

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 537 508**

51 Int. Cl.:

**C21B 5/06** (2006.01)

**C21B 9/14** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.08.2012 E 12750579 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2015 EP 2751293**

54 Título: **Procedimiento de funcionamiento de calentadores regenerativos en una planta de alto horno**

30 Prioridad:

**19.10.2011 EP 11185842**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.06.2015**

73 Titular/es:

**PAUL WURTH S.A. (50.0%)**

**32, rue d'Alsace**

**1122 Luxembourg, LU y**

**PAUL WURTH REFRACTORY & ENGINEERING  
GMBH (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ESCHMANN, FRIEDRICH;**

**ALLMANSDÖRFER, RALF;**

**MÜNZER, JOHANNES;**

**HEILHECKER, SYLVIA y**

**SIMÕES, JEAN-PAUL**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

ES 2 537 508 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 funcionamiento de calentadores regenerativos en una planta de alto horno.

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere, en términos generales, a un procedimiento para hacer funcionar calentadores regenerativos, particularmente estufas calentadoras de viento, en una planta de alto horno.

10 **Técnica anterior**

Se conoce el hecho de hacer funcionar un alto horno con un viento de aire ambiental calentado por una de entre una serie de calentadores regenerativos, típicamente tres estufas de aire de calentadoras de viento (a menudo llamadas "Cowpers"). Cada estufa calentadora de viento se hace funcionar cíclicamente alternando entre una fase de calentamiento (fase "en gas" o "sin viento") y una fase de soplado (fase "en viento"). Con este propósito, una estufa de aire tiene elementos internos de almacenamiento de calor, típicamente ladrillos refractarios de estufa, y un quemador asociado para producir gas de combustión caliente a fin de calentar dichos ladrillos. El quemador puede ser interno o externo. Para permitir que el gas caliente circule durante las fases de calentamiento, la estufa calentadora de viento tiene una entrada de gas de calentamiento y una salida de gas de combustión. Las mismas permiten que el gas de calentamiento fluya desde el quemador a través de la estufa y sus elementos de almacenamiento de calor (ladrillos) y, a través de la salida de gas de combustión, hacia una chimenea de gases de combustión. Con un quemador interno, el gas de calentamiento se produce por combustión dentro de la estufa. Para el calentamiento de aire a alta presión, una estufa de aire convencional tiene, además, una entrada de viento frío conectada a un conducto principal de viento frío y una salida de viento caliente conectada a un conducto principal de viento caliente del alto horno. Durante las fases de soplado, se sopla aire a través de la entrada de viento frío, el cual pasa por el calentador regenerativo, donde es calentado por los elementos de almacenamiento de calor, y luego se suministra al alto horno a través de la salida de viento caliente. Los calentadores regenerativos se utilizan para calentar el viento a una temperatura comprendida entre 1.100°C y aproximadamente 1.250°C.

En los últimos años, la reutilización del gas del tragante en el alto horno ha atraído cada vez más atención, ya que permite reducir considerablemente las emisiones de CO<sub>2</sub>. Las correspondientes instalaciones recuperan el gas del tragante del alto horno y, generalmente tras un lavado convencional de dicho gas del tragante, lo someten a un proceso de reciclaje antes de inyectarlo de nuevo en el alto horno. El proceso de reciclaje comprende la separación del CO<sub>2</sub> a fin de eliminarlo del proceso. Con este objetivo, una unidad de separación de gases separa el gas del tragante en gas residual, rico en CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), y gas de proceso de alto valor calorífico, rico en CO (monóxido de carbono). Como unidad adecuada de separación de gases, se ha propuesto la utilización de una unidad de adsorción por oscilación de presión (PSA) o una unidad de adsorción por oscilación de presión de vacío (VPSA) o, alternativamente, una unidad de lavado de CO<sub>2</sub>. El gas residual se puede suministrar a través de una unidad criogénica a fin de separar CO<sub>2</sub> puro, o se puede someter a cualquier otro tratamiento adicional, dando lugar, idealmente, a la captura y el almacenamiento del CO<sub>2</sub>. Sin embargo, el otro flujo de gas, es decir, el gas de proceso enriquecido en CO, se vuelve a suministrar al alto horno como gas reductor, con lo que, en conjunto, se alcanza una menor producción de CO<sub>2</sub>.

El calentamiento necesario del gas de proceso rico en CO se puede llevar a cabo en calentadores regenerativos. Sin embargo, la sustitución del aire ambiental como viento frío por gas de proceso rico en CO, es decir, un gas reductor, tiene implicaciones considerables. En particular, son necesarias medidas y precauciones especiales relativas a las secuencias de transición entre los ciclos de calentamiento y de soplado, y viceversa.

Entre otras cosas, el gas que se suministra al calentador regenerativo durante la fase de calentamiento suele ser oxidante y, por consiguiente, susceptible de reaccionar de forma explosiva con el gas de proceso de alto poder calorífico que se suministra durante el ciclo de soplado. A fin de evitar que esté presente una cantidad peligrosa de gas oxidante en el calentador regenerativo durante la transición a la fase de soplado, PAUL WURTH ha propuesto, en la solicitud PCT WO2010/133476, un método de funcionamiento de los quemadores que garantiza que todo el oxígeno se consume en el calentador regenerativo. Para la transición de la fase de soplado a la fase de calentamiento, dicha solicitud WO2010/133476 propone desplazar el CO residual que contiene gas de proceso fuera del calentador regenerativo mediante el gas de combustión del quemador.

Sin embargo, el documento WO2010/133476 no menciona medidas específicas referidas a la transición de la fase de soplado a la fase de calentamiento. Teniendo en cuenta que la presión en el calentador regenerativo durante la fase de soplado (presión de viento) es típicamente mayor que la presión durante la fase de calentamiento (presión de gas), puede resultar necesaria la adopción de medidas específicas antes de poder encender el quemador.

**Problema técnico**

A partir de lo expuesto anteriormente, un objetivo de la presente invención consiste en dar a conocer un procedimiento mejorado para hacer funcionar calentadores regenerativos, particularmente en lo que se refiere a la

transición desde la fase de soplado a la fase de calentamiento. Dicho objeto se alcanza mediante un procedimiento según la reivindicación 1.

### Descripción general de la invención

El procedimiento de funcionamiento de calentadores regenerativos según la presente invención se puede utilizar en una planta de alto horno que comprende un alto horno, una unidad de separación de gases, por ejemplo un dispositivo de adsorción por oscilación de presión (PSA) y/o un dispositivo de adsorción por oscilación de presión de vacío (VPSA), configurada para la separación del gas del tragante del alto horno en un flujo enriquecido en CO del llamado gas de proceso (en adelante designado también gas de proceso enriquecido en CO) y un flujo empobrecido en CO del llamado gas residual (en adelante designado también gas residual empobrecido en CO), y por lo menos tres calentadores regenerativos, cada uno de ellos con elementos internos de almacenamiento de calor, una entrada de viento frío para el suministro de gas de proceso procedente de la unidad de separación de gases y una salida de viento caliente para suministrar gas de proceso al alto horno. Los calentadores regenerativos se hacen funcionar cíclicamente en viento y régimen de gas:

- o mientras un calentador regenerativo funciona sobre gas, se produce gas de combustión caliente con un quemador y se hace pasar a través del calentador regenerativo a fin de calentar los elementos de almacenamiento de calor; y

- o mientras un calentador regenerativo funciona sobre viento, se sopla gas de proceso a través del calentador regenerativo a fin de que el gas de proceso absorba calor de los elementos de almacenamiento de calor.

Durante la transición de un calentador regenerativo desde el régimen de viento al régimen de gas, el calentador regenerativo se purga de gas de proceso mediante gas de combustión recogido tras haber atravesado, por lo menos, una de las calentadores regenerativos.

Preferentemente, las operaciones cíclicas de los calentadores regenerativos están desfasadas entre sí de tal modo que, en cualquier momento, por lo menos uno de los c calentadores regenerativos funciona en viento y por lo menos uno de los otros calentadores regenerativos funciona en gas. A continuación se lleva a cabo la purga del calentador regenerativo que experimenta la transición, preferentemente con gas de combustión procedente, por lo menos, de otro calentador regenerativo que funciona en gas en el momento de la transición. El gas de combustión que se utiliza para purgar se puede suministrar directamente desde dicho, por lo menos uno, calentador regenerativo que funciona en gas al calentador regenerativo que experimenta la transición.

Alternativa o adicionalmente, la purga del calentador regenerativo que experimenta la transición se lleva a cabo con gas de combustión previamente almacenado en un depósito de gas, por ejemplo en una unidad de CCS (captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>).

Típicamente, un calentador regenerativo que funciona en viento se encuentra a una presión de viento (típicamente comprendida entre 5 y 7 bar (presión absoluta)), mientras que un calentador regenerativo que funciona en gas se encuentra a una presión de gas (típicamente comprendida entre 0,9 y 1,3 bar (presión absoluta)), menor que la presión de viento. Por consiguiente, preferentemente, durante una transición de un calentador regenerativo desde un régimen de viento a un régimen de gas, se libera gas de proceso residual desde el calentador regenerativo que experimenta la transición, a fin de despresurizarlo antes de purgarlo con gas de combustión.

Según una forma de realización preferida de la presente invención, dicha liberación de gas de proceso se lleva a cabo, por lo menos parcialmente, en una instalación de recuperación de gas del tragante, dispuesta para conducir el gas del tragante desde el alto horno a la unidad de separación de gases. La instalación de recuperación de gas del tragante puede comprender un conducto de gas del tragante (por ejemplo, un tubo de bajada de gas del tragante), una instalación de lavado de gases (por ejemplo, con un captador de polvos en seco seguido de un depurador de polvo en húmedo), dispuesto después del alto horno y antes de la unidad de separación de gases. Dado que la presión de gas del tragante antes de la unidad de separación de gases está comprendida típicamente entre 3 y 5 bar (presión absoluta), tras la despresurización en la instalación de recuperación de gas del tragante puede resultar necesario despresurizar adicionalmente el calentador regenerativo. Dicha despresurización adicional se puede llevar a cabo mediante la liberación de gas de proceso a un depósito de gas dispuesto para el almacenamiento de gas residual. Preferentemente, dicho depósito de gas se mantiene a una presión ligeramente superior a la atmosférica (por ejemplo, entre 1 y 1,5 bar (presión absoluta), preferentemente a 1,1 bar).

En lugar de despresurizar primero en la instalación de recuperación del gas del tragante y luego en el depósito de gas residual, la despresurización se puede llevar a cabo, de forma alternativa, totalmente en el depósito de gas residual. En una planta de 4 estufas, la despresurización también se puede llevar a cabo descargando el gas de proceso residual en la cuarta estufa.

Preferentemente, el gas de proceso que permanece en el calentador regenerativo que experimenta la transición tras la despresurización es expulsado (por la fuerza) por el gas de combustión y quemado, o bien es expulsado (por la

fuerza) por el gas de combustión hacia el depósito de gas residual. Ventajosamente, a fin de evitar que la concentración de CO del gas almacenado en el depósito de gas residual descienda por debajo de determinado nivel, el gas de proceso se transporta al depósito de gas, como máximo mientras la concentración de CO en el gas de proceso expulsado (cada vez más contaminado con el gas de combustión) corresponda a un porcentaje predeterminado (que debe determinarse según el correspondiente parámetro de la planta) de concentración de CO en el gas residual. Preferentemente, todo el gas de proceso expulsado que no se conduce al depósito de gas se quema.

Un aspecto de la presente invención se refiere a una planta de alto horno configurada y dispuesta para llevar a cabo el presente procedimiento.

### Breve descripción de los dibujos

A continuación se exponen otros detalles y ventajas de la presente invención a partir de la siguiente descripción detallada de una forma de realización no limitativa haciendo referencia a los dibujos adjuntos, donde:

La figura 1 es un diagrama de bloques esquemático correspondiente a una planta de alto horno configurada para llevar a cabo el procedimiento según una forma de realización preferida de la presente invención.

### Descripción de las formas de realización preferidas

La figura 1 muestra un diagrama de bloques esquemático de una planta de alto horno 10 configurada para llevar a cabo el procedimiento según una forma de realización preferida de la presente invención.

La planta de alto horno 10 comprende un alto horno 12 y una pluralidad de por lo menos tres calentadores regenerativos 14.1, 14.2 y 14.3. Dicha planta de alto horno está equipada, además, con una instalación de recirculación de gas del tragante que recupera el gas del tragante 16 desde la parte superior del alto horno 12 y suministra parte del gas del tragante recuperado a un proceso de reciclaje antes de volverlo a inyectar en el alto horno. La instalación de recirculación de gas del tragante incluye una instalación de recuperación de gas del tragante 18, que recoge el gas del tragante 16 en la parte superior del alto horno 12, y lo somete a un lavado inicial a fin de eliminar, por ejemplo, las partículas de polvo. En el ejemplo ilustrado en la figura 1, la instalación de recuperación de gas del tragante 18 está compuesta por unos tubos ascendentes 20, un tubo de bajada 22, un captador de polvos en seco 24 y un lavador de gases 26 (que incluye, por ejemplo, un lavador por pulverización y un precipitador eléctrico). Tras el lavador de gases, el gas del tragante limpio se somete a una eliminación del CO<sub>2</sub> en una unidad de separación de gases 28 (por ejemplo, un dispositivo de PSA). La unidad de eliminación de CO<sub>2</sub> da lugar a dos flujos de gas: un gas residual 30 rico en CO<sub>2</sub> (que sigue conteniendo aproximadamente entre el 10% y el 15% en volumen) y un gas de proceso 30 rico en CO. El gas residual 32 rico en CO<sub>2</sub> puede suministrarse adicionalmente a una unidad criogénica (no mostrada) a fin de separar el CO<sub>2</sub> puro del gas residual rico en CO<sub>2</sub>. A continuación, el CO<sub>2</sub> puro puede bombearse al suelo para su almacenamiento. El gas de proceso 32 rico en CO se calienta y se vuelve a suministrar al alto horno 12 como gas reductor.

El calentamiento del gas de proceso rico en CO se lleva a cabo en los calentadores regenerativos 14.1, 14.2 y 14.3. Cada uno de dichos calentadores regenerativos 14.1, 14.2, 14.3 comprende una primera cámara 34 ("cámara de combustión") y una segunda cámara 36 ("cámara de regeneración"). Los calentadores regenerativos 14.1, 14.2, 14.3 se hacen funcionar cíclicamente sobre viento (fase de soplado) y sobre gas (fase de calentamiento).

Durante la fase de calentamiento, se suministran gas combustible y gas oxidante al quemador 38 a través de las entradas de gas 40 y 42, respectivamente. El gas combustible y el gas oxidante se encienden, y su combustión genera gases de combustión calientes, que ascienden por la primera cámara 34 hasta una cúpula 44. Dicha cúpula 44 desvía los gases de combustión calientes y los conduce a la segunda cámara 36, que comprende elementos de almacenamiento de calor, generalmente en forma de ladrillos refractarios de estufa 46. Los elementos de almacenamiento de calor definen una multiplicidad de pequeños pasajes a través de los cuales descienden los gases de combustión calientes para desembocar en el calentador regenerativo 14.1, 14.2 o 14.3 a través de una salida de gas de combustión 48 situada en la parte inferior de la segunda cámara 36. Finalmente, el gas de combustión se puede eliminar a través de una chimenea 82. Sin embargo, resulta más preferente secar el gas de combustión y almacenarlo en un almacén subterráneo de CO<sub>2</sub> 84.

Durante la fase de soplado posterior, el gas de proceso 32 se sopla al interior de la segunda cámara 36 a través de la entrada de viento frío 50 situada en la parte inferior de la segunda cámara 36. A medida que el gas de proceso pasa a través de los pasajes situados entre los elementos de almacenamiento de calor, el calor se transfiere de los ladrillos refractarios 46 al gas de proceso. En la parte superior de la segunda cámara 36, el gas de proceso caliente se suministra a la primera cámara 34 a través de la cúpula 44. El gas de proceso caliente fluye hacia abajo a través de la primera cámara y a continuación sale del calentador regenerativo 14.1, 14.2 o 14.3 a través de la salida de viento caliente 52, que está conectada al conducto de viento caliente 54. Dicho conducto de viento caliente 54 suministra el gas de proceso caliente al alto horno 12.

La unidad de separación de gases 28 está conectada a una red de gas residual que comprende, en particular, un depósito de gas residual 56. Una parte del gas residual 30 se utiliza para alimentar los quemadores 38 de los calentadores regenerativos 14.1, 14.2 y 14.3. Con este propósito, el gas residual (de bajo poder calorífico) se conduce a través del conducto 31 y se mezcla con gas de alto poder calorífico 58 (por ejemplo, un gas de coquería).

A continuación, la mezcla se suministra al quemador 38, donde actúa como combustible. El quemador 38 se puede alimentar con aire a fin de quemar la mezcla de gas residual y gas de alto poder calorífico. La figura 1 muestra una solución más preferente, en la que el gas de combustión procedente de los calentadores regenerativos 14.1, 14.2, 14.3 se mezcla con oxígeno puro 60 a fin de formar un gas oxidante. Preferentemente, dicho gas oxidante tiene una composición de aproximadamente el 80% de CO<sub>2</sub> (y nitrógeno residual) en volumen y aproximadamente el 20% de O<sub>2</sub> en volumen. La ventaja de dicha mezcla de gas oxidante es que se puede utilizar un quemador que también funcione con aire. Cabe señalar que la mezcla de gas combustible también puede quemarse con oxígeno puro, siempre que se utilicen quemadores adecuados.

Las operaciones cíclicas de los calentadores regenerativos 14.1, 14.2, 14.3 están desfasadas entre sí, de modo que, en cualquier momento durante el funcionamiento normal de la planta de alto horno 10, uno de los calentadores regenerativos 14.1, 14.2, 14.3 funciona sobre viento y las otras dos funcionan sobre gas. Las transiciones entre el calentamiento y el soplado, y viceversa, están sincronizadas, de modo que, cuando el calentador regenerativo en viento pasa a un régimen de gas, uno de los calentadores regenerativos en gas asume el soplado.

Para llevar a cabo la transición de un calentador regenerativo (en la subsiguiente explicación, se presupone que se trata del calentador regenerativo 14.1) del régimen de soplado al de calentamiento, en primer lugar se cierran la válvula de viento caliente 62 y la válvula de viento frío 64. En este momento, el gas de proceso residual presente en el interior del calentador regenerativo 14.1 se encuentra todavía a la presión de viento, de aproximadamente 6 bar (presión absoluta). A continuación se puede llevar a cabo en una o en dos etapas la despresurización del calentador regenerativo que experimenta la transición. En caso de despresurización en una sola etapa, el gas de proceso se libera desde el calentador regenerativo 14.1 hacia la red de gas residual, en concreto hacia el depósito de gas residual 56, a través del conducto 68, o, si se trata de una planta de 4 estufas, a la cuarta estufa calentadora de viento (no mostrada). En caso de despresurización en dos etapas, se alcanza una primera despresurización mediante la liberación de gas de proceso desde el calentador regenerativo 14.1 hacia la instalación de recuperación de gas del tragante 18, a través del conducto de despresurización 66. La presión de gas en la instalación de recuperación de gas del tragante 18 está comprendida típicamente entre 3 y 5 bar (presión absoluta), siendo por ejemplo de 4,5 bar (presión absoluta). Tras la igualación de las presiones se cierra el conducto de despresurización 66. A continuación, se alcanza una segunda despresurización en la red de gas residual, concretamente en el depósito de gas residual 56, a través del conducto 68. La presión de gas en la red de gas residual es típicamente de aproximadamente 1,1 bar (presión absoluta), de modo que el calentador regenerativo se puede despresurizar a dicha presión durante la segunda etapa de despresurización. Tras la igualación de las presiones, el calentador regenerativo sigue lleno de gas de proceso.

A continuación, el calentador regenerativo 14.1 que experimenta la transición se purga utilizando gas de combustión procedente del calentador regenerativo que funciona sobre gas en el momento de la transición (para mayor claridad, se supone que se trata del calentador regenerativo 14.3). El gas de combustión se suministra desde la salida de gas de combustión del calentador regenerativo 14.3 al conducto de recirculación de gas de combustión 70 del calentador regenerativo 14.1. En este momento, la válvula de suministro de oxígeno 72, la válvula de suministro de gas de alto valor calorífico 74 y la válvula de suministro de gas residual 76 están cerradas y el quemador 38 está apagado. Una bomba o un compresor 78 generan la diferencia de presión necesaria para introducir el gas de combustión en el calentador regenerativo 14.1. Mientras el gas de combustión es conducido hacia el calentador regenerativo 14.1, el gas de proceso residual se expulsa a la red de gas residual a través del conducto 68. Cuanto más gas de proceso se expulsa, más va a estar contaminado con gas de combustión inyectado. En algún momento, ya no será posible conducir el gas de proceso expulsado (que en realidad es una mezcla de gas de proceso y gas de combustión) hacia la red de gas residual, ya que la calidad del gas residual estaría demasiado deteriorada. Preferentemente, el conducto 68 se cierra cuando la concentración de CO en el gas de proceso expulsado ha disminuido hasta un determinado porcentaje en volumen de la concentración nominal de CO en la red de gas residual. Si debe proseguirse la purga, la mezcla de gas de proceso y gas de combustión puede suministrarse a una llama 80 o a una unidad de separación de gases (no mostrada), que elimina cualquier cantidad residual de CO. La purga se detiene cuando la concentración de CO en el quemador regenerativo 14.1 ha descendido hasta un valor seguro para encender el quemador 38.

Si, debido a circunstancias excepcionales, no es posible recoger (suficiente) gas de combustión para purgar un calentador regenerativo en la salida de gas de combustión de uno de los otros calentadores regenerativos, se puede utilizar el gas de combustión previamente almacenado en el almacén de CO<sub>2</sub> 84. Con este fin, se abre el conducto 86.

En cuanto a la transición desde la fase de calentamiento a la fase de soplado, debe asegurarse que en el calentador regenerativo no haya gas oxidante, o haya sólo una cantidad no crítica, cuando se abre la válvula de viento frío 64 y el gas de proceso rico en CO entra en la segunda cámara. En caso contrario, el gas de proceso rico en CO y el gas oxidante podrían formar una mezcla peligrosa que podría inflamarse y dañar el calentador regenerativo. Para

garantizar que no hay gas oxidante al inicio de la fase de soplado, pueden tomarse diferentes medidas al final de la fase de calentamiento. Según una primera opción, primero se detiene el suministro de oxígeno cerrando la válvula de suministro de oxígeno 72. Por consiguiente, no se introduce más oxígeno en el sistema. A fin de consumir todo el oxígeno residual, se continúa suministrando mezcla de gas combustible al quemador 38. Cuando ha desaparecido todo el gas oxidante, la combustión se detiene por sí sola. En este momento, se detienen los suministros de mezcla de gas combustible y gas de combustión. La fase de soplado puede empezar de forma segura abriendo primero la válvula de viento frío 64, con lo que el calentador regenerativo se lleva a la presión de viento, y luego la válvula de viento caliente 62. Durante un breve período al comienzo de cada fase de soplado, se suministra gas de combustión al alto horno 12. Sin embargo, la cantidad de este gas de combustión no es suficiente para que afecte al funcionamiento del alto horno. Según una segunda opción para evitar que esté presente gas oxidante en el calentador regenerativo al inicio de la fase de soplado, la combustión se detiene del modo convencional (es decir, interrumpiendo primero la llegada de mezcla de gas combustible), lo que provoca la presencia de oxígeno residual en el calentador regenerativo. Este oxígeno se elimina a continuación del calentador regenerativo mediante una fase adicional de purga con gases residuales de otro calentador regenerativo.

Aunque se ha descrito en detalle una forma de realización específica, el experto en la materia apreciará que pueden llevarse a cabo diversas modificaciones y alternativas a dichos detalles teniendo en cuenta el contenido general de la presente descripción. Por consiguiente, las disposiciones particulares descritas pretenden ser ilustrativas y no limitativas del alcance de la presente invención, al que debe otorgarse toda la amplitud de las reivindicaciones adjuntas y de todos y cada uno de los equivalentes de las mismas.

Cabe señalar, en particular, que los quemadores de los calentadores regenerativos podrían alimentarse con un gas combustible diferente o una mezcla de gas combustible diferente. Sin embargo, resulta preferente una mezcla de gas residual y gas de coquería, tal como se describe en el ejemplo, ya que ambos tipos de gas están habitualmente disponibles en una planta de alto horno que funciona con reciclaje del gas del tragante. En cuanto al gas oxidante, que en el ejemplo es una mezcla de oxígeno y gas de combustión recirculado, una solución alternativa sería quemar parte del gas residual con un exceso de oxígeno en una cámara de precombustión a fin de obtener la mezcla deseada de gas inerte (gas residual quemado, esencialmente CO<sub>2</sub>) y oxígeno.

#### Leyenda:

|                                                    |                                                          |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 10 Planta de alto horno                            | 70 Conducto de recirculación de gas de combustión        |
| 12 Alto horno                                      | 72 Válvula de suministro de oxígeno                      |
| 14.1, calentadores regenerativos                   | 74 Válvula de suministro de gas de alto poder calorífico |
| 14.2,                                              |                                                          |
| 14.3                                               |                                                          |
| 16 Gas del tragante                                | 76 Válvula de suministro de gas residual                 |
| 18 Instalación de recuperación de gas del tragante | 78 Compresor                                             |
| 20 Tubo ascendente                                 | 80 Llama                                                 |
| 22 Tubo de bajada                                  | 82 Chimenea                                              |
| 24 Captador de polvos en seco                      | 84 Almacén de CO <sub>2</sub>                            |
| 26 Lavador de gases                                | 86 Conducto                                              |
| 28 Unidad de separación de gases                   |                                                          |
| 30 Gas residual (empobrecido en CO)                |                                                          |
| 31 Conducto                                        |                                                          |
| 32 Gas de proceso (enriquecido en CO)              |                                                          |
| 34 Primera cámara                                  |                                                          |
| 36 Segunda cámara                                  |                                                          |
| 38 Quemador de tipo externo o interno              |                                                          |
| 40 Entrada de gas para gas oxidante                |                                                          |
| 42 Entrada de gas para gas combustible             |                                                          |
| 44 Cúpula                                          |                                                          |
| 46 Ladrillos refractarios de estufa                |                                                          |
| 48 Salida de gases de combustión                   |                                                          |
| 50 Entrada de viento frío                          |                                                          |
| 52 Salida de viento caliente                       |                                                          |
| 54 Conducto de viento caliente                     |                                                          |
| 56 depósito de gas residual                        |                                                          |
| 58 Gas de alto poder calorífico                    |                                                          |
| 60 Oxígeno                                         |                                                          |
| 62 Válvula de viento caliente                      |                                                          |
| 64 Válvula de viento frío                          |                                                          |
| 66 Conducto de despresurización                    |                                                          |
| 68 Conducto                                        |                                                          |

# REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de funcionamiento de calentadores regenerativos (14.1, 14.2, 14.3), particularmente estufas calentadoras de viento, en una planta de alto horno (10), comprendiendo dicha planta:

un alto horno (12);

una unidad de separación de gases (28), configurada para separar el gas del tragante de dicho alto horno en un flujo de gas de proceso enriquecido en CO (32) y un flujo de gas residual empobrecido en CO (30);

por lo menos tres calentadores regenerativos (14.1, 14.2, 14.3), presentando cada uno de ellos unos elementos internos de almacenamiento del calor (46), una entrada de viento frío (50) para recibir gas de proceso enriquecido en CO (32) procedente de dicha unidad de separación de gases (28) y una salida de viento caliente (52) para suministrar gas de proceso enriquecido en CO a dicho alto horno (12);

caracterizado por que

se hacen funcionar cíclicamente dichos calentadores regenerativos (14.1, 14.2, 14.3) en viento y en gas, incluyendo dicho funcionamiento cíclico:

mientras se hace funcionar un calentador regenerativo (14.1, 14.2, 14.3) en gas, producir un gas de combustión caliente con un quemador (38) y hacer que dicho gas de combustión caliente fluya a través de dicho calentador regenerativo de manera que se calientan dichos elementos de almacenamiento de calor (46); y

mientras se hace funcionar un calentador regenerativo (14.1, 14.2, 14.3) en viento, soplar gas de proceso enriquecido en CO a través de dicho calentador regenerativo para que el gas de proceso enriquecido en CO absorba calor de dichos elementos de almacenamiento de calor (46);

comprendiendo además dicho procedimiento

durante la transición de un calentador regenerativo (14.1, 14.2, 14.3) de un funcionamiento en viento a un funcionamiento en gas, purgar dicho calentador regenerativo de gas de proceso enriquecido en CO con gas de combustión recogido después de pasar a través de por lo menos uno de dichos calentadores regenerativos (14.1, 14.2, 14.3).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dichos funcionamientos cíclicos de dichos calentadores regenerativos (14.1, 14.2, 14.3) están desfasados entre sí de manera que, en un momento dado, por lo menos uno de dichos calentadores regenerativos (14.1, 14.2, 14.3) se hace funcionar en viento, mientras que por lo menos uno de los otros de dichos calentadores regenerativos (14.1, 14.2, 14.3) se hace funcionar en gas, y en el que dicha purga de dicho calentador regenerativo que experimenta dicha transición se lleva a cabo con gas de combustión procedente de otro de dichos calentadores regenerativos que funciona en gas en el momento de dicha transición.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha purga de dicho calentador regenerativo que experimenta dicha transición se lleva a cabo con gas de combustión previamente almacenado en un almacenador de gas (84).

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que un calentador regenerativo (14.1, 14.2, 14.3) que funciona en viento se encuentra a una presión de viento, en el que un calentador regenerativo (14.1, 14.2, 14.3) que funciona en gas se encuentra a una presión de gas inferior a dicha presión de viento, y en el que, durante la transición de un calentador regenerativo desde el funcionamiento en viento al régimen de gas, se libera gas de proceso enriquecido en CO desde dicho calentador regenerativo que experimenta dicha transición de manera que se despresurice antes de la purga con gas de combustión.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que dicha liberación de gas de proceso enriquecido en CO se lleva a cabo por lo menos parcialmente en una instalación de recuperación de gas del tragante (18) prevista para conducir el gas del tragante (16) desde dicho alto horno (12) hasta dicha unidad de separación de gases (28).

6. Procedimiento según la reivindicación 4 o 5, en el que dicha liberación de gas de proceso enriquecido en CO se lleva a cabo por lo menos parcialmente hacia el interior de un depósito de gas (56) previsto para almacenar el gas residual empobrecido en CO (30).

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que el gas de proceso enriquecido en CO que permanece en dicho calentador regenerativo, que experimenta dicha transición tras dicha despresurización, es expulsado por dicho gas de combustión y es quemado.

8. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el gas de proceso enriquecido en CO que permanece en dicho

calentador regenerativo, que experimenta dicha transición tras dicha despresurización, es expulsado por dicho gas de combustión hacia el interior de dicho depósito de gas (56).

5 9. Procedimiento según la reivindicación 6 u 8, en el que el gas de proceso enriquecido en CO se conduce al interior de dicho depósito de gas (56), a lo sumo mientras que la concentración de CO en dicho gas de proceso enriquecido en CO expulsado alcance un porcentaje predeterminado de concentración de CO en dicho gas residual empobrecido en CO (30).

10 10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que cualquier gas de proceso enriquecido en CO expulsado y que no se conduce a dicho depósito de gas (56) se quema.

11. Planta de alto horno configurada y dispuesta para llevar a cabo el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

Fig. 1

