

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 857 745**

51 Int. Cl.:

C03B 5/235 (2006.01)

C03C 13/06 (2006.01)

C03B 5/44 (2006.01)

F27B 3/20 (2006.01)

C03C 3/087 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.01.2016** **PCT/EP2016/051733**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.08.2016** **WO16120349**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2016** **E 16701784 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.01.2021** **EP 3250525**

54 Título: **Fabricación de fibras de basalto continuas**

30 Prioridad:

27.01.2015 GB 201501308

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

29.09.2021

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 2 857 745 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

Fabricación de fibras de basalto continuas

- 5 La presente invención se refiere a un proceso mejorado para la fabricación de fibras minerales continuas, más particularmente fibras de basalto continuas. Además, esta se refiere a un equipo para la producción de fibras minerales continuas.

- 10 Las fibras de basalto se usan como materiales de refuerzo en diferentes tipos de materiales compuestos, tales como materiales poliméricos de fricción, carrocerías de coche, equipamiento deportivo, pero también en el hormigón. Estas también se pueden usar como protección contra el calor en diferentes aplicaciones. Se desarrollan nuevas aplicaciones de manera continua. Las fibras de basalto son muy finas con diámetros de aproximadamente 5 a 15 μm , a veces hasta 25 μm , y ofrecen mejores propiedades mecánicas que las fibras de vidrio. Si bien sus propiedades mecánicas permanecen por debajo de aquellas de las fibras de carbono, su precio es significativamente más bajo que el precio de las fibras de carbono.

- 15 Las fibras de basalto se preparan esencialmente a partir de roca de basalto, que se funde por encima de aproximadamente 1.400 °C, sin ninguna adición significativa de materias primas adicionales, aparte de algunos aditivos de procesamiento, y, a continuación, se extruye a través de troqueles adecuados. El basalto comprende generalmente el 45,0-60,0 % en peso de SiO_2 , preferentemente del 45,0 al 55,0 % en peso de SiO_2 , el 12,0-25,0 % en peso de Al_2O_3 , preferentemente el 12,0 - 18,0 % en peso de Al_2O_3 , el 5,0-25,0 % en peso de óxido de hierro total expresado como Fe_2O_3 , preferentemente el 10,0 - 18,0 de óxido de hierro total, el 2,0-6,0 % en peso de álcali total, el 5,0-25,0 % en peso de CaO , preferentemente del 5,0 al 13,0 o incluso por debajo del 10,0 % en peso, el 4,0-25,0 % en peso de MgO , preferentemente el 5,0 - 12,0 % en peso de MgO y el 0,0-5,0 % en peso de TiO_2 . En las fibras de basalto, el contenido de óxido de hierro es, generalmente, relativamente alto, mayor del 12 % en peso, o el 13 % en peso o incluso el 15 % en peso, con un contenido de CaO bastante reducido. El contenido de Na_2O puede variar entre el 0,5 y el 5,0 % en peso y el K_2O puede variar entre los mismos límites. Las formulaciones típicas pueden comprender la composición de roca de basalto más adyuvantes de procesamiento, incluyendo, pero sin limitación, TiO_2 .

- 30 El documento US2014007623 A1 enseña un proceso y un aparato para la fabricación de fibras minerales continuas, comprendiendo el proceso alimentar el lote a un fundidor de combustión sumergida, fundir el mismo y formar las fibras.

- 35 El documento WO2013186480 A1 enseña la preparación de lana de basalto. Las fibras se preparan en un fundidor de combustión sumergida con paredes de metal dobles enfriadas por líquido.

La producción de fibras de basalto requiere altos aportes de energía y existe una necesidad cada vez mayor de mejorar la eficacia energética del proceso de fabricación.

- 40 Por otra parte, debido a la naturaleza altamente corrosiva de las materias primas y la masa fundida a tratar, el revestimiento refractario de los hornos en los que se funde la roca de basalto necesita repararse o reemplazarse después de períodos de tiempo relativamente cortos. Además, la masa fundida está contaminada con partículas o elementos desgastados del revestimiento refractario de horno. Por tanto, existe la necesidad de hallar una manera de superar ese problema técnico.

- 45 De acuerdo con la presente invención, tal como se define en la reivindicación 1, un proceso para la fabricación de fibras minerales continuas puede comprender introducir material sólido por lotes para la preparación de fibras minerales continuas en un fundidor, fundir el material sólido por lotes en el fundidor mediante combustión sumergida y formar la masa fundida en fibras minerales continuas, tal como mediante extrusión a través de atravesadores de filamentos adecuados.

- 50 El proceso se puede llevar a cabo usando un método y/o un fundidor desvelados en cualquiera de los documentos WO 2015/014919 WO 2015/014920 o WO 2015/014921.

- 55 De acuerdo con la presente invención, la materia prima consiste esencialmente en roca de basalto. Las fibras continuas son fibras de basalto.

- 60 Se conocen fundidores de combustión sumergida. Estos fundidores se caracterizan por el hecho de que estos incluyen una o más boquillas de quemador dispuestas por debajo de la superficie de la masa fundida, en una lanza, en las paredes del fundidor y/o el fondo del fundidor, preferentemente en el fondo del fundidor, de manera que la llama del quemador y/o los productos de combustión se hacen pasar a través de la masa fundida y transfieren energía directamente a la masa fundida.

- 65 Tales quemadores dispuestos por debajo de la superficie de la masa fundida se denominan en el presente documento, a veces, quemadores sumergidos; entendiéndose que estos se sumergen cuando la masa fundida está presente en el fundidor.

Más particularmente, en el caso del basalto, la temperatura de fusión está comprendida entre 1.350 y 1.450, preferiblemente es superior a 1.400 °C.

5 El fundidor de combustión sumergida asegura un mezclado eficaz en la masa fundida y homogeneiza la masa fundida en términos de perfil de temperatura y composición, conduciendo a un producto de fibra de alta calidad. La agitación reduce el tiempo de residencia requerido en el fundidor antes de la retirada para la formación corriente abajo. Esta también favorece la absorción de la materia prima en la masa fundida y mejora la transferencia de calor a la materia prima fresca. La materia prima fresca se puede cargar en el fundidor en forma de piedras relativamente grandes y no requiere la trituración hasta obtener un tamaño granular fino. La alta turbulencia generada en la masa fundida la mantiene en el estado viscoso requerido adecuado para la fibrización, a una temperatura por debajo de la temperatura normalmente requerida en los fundidores de tanque convencionales de roca de basalto para la fibrización en fibras continuas.

15 La masa fundida contenida en el fundidor de combustión sumergida se mantiene ventajosamente en un estado turbulento. Se sabe que la combustión sumergida genera una alta agitación y turbulencia en el baño de fundición, debido a los gases de combustión inyectados a alta presión en la masa fundida y debido a los flujos de convección generados de ese modo en la masa fundida. Preferentemente, los quemadores sumergidos se controlan de manera que el volumen de la masa fundida turbulenta es al menos el 8 %, más preferentemente al menos el 10 %, incluso más preferentemente al menos el 15 %, más alto que el volumen que tendría sin ningún quemador encendido. Se ha descubierto que la inyección de gas en la masa fundida líquida y los flujos de convección generados de ese modo en la masa fundida reducen la densidad de la misma. El control adecuado de los quemadores de oxígeno-combustible genera la reducción de la densidad o el aumento de volumen deseados. Preferentemente, el proceso se ejecuta de manera que no se genera ninguna capa de espuma significativa o ninguna capa de espuma en absoluto sobre la parte superior del nivel de fundición. Se ha descubierto que tal capa de espuma es desventajosa para la transferencia de energía dentro del fundidor y, por tanto, la eficacia de la misma.

25 En aras de la claridad y la integridad, el nivel en el que se encontraría la masa fundida cuando ningún quemador está encendido se puede calcular sobre la base de la composición de la masa fundida y/o verificarse permitiendo que la masa fundida se congele en el fundidor. El nivel de masa fundida turbulenta se puede determinar mediante un dispositivo de medición adecuado, tal como un puntero láser conocido o dispositivo similar, que promedia los niveles de masa fundida durante un período de tiempo determinado, tal como 1 o 5 minutos.

30 El volumen aumentado o la densidad reducida del baño de fundición se considera un reflejo del nivel de turbulencia en la masa fundida; cuanto más turbulenta es la masa fundida, más burbujas de gas se absorben dentro de la masa fundida y, por tanto, "airean" la masa fundida. Una capa de espuma reducida sobre la parte superior del nivel de masa fundida refleja, además, que las burbujas de gas generadas por la inyección de gas se mantienen dentro del baño de fundición, en lugar de acumularse sobre la superficie del mismo.

35 La homogeneidad de la composición de la masa fundida es un factor importante en la extrusión de fibras de bajo diámetro de manera continua. Además, una masa fundida altamente homogénea también afecta a la calidad del producto final, incluyendo las propiedades mecánicas y químicas. La homogeneidad de la masa fundida a través del proceso de extrusión reduce, además, la rotura de la fibra continua en el transcurso del proceso de extrusión.

40 Adicionalmente, las paredes de la cámara de fundición del equipo de producción, tal como se define en la reivindicación 9, comprenden paredes de acero dobles separadas por líquido refrigerante en circulación, preferentemente agua. Particularmente en el caso de una cámara de fundición cilíndrica, tal conjunto es relativamente fácil de construir y es capaz de resistir altos esfuerzos mecánicos. Una forma cilíndrica del fundidor facilita el equilibrio de esfuerzos en la pared exterior. A medida que las paredes se enfrían, por ejemplo, enfriadas por agua, la masa fundida preferentemente se solidifica y forma una capa protectora en el interior de la pared del fundidor. Es posible que el conjunto del fundidor no requiera ningún revestimiento refractario interno y, por lo tanto, necesita un mantenimiento menor o menos costoso. Además, la masa fundida no está contaminada con componentes no deseables de material refractario normalmente erosionados de un revestimiento refractario interno. La cara interna de la pared del fundidor puede estar ventajosamente equipada con pestañas o pastillas u otros elementos pequeños que se proyectan hacia el interior del fundidor. Estos pueden ayudar a constituir y fijar una capa de masa fundida solidificada sobre la pared interna del fundidor, generando un revestimiento que tenga resistencia térmica y reduciendo la transferencia de calor al líquido refrigerante en las paredes dobles del fundidor.

45 El fundidor puede estar equipado con equipos de recuperación de calor. Los humos calientes del fundidor se pueden usar para precalentar la materia prima o la energía térmica contenida en ellos se puede recuperar y usar de otra manera. De manera similar, la energía térmica contenida en el líquido refrigerante que circula entre las dos paredes del fundidor también se puede recuperar para el calentamiento u otros fines.

50 En conjunto, la eficacia energética de los fundidores de combustión sumergida se mejora significativamente en comparación con los fundidores de tanque convencionales.

65 Las materias primas se pueden cargar a través de una abertura en la pared del fundidor, por encima de la superficie

de la masa fundida. Dicha abertura se puede abrir y cerrar, por ejemplo, mediante un pistón, para minimizar el escape de calor y humos. La materia prima se puede preparar y cargar en un conducto intermedio y, posteriormente, caerse en el fundidor, en una dirección opuesta al escape de los humos, sobre la superficie de la masa fundida. Este flujo en contracorriente puede precalentar ventajosamente las materias primas. Como alternativa, las materias primas se pueden cargar por debajo del nivel de la masa fundida, por medio de un alimentador de husillo o un alimentador hidráulico.

La masa fundida se puede retirar de manera continua o por lotes del fundidor para su formación posterior en un equipo de extrusión o atravesador adecuado. Cuando la materia prima se carga cerca de la pared del fundidor, la salida de la masa fundida está dispuesta, preferentemente, enfrente de la entrada del material. En el caso de descarga discontinua de masa fundida, una abertura de descarga puede controlarse mediante, por ejemplo, un pistón de cerámica. Como alternativa, se puede usar una descarga de tipo sifón que controle el nivel de masa fundida en el fundidor.

Los quemadores sumergidos, preferentemente, inyectan chorros de alta presión de productos de combustión en la masa fundida que bastan para superar la presión del líquido y crear un desplazamiento forzado hacia arriba de la llama y los productos de combustión. La velocidad de la combustión y/o los gases combustibles, en particular 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 o ≤ 200 m/s. Preferentemente, la velocidad de los gases de combustión está en el intervalo de aproximadamente 60 a 300 m/s, preferentemente de 100 a 200, más preferentemente de 110 a 160 m/s.

De acuerdo con una realización preferida, la combustión sumergida se realiza de manera que se genera un patrón de flujo de fusión sustancialmente toroidal en la masa fundida, que tiene un eje central de revolución sustancialmente vertical, que comprende los principales flujos convergentes centralmente hacia adentro en la superficie de la masa fundida; la masa fundida se mueve hacia abajo en la proximidad del eje central vertical de revolución y se recircula en un movimiento ascendente de regreso a la superficie de la masa fundida, definiendo así un patrón de flujo sustancialmente toroidal.

La generación de tal patrón de flujo toroidal asegura un mezclado altamente eficaz de la masa fundida y una absorción de la materia prima en la masa fundida y homogeneiza la masa fundida en términos de perfil de temperatura y composición, conduciendo, por tanto, a un producto final de alta calidad.

Ventajosamente, la etapa de fundición comprende fundir el material sólido por lotes, en un fundidor de combustión sumergida mediante el sometimiento de la masa fundida a un patrón de flujo que, cuando se simula mediante análisis de dinámica de fluidos computacional, muestra un patrón de flujo de fusión sustancialmente toroidal en la masa fundida, que comprende los principales vectores de flujo convergentes centralmente hacia adentro en la superficie de la masa fundida, siendo el eje central de revolución del toroide sustancialmente vertical.

En el eje vertical de revolución de dicho patrón de flujo toroidal, los vectores de flujo tienen un componente hacia abajo que refleja un movimiento significativo hacia abajo de la masa fundida en la proximidad de dicho eje. Hacia el fondo del fundidor, los vectores de flujo cambian de orientación mostrando componentes hacia afuera y, a continuación, hacia arriba.

Preferentemente, el modelo de dinámica de fluidos es el código ANSYS R14.5, teniendo en cuenta el campo de flujo multifásico que va desde el material sólido por lotes hasta la masa fundida líquida y el gas generado en el transcurso de la conversión y la conversión de lote a masa fundida.

Se puede obtener un patrón de flujo de fusión toroidal usando quemadores de combustión sumergida dispuestos en el fondo del fundidor en una zona de quemador sustancialmente anular que confiere un componente de velocidad dirigido de manera sustancialmente vertical hacia arriba a los gases de combustión. Ventajosamente, los quemadores están dispuestos a una distancia entre quemadores adyacentes de aproximadamente 250 - 1.250 mm, ventajosamente 500 - 900 mm, preferentemente aproximadamente 600 - 800, incluso más preferentemente aproximadamente 650 - 750 mm. Se prefiere que las llamas adyacentes no se fusionen.

Cada eje del quemador y/o un vector de velocidad de la masa fundida que se mueve hacia arriba sobre o adyacente a los quemadores sumergidos puede estar ligeramente inclinado desde la vertical, por ejemplo, en un ángulo que es de $\geq 1^\circ$, $\geq 2^\circ$, $\geq 3^\circ$ o $\geq 5^\circ$ y/o que es de $\leq 30^\circ$, preferentemente $\leq 15^\circ$, más preferentemente $\leq 10^\circ$, en particular hacia el centro del fundidor. Tal disposición puede mejorar el flujo y dirige el flujo de fusión alejándose de la abertura de salida y/o hacia un centro del fundidor, favoreciendo, por tanto, un flujo toroidal y la incorporación de materia prima en la masa fundida.

De acuerdo con una realización, cada eje del quemador central está inclinado en un ángulo de remolino con respecto a un plano vertical que se hace pasar a través de un eje vertical central del fundidor y el centro del quemador. El ángulo de remolino puede ser de $\geq 1^\circ$, $\geq 2^\circ$, $\geq 3^\circ$, $\geq 5^\circ$ y/o $\leq 30^\circ$, $\leq 20^\circ$, $\leq 15^\circ$ o $\leq 10^\circ$. Preferentemente, el ángulo de remolino de cada quemador es aproximadamente el mismo. La disposición de cada eje del quemador en un ángulo de remolino confiere un componente de velocidad ligeramente tangencial a las llamas que soplan hacia arriba, confirmando así un movimiento de remolino a la masa fundida, además del patrón de flujo toroidal.

La zona del quemador se define como una zona sustancialmente anular. Las disposiciones del quemador, por ejemplo, en una línea elíptica u ovoide dentro de la zona relevante son posibles, pero los quemadores están dispuestos preferentemente en una línea de quemador sustancialmente circular.

5 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 la proximidad del eje central de revolución del toroide. Dicho eje central de revolución corresponde ventajosamente al eje vertical de simetría del fundidor. Por eje de simetría se entiende el
10 eje central de simetría y, en caso de que el fundidor muestre una sección transversal que no tenga ningún eje de simetría individual definido, el eje de simetría del círculo en el que se inscribe la sección del fundidor. El flujo orientado hacia abajo va seguido de un flujo orientado hacia afuera en el fondo del fundidor y un flujo hacia arriba sustancialmente anular en la proximidad de los quemadores, reflejando la recirculación de la masa fundida hacia la zona del quemador y en un movimiento ascendente de regreso a la superficie de la masa fundida, definiendo así un patrón de flujo sustancialmente toroidal.

15 Los vectores de flujo convergentes hacia dentro en la superficie de la masa fundida muestran ventajosamente una velocidad comprendida entre 0,1-3 m/s. Los vectores de velocidad orientados hacia abajo en la proximidad del eje central vertical de revolución son preferentemente de una magnitud significativa que refleja una velocidad relativamente alta del material que fluye hacia abajo. Los vectores de velocidad descendente pueden estar entre 0,1-
20 3 m/s. La masa fundida y/o las materias primas dentro del fundidor, al menos en una porción del fundidor y, en particular, en la superficie de la masa fundida (particularmente, los vectores de flujo convergentes hacia adentro en la superficie de la masa fundida) y/o en o cerca de un eje central vertical de revolución, pueden alcanzar una velocidad que es de $\geq 0,1$ m/s, $\geq 0,2$ m/s, $\geq 0,3$ m/s o $\geq 0,5$ m/s y/o que es de $\leq 2,5$ m/s, ≤ 2 m/s, $\leq 1,8$ m/s o $\leq 1,5$ m/s.

25 El patrón de flujo toroidal preferido asegura un mezclado altamente eficaz y homogeneiza la masa fundida en términos de perfil de temperatura y composición. Este también favorece la absorción de la materia prima en la masa fundida y mejora la transferencia de calor a la materia prima fresca. Esto reduce el tiempo de residencia requerido en el fundidor antes de la retirada, evitando o al menos reduciendo al mismo tiempo el riesgo de que la materia prima reduzca la circulación de la masa fundida.

30 En una realización preferida, los quemadores están dispuestos a una distancia de aproximadamente 250 - 750 mm de la pared lateral de dicha cámara de fundición; esto favorece el flujo preferido descrito anteriormente y evita la atracción de llama a las paredes laterales de la cámara de fundición. Una distancia demasiado pequeña entre los quemadores y la pared lateral puede dañar o estresar innecesariamente la pared lateral. Si bien un determinado flujo de fusión
35 entre el quemador y la pared puede no ser perjudicial e incluso puede ser deseable, una distancia demasiado grande tenderá a generar flujos de fusión no deseables y puede crear zonas muertas que se mezclen menos con la masa fundida en el centro del fundidor y conducir a una homogeneidad reducida de la masa fundida.

40 La distancia entre quemadores sumergidos se elige ventajosamente de manera que proporcione el patrón de flujo toroidal deseado dentro de la masa fundida, pero también para evitar que las llamas adyacentes se fusionen. Si bien este fenómeno depende de muchos parámetros, tales como la temperatura y la viscosidad de la masa fundida, la presión y otras características de los quemadores, se ha descubierto que es ventajoso seleccionar un diámetro de círculo del quemador comprendido entre aproximadamente 1.200 y 2.000 mm. Dependiendo del tipo de quemador, la presión de operación y otros parámetros, un diámetro demasiado grande conducirá a llamas divergentes; un diámetro
45 demasiado estrecho provocará la fusión de llamas.

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

Cada quemador o cada uno de una pluralidad de un grupo de quemadores, por ejemplo, quemadores opuestos, se puede controlar individualmente. Los quemadores cerca de una descarga de materia prima se pueden controlar a diferentes velocidades y/o presiones de gas, preferentemente más altas que las de los quemadores adyacentes,
55 permitiendo así una transferencia de calor mejorada a la materia prima fresca que se está cargando en el fundidor. Se pueden requerir velocidades de gases más altas solo temporalmente, es decir, en el caso de la carga por lotes de materia prima fresca, solo durante el período de tiempo requerido para la absorción de la carga relevante en la masa fundida contenida en el fundidor.

60 También puede ser deseable controlar los quemadores que se localizan cerca de una salida de masa fundida a una velocidad/presión de gas más baja con el fin de no perturbar la salida de la masa fundida.

La cámara de fundición es, preferentemente, sustancialmente cilíndrica en sección transversal; no obstante, esta puede tener una sección transversal elíptica o una sección transversal poligonal que muestre más de 4 lados,
65 preferentemente más de 5 lados.

La composición de la masa fundida producida puede comprender normalmente:

	Composición de Ejemplo 1 (% en peso)	Composición de Ejemplo 2 (% en peso)
SiO ₂	51,25	51,4
Al ₂ O ₃	15,75	13,3
CaO	8,13	8,6
Fe ₂ O ₃ (hierro total)	13,49	14,6
MgO	6,63	5,1
Na ₂ O	2,09	2,7
K ₂ O	0,49	0,7
TiO ₂	1,62	
MnO	0,21	

posiblemente con cantidades menores de otros óxidos para sumar el 100 %.

5

A continuación, se describe una realización de un fundidor adecuado para su uso de conformidad con la presente invención., con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 10 las Figuras 1a y 1b son representaciones esquemáticas de un patrón de flujo toroidal;
la Figura 2 muestra esquemáticamente una sección vertical a través de un fundidor, seguido de un dispositivo de extrusión; y
la Figura 3 es una representación esquemática de un diseño de quemador.

15 Con referencia a las Figuras 1a y 1b, se establece, preferentemente, un patrón de flujo toroidal en el que la masa fundida sigue una dirección ascendente cerca de los quemadores sumergidos 21, 22, 23, 24, 25, 26 que están dispuestos en una línea de quemador circular 27, fluye hacia adentro hacia el centro de la línea de quemador circular en la superficie de la masa fundida y fluye hacia abajo en la proximidad de dicho centro. El flujo toroidal genera agitación en la masa fundida, asegura una buena agitación de la masa fundida y la absorción de materia prima en la masa fundida.

20

El fundidor 1 ilustrado comprende: una cámara de fundición cilíndrica 3 que tiene un diámetro interno de aproximadamente 2,0 m que contiene la masa fundida; una cámara superior 5; y una chimenea para evacuar los humos. La cámara superior 5 está equipada con deflectores 7 que evitan que cualquier proyección de masa fundida lanzada desde la superficie 18 de la masa fundida sea arrastrada hacia los humos. Un alimentador de materia prima 10 está dispuesto en la cámara superior 5 y está diseñado para cargar materia prima fresca que incluye fibras minerales artificiales en el fundidor 1 en un punto 11 localizado por encima de la superficie de la masa fundida 18 y cerca de la pared lateral del fundidor. El alimentador 10 comprende un medio de alimentación horizontal, por ejemplo, un husillo de avance, que transporta la mezcla de materia prima a una tolva sujeta al fundidor, cuyo fondo se puede abrir y cerrar mediante un pistón vertical. Como alternativa, un alimentador por debajo del nivel puede cargar materia prima directamente en la masa fundida, por debajo del nivel de la masa fundida. El fondo de la cámara de fundición comprende seis quemadores sumergidos 21, 22, 23, 24, 25, 26 dispuestos en una línea de quemador circular 27 concéntrica con el eje del fundidor y que tiene un diámetro de aproximadamente 1,4 m. La masa fundida se puede retirar de la cámara de fundición 3 a través de una abertura de salida controlable 9 localizada en la pared lateral de la cámara de fundición, cerca del fondo del fundidor, sustancialmente opuesta al dispositivo de alimentación 10. La masa fundida retirada del fundidor se puede dejar enfriar y triturar, a continuación, según se requiera. Como alternativa, se puede usar una salida de tipo sifón que controle de manera continua y concomitante el nivel de la masa fundida en el fundidor.

40 La temperatura dentro de la masa fundida puede estar entre 1.350 °C y 1.450 °C, preferentemente aproximadamente 1.400 °C, en función de la composición de la masa fundida, la viscosidad deseada y otros parámetros. Preferentemente, la pared del fundidor es una pared de acero doble enfriada mediante un líquido refrigerante, preferentemente agua. Las conexiones de agua de refrigeración proporcionadas en la pared externa del fundidor permiten un flujo suficiente para retirar energía de la pared interna de manera que la masa fundida se puede solidificar en la pared interna y el líquido refrigerante, en este caso, el agua, no hierve.

45

El fundidor 1 se puede montar sobre amortiguadores adaptados para absorber movimientos vibratorios.

50 Los quemadores sumergidos comprenden quemadores de tubos concéntricos operados a flujos de gas de 100 a 200 m/s, preferentemente de 110 a 160 m/s, y generan combustión de 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 que escapen a la cámara superior y, a continuación, a través de la chimenea. Estos gases calientes se pueden usar para precalentar la materia prima y/o el gas combustible y/o el gas oxidante (por ejemplo, el oxígeno, el

oxígeno industrial que tiene un contenido de oxígeno del $\geq 95\%$ en peso o el aire enriquecido con oxígeno) usados en los quemadores. Los humos se filtran preferentemente antes de su liberación al entorno, opcionalmente usando dilución con aire ambiente para reducir su temperatura antes del filtrado.

- 5 Se ha descubierto que la disposición y el control del quemador para obtener el patrón de flujo de fusión toroidal descrito anteriormente puede asegurar un mezclado adecuado en la masa fundida, así como la turbulencia requerida para aumentar suficientemente el volumen de masa fundida (o reducir la densidad de masa fundida) para alcanzar el objetivo de la presente invención. La formación de espuma se reduce particularmente, ya que las burbujas de gas que alcanzan la parte superior de la masa fundida se reabsorben y se mezclan dentro de la masa fundida como resultado del patrón de flujo toroidal.

- 10 La roca de basalto fundida se puede descargar, a continuación, de manera continua o por lotes en un dispositivo de extrusión o atravesador de filamentos 20 conocido *per se* para la formación de fibras de basalto continuas. La roca de basalto fundida se descarga directamente en el dispositivo de formación 20, es decir, sin ninguna etapa de refinado intermedia.

15 Las fibras continuas obtenidas se pueden usar como tales o tratarse o acondicionarse adicionalmente para aplicaciones corriente abajo, según sea adecuado.

- 20 Las fibras continuas obtenidas son de alta calidad. El proceso de producción descrito anteriormente requiere menos energía que los procesos conocidos, debido a la elección de los fundidores de combustión sumergida que permiten una transferencia de energía mejorada a la masa fundida, tiempos de residencia más cortos y, por tanto, menos pérdida de calor y debido a que la alta turbulencia y agitación conducen a una masa fundida más homogénea a una viscosidad de masa fundida reducida, lo que a su vez puede permitir la operación a temperaturas reducidas.
- 25 Adicionalmente, la combustión sumergida se puede realizar ventajosamente en fundidores enfriados por agua que son más fáciles y menos costosos de mantener y reparar y que permiten, además, reciclar la energía retirada del fluido refrigerante.

REIVINDICACIONES

1. Proceso para la fabricación de fibras de basalto continuas, que comprende las etapas de:

- 5 - introducir en un fundidor un material sólido por lotes que consiste esencialmente en roca de basalto para la preparación de fibras de basalto continuas;
- fundir el material sólido por lotes en el fundidor mediante combustión sumergida para formar una masa fundida líquida;
- en donde las paredes de la cámara de fundición comprenden paredes de acero dobles separadas por líquido refrigerante en circulación;
10 - descargar la masa fundida líquida directamente en un dispositivo de formación sin ninguna etapa de refinado intermedia y dar al menos a una porción de la masa fundida líquida la forma de fibras de basalto continuas.

2. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la materia prima comprende el 45,0-60,0 % en peso de SiO_2 , el 12,0-25,0 % en peso de Al_2O_3 , el 5,0-25,0 % en peso de óxido de hierro total expresado como Fe_2O_3 , el 2,0-6,0 % en peso de álcali total, el 5,0-25,0 % en peso de CaO , el 4,0-25,0 % en peso de MgO y el 0,0-5,0 % en peso de TiO_2 y cantidades de traza de otros óxidos para sumar el 100 %.

3. Proceso de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde las paredes de la cámara de fundición comprenden paredes de acero dobles separadas por agua refrigerante en circulación.

4. Proceso de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde se recupera el calor:

- de los humos calientes y/o del líquido refrigerante; y/o
25 - de los humos calientes para precalentar las materias primas.

5. Proceso de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde parte al menos de la masa fundida se retira de manera continua o por lotes del fundidor.

6. Proceso de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el fundidor comprende al menos un quemador sumergido y el dicho al menos un quemador sumergido se controla de manera que se mantiene la masa fundida en tal estado turbulento que el volumen de la masa fundida turbulenta es al menos el 8 %, preferentemente al menos el 10 %, más preferentemente al menos el 15 % más alto que el nivel en el que se encontraría la masa fundida si ningún quemador está encendido y, en particular, en donde este se hace funcionar de manera que no se genera ninguna capa de espuma significativa sobre la parte superior del nivel de la masa fundida.

7. Proceso de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la combustión sumergida se realiza de manera que se genera un patrón de flujo de fusión sustancialmente toroidal en la masa fundida, que tiene un eje central de revolución sustancialmente vertical, que comprende los principales flujos convergentes centralmente hacia adentro en la superficie de la masa fundida; la masa fundida se mueve hacia abajo en la proximidad del eje central vertical de revolución y se recircula en un movimiento ascendente de regreso a la superficie de la masa fundida, definiendo así un patrón de flujo sustancialmente toroidal.

8. Proceso de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la etapa de fundición comprende fundir el material sólido por lotes, en un fundidor de combustión sumergida, mediante el sometimiento de la masa fundida a un patrón de flujo que muestra un patrón de flujo de fusión sustancialmente toroidal en la masa fundida, que comprende los principales vectores de flujo convergentes centralmente hacia adentro en la superficie de la masa fundida, siendo el eje central de revolución del toroide sustancialmente vertical y, en particular, en donde, hacia el fondo del fundidor, los vectores de flujo cambian de orientación mostrando componentes hacia afuera y, a continuación, hacia arriba, determinándose el patrón de flujo de fusión mediante simulación por medio de análisis de dinámica de fluidos computacional.

9. Equipo de producción para la fabricación de fibras de basalto continuas, que comprende un fundidor de combustión sumergida (1) que comprende paredes (19) de cámara de fundición (3) y al menos un quemador sumergido y equipado con una descarga o alimentador de materia prima (10) y una salida de masa fundida (9) y un dispositivo de formación de fibras continuas (20), en donde las paredes de cámara de fundición (3) comprenden paredes de acero dobles (19) separadas por líquido refrigerante en circulación, preferentemente agua, en donde los quemadores de combustión sumergida (21, 22, 23, 24, 25, 26) están dispuestos en el fondo del fundidor en una zona de quemador sustancialmente anular, preferentemente en un círculo de quemador (27), y en donde el fundidor va seguido directamente de un dispositivo de formación (20) sin ninguna etapa de refinado intermedia.

10. Equipo de producción de acuerdo con la reivindicación 9, en donde los quemadores (21, 22, 23, 24, 25, 26) están dispuestos con una distancia entre quemadores adyacentes de 250 - 1.250 mm, ventajosamente de 500 - 900 mm, preferentemente de 600 - 800, incluso más preferentemente de 650 - 750 mm.

11. Equipo de producción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10, en donde cada eje de quemador

y/o un vector de velocidad de la masa fundida que se mueve hacia arriba sobre o adyacente a los quemadores sumergidos está inclinado ligeramente desde la vertical, por ejemplo, en un ángulo que es de $\geq 1^\circ$, $\geq 2^\circ$, $\geq 3^\circ$ o $\geq 5^\circ$ y/o que es de $\leq 30^\circ$, preferentemente $\leq 15^\circ$, más preferentemente $\leq 10^\circ$, en particular hacia el centro del fundidor (1).

- 5 12. Un equipo de producción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en donde cada eje de quemador central está inclinado en un ángulo de remolino con respecto a un plano vertical que pasa a través de un eje vertical central del fundidor y el centro de quemador, siendo el ángulo de remolino de $\geq 1^\circ$, $\geq 2^\circ$, $\geq 3^\circ$, $\geq 5^\circ$ y/o $\leq 30^\circ$, $\leq 20^\circ$, $\leq 15^\circ$ o $\leq 10^\circ$.

Fig. 1a

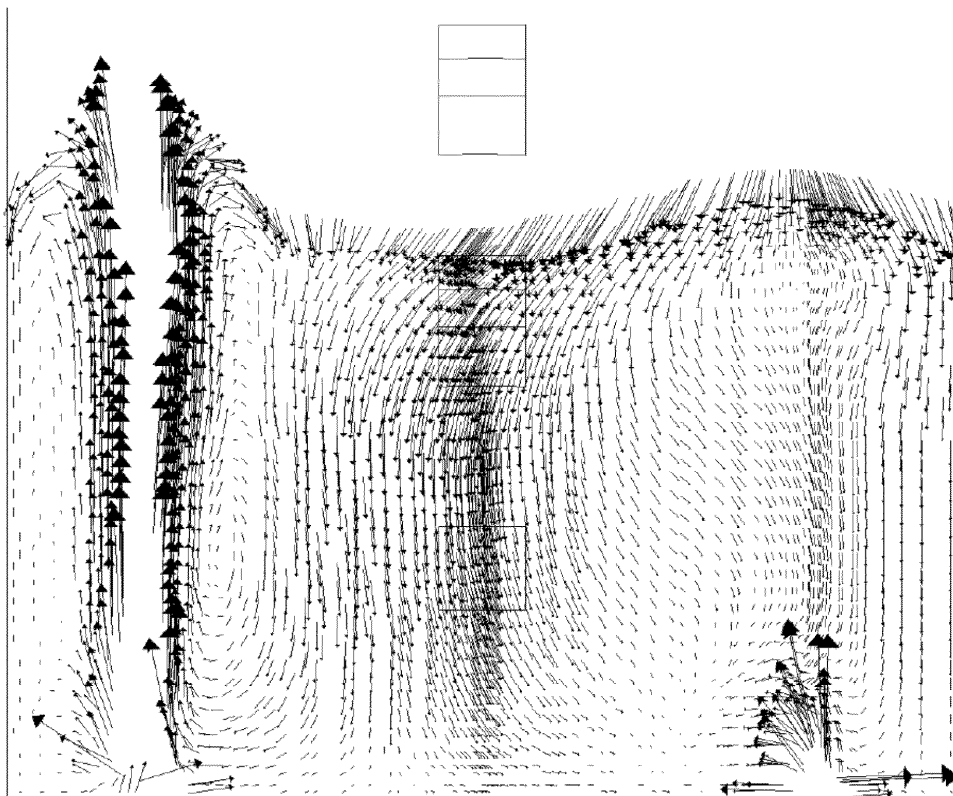


Fig 1b

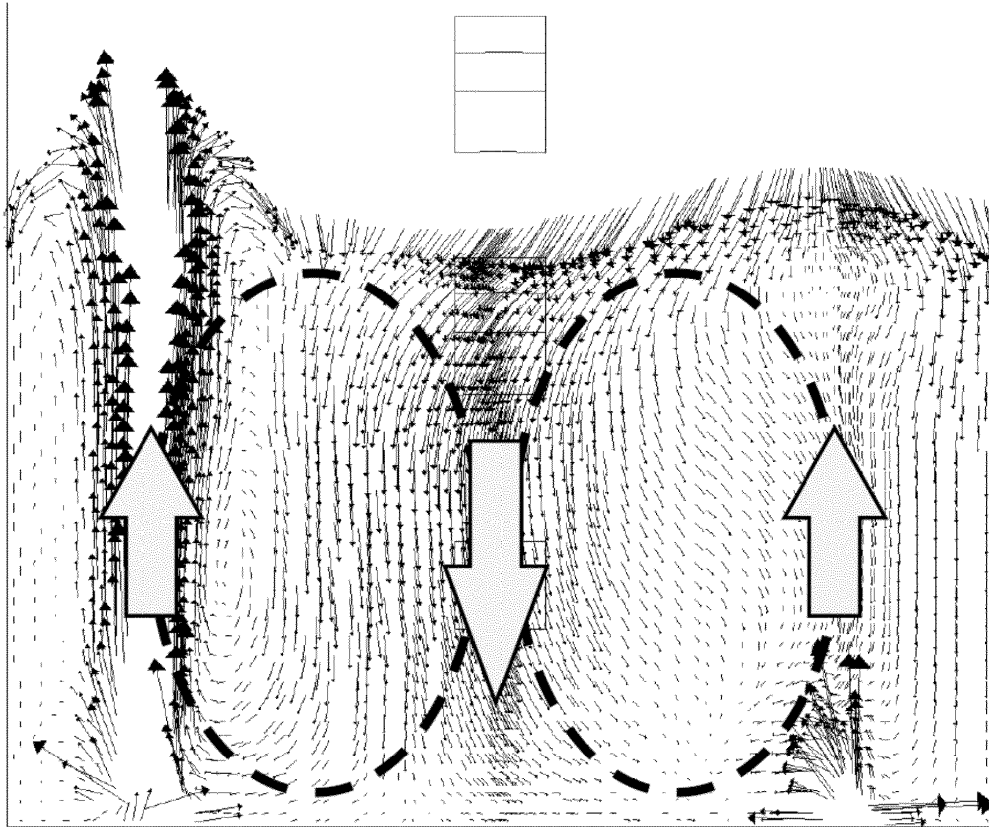


Fig 2

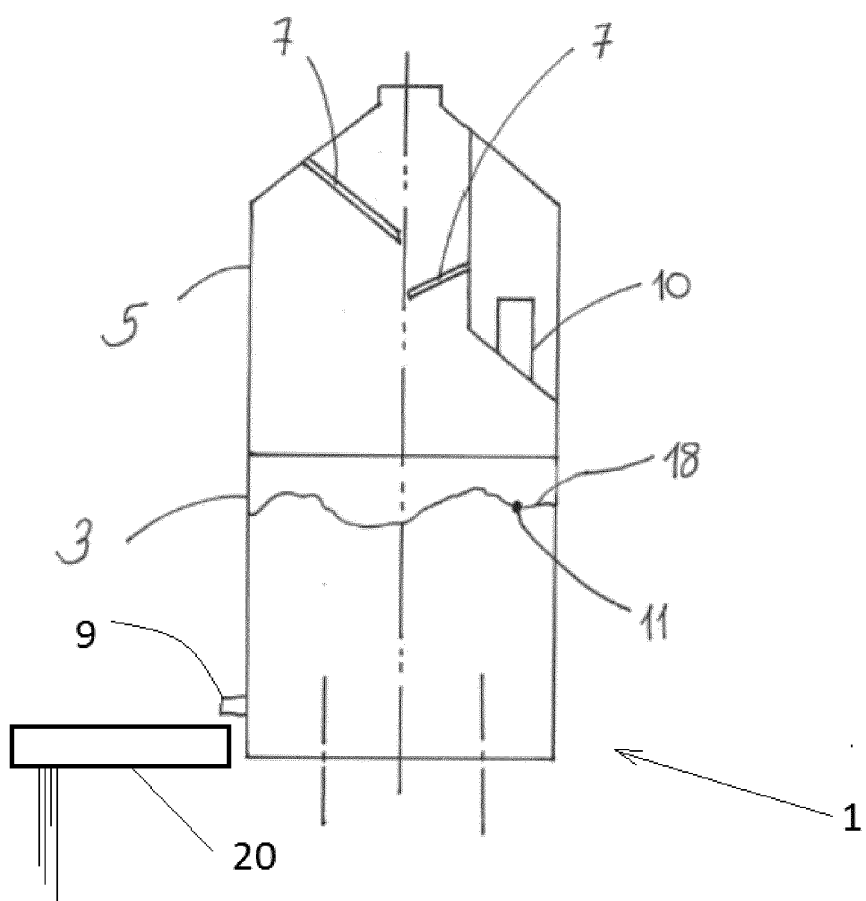


Fig 3

