

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 983 980**

51 Int. Cl.:

C03B 19/10 (2006.01)

C03C 11/00 (2006.01)

C03C 3/083 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.01.2021** **PCT/EP2021/050570**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.07.2021** **WO21148285**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.01.2021** **E 21701677 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2024** **EP 4093709**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de partículas de vidrio esféricas huecas**

30 Prioridad:

24.01.2020 WO PCT/EP2020/051743

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

28.10.2024

73 Titular/es:

OMYA INTERNATIONAL AG (100.0%)
Baslerstrasse 42
4665 Oftringen, CH

72 Inventor/es:

OLBERT, GERHARD;
PASIN E MATOS, LAILA, RAQUEL y
HELWIG, EKATERINA

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 983 980 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

Procedimiento de fabricación de partículas de vidrio esféricas huecas

La presente invención se refiere a un procedimiento para la preparación de partículas de vidrio esféricas huecas que comprenden al menos SiO_2 , Al_2O_3 y un óxido de metal alcalino, en donde el procedimiento comprende la preparación de partículas precursoras que comprenden al menos SiO_2 , Al_2O_3 y un óxido de metal alcalino a través de la mezcla de los materiales de inicio, la suspensión de los materiales de inicio con agua seguido de secado por pulverización y tratamiento térmico de las partículas precursoras a una temperatura de 1000 °C a 1800 °C, preferentemente de 1300 °C a 1600 °C mediante la puesta en contacto de las partículas precursoras así obtenidas con al menos una llama viva.

Las partículas de vidrio esféricas huecas, también conocidas como microesferas de vidrio huecas, se utilizan como agentes de relleno para materiales en diversos campos de aplicación. La gravedad específica de dichas partículas de vidrio esféricas huecas es significativamente menor en comparación con otros agentes de relleno, mientras que las propiedades físicas, como la resistencia al calor, la resistencia a la presión y la resistencia al impacto, se mantienen en un nivel alto. Por lo tanto, las partículas de vidrio esféricas huecas son agentes de relleno ampliamente utilizados para artículos de peso reducido que contienen resina moldeada o componentes metálicos, por ejemplo, autopartes, artículos para el hogar, materiales de sellado o materiales de construcción. Se han descrito ejemplos de dichas partículas de vidrio esféricas huecas y su fabricación, por ejemplo, en los documentos US 3699050, US 4336338, US 5176732 y US 2002/0004111 A1.

Los métodos conocidos en la técnica para producir partículas de vidrio esféricas huecas suelen consistir en la dispersión de un polvo de vidrio fino en un gas caliente de alta temperatura, en donde el vidrio se calienta hasta fundirse, de modo que la viscosidad del material fundido (a partir de la capa externa) disminuya. Simultáneamente, se forma un gas por vaporización de un agente de expansión presente en la composición de las partículas precursoras. En consecuencia, debido a la tensión superficial, la forma de las partículas resultantes será esférica y, al mismo tiempo, las partículas serán huecas debido al gas formado dentro de las partículas.

En cuanto a la composición química de las partículas de vidrio esféricas huecas, el vidrio de borosilicato se utiliza ampliamente debido a su resistencia química y mecánica. Por ejemplo, el documento JP-A-58-156551 divulga un procedimiento para formar microesferas de vidrio de borosilicato huecas a partir de materiales de inicio tales como SiO_2 , H_3BO_3 , CaCO_3 , Na_2CO_3 , $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ y Na_2SO_4 . Sin embargo, debido a los requisitos reglamentarios, se prefiere la aplicación de partículas de vidrio esféricas huecas libres de boro. Además, el boro puede hacer que las partículas se vuelvan quebradizas.

El documento WO 2017/108831 A1 divulga un método para la preparación de partículas de vidrio de aluminosilicato esféricas huecas libres de boro mediante el uso de Al_2O_3 , SiO_2 y al menos un óxido de metal alcalino como materiales de inicio a través de la mezcla de los materiales de inicio con agua y el secado por pulverización de la mezcla, por lo que se obtiene de este modo partículas precursoras que tienen un tamaño de partícula promedio de 80 μm a 400 μm y una humedad residual de 1 % a 10 %, y la alimentación de las partículas precursoras en un dispositivo de calentamiento en un intervalo de temperatura de 1500 °C a 1800 °C, de manera tal que la mezcla seca se introduzca al caer en el dispositivo de calentamiento durante alrededor de 1 s a alrededor de 10 s, lo que proporciona partículas de vidrio esféricas huecas que preferentemente tienen un tamaño de partícula de 10 μm a 600 μm . El dispositivo de calentamiento es un horno tubular que comprende una manta de calentamiento exterior.

La solicitud anterior WO 2020/020921 A1 divulga una partícula de vidrio esférica hueca que no contiene boro que comprende al menos 30 % en peso de Al_2O_3 , al menos 35 % en peso de SiO_2 y al menos 18 % en peso de al menos un óxido de metal alcalino y que tiene un diámetro de partícula en el intervalo de más de 20 μm a 75 μm . Además, la solicitud divulga un método para fabricar tales partículas al proporcionar una composición que comprende al menos 30 % en peso de Al_2O_3 , al menos 35 % en peso de SiO_2 y al menos 18 % en peso de al menos un óxido de metal alcalino, en donde los componentes están presentes como partículas finas que tienen un tamaño de partícula de $\leq 10 \mu\text{m}$, mezclar las partículas con agua y, opcionalmente, con un aglutinante orgánico, secar por pulverización las partículas e introducir las partículas secas en un dispositivo de calentamiento, por ejemplo, un horno tubular, de manera tal que las partículas se soplen hacia arriba mientras la temperatura se mantiene por encima de 1000 °C, por lo que se obtiene de este modo partículas de vidrio esféricas huecas. Alternativamente, se pueden usar dos dispositivos de calentamiento conectados en serie o al menos una parte de las partículas se recicla nuevamente al dispositivo de calentamiento. Los hornos tubulares descritos comprenden una manta de calentamiento exterior.

El documento JP-A-7-277768 divulga un método para la fabricación de esferas de vidrio huecas. Como material de inicio se utiliza una mezcla de un polvo de vidrio y un material inorgánico, preferentemente un polvo de carbonato o sulfato que se descompone a temperaturas más altas, lo que, de este modo, genera un gas. La mezcla se convierte en gránulos, por ejemplo, por medio de un secador por pulverización y, a continuación, los gránulos se introducen en una corriente de aire a una temperatura suficiente para descomponer el material inorgánico para generar un gas. Preferentemente, el tratamiento térmico se lleva a cabo durante 5 a 1000 ms en un vapor de aire de alrededor de 1200 a 1600 °C. En el Ejemplo 1, un polvo de vidrio (55 % de SiO_2 , 14 % de Al_2O_3 , 8 % de B_2O_3 , 1 % de MgO , 21 % de CaO y 1 % de BaO ; porcentajes en peso) se mezcla con $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ y agua para obtener una suspensión que se

secó por pulverización para obtener gránulos con un tamaño de partícula promedio de 50 μm . A continuación, los gránulos se suministraron a una corriente de aire de un quemador de gas que tenía una temperatura máxima de 1500 $^{\circ}\text{C}$, se sometieron a un tratamiento térmico durante alrededor de 100 milisegundos y luego se recolectaron por medio de un ciclón. El ejemplo no enseña que los gránulos se ponen en contacto con las llamas vivas del quemador de gas, sino solo que los gránulos se alimentan a una corriente de aire caliente generada por el quemador de gas. No se han divulgado detalles sobre el dispositivo utilizado para calentar los gránulos en una corriente de aire caliente.

El documento US 2019/135675 A divulga dos opciones diferentes para fabricar esferas de vidrio huecas, como se ilustra en las figuras 1 y 2. Una de las opciones se refiere a un procedimiento que utiliza un horno rotatorio, en este procedimiento se prepara una suspensión precursora a partir de vidrio finamente molido y secado. Las partículas precursoras resultantes se alimentan en un horno rotatorio, que alcanza una temperatura de 1150 $^{\circ}\text{C}$, en la cara opuesta a la llama situada en la salida del horno.

El documento WO9742127A1 divulga un método para preparar esferas de vidrio huecas que consiste en un suministro continuo de un micropolvo de vidrio inicial a un soplete de un quemador de gas, enfriar las partículas moldeadas en un flujo de gas-aire, separarlas del flujo de gas-aire en un primer separador, después separar las partículas sólidas y las esferas de vidrio huecas mediante separación por flotación-precipitación y finalmente secar las esferas de vidrio huecas.

Los hornos tubulares que comprenden una manta de calentamiento exterior para el tratamiento térmico de materiales a temperaturas superiores a 1000 $^{\circ}\text{C}$ pueden ser adecuados si el diámetro del tubo no es demasiado grande. Sin embargo, con el aumento del diámetro del tubo, como puede ser necesario para las plantas de producción, la transferencia de calor al interior del tubo se vuelve cada vez más difícil.

Un objetivo de la presente invención fue proporcionar un procedimiento mejorado de fabricación de partículas de vidrio esféricas huecas, que también permite fabricar partículas de vidrio esféricas huecas en dispositivos de calentamiento que tienen grandes diámetros internos.

En consecuencia, se ha descubierto un procedimiento para la preparación de partículas de vidrio esféricas huecas que comprenden al menos SiO_2 , Al_2O_3 y un óxido de metal alcalino, en donde el procedimiento comprende al menos las etapas de

(I) preparar partículas precursoras mediante un procedimiento que comprende al menos las siguientes subetapas

(I-1) proporcionar una composición de inicio que comprende partículas de al menos un compuesto de partida para formar un vidrio que comprende al menos SiO_2 , Al_2O_3 y un óxido de metal alcalino,

(I-2) mezclar la composición de inicio con un líquido, por lo que se obtiene así una suspensión, y

(I-3) secar por pulverización de la suspensión obtenida, por lo que se obtienen así las partículas precursoras, y

(II) tratar térmicamente las partículas precursoras a una temperatura de 1000 $^{\circ}\text{C}$ a 1800 $^{\circ}\text{C}$ al pasar las partículas precursoras a través de un dispositivo de calentamiento, por lo que se obtienen así partículas de vidrio esféricas huecas,

en donde al menos una llama viva alimentada por un gas inflamable arde en el interior del dispositivo de calentamiento y el tratamiento térmico se lleva a cabo mediante la puesta en contacto de las partículas precursoras con la(s) llama(s) viva(s),

en donde las partículas precursoras se dispersan en el gas inflamable que alimenta la(s) llama(s) en el dispositivo de calentamiento y/o las partículas precursoras se dispersan en un gas no inflamable que se añade al dispositivo de calentamiento en una posición aguas arriba de la(s) llama(s).

Preferentemente, las partículas de vidrio esféricas huecas a fabricar comprenden al menos 30 % en peso de SiO_2 , al menos 25 % en peso de Al_2O_3 y al menos 18 % en peso de óxido de metal alcalino, en cada caso en función del peso total de las partículas de vidrio esféricas huecas libres de boro y que su diámetro medio es de 20 μm a 200 μm .

Lista de figuras:

Figura 1:	Representación esquemática de un dispositivo de calentamiento vertical en el que las partículas precursoras se agregan al gas inflamable.
Figura 2:	Representación esquemática de un dispositivo de calentamiento que comprende una pluralidad de llamas.

Figura 3:	Representación esquemática de un distribuidor de gas inflamable compuesto por 8 boquillas de quemador.
Figura 4:	Representación esquemática de un dispositivo de calentamiento vertical en el que las partículas precursoras se agregan a un gas portador no inflamable.
Figura 5:	Representación esquemática de un dispositivo de calentamiento horizontal en el que las partículas precursoras se agregan a un gas portador no inflamable que comprende entradas adicionales para un gas para enfriar las paredes del reactor.
Figura 6:	Representación esquemática de un dispositivo de calentamiento vertical en el que las partículas precursoras se agregan a un gas portador no inflamable.
Figura 7:	Diagrama de flujo del procedimiento de una planta que incluye la recirculación de gases residuales.
Figura 8:	Representación esquemática de un horno rotatorio en el que se agregan las partículas precursoras al gas inflamable.
Figura 9:	Representación esquemática de un horno rotatorio en el que se agregan las partículas precursoras al gas inflamable que comprende entradas adicionales para un gas para enfriar las paredes del reactor.
Figura 10:	Representación esquemática de la parte frontal de un horno rotatorio en el que se agregan las partículas precursoras al gas inflamable y adicionalmente se introduce un gas no inflamable.
Figura 11:	Representación esquemática de la sección frontal de un horno rotatorio en el que las partículas precursoras se agregan a un gas portador no inflamable.

Con respecto a la invención, lo siguiente puede indicarse específicamente:

Partículas de vidrio esféricas huecas

5 La composición del vidrio a menudo se expresa por su contenido de SiO_2 , Al_2O_3 , óxidos de metales alcalinos y, opcionalmente, otros óxidos. Dicha descripción de la composición también se usará para la presente invención.

Las partículas de vidrio esféricas huecas a fabricar de acuerdo con el procedimiento de la presente invención comprenden al menos SiO_2 , Al_2O_3 y un óxido de metal alcalino, preferentemente Na_2O . Opcionalmente, pueden estar presentes otros componentes.

10 Preferentemente, las partículas de vidrio esféricas huecas que a fabricar de acuerdo con el procedimiento de la presente invención comprenden al menos 30 % en peso de SiO_2 , al menos 25 % en peso de Al_2O_3 y al menos 18 % en peso de un óxido de metal alcalino, preferentemente Na_2O , en cada caso en función del peso total de las partículas de vidrio esféricas huecas.

15 En una forma de realización de la invención, las partículas de vidrio esféricas huecas comprenden de 30 % en peso a 55 % en peso de SiO_2 , de 25 % en peso a 45 % en peso de Al_2O_3 y de 18 % en peso a 40 % en peso de un óxido de metal alcalino, preferentemente Na_2O , en cada caso en función del peso total de las partículas de vidrio esféricas huecas. En aún otra forma de realización de la invención, las partículas de vidrio esféricas huecas comprenden de 30 % en peso a 40 % en peso de SiO_2 , de 25 % en peso a 35 % en peso de Al_2O_3 y de 30 % en peso a 40 % en peso de Na_2O , en cada caso en función del peso total de las partículas de vidrio esféricas huecas.

En una forma de realización de la invención, las partículas de vidrio esféricas huecas están libres de boro. Como se usa en la presente, las expresiones "que no contiene boro" o "sin boro" no excluirán que puedan estar presentes pequeñas cantidades de boro. En particular, se prefiere que la partícula de vidrio esférica hueca comprenda boro, si lo hay, en una cantidad igual o menor de 1.0 % en peso, con mayor preferencia, igual o menor de 0.1 % en peso, aún con mayor preferencia, igual o menor de 0.01 % en peso, igual o menor de 0.001 % en peso, en función del peso total de las partículas de vidrio esféricas huecas.

En una forma de realización de la invención, las partículas de vidrio esféricas huecas tienen un tamaño de partícula promedio en el intervalo de 20 a 200 μm , por ejemplo, de 20 μm a 150 μm , o de 20 μm a 70 μm . Los valores se refieren a la media numérica tal como se puede determinar, por ejemplo, mediante microscopía.

En una forma de realización de la invención, las partículas de vidrio esféricas huecas tienen un espesor de pared en el intervalo de 0.1 a 15 μm , en particular en el intervalo de 0.2 a 12 μm .

Además, se prefiere que las partículas de vidrio esféricas huecas de acuerdo con la presente invención tengan un valor de resistencia al colapso por presión en el intervalo de 120 a 150 MPa. Para la determinación del valor de la resistencia al colapso por presión, las partículas de vidrio esféricas huecas se transfieren a un cilindro que está cerrado en la parte inferior y puede someterse a presión en la parte superior por medio de un punzón. Las partículas de vidrio esféricas huecas son presionadas por el punzón como en una prensa. La altura de llenado de las partículas de vidrio esféricas huecas en el cilindro depende del tamaño de las partículas. El cilindro está ubicado en un dispositivo de prueba de tracción/compresión que controla la fuerza del pistón. En consecuencia, se genera una fuerza normal o presión superficial definida. Los resultados se evalúan mediante la determinación del porcentaje de partículas de vidrio esféricas huecas que se han destruido mediante microscopía o macroscopía dependiendo del tamaño de partícula. El cilindro utilizado para el procedimiento tiene un diámetro interior de 20 mm y una longitud interior cilíndrica de 80 mm. La altura de llenado fue de 20 mm. El criterio se basó en un 80 % de partículas de vidrio esféricas huecas intactas del diámetro apropiado.

Preferentemente, las partículas de vidrio esféricas huecas tienen una densidad aparente en el intervalo de 0.4 a 1.2 g/cm³, con mayor preferencia en el intervalo de 0.5 a 1.0 g/cm³, aún mayor preferencia en el intervalo de 0.6 a 0.9 g/cm³, como en el intervalo de 0.7 a 0.8 g/cm³.

Procedimiento de fabricación de partículas de vidrio esféricas huecas

El procedimiento de fabricación de partículas de vidrio esféricas huecas de acuerdo con la presente invención comprende al menos 2 etapas.

En la primera etapa (I), se fabrican partículas precursoras que comprenden componentes formadores de vidrio adecuados y en la segunda etapa (II), las partículas precursoras se tratan térmicamente a una temperatura de 1000 °C a 1800 °C por medio de una llama viva, por lo que se obtiene así partículas de vidrio esféricas huecas.

Etapas (I) - Preparación de las partículas precursoras

La etapa (I) comprende al menos tres subetapas (I-1), (I-2), y (I-3). En el transcurso de la etapa (I-1), se proporciona una composición de inicio para elaborar las partículas precursoras. En el curso de la etapa (I-2), la composición de inicio se mezcla con un líquido, por lo que se obtiene así una suspensión acuosa de los materiales de inicio y en el transcurso de la etapa (I-3) la suspensión acuosa obtenida se seca por aspersión, por lo que se obtiene así las partículas precursoras.

Etapas (I-1)

La composición de inicio para preparar las partículas precursoras comprende partículas de al menos un material de inicio para formar un vidrio que comprende al menos SiO₂, Al₂O₃ y un óxido de metal alcalino, preferentemente Na₂O. Preferentemente, se utiliza una mezcla de al menos dos materiales de inicio diferentes.

Los materiales de inicio para formar un vidrio que comprende al menos SiO₂, Al₂O₃ y un óxido de metal alcalino, preferentemente Na₂O básicamente, son conocidos en la técnica. Los materiales de inicio pueden comprender todos los componentes SiO₂, Al₂O₃ y un óxido de metal alcalino o solo dos de ellos o solo uno de ellos.

Los ejemplos de materiales de inicio adecuados para su uso en la presente invención comprenden carbonatos de metales alcalinos, en particular carbonato de sodio, dióxido de silicio, silicatos, aluminosilicatos, por ejemplo, zeolitas, tal como, por ejemplo, Zeolita A, arcillas, tal como caolinita, mica o mezclas de estos.

La composición de inicio es capaz de liberar un gas cuando se trata térmicamente en el transcurso de la etapa (II). Tal gas puede ser en particular dióxido de carbono y/o agua. Preferentemente, el gas puede ser liberado por los materiales de inicio para formar un vidrio por sí mismos, pero en otras formas de realización también se pueden usar aditivos de expansión adicionales para este propósito. Los ejemplos de materiales de inicio que liberan un gas con el tratamiento térmico comprenden carbonatos de metales alcalinos, tal como carbonato de sodio, que liberan CO₂ tras el calentamiento. Otros ejemplos comprenden materiales de inicio que comprenden agua unida químicamente, tal como

agua que contiene silicatos y/o aluminosilicatos. Los ejemplos comprenden zeolitas que pueden representarse por la Fórmula general $M_{2/z}O \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot yH_2O$, en donde M es un catión de metal alcalino o alcalinotérreo, z es la carga del catión, x es de alrededor de 1.8 a 12, e y es de 0 a alrededor de 8. Un ejemplo específico es la zeolita A que puede representarse por la Fórmula $Na_{12}((AlO_2)_{12}(SiO_2)_{12}) \cdot 27 H_2O$. Otros ejemplos comprenden arcillas tales como caolinita.

5 El gas liberado de los componentes de partida en el transcurso del tratamiento térmico explota las esferas huecas.

En una forma de realización de la invención, la composición de inicio comprende al menos una zeolita, por ejemplo, zeolita A.

10 En otra forma de realización de la invención, la composición de inicio comprende al menos una zeolita, por ejemplo, zeolita A y un carbonato de metal alcalino, en particular carbonato de sodio, preferentemente zeolita A y carbonato de sodio.

En otra forma de realización de la invención, la composición de inicio comprende al menos una zeolita, por ejemplo, zeolita A y un mineral de arcilla, tal como caolín o caolinita, preferentemente zeolita A y caolín y/o caolinita.

15 En aún otra forma de realización de la invención, la composición de inicio comprende al menos una zeolita, por ejemplo, zeolita A, y un mineral arcilloso, tal como caolín o caolinita y un carbonato de metal alcalino, en particular carbonato de sodio, preferentemente zeolita A, caolín y/o caolinita, y carbonato de sodio.

En una forma de realización de la invención, la composición de inicio no contiene boro. La expresión "no contiene boro" ya se definió anteriormente.

20 El tipo y la cantidad de los materiales de inicio en la composición de inicio se ajustan de acuerdo con la composición prevista del vidrio, teniendo en cuenta que los gases mencionados anteriormente u otros componentes volátiles que puedan estar presentes se liberan de la composición durante el tratamiento térmico en el transcurso de la etapa (II). Así, mientras que la proporción de SiO_2 , Al_2O_3 y óxidos de metales alcalinos en la composición de inicio es la misma que en el vidrio, los porcentajes absolutos en la composición inicial pueden ser menores debido a la pérdida de masa durante el tratamiento térmico.

25 Las partículas de los materiales de inicio pueden obtenerse a través de molienda. En una forma de realización de la invención, el procedimiento comprende una etapa de molienda de los materiales de inicio. La molienda se puede llevar a cabo antes de mezclar los materiales de inicio o después de mezclar los materiales de inicio. El proceso de molienda puede ser en condiciones secas o húmedas. En una forma de realización de la invención, el proceso de molienda se lleva a cabo de manera tal que las partículas en la composición de inicio tengan un tamaño de partícula promedio de 10 μm o menos, preferentemente de 7 μm o menos. El tamaño de partícula se refiere al promedio en número que se puede determinar mediante microscopía.

Etapas (I-2)

En el transcurso de la etapa (I-2), la composición de inicio que comprende partículas de los materiales de inicio preparados en el transcurso de la etapa (I-1) se mezcla con un líquido, por lo que se obtiene así una suspensión de las partículas de la composición de inicio en un líquido.

35 El líquido puede ser un solo componente o puede comprender una mezcla de diferentes componentes. Preferentemente, el líquido comprende agua, es decir, es un líquido acuoso. En una forma de realización, solamente se utiliza agua como líquido para la suspensión de las partículas.

La suspensión puede comprender hasta alrededor de 80.0 % en peso de la composición de inicio, por ejemplo, de alrededor de 50 a alrededor de 75 % en peso.

40 La suspensión puede comprender adicionalmente otros aditivos.

En una forma de realización, la suspensión puede comprender además un dispersante. Los ejemplos de dispersantes adecuados comprenden dispersantes poliméricos tales como polivinilpirrolidona, poliacrilato, copolímeros de poliacrilato o mezclas de estos.

45 En una forma de realización, se puede usar un agente aglutinante. Dicho agente aglutinante puede ayudar a formar las partículas precursoras. Los ejemplos de agentes aglutinantes incluyen agentes aglutinantes inorgánicos tales como vidrio soluble o agentes aglutinantes orgánicos tales como glicerina, glicol, xilitol, sorbitol, eritritol, almidón, alcoholes polivinílicos o mezclas de estos.

Etapas (I-3)

50 En la etapa (I-3), la suspensión obtenida en la etapa (I-2) se seca por pulverización, por lo que se obtiene así las partículas precursoras.

Los dispositivos para el secado por pulverización son conocidos en la técnica y están disponibles en el comercio. En una forma de realización de la invención, la suspensión se seca por pulverización a una temperatura en el intervalo de 150 °C a 250 °C. Dicha temperatura se relaciona con la temperatura de entrada del secador por pulverización. Las partículas precursoras obtenidas del secado por pulverización son esféricas o al menos esencialmente esféricas.

- 5 Cada una de las partículas precursoras comprende una pluralidad de partículas primarias de los materiales de inicio. El tamaño de partícula de las partículas precursoras se ajusta de acuerdo con el tamaño de partícula previsto de las partículas de vidrio esféricas huecas que se van a elaborar. Como regla general, con el aumento del tamaño de partícula de las partículas precursoras también aumenta el tamaño de partícula de las partículas de vidrio esféricas huecas. Se conoce en la técnica cómo ajustar el tamaño de partícula en el transcurso de un proceso de secado por pulverización mediante los parámetros del proceso. En una forma de realización de la invención, el tamaño de la partícula de las partículas precursoras se ajusta de 20 µm a 250 µm. El tamaño de partícula se refiere al promedio en número que se puede determinar mediante microscopía.

- 10 Opcionalmente, las partículas precursoras obtenidas en el transcurso de la etapa (I-3) pueden cribarse, por ejemplo, mediante tamizado, para seleccionar solo ciertas fracciones de las partículas precursoras para el tratamiento térmico en el transcurso de la etapa (II). Por ejemplo, se pueden separar partículas precursoras muy gruesas y/o partículas precursoras muy finas.

Etapas (II) – Tratamiento térmico de las partículas precursoras

Compendio

- 20 En el transcurso de la etapa (II), las partículas precursoras obtenidas en el transcurso de la etapa (I) se tratan térmicamente a una temperatura de 1000 °C a 1800 °C, preferentemente de 1300 °C a 1600 °C, por lo que se obtiene así partículas de vidrio esféricas huecas. El tratamiento térmico se lleva a cabo al pasar las partículas precursoras a través de un dispositivo de calentamiento, en donde al menos una llama viva arde en el interior del dispositivo de calentamiento y el tratamiento térmico se lleva a cabo mediante la puesta en contacto de las partículas precursoras con la llama viva. Las partículas precursoras se dispersan en el gas inflamable que alimenta la(s) llama(s) en el dispositivo de calentamiento y/o las partículas precursoras se dispersan en un gas no inflamable que se añade al dispositivo de calentamiento en una posición aguas arriba de la(s) llama(s). La llama es alimentada por un gas inflamable que sale por al menos una boquilla de quemador situada en el interior del dispositivo de calentamiento. Preferentemente, el dispositivo de calentamiento comprende una pluralidad de boquillas de quemador y, en consecuencia, una pluralidad de llamas arde en el interior del dispositivo de calentamiento. El tiempo de contacto de las partículas en la llama es corto, por ejemplo, de 0.001 s a 1 s.

Básicamente, se puede utilizar cualquier tipo de dispositivo de calentamiento calentado por al menos una llama viva que arda en su interior.

- 35 Preferentemente, el dispositivo de calentamiento comprende una cámara de reacción longitudinal, en donde las partículas precursoras se introducen en un extremo de la cámara de reacción alargada (el extremo frontal) y las partículas de vidrio esféricas huecas se eliminan en el otro extremo de la cámara de reacción longitudinal (el extremo posterior). Entonces, las partículas se transportan a través de la cámara de reacción longitudinal de un extremo al otro mientras se convierten químicamente.

- 40 Los ejemplos de tales dispositivos de calentamiento comprenden dispositivos de calentamiento que comprenden cámaras de reacción cilíndricas, pero también son posibles otras formas tales como cámaras de reacción que tienen una sección transversal cuadrática o hexagonal. Preferentemente, el dispositivo de calentamiento es un dispositivo de calentamiento cilíndrico.

- 45 El diámetro de la cámara de reacción longitudinal, preferentemente la cámara de reacción cilíndrica, puede ser elegido por la persona del oficio de nivel medio de acuerdo con sus necesidades. Debido a que el dispositivo de calentamiento se calienta internamente mediante llamas vivas, no hay problema de transferencia de calor a la cámara de reacción y, por lo tanto, ventajosamente, el diámetro interno de la cámara de reacción longitudinal puede hacerse muy grande. Puede ser, por ejemplo, de 0.1 a 3 m, por ejemplo, de 1 a 3 m sin querer limitar esta invención por dichos números.

- 50 El término "diámetro" en este contexto se refiere al diámetro hidráulico $d_h = 4 A / P$, en donde A es el área de la sección transversal y P es el perímetro del dispositivo de calentamiento. Para un dispositivo de calentamiento cilíndrico, es decir, un dispositivo de calentamiento que tiene una sección transversal circular, d_h es igual a $4 \pi r^2 / 2 \pi r = 2 r$, en donde r es el radio del círculo. Para un dispositivo de calentamiento que tiene una sección transversal cuadrática, d_h es igual a $4 a^2 / 4 a = a$, en donde a es la longitud del borde del cuadrado. Los diámetros hidráulicos para otras cámaras de reacción formadas pueden ser fácilmente calculados por la persona del oficio de nivel medio.

- 55 El diámetro de la cámara de reacción puede ser constante en dirección longitudinal o puede variar. A modo de ejemplo, el dispositivo de calentamiento puede comprender una sección que tiene un diámetro constante, por ejemplo, una sección cilíndrica y hacia el extremo posterior su diámetro disminuye.

La cámara de reacción longitudinal puede tener una orientación horizontal o vertical o cualquier otra. En una forma de realización de la invención, puede ser vertical o esencialmente vertical en donde las partículas precursoras se introducen en el extremo inferior y las partículas de vidrio esféricas huecas formadas se eliminan en el extremo superior.

5 En una forma de realización de la invención, el dispositivo de calentamiento comprende una cámara de reacción fija que está en orientación horizontal o vertical o en cualquier otra orientación. El dispositivo de calentamiento que comprende una cámara de reacción longitudinal fija comprende al menos una entrada para un gas inflamable que está conectada con al menos una boquilla de quemador en su interior. Los gases inflamables son conocidos en la técnica. Los ejemplos comprenden hidrógeno e hidrocarburos tales como metano, etano o propano. Hay varias posibilidades de mezclar el gas inflamable con oxígeno o aire para la combustión. En ciertas formas de realización de la invención, las boquillas de quemadores son boquillas de un componente y se mezcla oxígeno o aire o cualquier otro gas necesario para la combustión con el gas inflamable antes de que el gas salga de las boquillas de quemadores, por ejemplo, antes de que el gas inflamable entre en el dispositivo de calentamiento. En otras formas de realización, las boquillas de quemador utilizadas son boquillas de dos componentes, tal como, por ejemplo, una boquilla de anillo, y de la boquilla de dos componentes salen corrientes separadas de oxígeno o aire y el gas inflamable. Para este propósito, el dispositivo de calentamiento comprende una entrada separada para aire u oxígeno y tuberías separadas para gas inflamable y oxígeno o aire entre las boquillas de los dos componentes y la entrada.

20 El contacto de las partículas precursoras con las llamas puede llevarse a cabo al dispersar las partículas precursoras en el propio gas inflamable de modo que una corriente de un gas inflamable que comprende partículas precursoras salga de las boquillas del quemador. En esta forma de realización, las partículas precursoras atraviesan toda la llama y se convierten en partículas de vidrio esféricas huecas. Después de pasar a través de la llama viva, las partículas de vidrio esféricas huecas así formadas se enfrían al menos hasta el punto de que las partículas de vidrio se solidifican y se transportan por una corriente de gas residual generada por la combustión a través de la unidad de calentamiento hacia una salida desde la cual se pueden recoger partículas de vidrio esféricas huecas. El enfriamiento puede efectuarse, por ejemplo, al enfriar las paredes del dispositivo de calentamiento en una posición corriente abajo de las llamas y/o al introducir un gas no inflamable tal como aire o gas reutilizado enfriado del mismo proceso que tenga temperatura ambiente en el dispositivo de calentamiento en una posición corriente abajo de las llamas. La separación de las partículas de vidrio esféricas huecas y el gas residual se puede llevar a cabo, por ejemplo, mediante un ciclón. Se puede usar un intercambiador de calor en la línea que conecta el dispositivo de calentamiento y el dispositivo de separación para enfriar aún más la corriente.

Opcionalmente, se puede agregar un gas no inflamable a la cámara de reacción, por ejemplo, en una posición corriente arriba de las llamas vivas. Dicho gas no inflamable adicional contribuye en el transporte de las partículas de vidrio esféricas huecas hacia la salida y ayuda a evitar la retromezcla. Los ejemplos de gases no inflamables comprenden aire, dióxido de carbono o gas residual recuperado.

35 En otra forma de realización, la puesta en contacto de las partículas precursoras con las llamas puede llevarse a cabo al dispersar las partículas precursoras en un gas no inflamable separado que actúa como gas portador para las partículas precursoras y la corriente de gas no inflamable que comprende partículas precursoras se introduce en el dispositivo de calentamiento en una posición corriente arriba de las llamas vivas. En esta forma de realización, las partículas precursoras no pasan centralmente a través de las llamas sino más bien a través de las regiones externas de las llamas. Al igual que en la primera forma de realización, el gas no inflamable adicional contribuye en el transporte de las partículas de vidrio esféricas huecas hacia la salida y ayuda a evitar la retromezcla. Por supuesto, los dos métodos pueden combinarse, es decir, pueden agregarse partículas precursoras tanto al gas inflamable como al gas no inflamable.

45 En otra forma de realización, el dispositivo de calentamiento es un horno rotatorio. Este comprende una cámara de reacción que es un tubo giratorio cilíndrico que, de manera habitual, está en orientación horizontal o ligeramente inclinado hacia su extremo posterior. La puesta en contacto de las partículas precursoras con las llamas se puede llevar a cabo de la misma manera como se describió anteriormente, es decir, al agregar las partículas precursoras al gas inflamable o a un gas no inflamable. El movimiento giratorio de la cámara de reacción cilíndrica al menos contribuye en el transporte de las partículas a través de la cámara de reacción de la manera habitual.

50 En una forma de realización de la invención, la cámara de reacción longitudinal del dispositivo de calentamiento como se describió anteriormente, preferentemente la cámara de reacción cilíndrica comprende una zona de combustión (a) y una zona de enfriamiento (b). La zona de enfriamiento (b) está ubicada corriente abajo de la zona de combustión (a): Las partículas precursoras se introducen en la zona de combustión (a) donde se convierten en partículas de vidrio esféricas huecas y las partículas de vidrio esféricas huecas así obtenidas se transportan a través de la zona de enfriamiento (b) y se eliminan al final de la zona de enfriamiento (b).

La zona de combustión (a) se calienta mediante al menos una llama viva, preferentemente mediante una pluralidad de llamas vivas, que preferentemente se extienden por toda la sección transversal del dispositivo de reacción cilíndrico. Ventajosamente, las paredes internas de la cámara de reacción en la zona de combustión (a) están protegidas por un material refractario para soportar las altas temperaturas. Los materiales refractarios adecuados son conocidos en la técnica. Los ejemplos comprenden materiales cerámicos a base de óxidos de aluminio y/o de silicio o materiales

carbídicos tal como carburo de silicio. Además, se pueden usar materiales OCMC (compuesto de matriz cerámica de óxido). En una forma de realización, toda la cámara de reacción cilíndrica está elaborada a partir de materiales refractarios.

A la zona de combustión (a) le sigue corriente abajo una zona de enfriamiento (b) que permite enfriar las partículas de vidrio esféricas huecas formadas una vez que abandonan las llamas al menos hasta una temperatura a la que se solidifica la pared de las partículas de vidrio esféricas huecas. Por lo tanto, enfriar no significa necesariamente enfriar a temperatura ambiente, sino que solamente se debe cumplir con dicho requisito mínimo. Como se sabe en la técnica, el punto de fusión del vidrio depende en gran medida de su composición. En general, es suficiente enfriar las partículas de vidrio esféricas huecas a una temperatura que es alrededor de 500 °C menor que su temperatura de fusión respectiva sin querer limitar la invención a este intervalo.

El enfriamiento ya comienza simplemente cuando las partículas ya no están en contacto con las llamas. Además, el enfriamiento puede efectuarse al introducir un gas tal como aire, nitrógeno o gas residual reutilizado que tiene temperatura ambiente en el dispositivo de calentamiento en una posición corriente abajo de las llamas. En esta forma de realización, la cámara de reacción comprende medios adecuados, tal como, por ejemplo, tubos de entrada, que permiten introducir un gas refrigerante en la zona de refrigeración (b). Preferentemente, los tubos de entrada pueden estar dispuestos de manera que una parte de la corriente de gas se dirija hacia su interior y una parte fluya esencialmente paralela a la pared. Tal disposición ayuda a evitar que las partículas de vidrio esféricas huecas se adhieran a las paredes. En una forma de realización, puede haber dos o tres o incluso más zonas de enfriamiento que permiten el enfriamiento por etapas. Además, enfriar las paredes de la zona de enfriamiento (b), por ejemplo, puede contribuir al enfriamiento. El enfriamiento de las paredes puede efectuarse mediante el uso de material de doble pared para la zona de enfriamiento (b) y la introducción de un medio de enfriamiento en el espacio hueco entre las dos paredes. Para proteger las paredes de la zona de combustión (a), en una forma de realización, también se pueden enfriar las paredes de la zona de combustión (a). Para el enfriamiento, preferentemente, se puede soplar una corriente de un gas a temperatura ambiente en el espacio hueco a través de una entrada y se puede retirar el gas caliente a través de una salida. El gas puede ser gas fresco tal como aire o nitrógeno o también puede ser gas reutilizado del propio proceso.

El tratamiento térmico produce una corriente de partículas de vidrio esféricas huecas en una corriente de gas residual y, opcionalmente, un gas no inflamable adicional. La separación de las partículas de vidrio esféricas huecas y el gas residual se puede llevar a cabo, por ejemplo, mediante un ciclón o mediante un filtro.

Descripción Detallada

En ciertas formas de realización de la presente invención, el dispositivo de calentamiento utilizado para la etapa (II) comprende al menos

- una entrada para un gas inflamable,
- una entrada para un gas no inflamable,
- una cámara de reacción longitudinal que comprende al menos dos zonas diferentes (a) y (b), en donde
 - (a) es una zona de combustión capaz de calentarse mediante al menos una llama viva, en donde al menos una boquilla de quemador que está conectada con la entrada del gas inflamable está dispuesta en la zona de combustión,
 - (b) es una zona de enfriamiento, y
- una salida para las partículas de vidrio esféricas huecas, gas no inflamable y desechos,

y la etapa (II) se lleva a cabo de la siguiente manera al:

(II-1) introducir una corriente de gas inflamable a través de la entrada, transferirlo a la(s) boquilla(s) de quemador y encender al menos una llama viva,

(II-2) introducir una corriente del gas no inflamable a través de la entrada a la zona de combustión (a) y transferirla a través de la zona de enfriamiento (b) a la salida,

(II-3) agregar las partículas precursoras al dispositivo de calentamiento y ponerlas en contacto con la(s) llama(s) viva(s) en la zona de combustión (a) a través de al menos un método seleccionado de

- agregar las partículas precursoras a la corriente del gas inflamable, y/o
- agregar las partículas precursoras a la corriente del gas no inflamable,

obtener de este modo una corriente de partículas de vidrio esféricas huecas, gas residual generado por la combustión del gas inflamable y el gas no inflamable,

(II-4) enfriar la corriente formada de partículas de vidrio esféricas huecas, gas residual y gas no inflamable al pasarlas a través de la zona de enfriamiento (b), y

(II-5) separar las partículas de vidrio esféricas huecas del gas residual y el gas no inflamable.

Preferentemente, la cámara de reacción longitudinal es una cámara de reacción cilíndrica. En una forma de realización, la cámara de reacción longitudinal está en orientación vertical, en donde la zona de combustión (a) está en su extremo inferior y la zona de enfriamiento (b) está en su extremo superior.

La Figura 1 representa esquemáticamente una forma de realización específica de un dispositivo de calentamiento adecuado para su uso en el presente procedimiento. Este comprende una cámara de reacción cilíndrica vertical y las partículas precursoras se agregan al gas inflamable. La cámara de reacción (1) es cilíndrica y comprende dos zonas diferenciadas, una zona de combustión (a) y una zona de enfriamiento (b). En la zona de combustión (a) arde una llama (2). La llama está alimentada por un gas inflamable que sale por una boquilla de quemador (3). El dispositivo de calentamiento comprende además una entrada para el gas inflamable (4).

Los detalles sobre los gases inflamables, las boquillas de quemador y la mezcla de gases inflamables con aire u oxígeno ya se han divulgado anteriormente. En la forma de realización de la Figura 1, se muestra una boquilla de un componente y, en consecuencia, es necesario introducir un gas inflamable premezclado con oxígeno o aire a través de la entrada (4). Las personas del oficio de nivel medio pueden elegir el diámetro de la cámara de reacción de acuerdo con sus necesidades. Como se detalló anteriormente, el término "diámetro" se refiere al diámetro hidráulico de la cámara de reacción. Puede ser, por ejemplo, de 0.1 a 3 m, por ejemplo, de 1 a 3 m sin querer limitar esta invención por dichos números.

En otras formas de realización de la invención, se utiliza una pluralidad de boquillas de quemador y una pluralidad de llamas. Preferentemente, se dispone una pluralidad de boquillas de manera tal que las llamas estén presentes en toda la sección transversal de la zona de combustión (a). En la Figura 2 se muestra esquemáticamente una forma de realización que comprende una pluralidad de boquillas de quemador. La Figura 3 muestra esquemáticamente una vista de las boquillas de quemador desde arriba: 8 boquillas de quemador (3) dispuestas en la cámara de reacción cilíndrica de manera circular. El gas inflamable fluye desde la entrada (4) hacia una línea anular (11), que alimenta todas las boquillas de quemador con el gas inflamable. Las boquillas se pueden colocar verticalmente como se muestra en la Figura 3, pero también se pueden inclinar un poco hacia el centro del anillo y/o en la otra dirección. El objetivo de tal disposición de las boquillas es que las llamas estén presentes en toda la sección transversal de la zona de combustión. En una forma de realización, las boquillas pueden inclinarse desde la línea central vertical en un ángulo de 1 a 30°.

El dispositivo de calentamiento además comprende una entrada (5) para un gas no inflamable como se muestra en la Figura 1. Dicho gas no inflamable adicional contribuye al transporte de las partículas de vidrio esféricas huecas hacia la salida y ayuda a evitar la retromezcla. Los ejemplos de gases no inflamables comprenden aire, dióxido de carbono o gas reutilizado del propio proceso.

Las paredes internas de la cámara de reacción en la zona de combustión (a) están preferentemente protegidas por un material refractario para soportar las altas temperaturas. Los materiales refractarios adecuados son conocidos en la técnica. Los ejemplos comprenden materiales cerámicos a base de óxidos de aluminio y/o de silicio o materiales carbídicos tal como carburo de silicio. Además, se pueden usar materiales OCMC (compuesto de matriz cerámica de óxido). En una forma de realización de la invención, los materiales refractarios se enfrían. Tal enfriamiento puede efectuarse usando una cámara de reacción que tiene paredes dobles al menos en la zona de combustión (a). En otras formas de realización, también la zona de enfriamiento (b) puede tener paredes dobles para propósitos de enfriamiento. Para el enfriamiento, preferentemente, se puede soplar una corriente de un gas a temperatura ambiente en el espacio hueco a través de una entrada y se puede retirar el gas caliente a través de una salida. El espacio hueco entre las dos paredes se puede dividir en varias secciones, donde cada una de las cuales comprende una entrada y una salida para un refrigerante, preferentemente un gas como se describió anteriormente, de modo que las paredes de las diferentes zonas de la cámara de reacción se puedan enfriar de manera independiente entre sí.

La Figura 1 representa esquemáticamente un dispositivo de calentamiento que comprende una cámara de reacción que comprende tres zonas diferentes (6) para enfriar las paredes.

El dispositivo de calentamiento además comprende una salida (7). La salida sirve para retirar de la cámara de reacción las partículas de vidrio esféricas huecas formadas durante el tratamiento térmico. Además, sirve para eliminar el gas residual formado durante la combustión de la cámara de reacción, así como para eliminar el gas no inflamable inyectado en la cámara de reacción.

El dispositivo de calentamiento además comprende medios para separar las partículas de vidrio esféricas huecas del gas residual y del gas no inflamable. Dicho dispositivo puede ser un ciclón (8). Los gases se eliminan a través de la salida (9) y las partículas de vidrio esféricas huecas se eliminan a través de otra salida (10). Por supuesto, también se pueden usar otros dispositivos para la separación, tal como, por ejemplo, filtros.

En el transcurso de la etapa (II) se introduce una corriente de partículas precursoras en el dispositivo de calentamiento, y, de este modo, se obtienen partículas de vidrio esféricas huecas. La etapa (II) comprende al menos 5 subetapas (II-1), (II-2), (II-3), (II-4) y (II-5).

5 En el transcurso de la etapa (II-1), se introduce una corriente de gas inflamable a través de la entrada (4), se transfiere a través de una tubería a la(s) boquilla(s) de quemador (3) que se encuentra(n) en la zona de combustión (a) y se enciende una llama (2).

En el transcurso de la etapa (II-2), una corriente de un gas no inflamable se introduce en la zona de combustión (a) a través de la entrada (5) y se transfiere a través de la zona de enfriamiento (b) a la salida (7). Por lo tanto, hay una corriente de gas y partículas en una dirección desde la entrada (5) hasta la salida (7).

10 En el transcurso de la etapa (II-3), las partículas precursoras se agregan al dispositivo de calentamiento y se ponen en contacto con la(s) llama(s) viva(s) en la zona de combustión (a), y de este modo se obtiene una corriente de partículas de vidrio esféricas huecas, gas residual generado por la combustión del gas inflamable y el gas no inflamable.

15 En una primera forma de realización de la invención, las partículas precursoras se agregan a la corriente del gas inflamable. Los métodos para agregar sólidos a una corriente de gas de modo que los sólidos puedan transportarse con la corriente de gas son básicamente conocidos en la técnica. Por ejemplo, las partículas se pueden agregar a una cámara de turbulencia a través de la cual fluye al menos una parte de la corriente del gas inflamable.

En una segunda forma de realización, el gas no inflamable actúa como gas portador para las partículas precursoras y las partículas precursoras se agregan a la corriente del gas no inflamable.

20 Por supuesto, las partículas precursoras se pueden agregar tanto a la corriente de gas inflamable como a la corriente de gas no inflamable. Además, también se pueden aplicar otros métodos para agregar las partículas precursoras en la zona de combustión y ponerlas en contacto con la(s) llama(s) viva(s).

25 La primera forma de realización se representa esquemáticamente en la Figura 1. Las partículas precursoras se dispersan en el gas inflamable y la corriente de gas inflamable y partículas precursoras se agregan a través de la entrada (4) y se transportan a través de una tubería a la(s) boquilla(s) de quemador (3). Las partículas precursoras atraviesan toda la llama y se convierten en la llama en partículas de vidrio esféricas huecas.

30 Las partículas de vidrio esféricas huecas así formadas son transportadas por una corriente de gas residual generada por la combustión a través de la unidad de calentamiento hacia la salida (7). Además, se introduce un gas no inflamable en la cámara de reacción a través de la entrada (5) en una posición corriente arriba de la(s) llama(s) viva(s). El objetivo de utilizar un gas no inflamable adicional de este tipo es evitar la retromezcla y contribuir al transporte de las partículas de vidrio esféricas huecas hacia la salida.

35 La segunda forma de realización se representa esquemáticamente en la Figura 4. El dispositivo de calentamiento que se muestra en la Figura 4 es similar al que se muestra en la Figura 1. Se calienta mediante una pluralidad de llamas (2) que son alimentadas por un gas inflamable que ingresa al dispositivo de calentamiento a través de la entrada (4). Se introduce una corriente de gas no inflamable en la entrada (5) y se agregan partículas precursoras a dicha corriente de gas no inflamable. La corriente del gas no inflamable y las partículas precursoras se introducen en la cámara de reacción en una posición corriente arriba de la(s) llama(s) viva(s), de manera que pase a través de las llamas, y de este modo, forme partículas de vidrio esféricas huecas. Como se muestra en la Figura 4, es ventajoso utilizar una pluralidad de llamas, de modo que las llamas estén presentes esencialmente en toda la sección transversal de la zona de combustión (a). Tal disposición asegura un buen contacto entre las llamas y las partículas precursoras y, por lo tanto, permite una alta eficacia del procedimiento. El dispositivo de calentamiento que se muestra en la Figura 4 además comprende una cámara de mezcla (12) en la que se mezclan previamente las partículas precursoras (13) y una corriente de un gas no inflamable (14). Luego, la premezcla se transfiere a la línea principal a través de la cual se transporta la corriente de gas no inflamable y partículas precursoras a la cámara de reacción (1).

45 En el procedimiento de acuerdo con la presente invención, el tiempo de contacto de las partículas precursoras con las llamas es corto. En una forma de realización, puede ser, por ejemplo, de 0.001 s a 1 s. El tiempo de contacto depende principalmente de la longitud de la llama. La velocidad de la llama también es alta. En una forma de realización, puede ser, por ejemplo, de 5 m/s a 100 m/s.

50 En el transcurso de la etapa (II-4), la corriente de partículas de vidrio esféricas huecas, el gas residual y, el gas no inflamable, pasan a través de la zona de enfriamiento (b), lo que, de este modo, permite enfriar las partículas de vidrio esféricas huecas. En la zona de enfriamiento (b), las partículas de vidrio esféricas huecas formadas en la zona de combustión se dejan enfriar a al menos una temperatura a la que se solidifica la pared de las partículas de vidrio esféricas huecas. En general, es suficiente enfriar las partículas de vidrio esféricas huecas a una temperatura que es alrededor de 500 °C menor que su temperatura de fusión respectiva sin querer limitar la invención a este intervalo.

55

El enfriamiento ya comienza simplemente cuando las partículas ya no están en contacto con las llamas. En una forma de realización de la invención, se contribuye al enfriamiento al ingresar un gas no inflamable tal como aire, nitrógeno, dióxido de carbono o gas residual reutilizado, que preferentemente tenga temperatura ambiente, en la zona de enfriamiento. En esta forma de realización, la cámara de reacción comprende medios adecuados, tal como, por ejemplo, tubos de entrada, que permiten introducir un gas refrigerante en la zona de refrigeración (b).

Preferentemente, los tubos de entrada pueden disponerse de manera tal que una parte de la corriente de gas inyectado se dirija hacia el interior de la cámara de reacción y que una parte de la corriente fluya esencialmente paralela a la pared. Tal disposición ayuda a evitar que las partículas de vidrio esféricas huecas formadas se adhieran a las paredes. El enfriamiento de las paredes, como ya se ha indicado anteriormente, puede contribuir al enfriamiento.

La Figura 5 muestra esquemáticamente una forma de realización de un dispositivo de calentamiento en el que se introduce un gas no inflamable en la zona de refrigeración (b). El dispositivo de calentamiento representado en la Figura 5 es horizontal. Comprende los elementos del dispositivo de calentamiento como ya se muestra en las Figuras 1 y 4. Las partículas precursoras se agregan a una corriente de gas no inflamable. Adicionalmente, la zona de enfriamiento (b) comprende entradas (16) para un gas no inflamable. Las entradas están dispuestas de manera tal que el gas refrigerante fluya corriente abajo a lo largo de la pared del reactor para que la pared del reactor se enfríe. La Figura 5 también muestra dos elementos opcionales que se pueden utilizar: Las paredes internas de la cámara de reacción en la zona de combustión (a) están preferentemente protegidas por un material refractario (17) para soportar las altas temperaturas. Además, el dispositivo de calentamiento comprende estabilizadores de flujo (18) que ayudan a evitar la retromezcla.

La Figura 6 muestra esquemáticamente otra forma de realización para introducir un gas refrigerante en la zona de refrigeración. La cámara de reacción comprende aberturas (22) a través de las cuales se aspira aire desde el exterior hacia la cámara de reacción y el aire se aspira en corrientes a lo largo de la pared del reactor. Se puede disponer una pluralidad de tales aberturas de manera circunferencial. En una forma de realización, las aberturas (22) pueden disponerse al comienzo de la zona de enfriamiento (b) como se muestra en la Figura 6, pero también pueden disponerse en una posición más corriente abajo. Por supuesto, se puede disponer una pluralidad de tales aberturas a diferentes distancias de la(s) llama(s) en la dirección de la corriente. Además, la Figura 6 muestra una forma de realización adicional de la invención, a saber, boquillas de dos componentes (23) que se alimentan con corrientes separadas de aire (21) y el gas inflamable (20).

En el transcurso de la etapa (II-5), las partículas de vidrio esféricas huecas se separan del flujo de gases de escape. Tal separación puede llevarse a cabo mediante tecnologías habituales. En una forma de realización de la invención, se utiliza un ciclón. Las Figuras 1, 4 y 5 muestran esquemáticamente dispositivos de calentamiento equipados con un ciclón (8) para separar las partículas de vidrio esféricas huecas. Los gases se eliminan a través de la salida (9) y las partículas de vidrio esféricas huecas se eliminan a través de otra salida (10). Por supuesto, también se pueden usar los otros dispositivos para la separación, tal como, por ejemplo, filtros. Los gases pueden comprender cantidades residuales de partículas finas que pueden separarse con un filtro adicional, por ejemplo, un electrofiltro.

La Figura 7 muestra un diagrama de flujo de proceso de una forma de realización de una planta para fabricar partículas de vidrio esféricas huecas de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la presente invención. Muestra la cámara de reacción (1) como se describió en detalle anteriormente en la que se fabrican partículas de vidrio esféricas huecas como se describió anteriormente. La corriente de producto resultante que comprende el gas residual y las partículas de vidrio esféricas huecas se transfiere a través de la salida (7) al ciclón (8) donde las partículas de vidrio esféricas huecas se separan de la corriente de gas y se eliminan a través de una salida (10). La línea entre la salida y el ciclón comprende un intercambiador de calor (38) para reducir aún más la temperatura de la corriente que comprende el gas residual y las partículas de vidrio esféricas huecas antes de que ingrese al ciclón (8). La corriente de gas residual (9) se transfiere a través de un electrofiltro (26) para eliminar las fracciones residuales sólidas de la corriente de gas residual.

La corriente de gas residual (9) puede eliminarse a través de la salida (27) y/o hacerse recircular por medio del compresor (25) al reactor. Se puede ingresar gas fresco no inflamable a través de la entrada (23). La corriente de gas residual y/o gas fresco se divide y se introduce una corriente parcial (24) en la cámara de mezcla (12). La segunda corriente parcial (28) fluye directamente a la entrada (5). En la cámara de mezcla (12), también se introducen partículas precursoras (13) y se mezclan con la corriente de gas parcial (24). La corriente concentrada obtenida de partículas precursoras y gas residual y/o gas fresco se introduce en la segunda corriente parcial (28) y las corrientes combinadas ingresan a través de la entrada (5) en la cámara de reacción. Una parte de la corriente de gas residual (39) puede derivarse, enfriarse mediante uno o más intercambiadores de calor (38) e ingresar a la cámara de reacción con fines de enfriamiento como se describió anteriormente. La planta que se muestra en la Figura 7 puede funcionar con gas fresco no inflamable que se introduce a través de la entrada (23). En otras formas de realización, solo una parte del gas residual formado en el transcurso de la reacción se elimina a través de la salida (27) y otra parte se recicla y vuelve a introducir en la cámara de reacción.

En otras formas de realización de la presente invención, el dispositivo de calentamiento utilizado para la etapa (II) comprende al menos

- una entrada para un gas inflamable,
 - opcionalmente una entrada para un gas no inflamable,
- 5 • una cámara de reacción cilíndrica rotatoria que está montada de forma rotatoria en sus extremos en una unidad frontal fija y en una unidad posterior fija, en donde la cámara de reacción cilíndrica rotatoria está dispuesta horizontalmente o inclinada hacia su extremo posterior, y en donde la cámara de reacción cilíndrica rotatoria comprende al menos dos zonas diferentes (a) y (b), en donde
- 10 (a) es una zona de combustión capaz de calentarse mediante al menos una llama viva, en donde al menos una boquilla de quemador, que está conectada con la entrada para el gas inflamable, está dispuesta en la zona de combustión, y
- (b) es una zona de enfriamiento,
- 15 • una unidad frontal fija que comprende al menos un montaje para la cámara de reacción cilíndrica rotatoria, una entrada para una corriente de un gas inflamable que está conectada con la boquilla del quemador dispuesta en la zona (a), y opcionalmente una entrada para un gas no inflamable,
- una unidad posterior fija que comprende al menos un montaje para la cámara de reacción cilíndrica rotatoria, una salida para las partículas de vidrio esféricas huecas y una salida para gas residual, y
- medios para rotar la cámara de reacción cilíndrica rotatoria alrededor de su eje longitudinal.
- y la etapa (II) se lleva a cabo de la siguiente manera al:
- 20 (II-0') rotar la cámara de reacción cilíndrica rotatoria alrededor de su eje longitudinal,
- (II-1') introducir una corriente de gas inflamable a través de la entrada, transferirlo a las boquillas de quemador y encender al menos una llama viva,
- (II-2') opcionalmente introducir una corriente de un gas no inflamable a través de la entrada y transferirla a través de la cámara de reacción a la salida,
- 25 (II-3') agregar las partículas precursoras al dispositivo de calentamiento y ponerlas en contacto con las llamas vivas en la zona de combustión (a) al
- agregar las partículas precursoras a la corriente del gas inflamable, y/o
 - agregar las partículas precursoras a la corriente del gas no inflamable,
- obtener de este modo partículas de vidrio esféricas huecas en una corriente de gas residual,
- 30 (II-4') enfriar las partículas de vidrio esféricas huecas en la corriente de gas residual al pasarlas a través de la zona de enfriamiento (b) por medio del movimiento de rotación o, y
- (II-5') eliminar las partículas de vidrio esféricas huecas a través de la salida para partículas de vidrio esféricas huecas de la unidad trasera fija y/o al separar las partículas de vidrio esféricas huecas del flujo de gas residual que sale a través de la salida de gas residual.
- 35 La Figura 8 representa esquemáticamente una forma de realización específica de dicho dispositivo de calentamiento. El dispositivo de calentamiento comprende una parte delantera fija (30) y una parte trasera fija (31). Una cámara de reacción rotatoria cilíndrica (29) que está montada de manera rotatoria en sus extremos en la unidad delantera (30) y en la unidad trasera (31). El diámetro interno de la cámara de reacción cilíndrica puede ser por ejemplo de 0.1 a 3 m, por ejemplo, de 1 a 3 m sin querer limitar esta invención por dichos números.
- 40 La cámara de reacción rotatoria comprende una zona de combustión (a) que se calienta mediante al menos una llama viva (3), preferentemente una pluralidad de llamas y una zona de enfriamiento (b). Los detalles ya se han descrito anteriormente y se hace referencia a las secciones correspondientes anteriores. Las paredes internas de la cámara de reacción en la zona de combustión (a) están preferentemente protegidas por un material refractario para soportar las altas temperaturas. Los materiales refractarios adecuados ya se han mencionado anteriormente.
- 45 La unidad frontal fija (30) que comprende al menos un montaje (32) para montar la cámara de reacción cilíndrica de manera rotatoria y una entrada para un gas inflamable (4), que está conectada con una boquilla de quemador (3) o preferentemente una pluralidad de boquillas de quemador dispuestas en la zona (a). Por lo tanto, las boquillas de quemador (3) no están conectadas con la cámara de reacción rotatoria sino que se extienden desde la unidad frontal

fija hacia la zona (a). Como se detalló anteriormente, las boquillas de quemador pueden ser boquillas de un componente o de dos componentes. La unidad frontal fija (30) puede comprender opcionalmente una entrada para un gas no inflamable.

La unidad posterior fija comprende además al menos un montaje (32) para la cámara de reacción cilíndrica rotatoria, y además una salida para las partículas de vidrio esféricas huecas (34) y una salida para al menos el gas residual (35), pero además, al menos una parte de las partículas de vidrio esféricas huecas se puede extraer de la unidad de calentamiento a través de la salida (35). La salida (34) se encuentra preferentemente en la parte inferior de la unidad posterior fija, de manera que las partículas de vidrio esféricas huecas se puedan extraer mediante la gravedad. La salida (35) puede estar conectada opcionalmente con una unidad para separar las partículas de vidrio esféricas huecas de la corriente de gas residual, por ejemplo un filtro o un ciclón como los descritos anteriormente.

La unidad de calentamiento comprende además medios (33) para rotar la cámara de reacción cilíndrica rotatoria alrededor de su eje longitudinal.

La Figura 9 muestra de forma esquemática otra forma de realización de una unidad de calentamiento que comprende una cámara de reacción rotatoria. En esta forma de realización, la pared interna de la zona de combustión (a) está protegida por una capa de un material refractario (36) y además comprende entradas de aire (37) para enfriar las paredes de la zona de enfriamiento (b).

La cámara de reacción cilíndrica rotatoria se dispone en posición horizontal o inclinada hacia su extremo posterior. En caso de que la cámara de reacción esté inclinada, el ángulo de inclinación de la cámara de reacción cilíndrica rotatoria puede ser de más de 0° a 20°, preferentemente de más de 0° a 10°. El transporte de las partículas de vidrio esféricas huecas puede verse afectado por la rotación de la cámara de reacción cilíndrica sola, especialmente en relación con la inclinación de la cámara de reacción. En otras formas de realización, la cámara de reacción cilíndrica rotatoria comprende instalaciones en su interior para soportar el transporte del material, tal como por ejemplo, un husillo. Por supuesto, también la corriente de gas residual y, opcionalmente, una corriente de gas no inflamable adicional pueden soportar el transporte de los productos a través de la cámara de reacción rotatoria.

Las Figuras 10 y 11 muestran esquemáticamente una forma de realización, en la que la unidad frontal fija de la unidad de calentamiento comprende adicionalmente una entrada (5) para un gas no inflamable. En la Figura 10, las partículas precursoras se agregan a la corriente del gas inflamable y en la Figura 11, las partículas precursoras se agregan al gas no inflamable.

La etapa (II) de la presente forma de realización de utilizar una unidad de calentamiento que comprende una cámara de reacción rotatoria comprende al menos 5 subetapas (II-0'), (II-1'), (II-3'), (II-4') y (II-5'). Opcionalmente, el procedimiento puede comprender adicionalmente la etapa (II-2').

En el transcurso de la etapa (II-0'), la cámara de reacción cilíndrica rotatoria se rota alrededor de su eje longitudinal. La persona del oficio de nivel medio puede seleccionar la velocidad de rotación y puede ser, por ejemplo, de 0.5 a 10 revoluciones por minuto (rpm).

En el transcurso de la etapa (II-1'), se introduce una corriente de gas inflamable a través de la entrada (4), se transfiere a través de un tubo a las boquillas de quemador (3) que se encuentran en la zona de combustión (a) y se enciende una llama (2).

En el transcurso de la etapa (II-3'), las partículas precursoras se agregan al dispositivo de calentamiento y se ponen en contacto con las llamas vivas en la zona de combustión (a), y de este modo se obtiene una corriente de partículas de vidrio esféricas huecas, gas residual generado por la combustión del gas inflamable y el gas no inflamable.

En una primera forma de realización de la etapa (II-3'), las partículas precursoras se agregan a la corriente del gas inflamable. Se han mencionado con anterioridad los detalles sobre la adición de las partículas precursoras a la corriente del gas inflamable. Se han descrito con anterioridad los métodos de adición de sólidos a una corriente de gas. Por ejemplo, se puede utilizar una cámara de mezcla como se describió anteriormente. Tal forma de realización se muestra esquemáticamente en las Figuras 8, 9 y 10. En una forma de realización, que se muestra esquemáticamente en la Figura 10, se introduce una corriente adicional de gas no inflamable a través de la entrada (5). Como se indicó con anterioridad, tal gas no inflamable puede ayudar a evitar la retromezcla y a soportar el transporte de las partículas de vidrio esféricas huecas hacia la salida.

En una segunda forma de realización de la etapa (II-3'), la unidad frontal fija comprende además una entrada (5) para un gas no inflamable, como se indica en la Figura 11, y el procedimiento comprende una etapa (II-2'), en la que una corriente de un gas no inflamable se introduce en el dispositivo de calentamiento a través de dicha entrada (5) y se transfiere a través de la cámara de reacción rotatoria (29) a la salida (35). Las partículas precursoras se agregan a la corriente de gas no inflamable. Por tanto, en esta forma de realización, el gas no inflamable actúa como gas portador. En el transcurso de la etapa (II-4'), la corriente de partículas de vidrio esféricas huecas, el gas residual y, opcionalmente, el gas no inflamable, pasan a través de la zona de enfriamiento (b), lo que permite enfriar las partículas de vidrio esféricas huecas. Como se detalló anteriormente, en la zona de enfriamiento (b), las partículas de vidrio esféricas huecas formadas en la zona de combustión (a) se dejan enfriar a al menos una temperatura a la que se

solidifica la pared de las partículas de vidrio esféricas huecas. En una forma de realización de la invención, el enfriamiento se apoya en la entrada de un gas no inflamable, tal como aire o nitrógeno, preferentemente que tiene la temperatura ambiente, en la zona de enfriamiento. En esta forma de realización, la cámara de reacción comprende medios adecuados, tal como, por ejemplo, tubos de entrada, que permiten introducir un gas refrigerante en la zona de refrigeración (b). Preferentemente, los tubos de entrada pueden estar dispuestos de manera que una corriente de gas inyectado fluye esencialmente paralela a la pared. Tal disposición ayuda a evitar que las partículas de vidrio esféricas huecas formadas se adhieran a las paredes.

En el transcurso de la etapa (II-5') las partículas de vidrio esféricas huecas se extraen del dispositivo de calentamiento a través de la salida (34) de la unidad posterior fija y/o las partículas de vidrio esféricas huecas se separan del flujo de gas residual u opcionalmente de la corriente de gas residual y gas no inflamable inyectado adicionalmente que sale por la salida (35). Como se indicó anteriormente, para tal separación se puede utilizar, por ejemplo, una unidad de filtro o un ciclón.

Dispositivos para llevar a cabo el procedimiento

En otra forma de realización, la presente invención se refiere a un dispositivo de calentamiento para el tratamiento térmico de partículas precursoras que comprenden SiO_2 , Al_2O_3 , y un óxido de metal alcalino a una temperatura de 1000 a 1800 °C lo que permite obtener partículas de vidrio esféricas huecas, que comprenden al menos

- una cámara de reacción longitudinal que comprende al menos dos zonas diferentes (a) y (b), en donde

(a) es una zona de combustión capaz de calentarse mediante al menos una llama viva, en donde al menos una boquilla de quemador, que está conectada con una entrada para el gas inflamable, está dispuesta en la zona de combustión,

(b) es una zona de enfriamiento, y

- una entrada para el gas inflamable,

- una entrada para introducir un gas no inflamable en la zona de combustión (a),

medios para agregar partículas precursoras que comprenden SiO_2 , Al_2O_3 y un óxido de metal alcalino al gas inflamable y/o al gas no inflamable, en donde las partículas precursoras se dispersan en el gas inflamable que alimenta la(s) llama(s) en el dispositivo de calentamiento y/o las partículas precursoras se dispersan en un gas no inflamable que se añade al dispositivo de calentamiento en una posición aguas arriba de la(s) llama(s).

- una salida para extraer las partículas de vidrio esféricas huecas, gas no inflamable y desechos de la zona de enfriamiento (b).

Los detalles de tal dispositivo de calentamiento, que incluye formas de realización preferidas, se han divulgado anteriormente y se hace referencia a los pasajes respectivos de la memoria descriptiva anterior.

En aún otra forma de realización, la presente invención se refiere a un dispositivo de calentamiento para el tratamiento térmico de partículas precursoras que comprenden SiO_2 , Al_2O_3 , y un óxido de metal alcalino a una temperatura de 1000 a 1800 °C lo que permite obtener partículas de vidrio esféricas huecas, que comprenden al menos

- una entrada para un gas inflamable,

- opcionalmente una entrada para un gas no inflamable,

una cámara de reacción cilíndrica rotatoria que está montada de forma rotatoria en sus extremos en una unidad frontal fija y en una unidad posterior fija, en donde la cámara de reacción cilíndrica rotatoria está dispuesta horizontalmente o inclinada hacia su extremo posterior, y en donde la cámara de reacción cilíndrica rotatoria comprende al menos dos zonas diferentes (a) y (b), en donde

(a) es una zona de combustión capaz de calentarse mediante al menos una llama viva, en donde al menos una boquilla de quemador, que está conectada con la entrada para el gas inflamable, está dispuesta en la zona de combustión, y

(b) es una zona de enfriamiento,

- una unidad frontal fija que comprende al menos un montaje para la cámara de reacción cilíndrica rotatoria, una entrada para una corriente de un gas inflamable que está conectada con la boquilla del quemador dispuesta en la zona (a), y opcionalmente una entrada para un gas no inflamable,

- una unidad posterior fija que comprende al menos un montaje para la cámara de reacción cilíndrica rotatoria, una salida para las partículas de vidrio esféricas huecas y una salida para gas residual, y

- un accionamiento para rotar la cámara de reacción cilíndrica rotatoria alrededor de su eje longitudinal.

Los detalles de tal dispositivo de calentamiento, que incluye formas de realización preferidas, se han divulgado anteriormente y se hace referencia a los pasajes respectivos de la memoria descriptiva anterior.

Utilización de las partículas de vidrio esféricas huecas

- 5 La invención se refiere además al uso de partículas de vidrio esféricas huecas que comprenden al menos SiO_2 , Al_2O_3 y un óxido de metal alcalino como agente de relleno para productos de alta temperatura, metal fundido, materiales sintéticos moldeados por inyección, espumas aislantes ignífugas, lechadas de cemento, morteros, hormigones y aplicaciones en campos petrolíferos, en donde las partículas de vidrio esféricas huecas se fabrican mediante un procedimiento como el descrito anteriormente.
- 10 En aún otra forma de realización, la invención se refiere al uso de partículas de vidrio esféricas huecas que comprenden al menos SiO_2 , Al_2O_3 y un óxido de metal alcalino como aditivo para metales fundidos que tienen un punto de fusión de al menos 500°C , en donde las partículas de vidrio esféricas huecas se fabrican mediante un procedimiento como se describió anteriormente.

- 15 Los detalles de partículas de vidrio esféricas huecas que incluyen formas de realización preferidas y detalles del procedimiento que incluye formas de realización preferidas se han divulgado anteriormente y se hace referencia a los pasajes respectivos de la memoria descriptiva anterior.

- 20 Preferentemente, las partículas de vidrio esféricas huecas a usar como se describió anteriormente comprende al menos 30 % en peso de SiO_2 , al menos 25 % en peso de Al_2O_3 y al menos 18 % en peso de un óxido del metal alcalino, preferentemente Na_2O , en cada caso en función del peso total de las partículas de vidrio esféricas huecas y están libres de boro. Además, preferentemente, el diámetro promedio de las partículas de vidrio esféricas huecas a utilizar como se describió anteriormente es de $20\text{ }\mu\text{m}$ a $200\text{ }\mu\text{m}$.

En el procedimiento de fabricación de dichas partículas a utilizar, como se describió anteriormente, se utiliza preferentemente una composición de inicio que comprende al menos una zeolita, una arcilla y un carbonato de metal alcalino, y la temperatura del tratamiento térmico es de 1300°C a 1600°C .

Ventajas de la presente invención

- 25 El procedimiento descrito de acuerdo con la presente invención de tratar térmicamente las partículas precursoras mediante el contacto con al menos una llama viva para obtener partículas de vidrio esféricas huecas tiene ventajas sobre el estado de la técnica anterior.
- 30 Debido a que el dispositivo de calentamiento se calienta internamente con llamas vivas y el tratamiento térmico se lleva a cabo mediante el contacto de las partículas precursoras con las llamas vivas, no existe problema de transferencia de calor hacia el dispositivo de calentamiento y, por lo tanto, ventajosamente, el diámetro interno del dispositivo de calentamiento cilíndrico se puede hacer muy grande. Puede ser, por ejemplo, de 0.1 a 3 m, por ejemplo, de 1 a 3 m sin querer limitar esta invención por dichos números. Al permitir un diámetro tan grande se facilita considerablemente la construcción de plantas de producción que tienen una gran capacidad. El aumento de escala de los laboratorios o de las plantas piloto de producción se facilita simplemente al ampliar el número de boquillas del quemador y el diámetro de la cámara de reacción.
- 35

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la preparación de partículas de vidrio esféricas huecas que comprenden al menos SiO_2 , Al_2O_3 y un óxido de metal alcalino, que comprende al menos las etapas de
 - (I) preparar partículas precursoras mediante un procedimiento que comprende al menos las siguientes subetapas
 - (I-1) proporcionar una composición de inicio que comprende partículas de al menos un compuesto de partida para formar un vidrio que comprende al menos SiO_2 , Al_2O_3 y un óxido de metal alcalino,
 - (I-2) mezclar la composición de inicio con un líquido, con lo que se obtiene una suspensión, y
 - (I-3) secar por pulverización la suspensión obtenida, con lo que se obtienen las partículas precursoras, y
 - (II) tratar térmicamente las partículas precursoras a una temperatura de 1000 °C a 1800 °C al pasar las partículas precursoras a través de un dispositivo de calentamiento, por lo que se obtienen partículas de vidrio esféricas huecas, en donde al menos una llama viva alimentada por un gas inflamable arde en el interior del dispositivo de calentamiento y el tratamiento térmico se lleva a cabo poniendo en contacto las partículas precursoras con la(s) llama(s) viva(s), en donde las partículas precursoras se dispersan en el gas inflamable que alimenta la(s) llama(s) en el dispositivo de calentamiento y/o las partículas precursoras se dispersan en un gas no inflamable que se añade al dispositivo de calentamiento en una posición aguas arriba de la(s) llama(s).
2. El procedimiento según la reivindicación 1, en donde el dispositivo de calentamiento tiene una cámara de reacción longitudinal.
3. El procedimiento según la reivindicación 2, en donde la cámara de reacción es cilíndrica.
4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde las partículas de vidrio esféricas huecas obtenidas se enfrían después de estar en contacto con la(s) llama(s) viva(s) en al menos una zona de enfriamiento mediante al menos un método seleccionado entre
 - introducir un gas en la cámara de reacción, y
 - enfriar las paredes de la cámara de reacción.
5. El procedimiento según la reivindicación 1, en donde el dispositivo de calentamiento usado para la etapa (II) comprende al menos
 - una entrada para un gas inflamable,
 - una entrada para un gas no inflamable,
 - una cámara de reacción longitudinal que comprende al menos dos zonas diferentes (a) y (b), en donde
 - (a) es una zona de combustión capaz de calentarse mediante al menos una llama viva, en donde al menos una boquilla de quemador que está conectada con la entrada del gas inflamable está dispuesta en la zona de combustión,
 - (b) es una zona de enfriamiento, y
 - una salida para las partículas de vidrio esféricas huecas, gas no inflamable y desechos,y la etapa (II) se lleva a cabo de la siguiente manera al:
 - (II-1) introducir una corriente de gas inflamable a través de la entrada, transferirlo a las boquillas de quemador y encender al menos una llama viva,
 - (II-2) introducir una corriente del gas no inflamable a través de la entrada a la zona de combustión (a) y transferirla a través de la zona de enfriamiento (b) a la salida,
 - (II-3) agregar las partículas precursoras al dispositivo de calentamiento y ponerlas en contacto con la(s) llama(s) viva(s) en la zona de combustión (a) a través de al menos un método seleccionado de
 - agregar las partículas precursoras a la corriente del gas inflamable, y/o
 - agregar las partículas precursoras a la corriente del gas no inflamable,

obtener de este modo una corriente de partículas de vidrio esféricas huecas, gas residual generado por la combustión del gas inflamable y el gas no inflamable,

(II-4) enfriar la corriente formada de partículas de vidrio esféricas huecas, gas residual y gas no inflamable al pasarlas a través de la zona de enfriamiento (b), y

5 (II-5) separar las partículas de vidrio esféricas huecas del gas residual y el gas no inflamable.

6. El procedimiento según la reivindicación 5, en donde la cámara de reacción comprende al menos dos zonas de enfriamiento y el enfriamiento se realiza en al menos dos etapas.

7. El procedimiento según la reivindicación 1, en donde el dispositivo de calentamiento usado para la etapa (II) comprende al menos

- 10 • una entrada para un gas inflamable,
- opcionalmente una entrada para un gas no inflamable,
- una cámara de reacción cilíndrica rotatoria que está montada de forma rotatoria en sus extremos en una unidad frontal fija y en una unidad posterior fija, en donde la cámara de reacción cilíndrica rotatoria está dispuesta horizontalmente o inclinada hacia su extremo posterior, y en donde la cámara de reacción cilíndrica rotatoria
- 15 comprende al menos dos zonas diferentes (a) y (b), en donde

(a) es una zona de combustión capaz de calentarse mediante al menos una llama viva, en donde al menos una boquilla de quemador, que está conectada con la entrada para el gas inflamable, está dispuesta en la zona de combustión, y

(b) es una zona de enfriamiento,

- 20 • una unidad frontal fija que comprende al menos un montaje para la cámara de reacción cilíndrica rotatoria, una entrada para una corriente de un gas inflamable que está conectada con la boquilla del quemador dispuesta en la zona (a), y opcionalmente una entrada para un gas no inflamable,
- una unidad posterior fija que comprende al menos un montaje para la cámara de reacción cilíndrica rotatoria, una salida para las partículas de vidrio esféricas huecas y una salida para gas residual, y

- 25 • un accionamiento para rotar la cámara de reacción cilíndrica rotatoria alrededor de su eje longitudinal.

y la etapa (II) se lleva a cabo de la siguiente manera al:

(II-0') rotar la cámara de reacción cilíndrica rotatoria alrededor de su eje longitudinal,

(II-1') introducir una corriente de gas inflamable a través de la entrada, transferirlo a la(s) boquilla(s) del quemador y encender al menos una llama viva,

- 30 (II-2') opcionalmente, introducir una corriente de un gas no inflamable a través de la entrada a la zona de combustión (a) y transferirla a través de la zona de enfriamiento (b) a la salida,

(II-3') agregar las partículas precursoras al dispositivo de calentamiento y ponerlas en contacto con la(s) llama(s) viva(s) en la zona de combustión (a) al

- agregar las partículas precursoras a la corriente del gas inflamable, y/o

- 35 • agregar las partículas precursoras a la corriente del gas no inflamable,

obtener de este modo partículas de vidrio esféricas huecas en una corriente de gas residual,

(II-4') enfriar las partículas de vidrio esféricas huecas en la corriente de gas residual al pasarlas a través de la zona de enfriamiento (b) por medio del movimiento de rotación o, y

- 40 (II-5') eliminar las partículas de vidrio esféricas huecas a través de la salida para partículas de vidrio esféricas huecas de la unidad trasera fija y/o al separar las partículas de vidrio esféricas huecas del flujo de gas residual que sale a través de la salida de gas residual.

8. El procedimiento según la reivindicación 7, en donde la zona de combustión (a) comprende una pluralidad de boquillas para gas inflamable.

- 45 9. El procedimiento según la reivindicación 8, en donde la pluralidad de boquillas se dispone de manera tal que las llamas estén presentes en toda la sección transversal de la zona de combustión (a).

10. El dispositivo de calentamiento para el tratamiento térmico de partículas precursoras que comprenden SiO_2 , Al_2O_3 , y un óxido de metal alcalino a una temperatura de 1000 a 1800 °C lo que permite obtener partículas de vidrio esféricas huecas, que comprenden al menos
- una cámara de reacción longitudinal que comprende al menos dos zonas diferentes (a) y (b), en donde
- 5 (a) es una zona de combustión capaz de calentarse mediante al menos una llama viva, en donde al menos una boquilla de quemador, que está conectada con una entrada para el gas inflamable, está dispuesta en la zona de combustión,
- (b) es una zona de enfriamiento, y
- una entrada para el gas inflamable,
- 10 • una entrada para introducir un gas no inflamable en la zona de combustión (a),
- medios para agregar partículas precursoras que comprenden SiO_2 , Al_2O_3 y un óxido de metal alcalino al gas inflamable y/o al gas no inflamable, en donde las partículas precursoras se dispersan en el gas inflamable que alimenta la(s) llama(s) en el dispositivo de calentamiento y/o las partículas precursoras se dispersan en un gas no inflamable que se añade al dispositivo de calentamiento en una posición aguas arriba de la(s) llama(s).
- 15 • una salida para extraer las partículas de vidrio esféricas huecas, gas no inflamable y desechos de la zona de enfriamiento (b).
11. El dispositivo de calentamiento según la reivindicación 10, en donde las paredes de la zona de enfriamiento (b) son de doble pared y comprenden al menos una entrada y una salida para un gas de enfriamiento.
12. Dispositivo de calentamiento para tratar térmicamente partículas precursoras que comprenden SiO_2 , Al_2O_3 , y un óxido de metal alcalino a una temperatura de 1000 a 1800 °C lo que permite obtener partículas de vidrio esféricas huecas, que comprenden al menos
- 20 • una entrada para un gas inflamable,
- opcionalmente una entrada para un gas no inflamable,
- 25 • una cámara de reacción cilíndrica rotatoria que está montada de forma rotatoria en sus extremos en una unidad frontal fija y en una unidad posterior fija, en donde la cámara de reacción cilíndrica rotatoria está dispuesta horizontalmente o inclinada hacia su extremo posterior, y en donde la cámara de reacción cilíndrica rotatoria comprende al menos dos zonas diferentes (a) y (b), en donde
- (a) es una zona de combustión capaz de calentarse mediante al menos una llama viva, en donde al menos una boquilla de quemador, que está conectada con la entrada para el gas inflamable, está dispuesta en la zona de combustión, y
- 30 (b) es una zona de enfriamiento,
- una unidad frontal fija que comprende al menos un montaje para la cámara de reacción cilíndrica rotatoria, una entrada para una corriente de un gas inflamable que está conectada con la boquilla del quemador dispuesta en la zona (a), y opcionalmente una entrada para un gas no inflamable,
- 35 • una unidad posterior fija que comprende al menos un montaje para la cámara de reacción cilíndrica rotatoria, una salida para las partículas de vidrio esféricas huecas y una salida para gas residual, y
- un accionamiento para rotar la cámara de reacción cilíndrica rotatoria alrededor de su eje longitudinal.
13. El dispositivo de calentamiento según la reivindicación 12, en donde la zona de combustión (a) comprende una pluralidad de boquillas para gas inflamable.
- 40 14. El dispositivo de calentamiento según la reivindicación 13, en donde la pluralidad de boquillas se dispone de manera tal que las llamas estén presentes en toda la sección transversal de la zona de combustión (a).

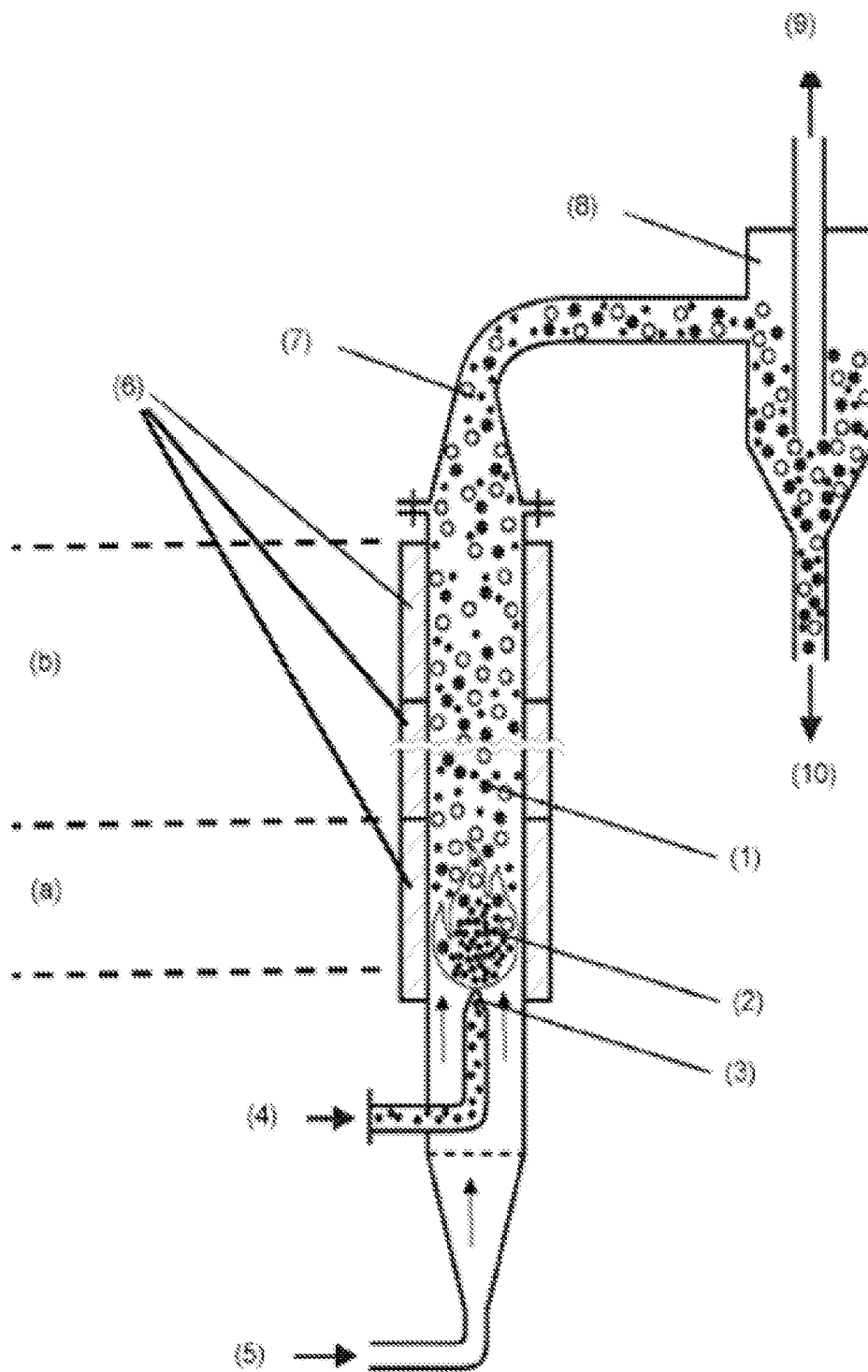


Figura 1

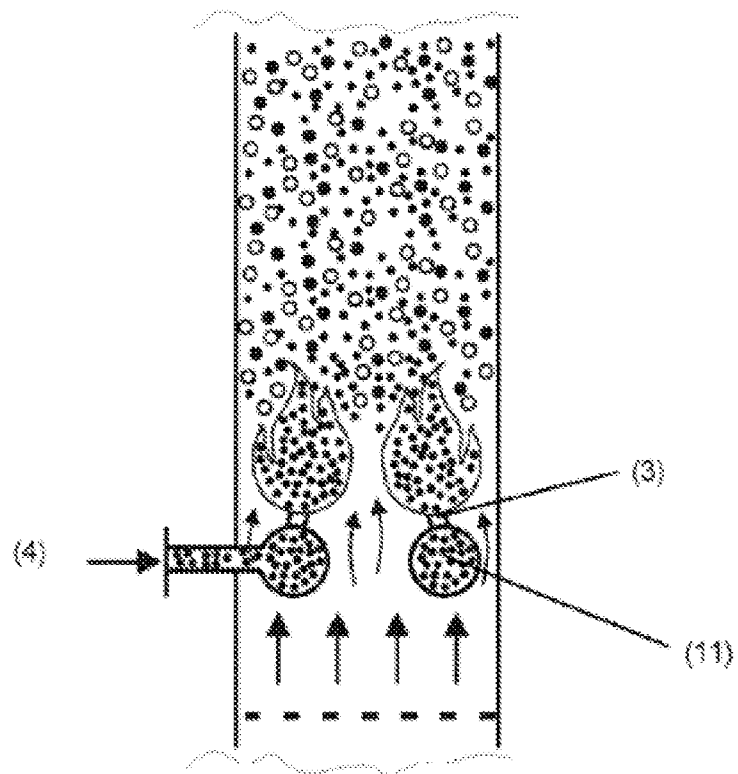


Figura 2

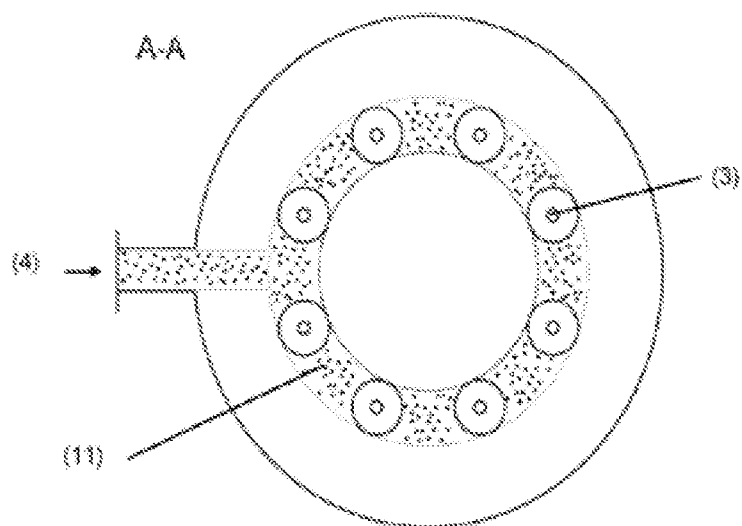


Figura 3

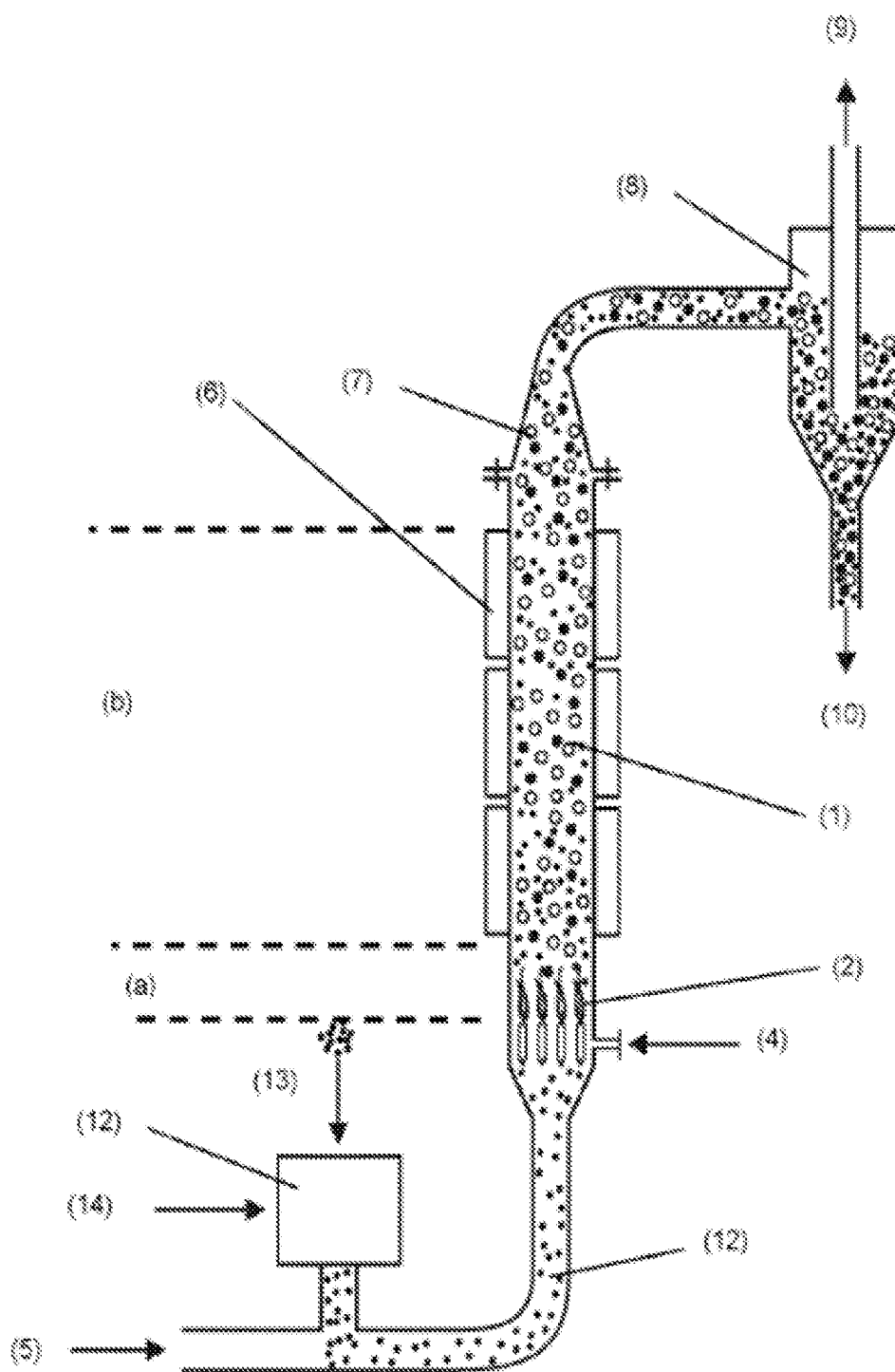


Figura 4

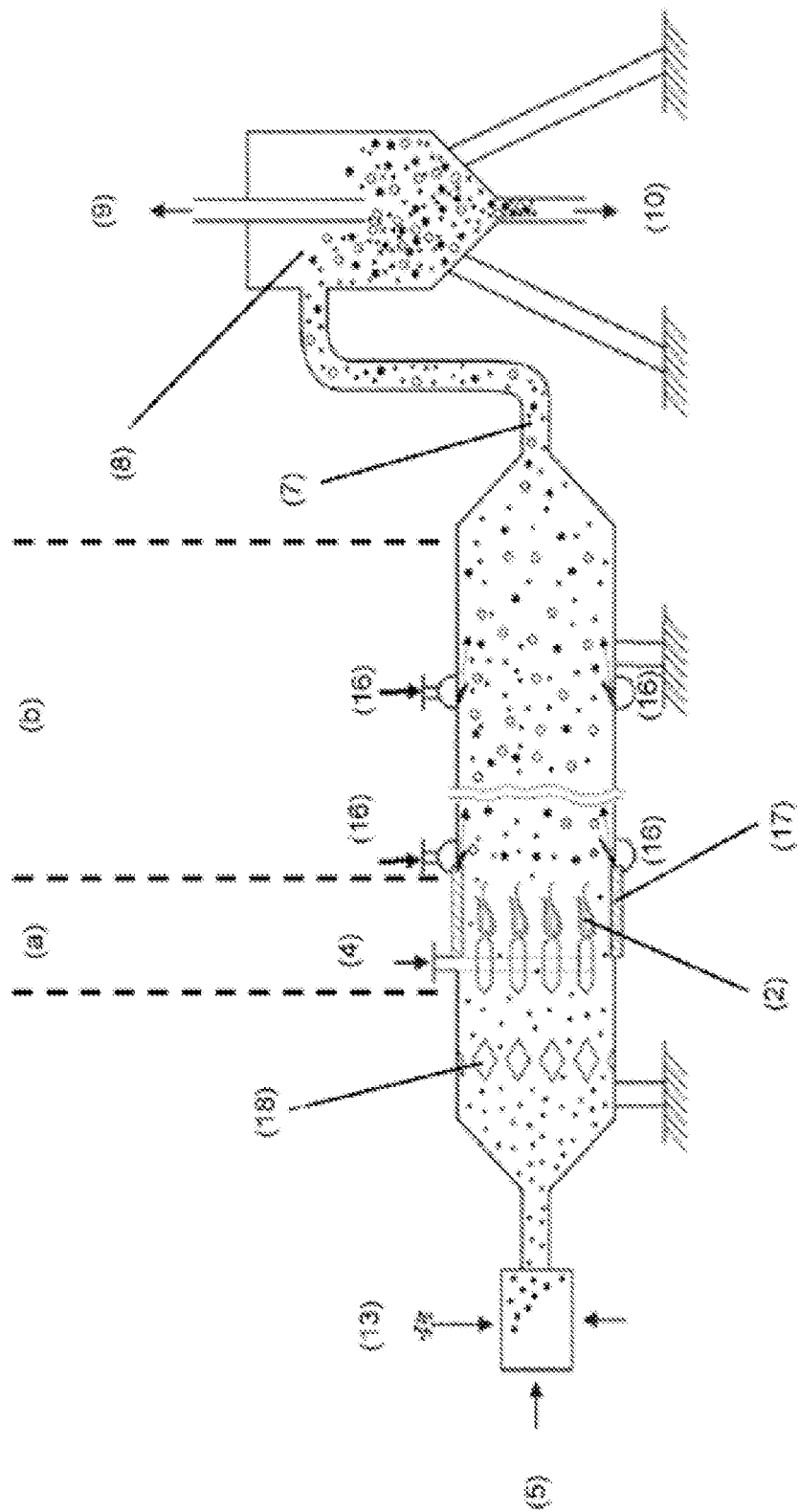


Figura 5

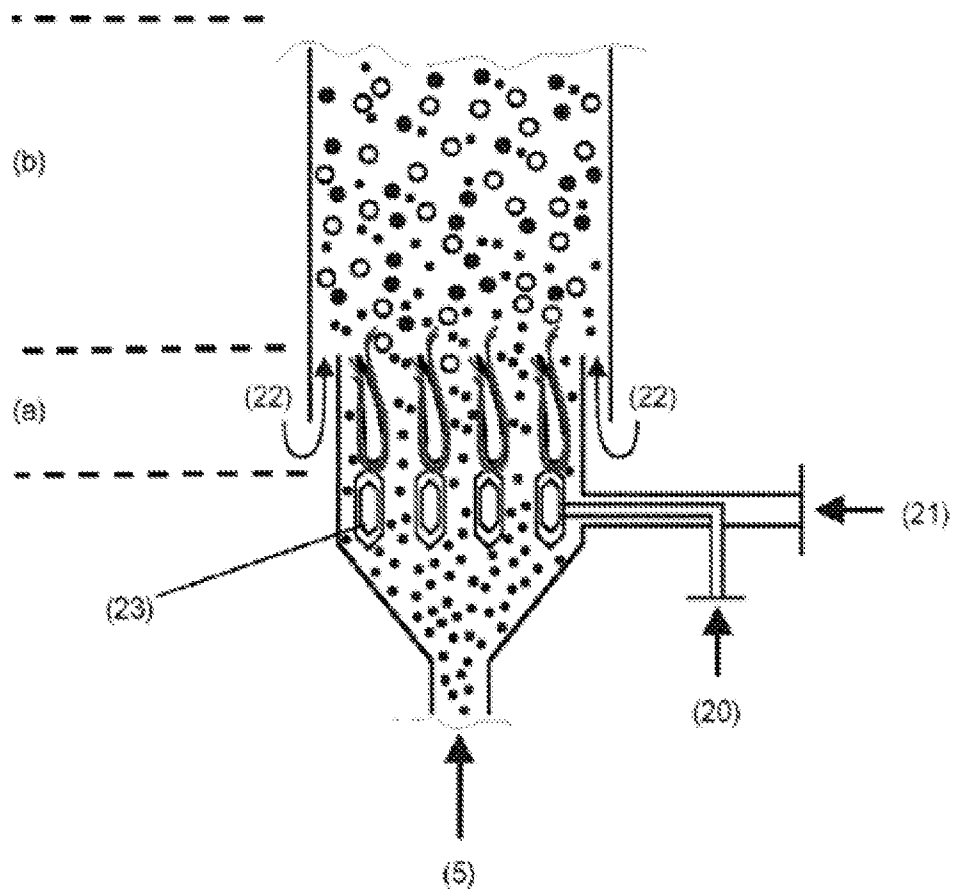


Figura 6

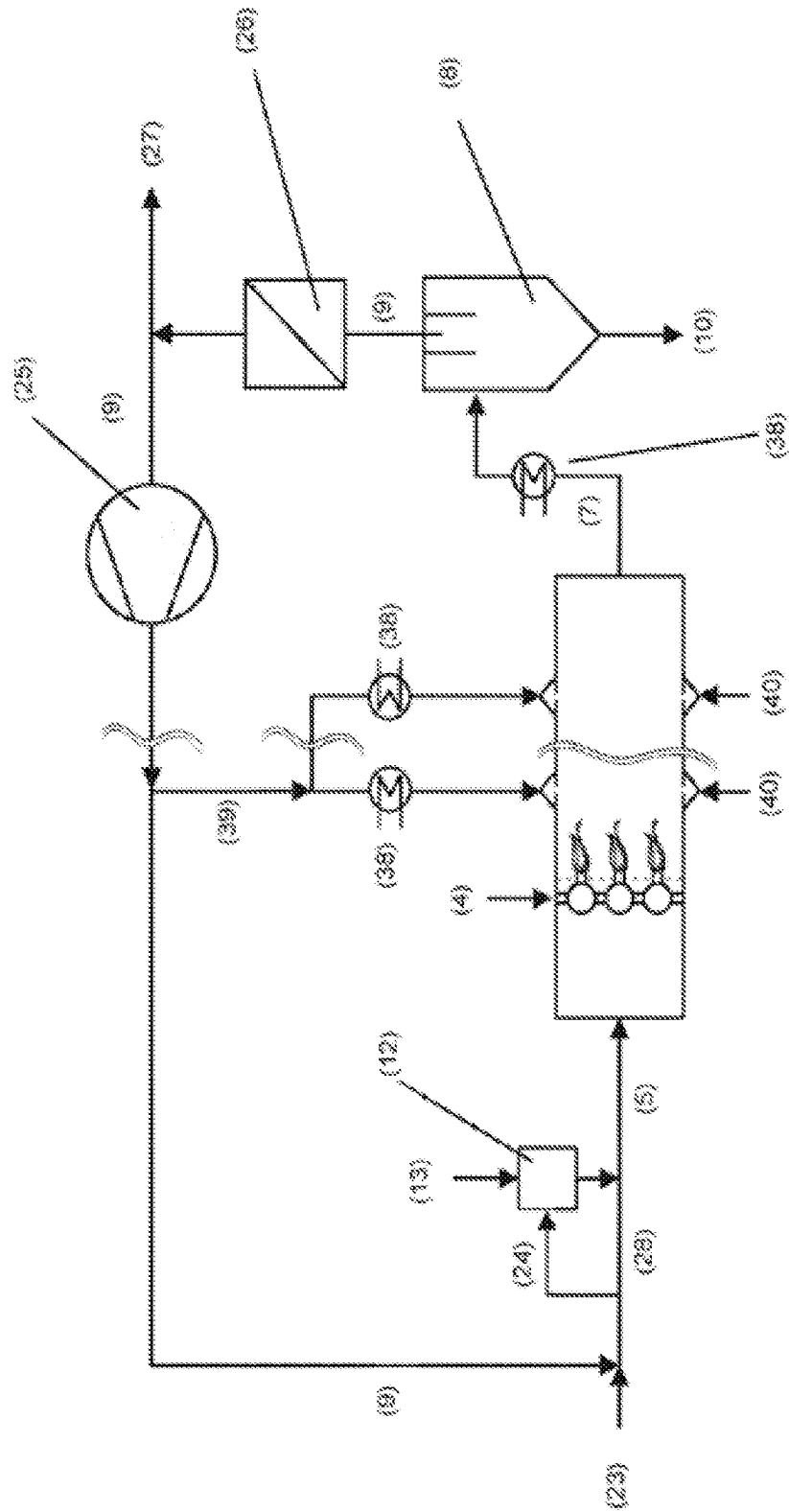


Figura 7

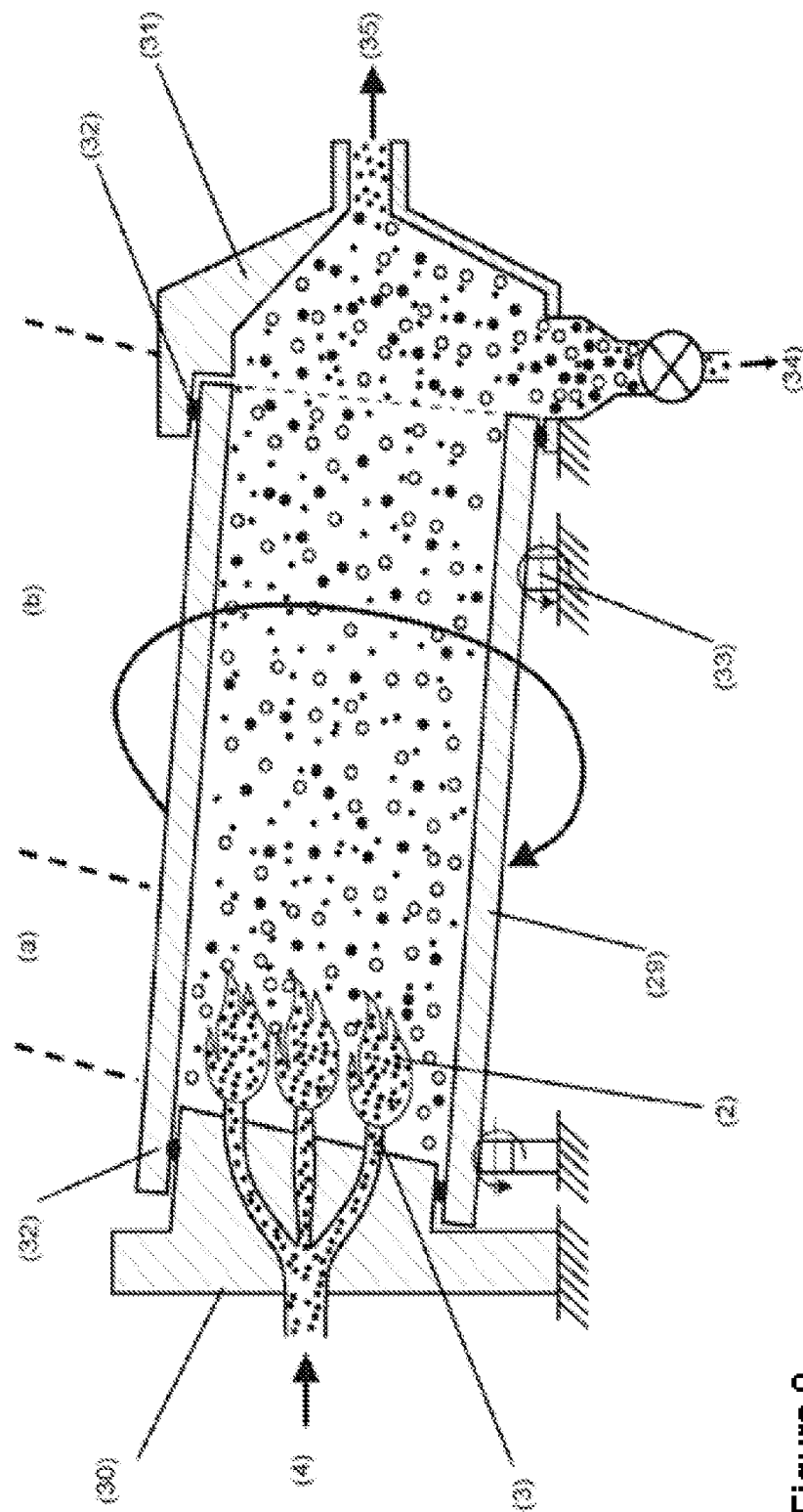


Figura 8

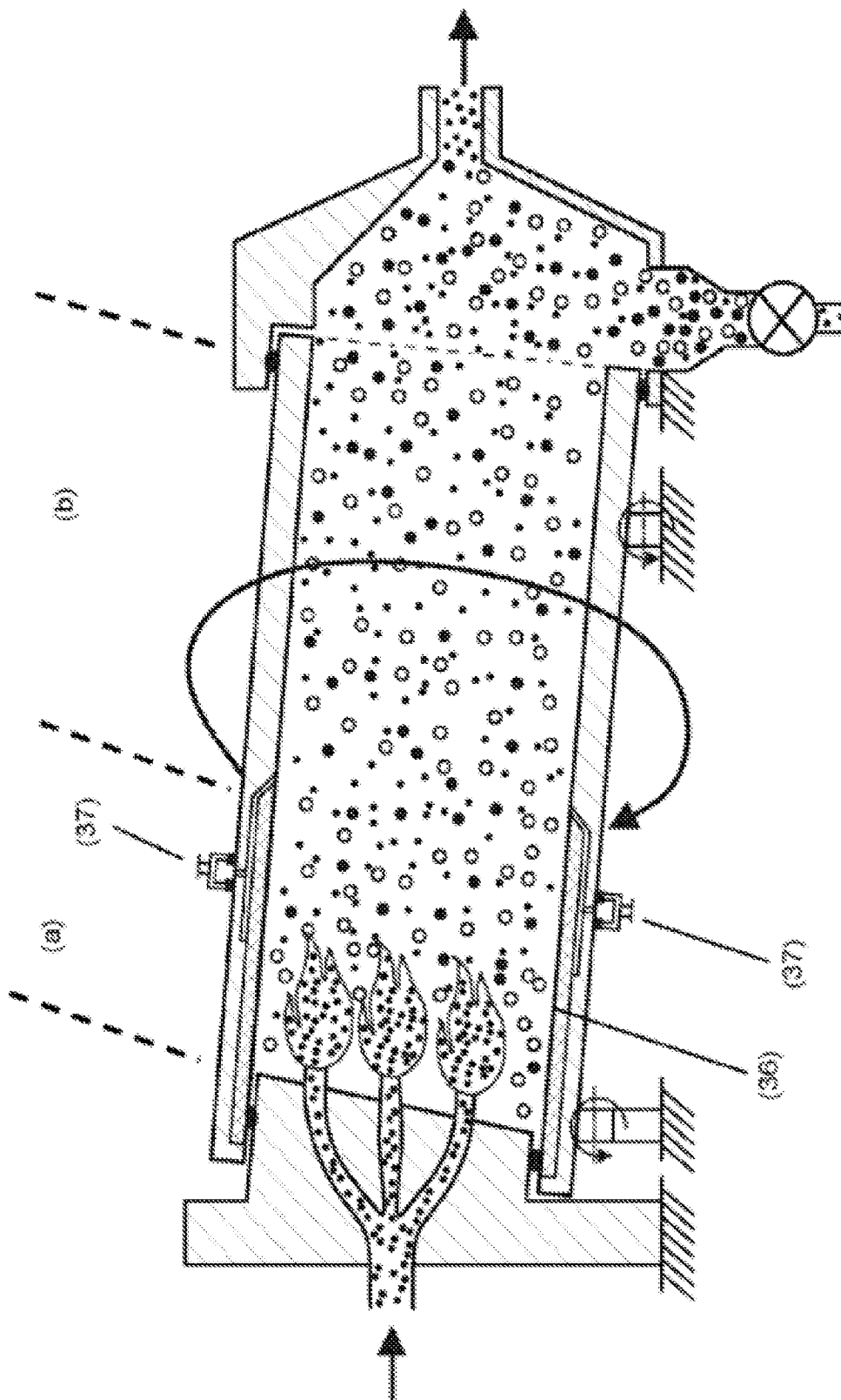


Figura 9

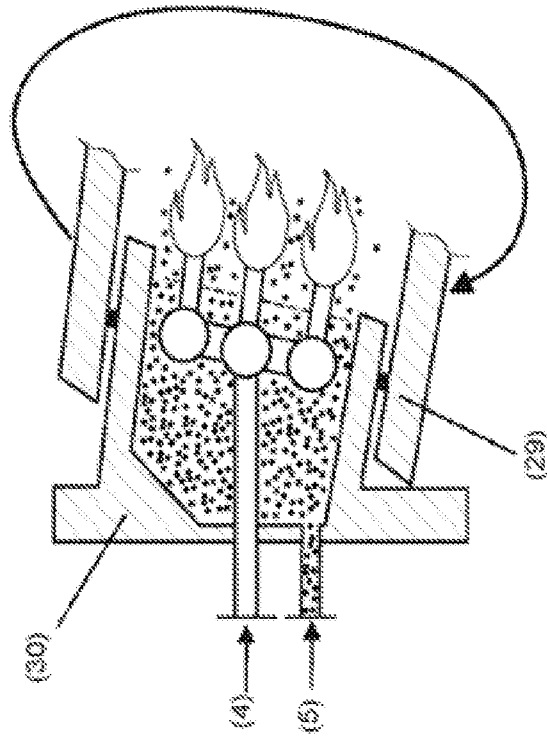


Figura 11

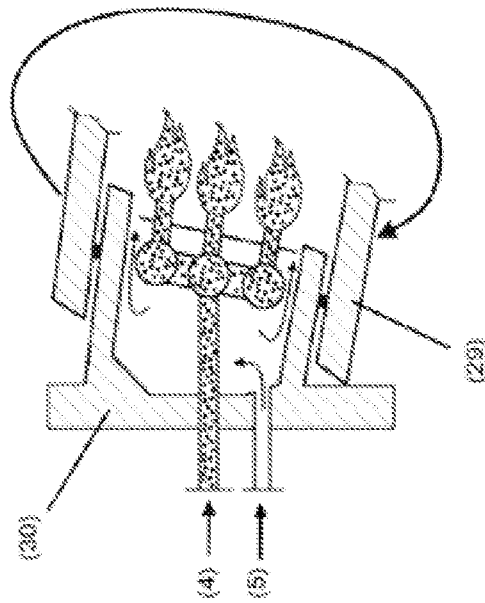


Figura 10