

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 999 292**

51 Int. Cl.:

F26B 23/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2022** **E 22382065 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2024** **EP 4220055**

54 Título: **Secador de combustión por pulsos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.02.2025

73 Titular/es:

**EKONEK INNOVACIÓN EN VALORIZACIÓN
DESUBPRODUCTOS, S.L. (100.00%)
P.O. Box Egiburuberri 21
20100 Errenteria, ES**

72 Inventor/es:

**ALBERDI, MIKEL y
LEKUONA, ARITZ**

74 Agente/Representante:

BALDER IP LAW, S.L.

ES 2 999 292 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

Secador de combustión por pulsos

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un dispositivo para el secado de productos líquidos o pastosos aplicando un flujo de gas pulsado calentado que incide sobre los productos. Particularmente, la invención se refiere a un secador de combustión por pulsos o secador de combustión por pulsos con atomización que comprende un quemador de combustión por pulsos que usa hidrógeno como combustible y oxígeno como agente oxidante para la combustión.

Estado de la técnica

Un secador de combustión por pulsos o un secador de combustión por pulsos con atomización, es un tipo de secador que atomiza líquidos o productos pastosos dentro de una cámara de secado. Para generar la atomización, se utiliza un quemador de combustión por pulsos.

Un quemador de combustión por pulsos tiene una cámara de combustión cilíndrica donde el combustible (generalmente un combustible gaseoso como el gas natural, propano, GLP, etc., o un combustible líquido), se inyecta de manera continua. Por otra parte, el aire se introduce de manera pulsante, esto significa que el aire se introduce a través de una válvula que se abre y se cierra entre 50 y 500 veces por segundo, o a frecuencias más altas. Eso hace que la combustión sea una combustión pulsante u oscilante, a la misma frecuencia. La salida de la cámara de combustión es un tubo de escape estrecho. Los gases de combustión, el calor de combustión y una serie de pulsos de entre 50 y 500 veces por segundo o más, salen de la cámara de combustión a través del tubo de escape. Cuando la frecuencia de los pulsos es más o menos igual a la resonancia natural de la cámara de combustión y/o el tubo de escape, la combustión alcanza la resonancia y los pulsos obtienen una mayor amplitud u oscilación de presión. Los quemadores de combustión por pulsos se describen ampliamente en la técnica anterior. En algunas configuraciones, los quemadores de combustión por pulsos funcionan sin válvulas, y la pulsación de la combustión puede aspirar el aire sin necesidad de válvulas. Los combustibles conocidos utilizados en secadores de combustión por pulsos son gases combustibles tales como gas natural, metano o hidrógeno, y combustibles líquidos tales como alcohol.

El extremo del tubo de escape está conectado a una cámara de secado, en este punto, se introduce un producto líquido o pastoso a través de un inyector adecuado. Los pulsos o las oscilaciones de presión fuertes rompen el líquido o la pasta en miles de pequeñas gotas, y la corriente de gases de combustión calientes acelera esas gotas hasta casi la velocidad del sonido, lo que aumenta drásticamente las tasas de transferencia de calor y masa. Como resultado, se genera una atomización dentro de la cámara de secado que evapora el agua de las gotas en un tiempo extremadamente corto, sin sobrecalefacción del producto, transformando el producto líquido o pastoso que se debe secar en un polvo seco.

El polvo seco, los gases de combustión y la humedad evaporada, dejan la cámara de secado hacia un sistema de separación de polvo, que normalmente es un ciclón y/o un filtro de bolsa. En el extremo, un ventilador de aspiración aspira los gases y los dirige a una chimenea.

En el documento EP1092060B1 se divulga un secador de combustión por pulsos para deshidratar una banda fibrosa en la fabricación de papel utilizando un combustible no especificado.

En el documento US20170314778A1 se divulga un secador de combustión por pulsos que puede usar hidrógeno como combustible, en el que el quemador está diseñado para generar una llama pulsante para generar un flujo de gas caliente pulsante como un quemador con remolino que tiene un difusor como elemento en su salida.

En el documento US20170307211A1 se divulga un secador de combustión por pulsos que puede usar hidrógeno como combustible, en donde un dispositivo de pulsación accionable externamente para al menos una parte del flujo másico dirigido al quemador está dispuesto aguas arriba en la tubería que conduce a la llama.

En el documento US20070251120A1 se divulga un secador de combustión por pulsos que puede usar hidrógeno como combustible que comprende un motor de procesamiento para generar una corriente de aire de alta velocidad y dirigir la corriente de aire de alta velocidad hacia un tubo de aceleración, teniendo la corriente de aire de alta velocidad un volumen, calor y velocidad suficientes para vaporizar sustancialmente toda el agua presente en una corriente de material orgánico; una cámara de trabajo montada en el tubo de aceleración del motor de procesamiento, la corriente de aire de alta velocidad tiene una trayectoria hacia la cámara de trabajo, y la cámara de trabajo termina dentro de un secador de micronización; y una bomba inyectora para inyectar el material orgánico en la cámara de trabajo para que ocurra su interacción con la corriente de aire de alta velocidad.

En el documento EP236152A1 se divulga un secador de combustión por pulsos que puede usar hidrógeno como combustible, que comprende una línea ubicada aguas arriba de la llama conectada a una fuente independiente, dispositivo de pulsación accionado externamente para al menos una parte del flujo másico dirigido al quemador.

Un problema de funcionamiento del quemador de un secador de combustión por pulsos con hidrógeno y oxígeno en condiciones estequiométricas, es que la temperatura de combustión será superior a 1500 °C. Una temperatura de combustión tan alta puede derretir o dañar mucho el quemador. La solución dada a ese problema de acuerdo con la técnica anterior es básicamente hacer circular agua de enfriamiento dentro de las paredes del quemador de combustión por pulsos, por medio de, por ejemplo, una camisa de enfriamiento o bobina de enfriamiento, lo que hace que la construcción del quemador sea compleja y que la operación del secador de combustión por pulsos sea riesgosa en caso de falla del agua de enfriamiento durante el funcionamiento.

10 **Descripción de la invención**

Un primer aspecto de la invención se refiere a un secador de combustión por pulsos en el que se usa hidrógeno como combustible y en donde los gases de escape del secador de combustión por pulsos se usan de manera eficiente para regular la temperatura en el quemador de combustión por pulsos.

15 Un segundo aspecto de la invención se refiere a un secador de combustión por pulsos que usa hidrógeno como combustible, que no requiere que circule agua de enfriamiento dentro de las paredes para bajar la temperatura de combustión por debajo de 1500 °C.

20 Un tercer aspecto de la invención se refiere a un secador de combustión por pulsos que permite recircular una porción del vapor de agua que sale del secador, en la cámara de combustión del quemador de combustión por pulsos para enfriar el quemador de combustión por pulsos.

De acuerdo con la invención, se proporciona un secador de combustión por pulsos que comprende

- 25 un quemador de combustión por pulsos que tiene una cámara de combustión por pulsos cilíndrica, para generar una combustión pulsante, una cámara de secado y un tubo de escape conectados a la cámara de combustión por pulsos para recibir y presurizar pulsos de gas de combustión caliente, y a la cámara de secado para recibir pulsos presurizados de gas de combustión caliente,
- 30 una entrada de hidrógeno para alimentar hidrógeno a la cámara de combustión por pulsos,
- una entrada de oxígeno para alimentar oxígeno a la cámara de combustión por pulsos,
- una línea de alimentación de producto para alimentar un producto líquido o pastoso que se debe secar en la cámara de secado para producir una atomización de vapor de agua y polvo de producto seco,
- 35 un sistema de separación de polvo que tiene al menos una salida de polvo conectada a la cámara de secado para separar el polvo de producto seco del vapor de agua procedente de la cámara de secado,
- una línea de salida de vapor conectada al sistema de separación de polvo para evacuar el vapor de agua, en donde
- la línea de salida de vapor está conectada a una línea de suministro de vapor que está conectada a al menos una entrada de vapor del quemador de combustión por pulsos, estando configurada la línea de suministro de vapor para desviar al menos una porción del vapor de agua que pasa a través de la línea de salida de vapor a la al menos una entrada de vapor del quemador de combustión por pulsos para entrar en la cámara de combustión por pulsos como un medio de enfriamiento a una tasa de agua vapor suficiente para enfriar el gas de combustión caliente que pasa a la cámara de secado, o temperatura de combustión, a una temperatura de gas reducida a entre 300 °C y 1200 °C;
- 45 la entrada de oxígeno está dispuesta en una porción de la línea de suministro de vapor para mezclar oxígeno y vapor de agua que pasa a través de la línea de suministro de vapor a la al menos una entrada de vapor del quemador de combustión por pulsos.

50 El caudal y la velocidad a la que el vapor de agua se desvía hacia la cámara de combustión por pulsos y se introduce en ella pueden depender de diferentes factores, como la diferencia de temperatura entre el interior de la cámara de combustión por pulsos y el vapor de agua, el volumen de la cámara de combustión por pulsos y cuánto se reducirá la temperatura del gas de combustión caliente que pasa a la cámara de secado, entre otros.

55 En algunas realizaciones, la línea de alimentación de producto puede comprender un extremo libre con un inyector dispuesto dentro o en el extremo del tubo de escape para inyectar el producto que se debe secar en la cámara de secado.

En algunas realizaciones, el secador de combustión por pulsos puede comprender además al menos un soplador de vapor dispuesto en la línea de suministro de vapor para aspirar vapor de agua de la línea de salida de vapor.

60 En algunas realizaciones, la línea de suministro de vapor comprende:

- una primera ramificación conectada a una primera entrada de vapor del quemador de combustión por pulsos,
- una segunda ramificación conectada a una segunda entrada de vapor del quemador de combustión por pulsos,
- 65 un primer soplador de vapor dispuesto en la primera ramificación para aspirar una primera porción de vapor de agua de la línea de salida de vapor para proporcionar un vapor de agua básico que entre en la cámara de

5 combustión por pulsos a una tasa básica suficiente para reducir la temperatura de combustión o para enfriar el gas de combustión caliente que pasa a la cámara de secado a una primera temperatura de gas reducida, y un segundo soplador de vapor dispuesto en la segunda ramificación para aspirar una segunda porción de vapor de agua de la línea de salida de vapor para proporcionar un vapor de agua adicional que entra o rodea la cámara de combustión por pulsos o el tubo de escape, junto con el vapor de agua básico, a una tasa adicional suficiente, para enfriar el gas de combustión caliente que pasa a la cámara de secado a una segunda temperatura de gas reducida.

10 En algunas realizaciones, la entrada de oxígeno está dispuesta en la primera ramificación aguas abajo del primer soplador de vapor.

15 En algunas realizaciones, el secador de combustión por pulsos puede comprender además un ventilador de aspiración dispuesto en la línea de salida de vapor en una posición entre la línea de suministro de vapor y la conexión de la línea de salida al sistema de separación de polvo para mantener una presión de vacío de 1 a 50 mbar por debajo de la presión atmosférica en la cámara de secado.

20 En algunas realizaciones, una válvula, por ejemplo, una válvula rotatoria, puede disponerse en la línea de suministro de vapor aguas arriba de la al menos una entrada de vapor del quemador de combustión por pulsos. La válvula está configurada para operar de tal manera que pueda proporcionar un flujo de vapor de agua pulsado que entra en la cámara de combustión por pulsos.

En algunas realizaciones, el sistema de separación comprende un ciclón conectado a una salida de la cámara de secado y a la línea de salida de vapor.

25 En otras realizaciones, el sistema de separación comprende un filtro de bolsa conectado a una salida (9a) de la cámara de secado y a la línea de salida de vapor.

30 En otras realizaciones adicionales, el sistema de separación comprende un ciclón conectado a una salida de la cámara de secado y un filtro de bolsa conectado al ciclón y a la línea de salida de vapor.

En realizaciones adicionales, el sistema de separación comprende un ciclón conectable a una salida de la cámara de secado y a la línea de salida de vapor, y un filtro de bolsa conectable al ciclón y a la salida de la cámara de secado, y conectado a la línea de salida de vapor.

35 En algunas realizaciones, la línea de salida de vapor puede contener un filtro, como un filtro de carbón activado o similar, para eliminar los compuestos orgánicos volátiles que pueden volatilizarse del producto seco durante el proceso de secado. Estos compuestos orgánicos volátiles se eliminan, en particular, del vapor de agua una vez separado del producto seco.

40 El secador de combustión por pulsos de acuerdo con la invención proporciona algunas ventajas, por ejemplo:

- El vapor de agua contenido en los gases de escape generados se usa como medio de enfriamiento para el quemador de combustión por pulsos.
- Básicamente, no hay oxígeno libre presente en el medio de secado, lo que hace que la atmósfera dentro del
- 45 secador sea una atmósfera no explosiva.
- El medio de secado no oxidará el producto que se debe secar.
- Se minimizará o no será necesario el tratamiento de los gases de escape para eliminar olores.
- No se genera ningún producto de combustión por combustibles que contengan carbono que pueda entrar en contacto con el producto que se debe secar.
- 50 - No se genera NOx en la combustión, ya que no hay N₂ presente en la combustión.

Otros aspectos, las ventajas y las características de la invención se hacen evidentes a partir de la presente memoria descriptiva y los dibujos.

55 **Breve descripción de los dibujos**

60 Para completar la descripción y con el fin de proporcionar una mejor comprensión de la invención, se proporciona un dibujo. Dicho dibujos forma una parte integrante de la descripción e ilustra una realización de la invención, que no debe interpretarse como una restricción del alcance de la invención, sino únicamente a modo de ejemplo de cómo puede llevarse a cabo la invención. El dibujo comprende la siguiente figura:

la Figura 1 muestra una vista esquemática de una realización de un secador de combustión por pulsos de acuerdo con la invención.

65 Los signos de referencia en este dibujo tienen los siguientes significados:

	1	Tanque de producto para contener el producto líquido o pastoso que se debe secar
	1a	Línea de alimentación de producto
	2	Bomba de alimentación para el producto líquido o pastoso que se debe secar
	3	Inyector del producto líquido o pastoso que se debe secar
5	4	Quemador de combustión por pulsos
	4a	Tubo de escape
	4b	Cámara de combustión por pulsos
	5	Tren de gas de hidrógeno
	6	Tren de oxígeno gaseoso
10	7	Primer soplador de vapor
	8	Segundo soplador de vapor para control de temperatura alrededor del inyector de producto
	9	Cámara de secado
	9a	Salida
	9b	Línea de salida
15	9c	Línea de desvío
	10	Ciclón para separación de polvo seco
	10a	Línea de salida
	10b	Salida de polvo
	10c	Línea de desvío
20	11	Filtro de bolsa
	11a	Línea de salida
	11b	Salida de polvo
	12	Ventilador de aspiración
	13	Salida de vapor
25	13a	Línea de salida de vapor
	14	Línea de suministro de vapor
	14a	Primera ramificación de la línea de suministro de vapor
	14b	Segunda ramificación de la línea de suministro de vapor
	15	Primera válvula de retención
30	15a	Segunda válvula de retención
	16	Tercera válvula de retención
	16a	Cuarta válvula de retención
	H ₂	Hidrógeno
	O ₂	Oxígeno

35 **Descripción de las formas de llevar a cabo la invención**

En la realización que se muestra en la Figura 1, el secador de combustión por pulsos comprende un tanque de producto 1 para contener un producto líquido o pastoso que se debe secar, un inyector 3, un quemador de combustión por pulsos 4, una cámara de secado 9, un ciclón 10 y un filtro de bolsa 11.

El tanque 1 está conectado a un tubo de escape 4a del quemador de combustión por pulsos 4 mediante una línea de alimentación de producto 1a al inyector 3 que está dispuesto en el extremo del tubo de escape 4a. El tubo de escape 4a conecta una salida del quemador de combustión por pulsos 4 a una entrada de la cámara de secado 9. El quemador de combustión por pulsos 4 comprende una cámara de combustión 4b y una entrada de hidrógeno conectada a un tren de gas de hidrógeno 5. Una bomba de alimentación 2 está dispuesta en la línea de alimentación de producto 1a.

La cámara de secado 9 comprende una salida 9a que está conectada por una línea de salida 9b a una entrada del ciclón 10, y también a una primera línea de desvío 9c que está conectada a una entrada del filtro de bolsa 11. Una primera válvula de retención 15 se coloca en la primera línea de desvío 9c para abrir o cerrar el acceso a la primera línea de desvío 9c y una segunda válvula de retención 15a se coloca en la línea de salida 9b entre la entrada del ciclón 10 y la conexión de la línea de salida 9a y la primera línea de desvío 9c, para abrir o cerrar la línea de salida 9a. En la realización mostrada, el ciclón 10 y el filtro de bolsa 11 constituyen un sistema de separación de partículas. En otras realizaciones, el sistema de separación de partículas comprende solo el ciclón 10 o solo el filtro de bolsa 11.

El ciclón 10 comprende una salida que está conectada a una entrada del filtro de bolsa 11 a través de una línea de salida 10a, y a una segunda línea de desvío 10c conectada a la línea de salida de vapor 13a. El filtro de bolsa 11 comprende una salida de evacuación de vapor 11a que también está conectada a la línea de salida de vapor 13a. Una tercera válvula de retención 16 está conectada en la línea de salida 10a para abrir o cerrar el acceso a la línea de salida 10a, y una cuarta válvula de retención 15a está colocada en la segunda línea de desvío 10c para abrir o cerrar el acceso a la segunda línea de desvío 10c.

Una línea de suministro de vapor 14, 14a, 14b se deriva de la línea de salida de vapor 13a, aguas abajo de la salida de evacuación de vapor 11a del filtro de bolsa 11 y la conexión de la segunda línea de desvío 10c a la línea de salida de vapor 13a. Un ventilador de aspiración 12 está dispuesto en la línea de salida de vapor 13a en una posición entre la línea de suministro de vapor 14 y la salida de evacuación de vapor 11a del filtro de bolsa 11 y la conexión de la

ES 2 999 292 T3

segunda línea de desvío 10c a la línea de salida de vapor 13a.

La línea de suministro de vapor 14 comprende una primera ramificación 14a y una segunda ramificación 14b, cada una de las cuales está conectada a una entrada de vapor respectiva del quemador de combustión por pulsos 4. Un primer soplador de vapor 7 está dispuesto en la primera ramificación 14a y un tren de oxígeno gaseoso 6 está conectado al primero entre el primer soplador de vapor 7 y la entrada de vapor correspondiente del quemador de combustión por pulsos 4. Un segundo soplador de vapor 8 está dispuesto en la segunda ramificación 14a de la línea de suministro de vapor 14.

Durante el funcionamiento, el producto líquido o pastoso que se debe secar, es bombeado por la bomba 2 a través de la línea de alimentación de producto 1a, desde el tanque de producto 1 hasta el inyector 3 que está dentro del tubo de escape 4a del quemador de combustión por pulsos 4.

El quemador de combustión por pulsos 4 utiliza hidrógeno H_2 como combustible y oxígeno O_2 como agente oxidante para la combustión. El flujo de hidrógeno puede provenir de un proceso de electrólisis *in situ*, o puede ser cualquier otra fuente de hidrógeno convencional. El hidrógeno se introduce en el quemador de combustión por pulsos 4 a través de un tren de gas de hidrógeno 5 adecuado, en un flujo másico constante.

En lugar de usar un soplador para introducir aire de combustión en el quemador de combustión por pulsos 4, como lo hacen los quemadores de combustión por pulsos convencionales, de acuerdo con esta invención, un primer soplador de vapor 7 introduce vapor de agua en el quemador de combustión por pulsos 4. Preferiblemente, el vapor de agua se introduce a través de una válvula, por ejemplo, una válvula rotatoria, (no mostrada en la Figura 1), porque esto permite controlar la frecuencia de las pulsaciones, independientemente de otros parámetros de combustión como la temperatura de combustión. Cuando se usa un quemador de combustión por pulsos 4 sin válvula, el vapor de agua entrará en el quemador de combustión por pulsos 4 sin la necesidad de válvulas o un soplador, utilizando la aspiración proporcionada por los pulsos del propio quemador de combustión por pulsos 4.

El soplador de vapor 7 aspira una porción del vapor de agua que fluye a través de la línea de salida de vapor 13a, en la línea de suministro de vapor 14, lo que significa que una porción del vapor de agua se recircula después de que el producto se haya secado, y no hay necesidad de un generador de vapor de agua específico o un suministro de vapor de agua externo.

El oxígeno puro O_2 proporcionado por el tren de oxígeno gaseoso 6 se introduce en la primera ramificación 14a de la línea de suministro de vapor 14, como el agente oxidante para la combustión en la cámara de combustión 4b del quemador de combustión por pulsos 4. Este oxígeno suministrado puede provenir de un proceso de electrólisis *in situ*, de un proceso de purificación de aire, o puede provenir de cualquier otra fuente de oxígeno convencional. El oxígeno se introduce a través de un tren de oxígeno gaseoso 6 adecuado, en un flujo másico constante.

El flujo másico de hidrógeno es constante y es directamente proporcional a la cantidad de agua que debe evaporarse del producto líquido o pastoso que se debe secar. El flujo másico de oxígeno también es constante y estequiométrico a la combustión del flujo de hidrógeno. El flujo de vapor de agua desde el primer soplador de vapor 7 se controla mediante la temperatura de combustión deseada en el quemador de combustión por pulsos 4, es decir, cuando se desea una temperatura de combustión más baja, se sopla un mayor flujo de vapor de agua y viceversa. Sin este flujo de vapor de agua ajustable, la temperatura de combustión sería superior a $1500\text{ }^\circ\text{C}$, pero usando el flujo de vapor de agua ajustable, la temperatura se puede enfriar hasta $300\text{ }^\circ\text{C}$ a $1200\text{ }^\circ\text{C}$. No se necesita una camisa o bobina de enfriamiento para proteger el quemador de combustión por pulsos 4 del sobrecalentamiento.

De esta forma, el vapor de agua puro es el único producto de la combustión en la cámara de combustión 4b del quemador de combustión por pulsos 4. Además, el segundo soplador de vapor 8 (opcional) en la segunda ramificación 14b se puede usar para obtener temperaturas más frías alrededor del inyector de producto 3 y para dirigir la atomización hacia el interior de la cámara de secado 9.

El vapor de agua sale del quemador de combustión por pulsos 4 a una temperatura entre 300 y $1200\text{ }^\circ\text{C}$, lo que significa que el vapor de agua sobrecalentado es el medio de secado en todo el volumen de la cámara de secado 9. El vapor de agua del quemador de combustión por pulsos 4, junto con los pulsos generados, golpean el producto líquido o pastoso que se debe secar que se introduce a través del inyector 3. La pulverización del producto tiene lugar en la cámara de secado 9 y el agua de las gotas se evapora rápidamente, de modo que el vapor de agua en la cámara de secado 9 se enfría entre 300 - $1200\text{ }^\circ\text{C}$, a una temperatura más baja entre 100 y $200\text{ }^\circ\text{C}$, dependiendo del producto que se debe secar. La temperatura a la que la mezcla de polvo y vapor de agua sale de la cámara de secado 9, está controlada por el flujo de producto que se debe secar; si se desea una temperatura más baja, se aumenta el flujo, y viceversa.

Para evitar la condensación, cualquier punto del proceso de secado entre el inyector de producto 3 y la salida de vapor 13, tiene que estar al menos a $100\text{ }^\circ\text{C}$, a la presión atmosférica. A presiones inferiores a la atmosférica, se pueden alcanzar menos de $100\text{ }^\circ\text{C}$ sin condensaciones de vapor en el secador de combustión por pulsos.

Después de salir de la cámara de secado 9 a través de la salida 9a de la misma, la mezcla de gases, es decir, el vapor de agua del quemador de combustión por pulsos 4 y la humedad evaporada del producto que se debe secar y el polvo, se conducen a través de la línea de salida 9b al ciclón 10, o a través de la primera línea de desvío 9c directamente al filtro de bolsa 11 a través de la primera línea de desvío 9c.

5 La mezcla de vapor/producto que sale de la cámara de secado 9 puede guiarse a través de la línea de salida 9a solo del ciclón 10 y desde allí a través de la segunda línea de desvío 10c, de modo que el vapor de agua procedente del ciclón 11 se guía a la línea de salida de vapor 13a cerrando la línea de salida 10a por medio de la tercera válvula de retención 16 y abriendo la segunda línea de desvío 10c por medio de la cuarta válvula de retención 16a. Como
10 alternativa, la mezcla de vapor/producto que sale de la cámara de secado 9 puede guiarse a través de la línea de salida 9a y la primera línea de desvío 9c solo al filtro de bolsa 11, de modo que el vapor de agua procedente del filtro de bolsa 11 se guía a la línea de salida de vapor 13a, abriendo la primera válvula de retención 15 y cerrando la segunda válvula de retención 15a. En otra alternativa, la mezcla de vapor/producto que sale de la cámara de secado 9 se guía
15 al ciclón 10 a través de la línea de salida 9b cerrando la primera válvula de retención 15 y abriendo la segunda válvula de retención 15a, y desde el ciclón 10 al filtro de bolsa 11 a través de la línea de salida 10a abriendo la tercera válvula de retención 16 y cerrando la cuarta válvula de retención 16a, de modo que el vapor de agua procedente del filtro de bolsa 11 se guía a la línea de salida de vapor 13a. La elección de la trayectoria del flujo de la mezcla de vapor/producto que sale de la cámara de secado 9 solo a través del ciclón 10 o solo a través del filtro de bolsa 11 o tanto del ciclón 10 como del filtro de bolsa 11 depende de las propiedades del producto que se debe secar. El ciclón 10 y el filtro de
20 bolsa 11 están provistos de salidas de polvo 10b, 11b respectivas, lo que permite la extracción del producto en polvo seco que se ha separado del vapor de agua.

El ventilador de aspiración 12 aspira el vapor de agua que se origina en la cámara de secado 9 que está presente en el ciclón 10 y/o el filtro de bolsa 11, para mantener una presión de vacío ligera de 1 a 50 mbar por debajo de la presión
25 atmosférica en la cámara de secado. Se puede usar un mayor vacío, si se desean temperaturas de secado bajas sin problemas de condensación de vapor de agua. Una porción del vapor de agua aspirado por el ventilador 12 a través de la línea de salida de vapor 13a, se aspira en la línea de suministro de vapor 14 y se sopla hacia a través de la primera ramificación 14a por la acción del primer soplador de vapor 7 y, cuando se desea, también a través de la segunda ramificación 14b por acción del segundo soplador de vapor 8, a las respectivas entradas de vapor del quemador de combustión por pulsos 4. De este modo, una porción del vapor de agua procedente de la cámara de
30 secado 9 y de la que se ha extraído el producto seco, es recirculado por el primer soplador de vapor 7 y, opcionalmente, por el segundo soplador de vapor 8, en el quemador de combustión por pulsos 4, mientras que el vapor de agua restante sale del secador de combustión por pulsos a través de la salida de vapor 13.

35 El flujo de gas en la línea de salida 13a es un flujo de vapor de agua pura o casi pura. La cantidad de vapor de agua que sale del secador de combustión por pulsos 4 a través de la salida de vapor 13, básicamente es igual a la cantidad de agua evaporada del producto que se debe secar, más el vapor de agua generado en la combustión de hidrógeno y oxígeno. Esto hace que el secador de combustión por pulsos funcione como un secador de vapor de agua sobrecalentado.

40 Como es evidente, el secador de combustión por pulsos de la invención proporciona algunas ventajas, por ejemplo:

- El vapor de agua contenido en los gases de escape generados se usa como medio de enfriamiento para el quemador de combustión por pulsos, y el calor residual contenido en los gases de escape generados puede ser
45 relativamente fácil de reutilizar, en otros procesos térmicos como, por ejemplo, evaporadores.
- Básicamente, no hay oxígeno libre presente en el medio de secado, lo que hace que la atmósfera dentro del secador sea una atmósfera no explosiva.
- El medio de secado no oxidará el producto que se debe secar.
- Se minimizará o no será necesario el tratamiento de los gases de escape para eliminar olores.
- 50 - No se genera ningún producto de combustión por combustibles que contengan carbono que pueda entrar en contacto con el producto que se debe secar.
- No se genera NOx en la combustión, ya que no hay N₂ presente en la combustión.

55 En este texto, los términos primero, segundo, tercero, etc., se han utilizado en el presente documento para describir dispositivos, elementos o parámetros. Se entenderá que los dispositivos, elementos o parámetros no deben estar limitados por estos términos, ya que los términos solo se usan para distinguir un dispositivo, elemento o parámetro de otro. Por ejemplo, la primera ramificación también podría llamarse segunda ramificación, y la segunda ramificación podría llamarse primera ramificación sin desviarse del alcance de esta divulgación.

60 En este texto, el término "comprende" y sus derivaciones (tales como "comprendiendo", etc.) no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no deben interpretarse como excluyentes de la posibilidad de que lo que se describe y define pueda incluir otros elementos, etapas, etc.

65 Por otra parte, la invención obviamente no se limita a la(s) realización(es) específica(s) descrita(s) en el presente documento, sino que también abarca cualquier variación que cualquier experto en la materia pueda considerar (por

ejemplo, en cuanto a la elección de materiales, dimensiones, componentes, configuración, etc.), dentro del alcance general de la invención, como se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un secador de combustión por pulsos que comprende

5 un quemador de combustión por pulsos (4) que tiene una cámara de combustión por pulsos cilíndrica (4b), para generar una combustión pulsante, una cámara de secado (9) y un tubo de escape (4a) conectados a la cámara de combustión por pulsos (4b) para recibir y presurizar pulsos de gas de combustión caliente, y a la cámara de secado (9) para recibir pulsos presurizados de gas de combustión caliente,
 10 una entrada de hidrógeno para alimentar hidrógeno a la cámara de combustión por pulsos (4b),
 una línea de alimentación de producto (1a) para alimentar un producto líquido o pastoso que se debe secar en la cámara de secado (9) para producir una atomización de vapor de agua y polvo de producto seco,
 un sistema de separación de polvo (10, 11) que tiene al menos una salida de polvo (10b, 11b) conectada a la cámara de secado (9) para separar el polvo de producto seco y el vapor de agua procedente de la cámara de secado (9),
 15 una línea de salida de vapor (13a) conectada al sistema de separación de polvo (10, 11) para evacuar el vapor de agua,
 caracterizado por que el secador de combustión por pulsos comprende además una entrada de oxígeno para alimentar oxígeno a la cámara de combustión por pulsos (4b) y por que
 20 la línea de salida de vapor (13a) está conectada a una línea de suministro de vapor (14, 14a, 14b) que está conectada a al menos una entrada de vapor del quemador de combustión por pulsos (4), la línea de suministro de vapor (14, 14a, 14b) para desviar al menos una porción del vapor de agua que pasa a través de la línea de salida de vapor (13a) a la al menos una entrada de vapor del quemador de combustión por pulsos (4) para entrar en la cámara de combustión por pulsos (4b) como un medio de enfriamiento a una tasa de vapor de agua suficiente para enfriar el gas de combustión caliente que pasa a la cámara de secado (9) a una temperatura de gas reducida de
 25 entre 300 °C y 1200 °C; y
 la entrada de oxígeno está dispuesta en una porción de la línea de suministro de vapor (14, 14a, 14b) para mezclar oxígeno y vapor de agua que pasa a través de la línea de suministro de vapor (14, 14a, 14b) a la al menos una entrada de vapor del quemador de combustión por pulsos (4).

30 2. El secador de combustión por pulsos de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la línea de alimentación de producto (1a) comprende un extremo libre con un inyector (3) dispuesto dentro o en el extremo del tubo de escape (4a) para inyectar el producto que se debe secar en la cámara de secado (9).

35 3. El secador de combustión por pulsos de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende al menos un soplador de vapor (7, 8) dispuesto en la línea de suministro de vapor (14, 14a, 14b) para aspirar vapor de agua de la línea de salida de vapor (13a).

40 4. El secador de combustión por pulsos de acuerdo con la reivindicación 1, 2 o 3, en donde la línea de suministro de vapor (14, 14a, 14b) comprende:

una primera ramificación (14a) conectada a una primera entrada de vapor del quemador de combustión por pulsos (4),
 una segunda ramificación (14b) conectada a una segunda entrada de vapor del quemador de combustión por pulsos (4),
 45 un primer soplador de vapor (7) dispuesto en la primera ramificación (14a) para aspirar una primera porción de vapor de agua de la línea de salida de vapor (13a) para proporcionar un vapor de agua básico que entra en la cámara de combustión por pulsos (4b) a una tasa básica suficiente para enfriar el gas de combustión caliente que pasa a la cámara de secado (9) a una primera temperatura de gas reducida, y
 un segundo soplador de vapor (8) dispuesto en la segunda ramificación (14b) para aspirar una segunda porción
 50 de vapor de agua de la línea de salida de vapor (13a) para proporcionar un vapor de agua adicional que entre o rodee la cámara de combustión por pulsos (4b) o el tubo de escape (4a), junto con el vapor de agua básico, a una tasa adicional suficiente, para enfriar el gas de combustión caliente que pasa a la cámara de secado (9) a una segunda temperatura de gas reducida.

55 5. El secador de combustión por pulsos de acuerdo con la reivindicación 4, en donde la entrada de oxígeno está dispuesta en la primera ramificación (14a) aguas abajo del primer soplador de vapor (7).

60 6. El secador de combustión por pulsos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende un ventilador de aspiración (12) dispuesto en la línea de salida de vapor (13) en una posición entre la línea de suministro de vapor (14) y la conexión de la línea de salida (13a) al sistema de separación de polvo (10, 11), estando configurado el ventilador de aspiración para mantener una presión de vacío de 1 a 50 mbar por debajo de la presión atmosférica en la cámara de secado.

65 7. El secador de combustión por pulsos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende una válvula, preferiblemente una válvula rotatoria, dispuesta en la línea de suministro de vapor (14, 14a, 14b) aguas arriba de la al menos una entrada de vapor del quemador de combustión por pulsos (4), para proporcionar un flujo de

vapor de agua pulsado que entra en la cámara de combustión por pulsos (4b).

- 5 8. El secador de combustión por pulsos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el sistema de separación de polvo comprende un ciclón (10) conectado a una salida (9a) de la cámara de secado (9) y a la línea de salida de vapor (13a).
- 10 9. El secador de combustión por pulsos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el sistema de separación de polvo comprende un filtro de bolsa (11) conectado a una salida (9a) de la cámara de secado (9) y a la línea de salida de vapor (13a).
- 10 10. El secador de combustión por pulsos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el sistema de separación de polvo comprende un ciclón (10) conectado a una salida (9a) de la cámara de secado (9) y un filtro de bolsa (11) conectado al ciclón (10) y a la línea de salida de vapor (13a).
- 15 11. El secador de combustión por pulsos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el sistema de separación de polvo comprende un ciclón (10) conectado a una salida (9a) de la cámara de secado (9) y un filtro de bolsa (11) conectado al ciclón (10) y a la línea de salida de vapor (13a).
- 20 12. El secador de combustión por pulsos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el sistema de separación de polvo comprende un ciclón (10) conectable a una salida (9a) de la cámara de secado (9) y a la línea de salida de vapor (13a), y un filtro de bolsa (11) conectable al ciclón (10) y a la salida (9a) de la cámara de secado (9) y conectada a la línea de salida de vapor (13a).
- 25 13. El secador de combustión por pulsos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la línea de salida de vapor (13a) comprende un filtro, preferiblemente un filtro de carbón activado, para eliminar los compuestos orgánicos volátiles del vapor de agua.

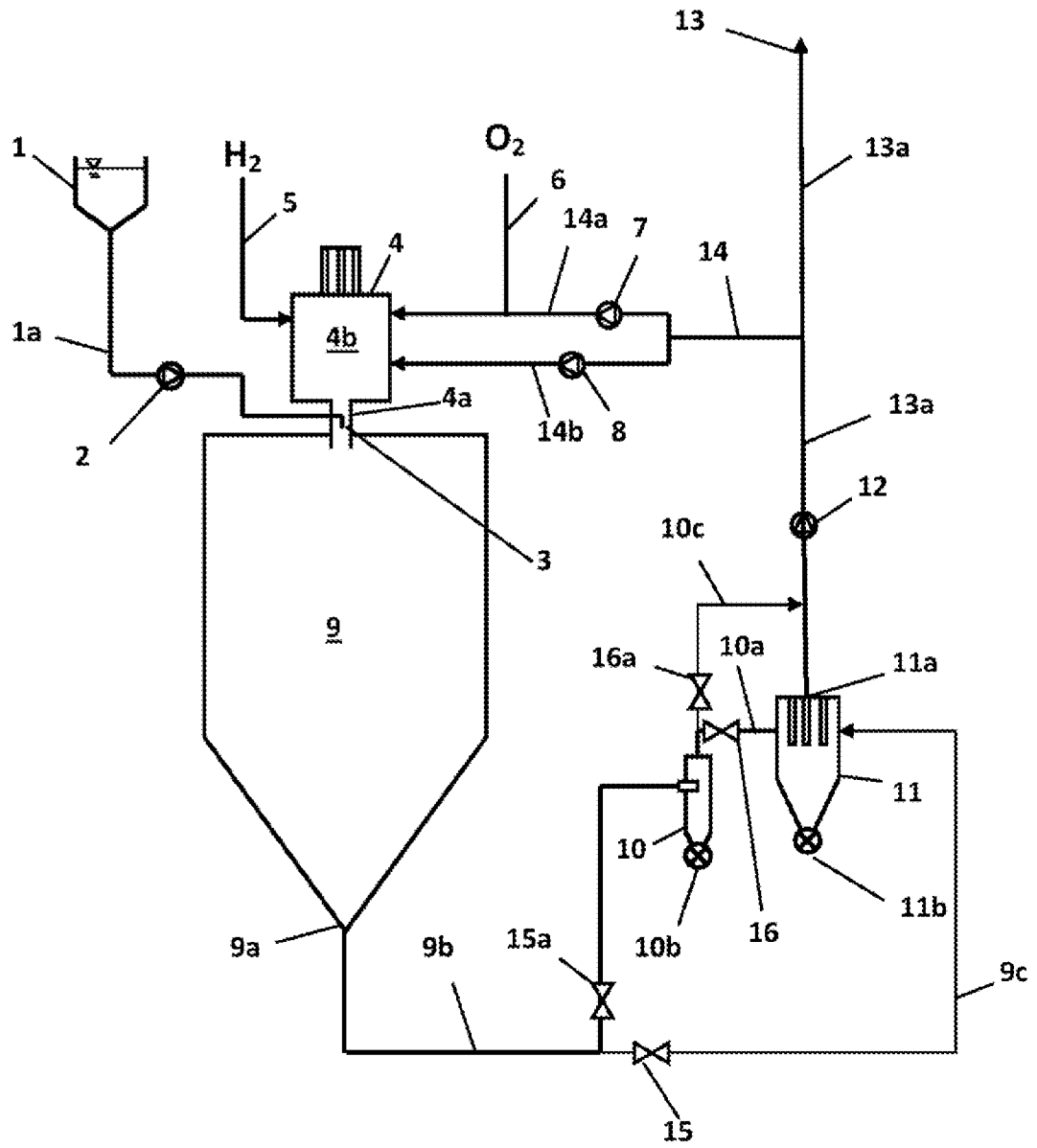


Fig. 1