el interior de un dispositivo de fusión (1), comprendiendo el dispositivo de fusión paredes de cámara de fusión refrigeradas (19), por ejemplo, paredes de acero dobles separadas por un líquido de refrigeración en circulación, preferentemente agua, y que no están cubiertas por un revestimiento refractario;
 - 10 - fundir el material sólido por lotes en el dispositivo de fusión (1) por medio de combustión sumergida para formar una masa fundida líquida, en donde una o más boquillas están dispuestas en la parte inferior del dispositivo de fusión;
 - extraer al menos una parte de la masa fundida líquida del dispositivo de fusión (1);
 - enfriar dicha masa fundida líquida descargada para obtener una masa fundida solidificada; y
 - 15 - triturar la masa fundida solidificada hasta un tamaño de grano apropiado.
2. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el calor se recupera de los humos calientes y/o del líquido de refrigeración.
3. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que el calor se recupera de los humos calientes para precalentar las materias primas.
4. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que se extrae parte de al menos la masa fundida, de forma continua o por lotes, del dispositivo de fusión (1).
- 25 5. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que los quemadores sumergidos (21, 22, 23, 24, 25, 26) del dispositivo de fusión (1) están controlados de manera que el volumen en masa fundida aumente en al menos un 8 %, preferentemente al menos un 10 %, más preferentemente al menos un 15 % o un 20 %, en comparación con el volumen que tendría la masa fundida sin combustión de los quemadores.
- 30 6. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la combustión sumergida se lleva a cabo de forma que se genere un patrón de flujo toroidal en la masa fundida, que tiene un eje de revolución central vertical, que comprende flujos convergentes hacia el centro y el interior en la superficie de la masa fundida; la masa fundida se mueve hacia abajo en las proximidades del eje de revolución central vertical y se recircula en un movimiento ascendente de nuevo hasta la superficie de la masa fundida, definiendo de este modo un patrón de flujo toroidal.
- 35 7. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la etapa de fusión comprende la fusión del material sólido en forma de lotes, en un dispositivo de fusión de combustión sumergida, sometiendo la masa fundida a un patrón de flujo que cuando se simula por medio de análisis computacional de dinámica de fluidos muestra un patrón de flujo toroidal en la masa fundida, que comprende vectores de flujo convergentes hacia el centro y el interior en la superficie de la masa fundida, siendo vertical el eje de revolución central del toroide.
- 40 8. Proceso de acuerdo con la reivindicación 7, en el que hacia la parte inferior del dispositivo de fusión, los vectores de flujo cambian de orientación mostrando componentes hacia afuera y posteriormente hacia arriba.
- 45 9. Equipo de producción para la preparación de cemento de alto contenido de alúmina que comprende (i) un dispositivo de fusión de combustión sumergida (1) que comprende paredes (19) de cámara de fusión (3) y una parte inferior de la cámara de fusión, quemadores sumergidos (21, 22, 23, 24, 25, 26), y que está equipado con una descarga de materia prima (10) o dispositivo de alimentación y una salida (9) de masa fundida, (ii) una estación de refrigeración de masa fundida y (iii) una estación de trituración; en donde las paredes (19) de la cámara de fusión son paredes de cámara de fusión enfriadas, por ejemplo, que comprenden paredes de acero dobles separadas por un líquido de refrigeración en circulación, preferentemente agua, y no están cubiertas por un revestimiento refractario.
- 50 10. Equipo de producción de acuerdo con la reivindicación 9, en el que los quemadores de combustión sumergida (21, 22, 23, 24, 25, 26) están dispuestos en la parte inferior del dispositivo de fusión en una zona de quemador anular, preferentemente en un círculo de quemador (27).
- 55 11. Equipo de producción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 o 10, en el que los quemadores (21, 22, 23, 24, 25, 26) están dispuestos con una distancia entre quemadores adyacentes de 250 – 1250 mm, ventajosamente de 500-900 mm, preferentemente de 600-800, incluso más preferentemente de 650-750 mm.
- 60 12. Equipo de producción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que cada eje de quemador y/o vector de velocidad de la masa fundida que se mueve hacia arriba sobre o en posición adyacente con respecto a los quemadores sumergidos (21, 22, 23, 24, 25, 26) está inclinada desde la vertical un ángulo que es $\geq 1^\circ$, $\geq 2^\circ$, $\geq 3^\circ$ o $\geq 5^\circ$ y/o que es $\leq 30^\circ$, preferentemente $\leq 15^\circ$, más preferentemente $\leq 10^\circ$, hacia el centro del dispositivo de
- 65

fusión.

- 5 13. Equipo de producción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que cada eje de quemador central está inclinado un ángulo de giro con respecto al plano vertical que pasa a través del eje vertical central del dispositivo de fusión y el centro del quemador, siendo el ángulo de giro $\geq 1^\circ$, $\geq 2^\circ$, $\geq 3^\circ$ o $\geq 5^\circ$ y/o $\leq 30^\circ$, $\leq 20^\circ$, $\leq 15^\circ$ o $\leq 10^\circ$.

Fig. 1a

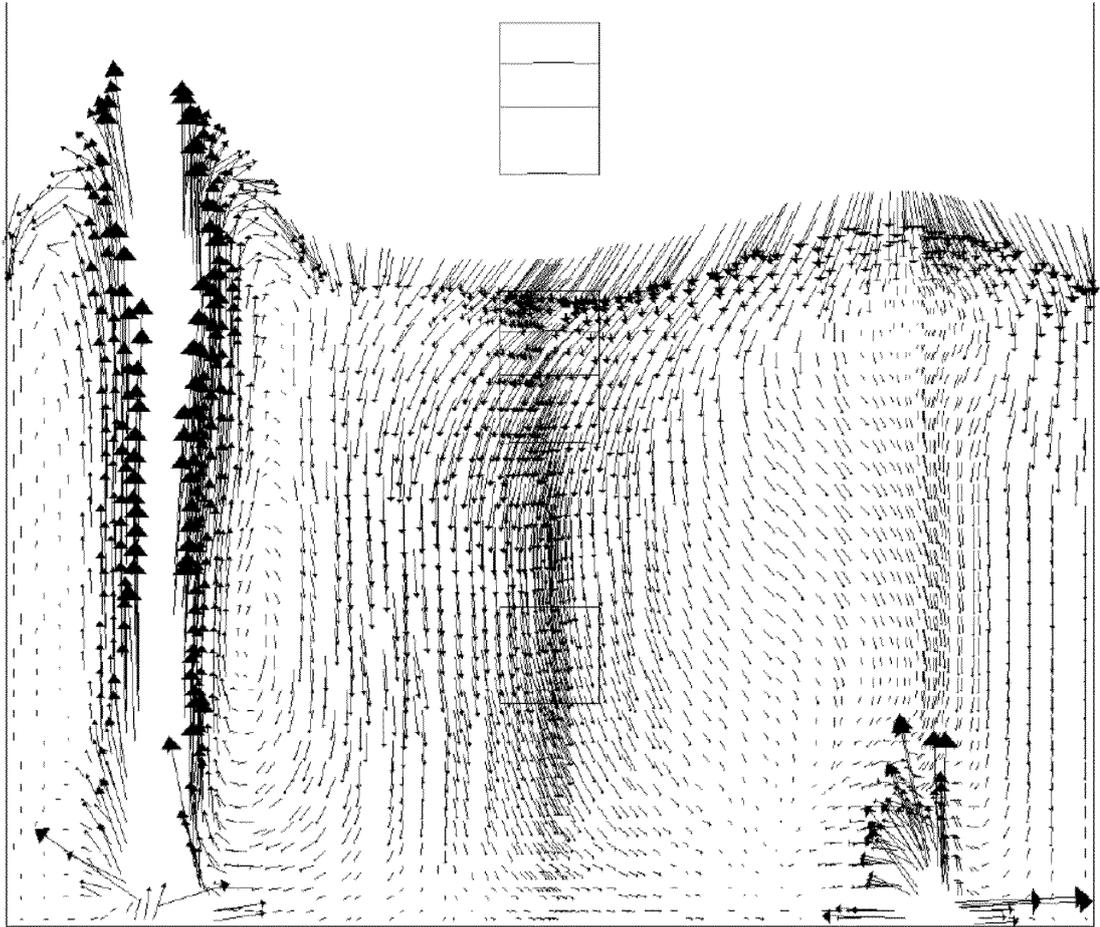


Fig 1b

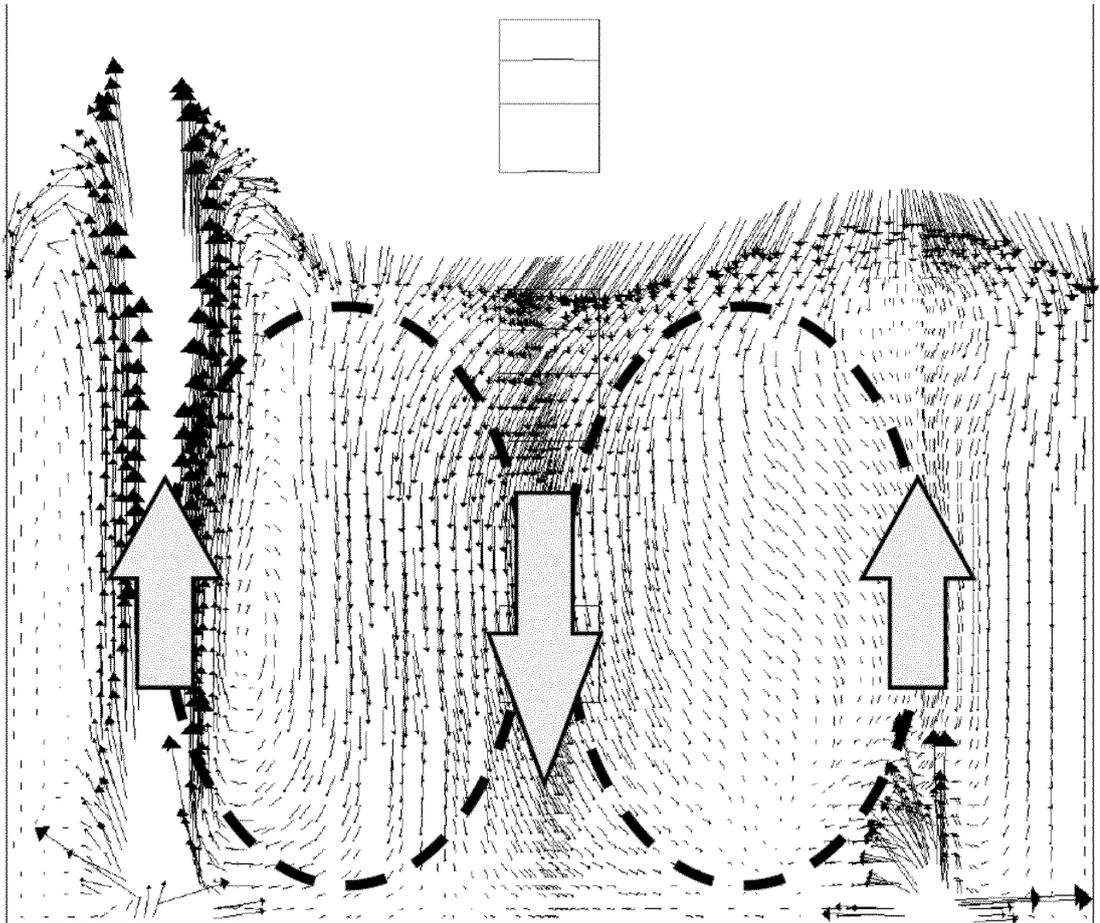


Fig 2

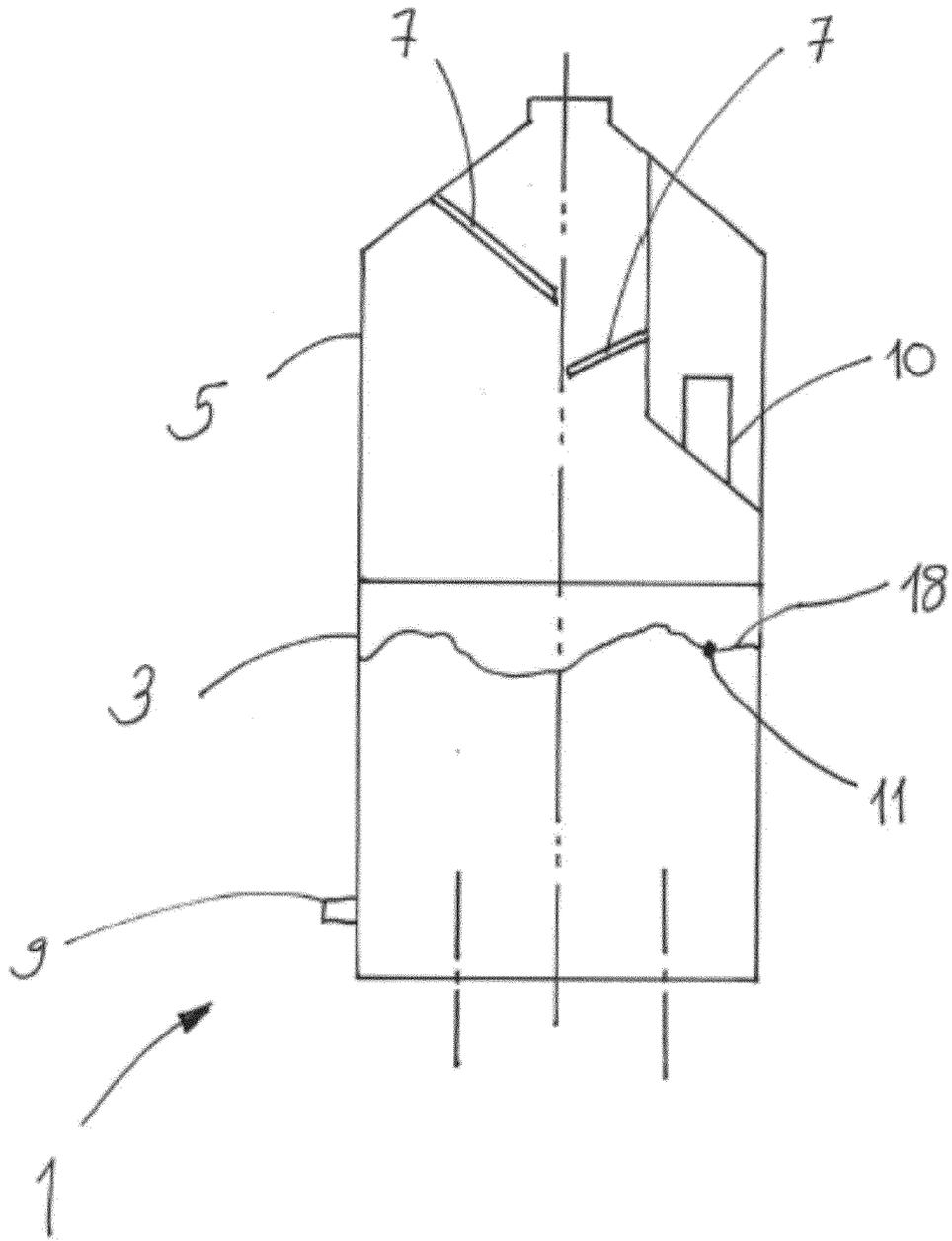


Fig 3

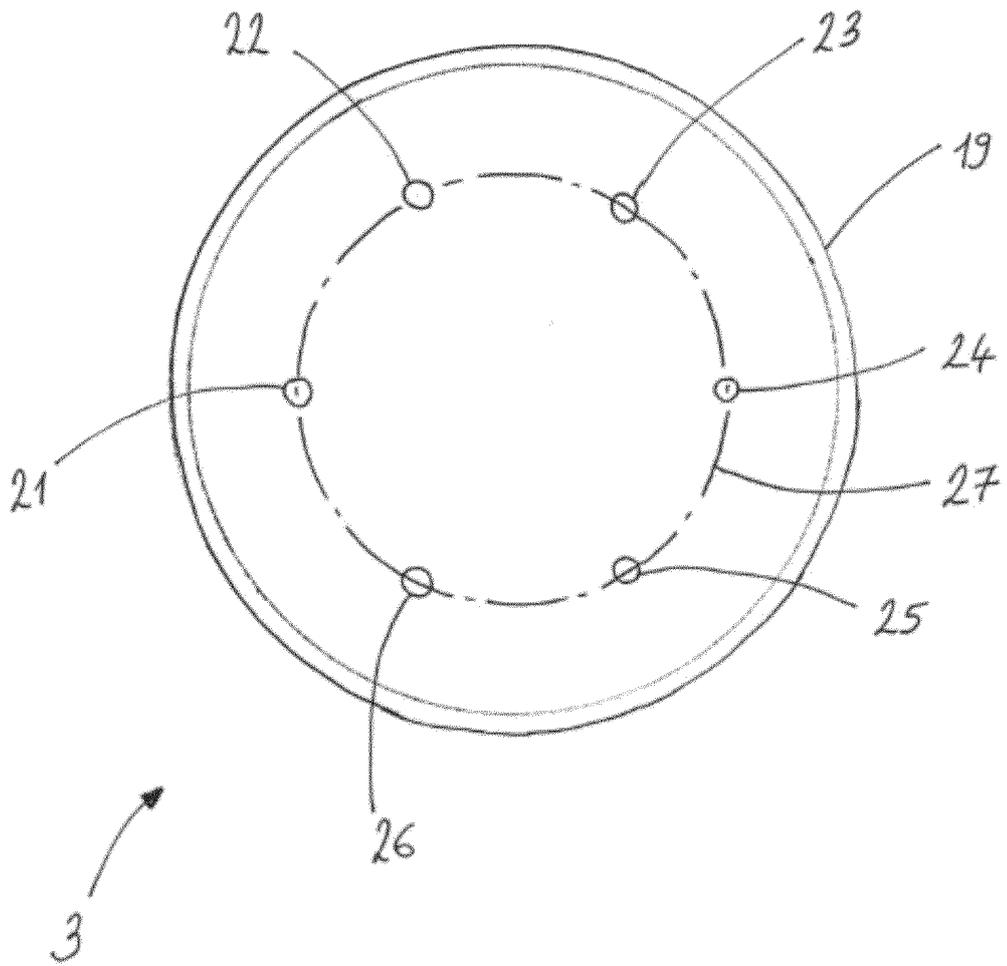


Fig 4

