

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 421 210**

51 Int. Cl.:

**F23C 10/00** (2006.01)

**F23J 1/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.06.2009 E 09162600 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2013 EP 2273192**

54 Título: **Sistema para conversión de material combustible**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**29.08.2013**

73 Titular/es:

**ALSTOM TECHNOLOGY LTD (100.0%)  
Brown Boveri Strasse 7  
5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

**VANDYCKE, MICHEL;  
MAGHDISSIAN, LAURENT y  
BEAL, CORINNE**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 421 210 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**

Sistema para conversión de material combustible.

La presente invención se refiere a un sistema para conversión de material combustible, tal como una caldera, y está dirigida más particularmente a un sistema reactor de oxidación-reducción utilizado en conversión de combustibles.

5 La tecnología de bucle químico es una tecnología prometedora destinada a llevar a cabo la gasificación o combustión de combustible sólidos reemplazando la alimentación directa de oxígeno por utilización de un portador de oxígeno.

10 El bucle químico es un proceso por el cual la combustión o gasificación de un combustible basado en carbono tiene lugar en dos pasos. En un primer paso, el portador de oxígeno suministra oxígeno en un reactor de combustible en el que el portador de oxígeno es reducido por el combustible sólido y se transfiere luego a un reactor de aire. En el reactor de combustible se producen partículas de combustible, ceniza y portador de oxígeno reducido. En un segundo paso, el portador de oxígeno reducido se oxida por el aire en el reactor de aire. En el proceso del bucle químico, el gas resultante de la combustión o gasificación del combustible en el reactor de combustible está entonces exento o prácticamente exento de nitrógeno. El portador de oxígeno puede comprender típicamente un  
15 óxido metálico y otro u otros compuestos ricos en oxígeno.

La mayoría de las tecnologías de bucle químico utilizan la tecnología de lechos fluidizados para el reactor de combustible a fin de beneficiarse del alto tiempo de residencia así como de la mezcladura satisfactoria asociada con los lechos fluidizados. Los lechos fluidizados pueden ser lechos fluidizados de borboteo o lechos fluidizados  
20 circulantes.

El carbón triturado típico que se introduce en los sistemas convencionales para conversión de material combustible tiene un diámetro medio de 2 mm y el tamaño máximo del carbón puede alcanzar 20 mm. Las partículas de mayor tamaño que no terminan como ceniza volante tienen que ser eliminadas por consiguiente como ceniza de fondo.

25 La ratio corriente entre ceniza volante y ceniza de fondo es 60/40 y tiende a cambiar hacia 40/60. Un sistema de extracción de ceniza de fondo diseñado específicamente tiene que diseñarse para eliminar aproximadamente la mitad de la ceniza introducida por el material combustible en el sistema.

Así pues, un cambio importante consiste en separar las partículas de combustible y la ceniza del portador de oxígeno antes de enviar el portador de oxígeno al reactor de aire para oxidación y regeneración.

30 Los sistemas convencionales de bucle químico para conversión de material combustible comprenden un separador de carbono, como se menciona por ejemplo en el documento FR 2.850.156. El separador de carbono, que se conoce también como "agotador de carbono", se encuentra entre el reactor de aire y el reactor de combustible.

35 Los sistemas convencionales de bucle químico comprenden también un separador de ceniza dispuesto en el fondo del reactor de combustible y/o el reactor de aire a fin de vaciar la ceniza del sistema. Esta extracción está localizada típicamente en el fondo propiamente dicho del reactor. Existen varios diseños con diferentes localizaciones para el orificio de extracción. El orificio puede estar localizado en la parte media de la rejilla del reactor por retirada de alguna tobera que conduce a una extracción vertical. El orificio puede estar localizado en una pared lateral del reactor con una extracción lateral con un flujo que está controlado por una válvula de cono.

Estos sistemas adolecen del inconveniente de que el separador de ceniza implica un sistema separador pesado y complejo en el fondo o cerca del fondo del reactor de combustible y/o aire.

40 Además, la mixtura de sólidos en el fondo de los reactores de combustible y aire comprende por lo general aproximadamente 10% de ceniza. Si debe extraerse 1 kg/s de ceniza, esto significaría que tendrán que extraerse 10 kg/s de la mixtura que contiene 1 kg/s de ceniza. Así pues, la cantidad de sólidos que sería necesario tratar es diez veces mayor que la cantidad de sólidos realmente necesaria.

Así pues, un ejemplo de la presente invención es proporcionar un sistema para conversión de material combustible de tal manera que resuelva los problemas arriba descritos.

45 El objeto arriba mencionado se consigue por un sistema para conversión de material combustible que comprende:

- un primer reactor en el cual un material combustible reacciona con un material de tipo óxido para producir productos de reacción que incluyen partículas de combustible, ceniza y partículas de óxido,

- un segundo reactor para oxidar las partículas de óxido producidas en el primer reactor,

50 - un separador de carbono que recibe partículas de combustible, ceniza y partículas de óxido producidas en el primer reactor y adecuado para separar las partículas de óxido y la ceniza de las partículas de combustible, comprendiendo el separador de carbono un camino de salida para las partículas de óxido y el escape de ceniza.

De acuerdo con la presente invención, dicho camino de salida del separador de carbono está conectado a un separador de ceniza para separar la ceniza de las partículas de óxido.

5 Esta disposición específica hace posible que, partiendo de una mixtura de partículas de combustible, ceniza y partículas de óxido, es posible separar estos tres compuestos unos de otros de una manera sencilla. El dispositivo constituido por el separador de carbono y el separador de ceniza es compacto y económico de instalar.

Así, las partículas de óxido pueden enviarse al reactor de aire para su regeneración. El carbono sin quemar puede devolverse al reactor de combustible para ulterior oxidación, y se retira la ceniza, lo cual evita un enriquecimiento de ceniza en el sistema que podría causar una aglomeración.

10 Por último, esta disposición específica evita un uso complejo y costoso de un separador de ceniza en el fondo del reactor de combustible y/o aire.

Debe apreciarse que tanto el separador de carbono como el separador de ceniza están fluidizados y que el sistema comprende medios para controlar la velocidad de fluidización de cada separador.

Al ser la densidad de la ceniza mayor que la densidad de las partículas de combustible, la velocidad de fluidización del separador de ceniza es preferiblemente mayor que la velocidad de fluidización del separador de carbono.

15 El separador de carbono y el separador de ceniza pueden ser separadores adyacentes por una pared lateral común.

El separador de carbono y el separador de ceniza pueden estar conectados por una tubería. En este caso, el separador de ceniza puede estar situado por debajo del separador de carbono.

20 El reactor de combustible está conectado ventajosamente a un separador de ciclón de baja eficiencia que comprende una salida inferior conectada al separador de carbono y una salida superior conectada a un separador de ceniza de alta eficiencia.

El material combustible es típicamente carbón.

El material de óxido es típicamente un óxido metálico.

25 Otras características y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de la descripción que sigue de realizaciones de la invención dada únicamente a modo de ejemplos no limitantes, y con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

- la Figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema para conversión de material combustible de acuerdo con la invención,

- la Figura 2 es una vista esquemática de una parte del sistema de acuerdo con la primera realización, y

- la Figura 3 es una vista esquemática de una parte del sistema de acuerdo con una segunda realización.

30 Como se ilustra en la figura 1, un sistema 1 para conversión de material combustible de acuerdo con la invención, que tiene por objeto producir electricidad y/o vapor, comprende un reactor de combustible 2, un reactor de aire 3 y un separador de carbono 4.

35 Un material combustible sólido procedente de un silo de combustible 5 y un óxido metálico procedente de un silo de óxido 6 entran en el reactor de combustible 2. El material combustible sólido es preferiblemente carbón. El óxido metálico puede estar basado en hierro, níquel, alúmina o una mixtura de los mismos.

El reactor de combustible 2 está fluidizado por vapor y/o gas de chimenea reciclado y/o dióxido de carbono. Un primer dispositivo de separación, preferiblemente un ciclón de separación de baja eficiencia 7, está alimentado con gases de combustión, ceniza, partículas de combustible y partículas de óxido procedentes del reactor de combustible 2. Los gases de combustión comprenden principalmente CO<sub>2</sub> y vapor.

40 La eficiencia de un dispositivo de separación es la ratio de la cantidad de partículas recogidas por el dispositivo a la cantidad de sólidos en la entrada del dispositivo.

45 La corriente superior de los sólidos del ciclón 7 de baja eficiencia de separación se hace circular a un dispositivo de alta separación, preferiblemente un ciclón de separación de alta eficiencia 8. Así, los sólidos que comprenden principalmente partículas finas de carbono se separan de la ceniza volantes y se reintroducen en el reactor de combustible 2 por la vía de un calderín de estanqueidad 14.

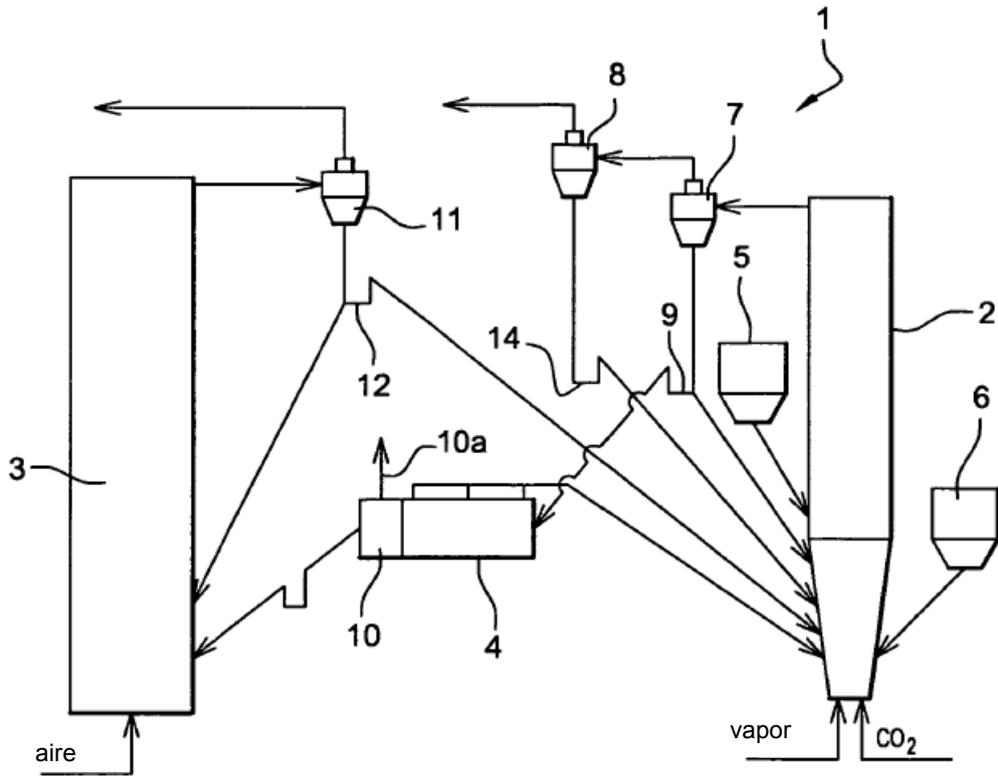
Los sólidos que abandonan el ciclón de baja eficiencia 7 entran en un calderín de estanqueidad 9 desde el cual una primera porción se encamina al reactor de combustible 2 y desde el cual una segunda porción se encamina al separador de carbono 4. El calderín de estanqueidad 9 puede estar fluidizado por vapor y/o gas de chimenea reciclado.

- El separador de carbono 4 separa las partículas finas y ligeras, tales como el residuo que contiene carbono, que se envían al reactor de combustible 2, de las partículas de óxido más densas y de mayor tamaño y ceniza que se envían al reactor de aire 3. De acuerdo con la invención, el separador de carbono 4 está conectado a un separador de ceniza 10 que incluye una ventilación específica 10a para permitir el escape de la ceniza. El diámetro medio de partícula del material combustible que entra en el reactor de combustible 2 es preferiblemente menor que el diámetro medio de partícula del material de óxido. Más preferiblemente, el diámetro medio de partícula del material combustible se controla de modo que sea al menos dos veces más pequeño que el diámetro medio de partícula del material de óxido. El diámetro medio de partícula del material combustible puede ser igual a aproximadamente 50  $\mu\text{m}$ . El mismo puede estar comprendido entre 50 y 60  $\mu\text{m}$ .
- En este caso, la densidad de las partículas de óxido es mayor que la densidad de las partículas de combustible, estando comprendida la densidad de la ceniza entre la densidad de las partículas de combustible y la densidad de las partículas de óxido.
- Las partículas de óxido que proceden del separador de carbono y ceniza 4, 10 son oxidadas por el aire en el reactor de aire 3. Los óxidos y el aire agotado que sale del reactor de aire 3 entran en un dispositivo de separación 11, típicamente un separador de ciclón, en el cual las partículas de óxido se separan de los gases que comprenden  $\text{N}_2$  y  $\text{O}_2$ .
- Las partículas sólidas de óxido extraídas del fondo del ciclón 11 entran en un calderín de estanqueidad 12 desde el cual una primera porción se transfiere al fondo del reactor de aire 3 y desde el cual una segunda porción se encamina al fondo del reactor de combustible 2. El calderín de estanqueidad 12 puede estar fluidizado con aire.
- Una vista detallada de la asociación del separador de carbono 4 y el separador de ceniza 10 se muestra en las figuras 2 y 3. Las figuras 2 y 3 ilustran esquemáticamente dos realizaciones de un ensamblaje de un separador de carbono y un separador de ceniza utilizado en el sistema para conversión de material combustible de acuerdo con la invención.
- El separador de carbono 4 comprende una entrada 4a a través de la cual las partículas de combustible FP, las partículas de óxido OP y la ceniza A entran en el separador de carbono 4. Las partículas de óxido OP son partículas de óxidos que se han reducido al menos parcialmente en el reactor de combustible. El separador de carbono 4 está fluidizado por el medio de fluidización F. El medio de fluidización F puede ser vapor y/o gas de chimenea reciclado y/o entradas de  $\text{CO}_2$  situadas en el fondo del separador de carbono 4.
- Las partículas de combustible finas y ligeras FP que tienen una densidad de aproximadamente 1,2 se dirigen hacia el reactor de combustible por salidas 4b del separador de carbono 4, mientras que las partículas de óxido más densas y de mayor tamaño OP y la ceniza A se encaminan hacia el separador de ceniza 10.
- El separador de ceniza 10 está fluidizado por un medio de fluidización F. El medio de fluidización F puede ser vapor y/o gas de chimenea reciclado y/o entradas de  $\text{CO}_2$  situadas en el fondo del separador de carbono 4. La ceniza ligera A sale por la purga 10a hacia un sistema de tratamiento de gases en el que las partículas de óxido más densas OP pasan a través de una salida 10b del separador de ceniza 10 hacia el reactor de aire.
- La velocidad de fluidización del separador de carbono 4 y del separador de ceniza 10 puede controlarse a fin de controlar la concentración de ceniza en el sistema. La velocidad de fluidización puede estar basada en la densidad respectiva de la ceniza A y las partículas de óxido OP (aproximadamente 2,5 y 4,5 respectivamente). Así, el separador de ceniza 10 puede estar fluidizado a una velocidad comprendida entre 0,3 y 0,8 m/s y el separador de carbono 4 puede estar fluidizado a una velocidad comprendida entre 0,1 y 0,6 m/s.
- De acuerdo con una primera realización, como se muestra en la figura 2, el separador de carbono 4 y el separador de ceniza 10 son adyacentes por una pared lateral común 13. El separador de carbono 4 y el separador de ceniza 10 están conectados por una abertura 4c de la pared lateral 13.
- De acuerdo con una segunda realización, como se muestra en la figura 3, el separador de carbono 4 y el separador de ceniza 10 están conectados por una tubería 4c. Además, el separador de ceniza 10 puede estar situado por debajo del separador de carbono 4 a fin de facilitar el paso de las partículas de óxido OP y la ceniza A desde el separador de carbono 4 al separador de ceniza 10.

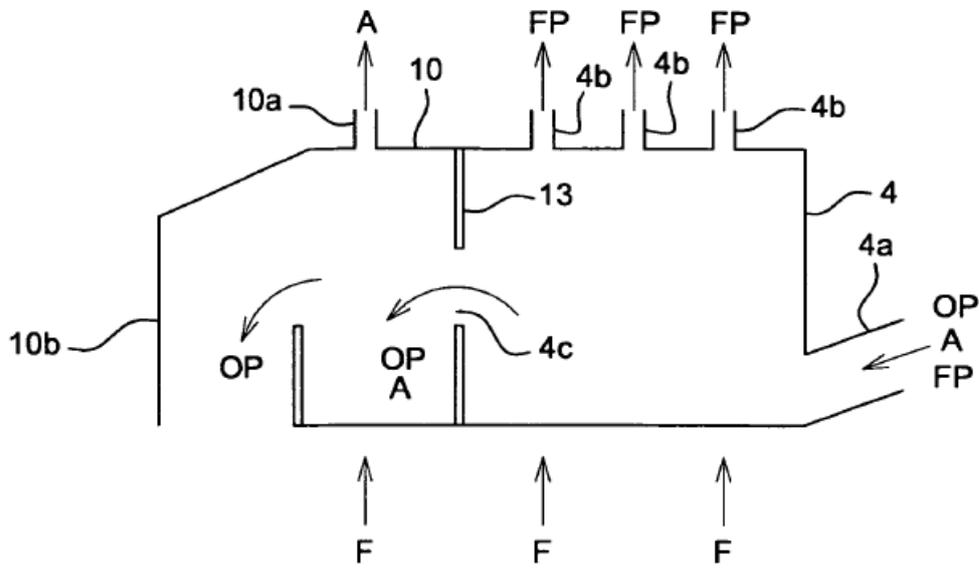
**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema (1) para conversión de material combustible que comprende:
- un primer reactor (2) en el cual un material combustible reacciona con un material de óxido para producir productos de reacción que incluyen partículas de combustible, ceniza y partículas de óxido;
- 5        - un segundo reactor (3) para oxidar las partículas de óxido producidas en el primer reactor (2),
- un separador de carbono (4) que recibe partículas de combustible, ceniza y partículas de óxido producidas en el primer reactor (2) y adecuado para separar las partículas de óxido y la ceniza de las partículas de combustible, comprendiendo el separador de carbono (4) un camino de salida (4c) para las partículas de óxido y el escape de ceniza;
- 10      caracterizado porque dicho camino de salida (4c) del separador de carbono (4) está conectado a un separador de ceniza (10) para separar la ceniza de las partículas de óxido.
2. Un sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque tanto el separador de carbono (4) como el separador de ceniza (10) están fluidizados y porque el sistema (1) comprende medios para controlar la velocidad de fluidización de cada separador (4, 10).
- 15      3. Un sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque los medios para controlar la velocidad de fluidización de cada separador (4, 10) son capaces de controlar estas velocidades de fluidización de tal manera que la velocidad de fluidización del separador de ceniza (10) es mayor que la velocidad de fluidización del separador de carbono (4).
- 20      4. Un sistema (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el separador de carbono (4) y el separador de ceniza (10) son separadores adyacentes (4, 10) por una pared lateral común (13).
5. Un sistema (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el separador de carbono (4) y el separador de ceniza (10) están conectados por una tubería (4c).
- 25      6. Un sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque el separador de ceniza (10) está situado por debajo del separador de carbono (4).
7. Un sistema (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el reactor de combustible (2) está conectado a un separador de ciclón de baja eficiencia (7) que comprende una salida inferior conectada al separador de carbono (4) y una salida superior conectada a un separador de ciclón de alta eficiencia (8).

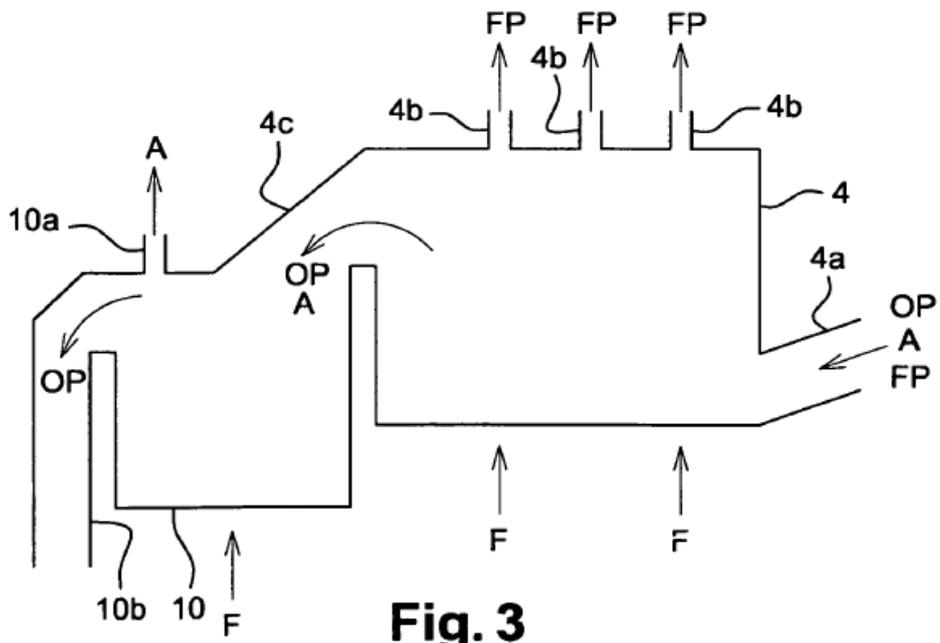
30



**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**