

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 794 424**

51 Int. Cl.:

C03B 5/235	(2006.01)
C03B 3/00	(2006.01)
C03C 3/078	(2006.01)
C03C 3/087	(2006.01)
C03C 3/089	(2006.01)
C03C 3/091	(2006.01)
C03B 5/44	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.01.2016 PCT/EP2016/051732**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.08.2016 WO16120348**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2016 E 16701665 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2020 EP 3250523**

54 Título: **Proceso para la preparación de una masa fundida de sílice**

30 Prioridad:

27.01.2015 GB 201501307

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

18.11.2020

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 2 794 424 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 una masa fundida de sílice

5 La presente invención se refiere a un proceso para la preparación de una masa fundida a base de sílice, haciendo uso de polvo fino de sílice, tales como cenizas volantes y/o cenizas de cáscara de arroz. La ceniza volante se define, generalmente, como el residuo fino que queda después de la combustión del carbón, aparte de las gruesas cenizas residuales. Más del 80 % en peso de las cenizas volantes muestra un tamaño de partícula de menos de 45 µm. Las cenizas volantes pueden contener algo de carbono residual, eso es, hasta un 25 % en peso de carbono, aunque dicho carbono residual puede no ser deseable en ciertos usos de cenizas volantes. Su componente principal es sílice. Las cenizas volantes es un producto residual que se elimina en vertederos o se mezcla en composiciones de cemento. También se ha propuesto mezclar cenizas volantes con materias primas o residuos minerales para la preparación de escoria sintética u otro material vítreo.

10 La ceniza de cáscara de arroz es el residuo que queda después de quemar la cáscara de arroz, por ejemplo en unidades de generación de energía o vapor. Está compuesta por sílice a un nivel de 80 a 95 por ciento y superior. El tamaño de partícula varía alrededor de 35 µm. La ceniza de cáscara de arroz se usa habitualmente en la preparación de cemento y hormigón, en pinturas, retardantes de llama y otras aplicaciones.

15 El documento EP1068154 A1 enseña un proceso para preparar una masa fundida de sílice, en el que la sílice y otros materiales se alimentan a un fundidor de combustión sumergida por debajo del nivel del vidrio fundido. El documento WO2012131241 A1 desvela cenizas de cáscara de arroz como materia prima de vidrio para un fundidor de combustión sumergida, por lo que el tamaño de partícula D50 es, preferentemente, inferior a 50 µm, lo más preferentemente, de 5-10 µm. El contenido de sílice del vidrio es 40-60 % en peso.

20 Sin embargo, existe la necesidad de otras opciones para la eliminación económicamente interesante y ecológica del polvo de sílice fino que contiene más del 50 % en peso, preferentemente más de 60% en peso, incluso más preferentemente más de 70 o más de 80 % en peso de partículas que muestran un tamaño de partícula de menos de 50 µm, preferentemente menos de 45 µm, tales como cenizas volantes y cenizas de cáscara de arroz, teniendo en cuenta la dificultad para manipular dicho material en polvo fino.

25 La presente invención propone, tal como se define en la reivindicación 1, para preparar una masa fundida de sílice que comprende al menos 35 % en peso de sílice, preferentemente al menos 40 % en peso de sílice, más preferentemente al menos 45 % en peso de sílice o al menos 50 % en peso de sílice, en un fundidor de combustión sumergida que comprende al menos un quemador de combustible sumergido, preferentemente dispuesto en el fondo del fundidor, y polvo fino de sílice, tales como cenizas volantes y/o cenizas de cáscara de arroz, que se alimenta por debajo del nivel de fusión en burbujas y/o por debajo del nivel de la masa fundida en el fundidor. Al menos una parte de la masa fundida puede retirarse del fundidor y dejarse vitrificar al enfriar para producir un producto vitrificado. El producto vitrificado puede retirarse luego según sea apropiado y encontrar aplicaciones en la preparación de composiciones de hormigón, elementos de construcción, construcciones de carreteras, etc. Además, puede encontrar uso como materia prima vitrificada (esencialmente sílice) en los procesos de fabricación de vidrio, más específicamente procesos de fusión de vidrio. El producto vitrificado es más fácil y más ecológico de manipular, transportar y usa que el material en polvo fino, tales como cenizas volantes o cenizas de cáscara de arroz. La presente invención proporciona además una forma de eliminar dicho polvo de sílice fino y encontrar un uso para él en lugar de verterlo en un vertedero. El proceso para la preparación de una masa fundida de sílice se puede llevar a cabo utilizando un método y/o fundidor desvelado en cualquiera de los documentos WO 2015/014919, WO 2015/014920 o WO 2015/014921. La mezcla de sílice en polvo fino, tales como cenizas volantes o cenizas de cáscara de arroz con materia prima para cargar en un fundidor de vidrio estándar, por ejemplo sobre la parte superior de la masa fundida, parece inadecuada, ya que los gases de combustión de la masa fundida arrastran el material en polvo ligero fuera del equipo de fusión. Con respecto a los fundidores de combustión sumergida, la carga de un lote de materia prima que comprende sílice en polvo fino por encima del nivel de la masa fundida parece aún menos adecuado debido a la alta turbulencia del baño de fusión y al elevado flujo de gases de combustión que tiende a extraer material en polvo ligero del sistema. Soplar cenizas volantes o cenizas de cáscara de arroz que aún muestran un contenido reducido de carbono como combustible a través de los quemadores inferiores de un quemador de combustión sumergida es probable que expulse la ceniza del sistema debido a las altas velocidades de los gases generadas en dichos quemadores de combustión sumergida.

30 Se conocen fundidores de combustión sumergida. Estos fundidores se caracterizan por el hecho de que tienen una o más boquillas de quemador dispuestas por debajo del nivel de fusión, preferentemente en el fondo del fundidor, de forma tal 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. El fundidor de combustión sumergida asegura además una mezcla eficiente en la masa fundida y homogeneiza la masa fundida en términos de perfil de temperatura y composición. También favorece la absorción de materia prima en la masa fundida, lo que reduce el riesgo de que las partículas de polvo escapen a través de la chimenea y mejora la transferencia de calor a la materia prima fresca. Esto reduce el tiempo de residencia requerido en el fundidor antes de la extracción para el tratamiento y/o formación corriente abajo.

35 Ahora se ha descubierto que el polvo de sílice fino puede introducirse ventajosamente por debajo del nivel de fusión en burbujas y/o por debajo del nivel de fusión, preferentemente, por un alimentador de tornillo o un alimentador hidráulico, sin ningún acondicionamiento o preparación previa, dentro de un fundidor de combustión sumergida que comprende quemadores sumergidos dispuestos en el fondo del fundidor.

65 En este contexto, se entiende que "por debajo del nivel de fusión en burbujas" significa debajo del punto más alto

desde el fondo del fundidor, alcanzado por la masa burbujeante y/o espumosa de la masa fundida, durante el funcionamiento del fundidor.

En una realización ilustrativa, el polvo de sílice fino se introduce por debajo del nivel de fusión, es decir, a una altura desde el fondo del fundidor, en el cual el líquido fundido está continuamente en contacto con las paredes laterales del fundidor, durante el funcionamiento del fundidor.

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 fusión, 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 modo que el volumen de la masa fundida turbulenta sea al menos del 8 %, más preferentemente al menos 10 %, incluso más preferentemente al menos 15 %, más alto que el volumen que tendría sin quemar ningún quemador. Se ha descubierto que la inyección de gas en la masa fundida líquida y los flujos de convección generados de este modo reducen la densidad o el aumento de volumen deseados. Preferentemente, el proceso se ejecuta de modo que no se genere una capa de espuma significativa o ninguna capa de espuma en la parte superior del nivel de fusión. Se ha descubierto que dicha capa de espuma es desventajosa para la transferencia de energía dentro del fundidor y, por lo tanto, la eficiencia de la misma.

En aras de la claridad y la integridad, el nivel que tendría la masa fundida cuando no los quemadores no están en funcionamiento puede calcularse 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 fusión turbulenta puede determinarse mediante un dispositivo de medición apropiado, tal como un puntero láser conocido o dispositivo similar, que promedia los niveles de fusión durante un período de tiempo determinado, tal como 1 o 5 minutos.

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

Las cenizas volantes pueden comprender, además de carbono y sílice, muchos óxidos diferentes, metales y otros materiales en cantidades menores. Lo mismo se aplica a la ceniza de cáscara de arroz. La presente invención prevé fundir la materia prima de sílice en polvo fino junto con un agente fundente, sin ninguna adición significativa de otros materiales minerales. Debe entenderse que la palabra "significativo", como se usa en este contexto, significa menos del 5 % en peso de la composición del agente fundente de las cenizas volantes, o menos del 3 %, preferentemente, menos del 2 %, más preferentemente menos del 1 %. Los agentes fundentes son conocidos en la industria de fabricación de vidrio. Se usan para reducir la viscosidad de la masa fundida y la demanda de energía para lograr la viscosidad deseada a una temperatura más baja. De manera ilustrativa, los agentes fundentes pueden seleccionarse de óxido de sodio, óxido de potasio, óxido de litio, óxido de plomo, óxido de cinc, óxido de calcio, óxido de bario, óxido de magnesio, óxido de estroncio y óxido de boro, y combinaciones de los mismos.

La persona que tiene experiencia y habilidad en la técnica de la fusión de vidrio es capaz de seleccionar el agente fundente apropiado en vista de la aplicación deseada de la composición vitrificada finalmente obtenida. Algunos óxidos que sirven como agentes fundentes pueden no ser realmente deseables en ciertas aplicaciones finales. Como ejemplo, el B_2O_3 es un agente fundente preferido, pero en ciertas aplicaciones finales de vidrio preparado con polvo de sílice fino fundido, el boro puede no ser deseable; en tales casos, se pueden usar diferentes agentes fundentes, tales como K_2O y/o Na_2O y/o CaO .

De manera similar, el contenido de agente fundente puede variar entre 0,5 y 25 % en peso de la composición, preferentemente entre 0,5 y 20 % en peso o entre 1,0 y 15 % en peso.

En un proceso de invención alternativo, la sílice en polvo fino puede introducirse en una masa fundida de vidrio o piedra fundida, en un fundidor de combustión sumergida como se ha desvelado en el presente documento anteriormente. Eso significa que la sílice en polvo fino se alimenta a dicho fundidor y que la materia prima vitrificable adicional también se alimenta a dicho fundidor. La materia prima vitrificable adicional se puede descargar por encima de la masa fundida. Como alternativa, la materia prima vitrificable adicional se puede cargar a través de un alimentador dispuesto por debajo del nivel de fusión en burbujas o por debajo del nivel de fusión.

Las paredes de la cámara de fusión se pueden enfriar ventajosamente y comprenden paredes dobles de acero separadas por líquido refrigerante circulante, preferentemente agua. Particularmente en el caso de una cámara de fusión 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 tensiones en la pared exterior. A medida que las paredes se enfrían, por ejemplo refrigeradas con agua, la masa fundida preferentemente 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. 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 en la pared interna del fundidor, generando un revestimiento con resistencia térmica y reduciendo la transferencia de calor al líquido refrigerante en las paredes dobles del fundidor.

5 El fundidor puede estar equipado con equipos de recuperación de calor. Los humos calientes del fundidor pueden usarse para precalentar la materia prima o la energía térmica contenida en ella puede recuperarse de otra manera. Se observa que la ceniza volante aún puede mostrar una cierta concentración de carbono. Ese carbono se oxida en el curso del proceso de fusión, generando así calor que se transfiere parcialmente a la masa fundida y se escapa parcialmente con los gases de combustión.

De manera similar, la energía térmica contenida en el líquido refrigerante que circula entre las dos paredes del fundidor también se puede recuperar para calentar la materia prima o para otros fines.

15 En general, la eficiencia energética de los fundidores de combustión sumergida mejora significativamente en comparación con otros fundidores.

Como será evidente para el experto en la materia, la composición de los gases de combustión se controla ventajosamente y los gases de combustión se pueden tratar ventajosamente antes de escapar al medio ambiente.

20 La masa fundida puede retirarse de forma continua o por lotes del fundidor. La salida de la masa fundida está dispuesta, preferentemente, enfrente de la entrada de la materia prima. 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 controla el nivel de fusión en el fundidor.

25 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, principalmente en la salida de la o las boquillas del quemador, puede ser ≥ 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 to 200, más preferentemente de 110 a 160 m/s.

35 La temperatura de la masa fundida puede estar entre 1200 °C y 1600 °C; puede ser de al menos 1350 °C o 1400 °C y/o no más de 1550 °C o 1520 °C.

40 De acuerdo con una realización preferida, la combustión sumergida se realiza de tal 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 hacia el centro en la superficie de fusión; 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.

45 La generación de un patrón de flujo toroidal de este tipo garantiza una mezcla altamente eficiente de la masa fundida y la absorción de la materia prima, incluyendo sílice en polvo fino, en la masa fundida y homogeneiza la masa fundida en términos de perfil de temperatura y composición.

50 Provechosamente, la etapa de fusión comprende fundir el polvo fino de sílice, tales como cenizas volantes y/o cenizas de cáscara de arroz, como se ha descrito anteriormente, en un fundidor de combustión sumergida que comprende al menos un quemador inferior, sometiendo la masa fundida a un patrón de flujo que, cuando se simula mediante análisis dinámico de fluido computacional, muestra un patrón de flujo de masa fundida 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.

55 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 cerca de dicho eje. Hacia el fondo del fundidor, los vectores de flujo cambian de orientación mostrando componentes hacia afuera y luego hacia arriba.

60 Preferentemente, el modelo de dinámica de fluidos es el código AN-SYS 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 curso de la conversión, y la conversión de lote a masa fundida.

65 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 imparte un componente de velocidad dirigida hacia arriba sustancialmente vertical a los gases de combustión. Provechosamente, los quemadores están dispuestos a una distancia entre quemadores adyacentes de aproximadamente 250-1250 mm, ventajosamente 500-900 mm, preferentemente aproximadamente 600-800, incluso más preferentemente aproximadamente 650-750 mm.

Es preferente que las llamas adyacentes no se fusionen.

Se ha encontrado que la disposición y el control del quemador para obtener el patrón de flujo de fusión toroidal descrito anteriormente puede garantizar una mezcla adecuada en la fusión, así como la turbulencia requerida para
 5 aumentar suficientemente el volumen de fusión (o reducir la densidad de fusión) para alcanzar el objetivo de La presente invención. La formación de espuma se reduce particularmente, a medida 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 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 por 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 $\leq 10^\circ$, notablemente hacia el centro del fundidor. Tal disposición puede mejorar el flujo y dirige el flujo de fusión lejos de la abertura de salida y/o hacia un centro del fundidor, favoreciendo así un flujo toroidal e incorporación de materia prima, incluyendo partículas finas
 15 de sílice en polvo, en el derretimiento.

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

La zona del quemador se define como una zona sustancialmente anular. Arreglos 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.
 25

Preferentemente, el patrón de flujo comprende un flujo convergente hacia adentro en la superficie de fusión 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 eje central de simetría y, si el fundidor muestra una sección transversal que no tiene ningún eje de simetría definido, entonces el eje de simetría del círculo en el que se inscribe la sección del fundidor. Al flujo orientado hacia abajo le sigue un flujo orientado hacia afuera en el fondo del fundidor y un flujo ascendente 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.
 30
 35

Los vectores de flujo convergentes hacia dentro en la superficie de fusión 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 de material que fluye hacia abajo. Los vectores de velocidad descendente pueden estar entre 0,1-3 m/s. El fundido y/o las materias primas dentro del fundidor, al menos en una porción del fundidor y notablemente en la superficie de fusión (particularmente vectores de flujo convergentes hacia dentro en la superficie de fusión) y/o en o cerca de un eje central vertical de revolución, puede 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, ≤ 2 m/s, $\leq 1,8$ m/s o $\leq 1,5$ m/s.
 40
 45

El patrón de flujo toroidal preferido asegura una mezcla altamente eficiente y homogeneiza la masa fundida en términos de perfil de temperatura y composición. También favorece la absorción de materia prima en la masa fundida, reduciendo así el riesgo de escape de cenizas finas en polvo a través de la chimenea, y mejora la transferencia de calor a la materia prima fresca y la masa fundida. Esto reduce el tiempo de residencia requerido en el fundidor antes del retiro, evitando o al menos reduciendo el riesgo de que la materia prima reduzca la circulación de la masa fundida. Como se mencionó anteriormente, La formación de espuma en la parte superior de la masa fundida se reduce y las burbujas de gas se mantienen dentro de la masa fundida, reduciendo así la densidad de fusión según se desee.
 50
 55

En una realización preferida, los quemadores están dispuestos en el fondo del fundidor, a una distancia de aproximadamente 250-750 mm desde 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 estresar innecesariamente la pared lateral. Si bien un cierto flujo de fusión entre el quemador y la pared puede no ser perjudicial e incluso puede ser deseable, una distancia demasiado grande tenderá a generar flujos de masa fundida indeseables y puede crear zonas muertas que se mezclan menos con la masa fundida en el centro de la masa fundida y conducen a una homogeneidad reducida de la masa fundida.
 60

65 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, como la temperatura y la viscosidad de la masa fundida, presión y otras características de los quemadores, Se ha descubierto que es ventajoso seleccionar un diámetro de círculo del quemador comprendido entre aproximadamente 1200 y 2000 mm. Dependiendo del tipo de quemador, la presión de funcionamiento y otros parámetros, un diámetro demasiado grande conducirá a llamas divergentes; un diámetro demasiado estrecho provocará la fusión de llamas.

Preferentemente se proporcionan al menos 6 quemadores, por ejemplo dispuestos en una línea circular 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, a presión de funcionamiento y otros parámetros de diseño.

Cada quemador o cada uno de una pluralidad de un grupo de quemadores, por ejemplo quemadores opuestos, puede controlarse individualmente. Los quemadores cerca de una descarga de materia prima pueden controlarse a diferentes velocidades y/o presiones de gas, preferentemente más altas que las de los quemadores adyacentes, 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, esto es, 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.

También puede ser deseable controlar los quemadores que se encuentran cerca de una salida de masa fundida a una velocidad/presión de gas más baja para no perturbar la salida de la masa fundida.

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

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

Las figuras 1a y 1b son representaciones esquemáticas de un patrón de flujo toroidal; la figura 2 muestra una sección vertical a través de un fundidor; y la figura 3 es una representación esquemática de un diseño de quemador.

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 27 del quemador circular, fluye hacia adentro hacia el centro de la línea del quemador circular en la superficie de la masa fundida y fluye hacia abajo en la proximidad de dicho centro. El flujo toroidal genera agitación y turbulencia en la masa fundida, asegura una buena agitación de la masa fundida y la absorción de materia prima y burbujas de gas en la masa fundida.

El fundidor 1 ilustrado comprende: una cámara de fusión 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 las proyecciones de masa fundida lanzadas desde la superficie fundida 18 sean arrastradas hacia los humos. Un alimentador 10 de materia prima está dispuesto en la pared de la cámara de fusión, debajo del nivel de fusión en burbujas y está diseñado para cargar cenizas en polvo frescas y agente fundente en el fundidor 1. Se puede disponer un alimentador de materia prima en polvo o fina por debajo del nivel de fusión y/o entre el nivel de fusión y el nivel de fusión en burbujas. El alimentador 10 comprende un medio de alimentación horizontal, por ejemplo un tornillo de alimentación o un pistón, que transporta las cenizas volantes y/o las cenizas de la cáscara de arroz posiblemente mezcladas con un agente fundente y/u otras materias primas para la preparación de una masa fundida de vidrio, directamente en la masa fundida. El fondo de la cámara de fusión 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 puede retirarse 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 del fondo del fundidor, sustancialmente opuesto al dispositivo de alimentación 10. La masa fundida retirada del fundidor se puede dejar enfriar y solidificar y, posiblemente, triturarse según sea necesario para el uso corriente abajo. Tal uso corriente abajo puede incluir la preparación de residuos para su uso posterior en la fabricación de vidrio. También puede incluir el uso real de la masa fundida para la formación de vidrio, incluyendo la fiberización como se conoce *per se*. Otros usos incluyen la molturación del material vitrificado para su uso en composiciones de cemento y/u hormigón, materiales de construcción, etc.

La temperatura dentro de la masa fundida puede estar entre 1200 °C y 1600 °C, en función de la composición de la masa fundida, la viscosidad deseada y otros parámetros. Preferentemente, la pared del fundidor es una pared doble de acero enfriada por un líquido refrigerante, preferentemente agua. Las conexiones de agua de refrigeración provistas en la pared externa del fundidor permiten un flujo suficiente para extraer energía de la pared interna de manera que la masa fundida pueda solidificarse en la pared interna y el líquido refrigerante, en este caso agua, no

hierva.

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, oxígeno, el oxígeno industrial tiene un contenido de oxígeno ≥ 95 % en peso o aire enriquecido con oxígeno) utilizado en los quemadores. Los humos se filtran, preferentemente, o se tratan de otra manera antes de su liberación al medio ambiente, opcionalmente usando dilución con aire ambiente para reducir su temperatura antes del filtrado.

Se ha determinado que en un fundidor utilizado en un proceso como se describe y controla según los requisitos de la invención, el nivel de masa fundida se incrementa en un 30-50 % en comparación con el nivel que la masa fundida tendría a la misma temperatura cuando no hay quemadores encendidos. El nivel de masa fundida sin quemadores encendidos se ha calculado sobre la base de la composición de la masa fundida y se ha verificado dejando que la masa fundida se endurezca en el fundidor. El nivel de la masa fundida turbulenta "aireada" se ha determinado en el modo de funcionamiento normal, mediante un puntero láser promediando los valores medidos durante un período de tiempo de 5 minutos. Dispositivos similares serían apropiados para ello. Resulta interesante que, el patrón de flujo de fusión según se desee no genera espuma significativa sobre el nivel de la masa fundida. Se entiende que las burbujas de gas son reabsorbidas en la masa fundida por los flujos relevantes, en lugar de dejar que se acumule sobre la parte superior de la masa fundida. El proceso de producción descrito anteriormente es energéticamente eficiente debido a la elección de fundidores de combustión sumergida que permiten una transferencia de energía mejorada a la masa fundida, tiempos de residencia más cortos y, por lo tanto, menos pérdida de calor, y debido a que la alta agitación y la turbulencia conducen a una masa fundida más homogénea a una viscosidad de fusión reducida, que a su vez puede permitir la operación a temperaturas reducidas. Adicionalmente, la combustión sumergida se puede realizar ventajosamente en fundidores refrigerados con agua que son más fáciles y menos costosos de mantener y reparar y que permiten además reciclar la energía extraída del fluido refrigerante. Adicionalmente, la alimentación por debajo del nivel del material de cenizas en polvo reduce el riesgo de contaminación de los humos y facilita la incorporación del material de cenizas en polvo en la masa fundida con la transferencia de energía concomitante al material recién cargado.

Como un primer ejemplo, el producto vitrificado obtenido comprende 73 % en peso de SiO_2 , 22 % en peso de B_2O_3 , 1,5 % en peso de Na_2O y K_2O , y pequeñas cantidades de otros óxidos, sumando hasta 100 % en peso. Tal producto vitrificado puede usarse como tal o puede combinarse adicionalmente con materias primas para producir otras composiciones de vidrio.

Como un ejemplo alternativo, el uso de CaO , MgO y Na_2O y/o K_2O como agentes fundentes pueden conducir a una composición de la siguiente manera: 69 % en peso de SiO_2 , 8 % en peso de CaO , 2 % en peso de MgO , 15 % en peso $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, y cantidades pequeñas de otros óxidos para llegar al 100 % en peso.

Como un ejemplo adicional, las cenizas volátiles, Al_2O_3 , B_2O_3 , CaO , MgO y Na_2O y K_2O se pueden mezclar en proporciones adecuadas para producir una composición de vidrio C en la salida del fundidor de combustión sumergida equipado con quemadores inferiores como se ha descrito anteriormente. Una composición típica de vidrio C comprende 64-68 % en peso de SiO_2 , 3-5 % en peso de Al_2O_3 , 4-6 % en peso de B_2O_3 , 11-15 % en peso de CaO , 2-4 MgO , 7-10 % en peso $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ y cantidades pequeñas de otros óxidos hasta llegar a un 100 %.

De manera similar, la ceniza de cáscara de arroz, Al_2O_3 , B_2O_3 , CaO , MgO y Na_2O y K_2O se pueden mezclar en proporciones adecuadas para producir una composición de vidrio C en la salida del fundidor de combustión sumergida equipado con quemadores inferiores como se ha descrito anteriormente. Una composición típica de vidrio E comprende 52-62 % en peso de SiO_2 , 12-16 % en peso de Al_2O_3 , 0-10 % en peso de B_2O_3 , 16-25 % en peso de CaO , 0-5 MgO , 0-2 % en peso de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ y cantidades pequeñas de otros óxidos hasta llegar a un 100 %.

REIVINDICACIONES

1. Proceso para la preparación de una masa fundida de sílice que comprende al menos el 35 % en peso de sílice, preferentemente al menos el 40 % en peso de sílice, más preferentemente al menos el 45 % en peso de sílice o al menos el 50 % en peso de sílice, donde el polvo fino de sílice que contiene más del 50 % en peso, preferentemente más del 60% en peso, incluso más preferentemente más del 70 o más del 80 % en peso de partículas que muestran un tamaño de partícula de menos de 50 µm, preferentemente de menos de 45 µm, especialmente cenizas volantes y/o cenizas de cáscara de arroz, se alimenta por debajo del nivel de fusión en burbujas en un fundidor de combustión sumergida que comprende al menos un quemador sumergido dispuesto en el fondo del fundidor.
2. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el al menos un quemador sumergido se controla de manera que se mantenga la masa fundida en un estado turbulento de modo que el volumen de la masa fundida turbulenta sea al menos un 8 %, preferentemente al menos un 10 %, más preferentemente al menos un 15 % más alto que el nivel que tendría la masa fundida si no hubiera quemadores encendidos.
3. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que los quemadores sumergidos se controlan de manera que no se genera una capa de espuma sobre la parte superior del nivel de masa fundida.
4. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende además una de las siguientes características:
- se introduce un agente fundente en la masa fundida, preferentemente en combinación con el polvo de sílice fino;
 - se selecciona un agente fundente de óxido de sodio, óxido de potasio, óxido de litio, óxido de plomo, óxido de cinc, óxido de calcio, óxido de bario, óxido de magnesio, óxido de estroncio y óxido de boro, y sus combinaciones se introducen en la masa fundida;
 - se selecciona un agente fundente de óxido de sodio, óxido de potasio, óxido de litio, óxido de plomo, óxido de cinc, óxido de calcio, óxido de bario, óxido de magnesio, óxido de estroncio y óxido de boro, y combinaciones de los mismos se introducen en la masa fundida en una cantidad que varía entre el 0,5 y el 25 % en peso de la composición, preferentemente entre el 0,5 y el 20 % en peso o entre el 1,0 y el 15 % en peso.
5. Proceso de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende alimentar materia prima vitrificable adicional al fundidor y preferentemente el proceso comprende además:
- alimentar la materia prima vitrificable adicional por encima del nivel de masa fundida en el fundidor; o
 - alimentar la materia prima vitrificable por debajo del nivel de fusión en burbujas, ventajosamente por debajo del nivel de masa fundida.
6. Proceso de acuerdo cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una parte de la masa fundida se retira del fundidor y se deja vitrificar al enfriar para producir un producto vitrificado, y, en particular, en el que el producto vitrificado se trata adicionalmente según sea apropiado para la preparación de composiciones de hormigón, elementos de construcción, para construcciones de carreteras, o para su uso como materia prima vitrificada en procesos de fabricación de vidrio, más específicamente procesos de fusión de vidrio.
7. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las paredes de la cámara de fusión se enfrían, por ejemplo, comprenden paredes dobles de acero separadas por líquido refrigerante circulante, preferentemente agua, siendo la energía retirada por el líquido refrigerante reciclada, preferentemente, y las paredes internas del fundidor no están revestidas con material refractario.
8. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se recupera calor de los humos calientes y/o del líquido refrigerante.
9. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos parte de la masa fundida se retira de forma continua o discontinua del fundidor.
10. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la combustión sumergida se realiza de tal 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 hacia el centro en la superficie de fusión; 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.
11. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de fusión comprende fundir el material de polvo de sílice fino en un fundidor de combustión sumergida, sometiendo 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, con el

eje central de revolución del toroide sustancialmente vertical, y notablemente en el que hacia el fondo del fundidor, los vectores de flujo cambian de orientación mostrando componentes hacia afuera y luego hacia arriba, determinándose el patrón de flujo de fusión mediante simulación mediante análisis de dinámica de fluidos computacional.

- 5
12. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:
- los quemadores de combustión sumergida están dispuestos en el fondo del fundidor en una zona de quemador sustancialmente anular, preferentemente en un círculo del quemador; y/o
 - 10 - los quemadores están dispuestos a 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.
13. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que 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
- 15 está ligeramente inclinado desde la vertical, por ejemplo por 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 $\leq 10^\circ$, especialmente hacia el centro del fundidor.
14. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada eje del quemador central
- 20 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 del quemador, siendo el ángulo de remolino $\geq 1^\circ$, $\geq 2^\circ$, $\geq 3^\circ$, $\geq 5^\circ$ y/o $\leq 30^\circ$, $\leq 20^\circ$, $\leq 15^\circ$ o $\leq 10^\circ$.

Fig. 1a

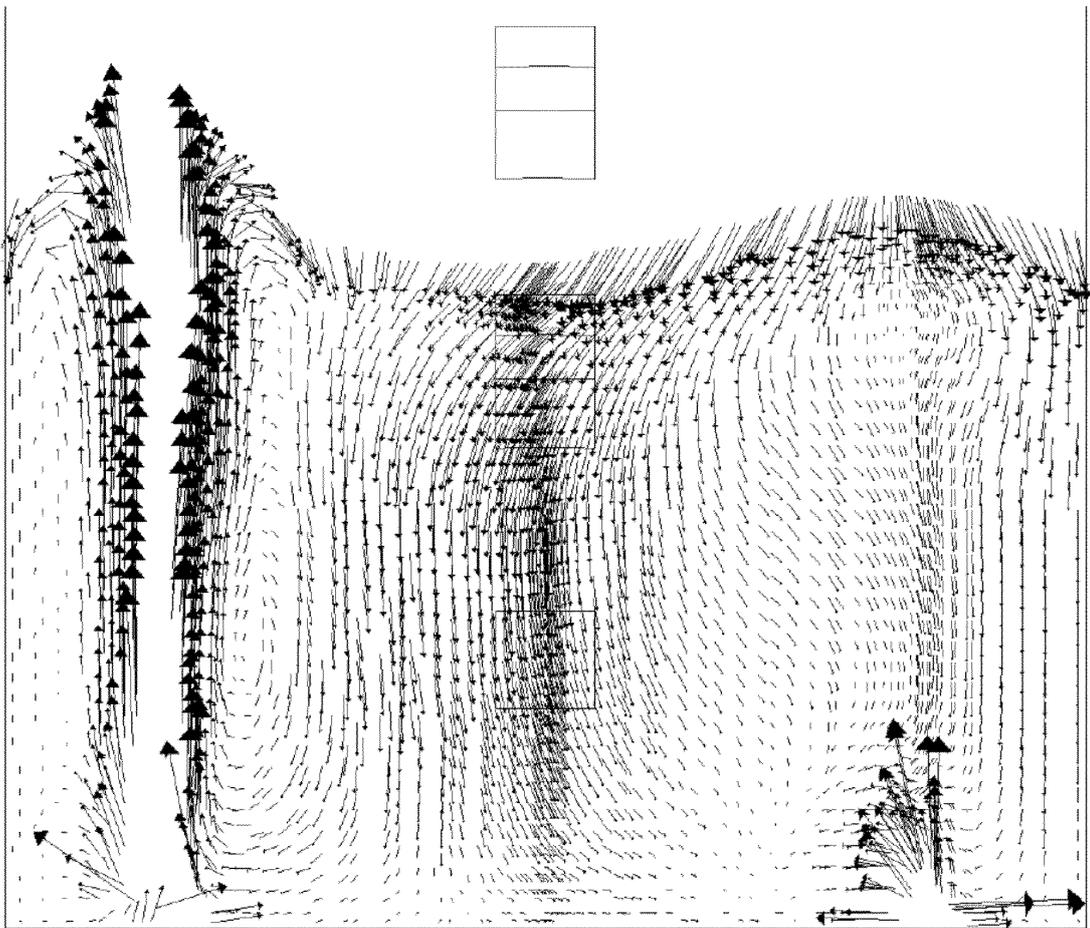


Fig 1b

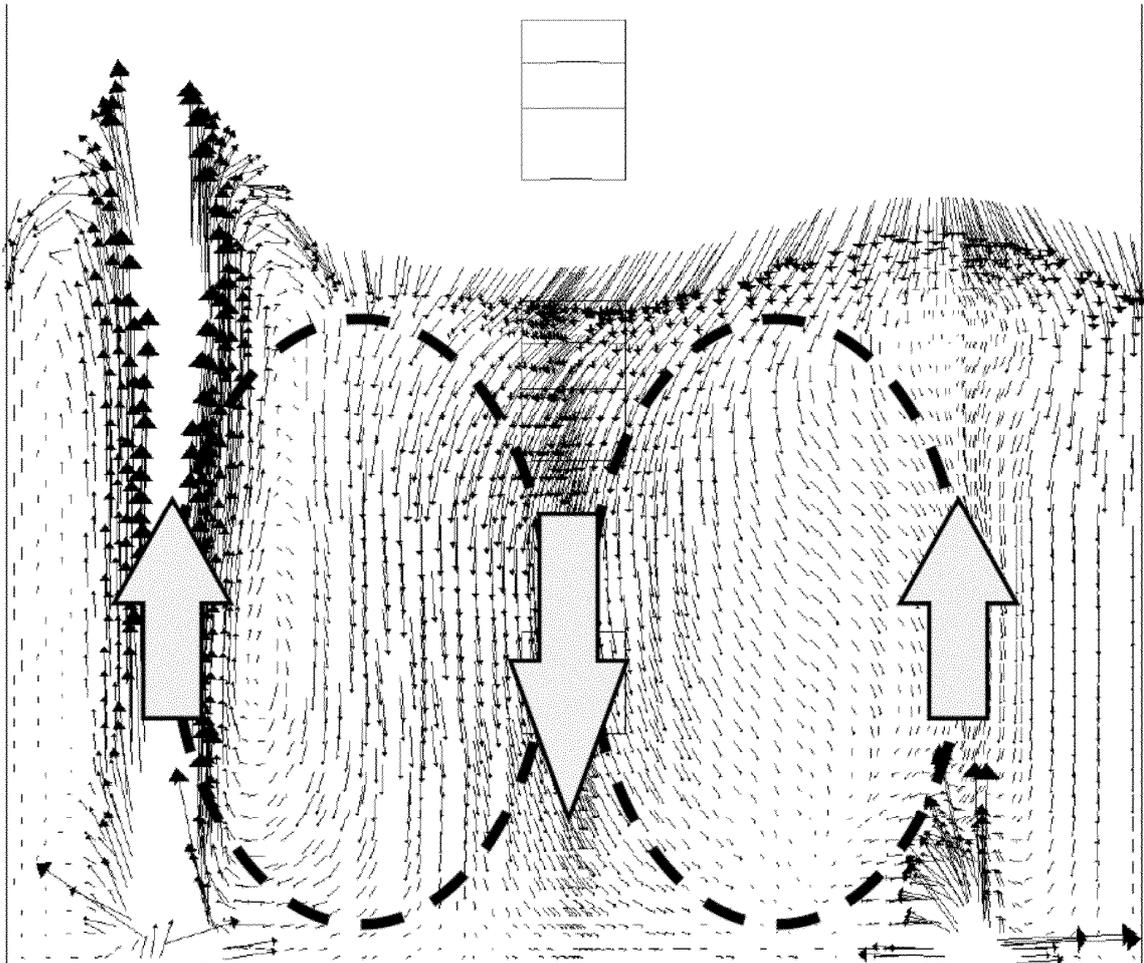


Fig 2

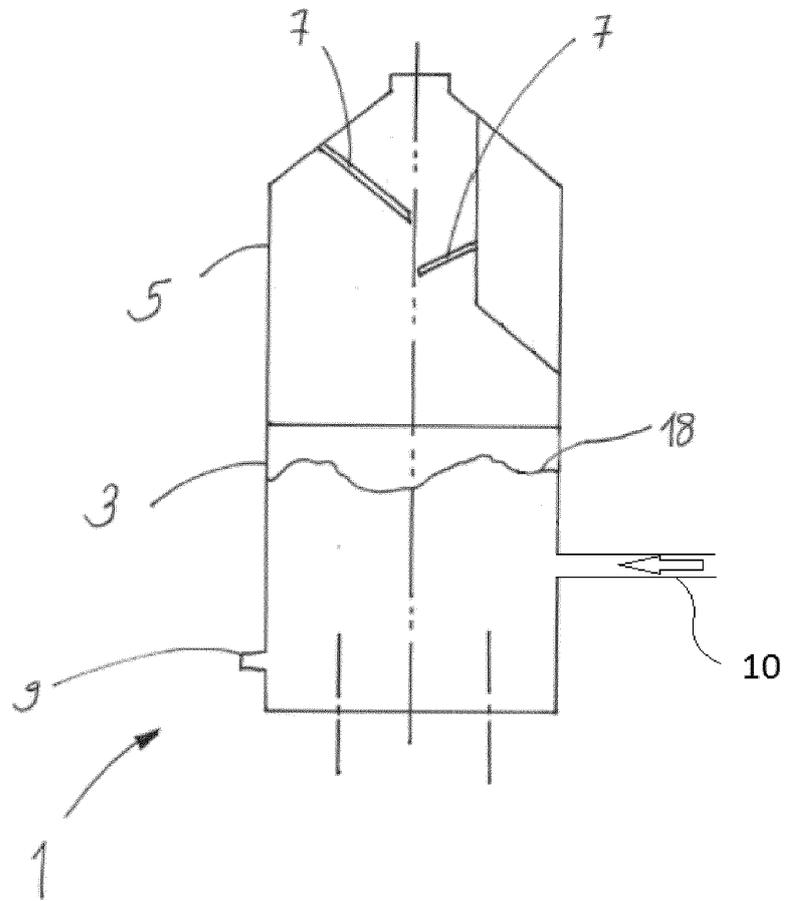


Fig 3

