



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 677**

51 Int. Cl.:  
**C22B 1/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06447052 .9**

96 Fecha de presentación : **12.04.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1734137**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.12.2006**

54 Título: **Procedimiento de aglomeración de minerales de hierro con supresión total de emisiones contaminantes hacia la atmósfera.**

30 Prioridad: **17.06.2005 BE 2005/0309**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**08.06.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**08.06.2011**

73 Titular/es: **Centre de Recherches Metallurgiques  
ASBL - Centrum Voor Research in de Metallurgie  
Vzw  
boulevard de la Plaine 5  
1050 Bruxelles, BE**

72 Inventor/es: **Vanderheyden, Bernard y  
Munnix, René**

74 Agente: **Curell Aguilá, Marcelino**

ES 2 360 677 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 aglomeración de minerales de hierro con supresión total de emisiones contaminantes hacia la atmósfera.

5

**Objeto de la invención**

La presente invención se refiere a unas mejoras del procedimiento de aglomeración de minerales de hierro sobre una rejilla móvil, en el campo de la siderurgia. El interés principal de estas mejoras reside en una realización del procedimiento con supresión total o casi total del vertido de emisiones gaseosas contaminantes en la atmósfera.

10

**Estado de la técnica**

El proceso de aglomeración a alta temperatura sobre banda del mineral de hierro, con vistas a transformar este en una sustancia que puede servir como carga de alimentación de los altos-hornos, se conoce desde hace mucho tiempo y está ampliamente expandido en el mundo.

15

Consiste principalmente en depositar sobre una banda móvil una carga constituida, mayoritariamente, por una mezcla de minerales de hierro y de combustible sólido, generalmente polvo de coque o carbón, en encender esta carga en su superficie superior y en aspirar aire a través de la carga para hacer progresar la combustión en todo el espesor de la capa formada por la carga en la banda. Al final de la operación, se obtiene una torta aglomerada que, después de la trituración y del cribado, constituye una carga de calidad para el alto-orno.

20

La combustión del polvo de coque o del carbón genera un caudal de humos importante y muy cargado en contaminantes tales como polvos, monóxido de carbono, monóxido de nitrógeno, dióxido de azufre, contaminantes orgánicos volátiles y semi-volátiles, en particular dioxinas y furanos.

25

Para cumplir con las normativas medioambientales más estrictas, es cada vez más necesario recurrir a unas técnicas costosas de descontaminación de los humos, que generan unos costes excesivos debido a la importancia del flujo de humos a tratar (típicamente 1.800 a 2.000 Nm<sup>3</sup> por tonelada de aglomerado producido).

30

El reciclaje de una parte de los humos a través de la carga a aglomerar es una técnica cada vez más extendida, descrita por ejemplo en los documentos DE-C-44 11 505, CH-A-297328, JP-A-51 120905, US-A-4.536.211, US-A-4.023.960, etc. Esta técnica presenta la triple ventaja siguiente:

35

- destrucción *in situ* o captación de ciertos contaminantes durante su reciclaje a través de la carga (es decir, post-combustión del CO y de los contaminantes orgánicos, reducción parcial de los NO<sub>x</sub>, filtración de los polvos);
- reducción significativa del volumen residual a tratar, antes del vertido a la atmósfera, y por lo tanto fuerte reducción del coste de descontaminación "end-of-pipe" el día que ésta resulte necesaria;
- recuperación directamente en la carga del calor sustancial y latente de los humos reciclados, lo cual se traduce por un consumo menor de combustible sólido, de lo cual se desprende asimismo una menor formación de SO<sub>x</sub>, siendo el combustible sólido generalmente la fuente principal de azufre en el procedimiento.

40

45

Existen varias variantes industrializadas de la técnica del reciclaje de los humos de combustión; se puede citar por ejemplo el procedimiento EOS (*Emission Optimized Sintering*) desarrollado por Lurgi y aplicado en Corus (Ijmuiden, Países Bajos) y el procedimiento LEEP (*Low Emission and Energy optimized sintering Process*) desarrollado por HKM para su propia cadena de aglomeración (Hückingen, Alemania).

50

El procedimiento EOS consiste en un reciclaje no selectivo de una parte ( $\pm 50\%$ ) del conjunto de los humos, siendo el objetivo en este caso más bien reducir lo máximo posible el volumen de gas residual con vistas a una disminución del coste de su tratamiento "end-of-pipe", a pesar de que resulta intrínsecamente en una cierta reducción de la mayoría de las emisiones contaminantes (incluyendo SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, dioxinas y furanos).

55

En el caso del procedimiento LEEP, se trata del reciclaje selectivo de los humos de final de cocción, los más calientes y los más contaminados. Esto permite en teoría obtener un índice de descontaminación intrínseca más elevado que en el caso del procedimiento EOS; en particular se recicla y destruye una mayor proporción de dioxinas en el frente de llama. El procedimiento necesita sin embargo un intercambio de calor que permite calentar los humos no reciclados con la ayuda de los humos a reciclar para asegurar un funcionamiento correcto de los electrofiltros, evitar problemas de corrosión y mantener una temperatura suficiente de vertido a la chimenea.

60

Sin embargo, el reciclaje de los humos adolece asimismo de inconvenientes no despreciables: caída de la productividad y de la calidad del producto (aglomerado) en cuanto el contenido en oxígeno en la entrada de la carga cae por debajo de un cierto umbral (15 a 18% según el caso). Como el contenido en oxígeno disminuye a medida que se aumenta el índice de reciclaje de los humos, en la práctica, es obligatorio limitar este índice de reciclaje muy

65

por debajo de su máximo teórico para mantener unos rendimientos de aglomeración aceptables. El índice de reciclaje efectivamente aplicado varía entonces entre 20 y 50%, mientras que en teoría, se podría subir muy por encima (70 a 80% según los casos). El límite teórico, en régimen establecido, resulta de la necesidad de realizar la aportación de oxígeno fresco necesario para la combustión, de asegurar una evacuación equivalente de los productos de combustión, pero también de la obligación de evacuar el excedente de humos generados. El flujo saliente es en efecto superior al flujo entrante debido a la evaporación del agua de la carga, de la calcinación de los hidratos y de los carbonatos, que liberan respectivamente vapor de agua y dióxido de carbono, así como unos caudales más o menos importantes de entrada de aire parásito en los circuitos de aspiración.

La inyección de oxígeno puro o técnico en los humos reciclados o en el aire de refuerzo o también en el gas aspirado a través de la carga a aglomerar, después de la mezcla de los humos reciclados y del aire de refuerzo, permite mantener el contenido en oxígeno en el seno de la carga, a un nivel suficiente para conservar unos rendimientos de aglomeración aceptables. Esto permite asimismo -a igualdad de rendimientos- aumentar el índice de reciclaje de los humos, gracias a la reducción del lastre de nitrógeno aportado por el aire, aspirado en cantidad menor en el caso en el que se recurre a una sobreoxigenación del gas aspirado. Pero esto resulta muy caro, aún más cuando una parte no despreciable (~30%) del oxígeno inyectado es pura y simplemente rechazada a la chimenea con el resto del flujo gaseoso residual sin haber servido para la combustión.

Otra problemática que conviene tener en cuenta a partir de ahora es la de las emisiones de gas con efecto invernadero. El reciclaje de los humos tal como se practica en la actualidad, permite reducir a prorrata del ahorro de energía, es decir de aproximadamente 10 a 15%, la emisión específica, definida como la emisión por tonelada de aglomerado, de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Pero la eliminación total, o por lo menos exhaustiva, del CO<sub>2</sub> en estas condiciones por una descarbonatación del flujo de humos residuales no es muy previsible. En efecto, gracias al reciclaje, el porcentaje en volumen en CO<sub>2</sub> en los humos aumenta de ± 5% a ± 10%, pero esto sigue siendo muy insuficiente para una aplicación económicamente viable de las técnicas de captura del CO<sub>2</sub> existentes.

El documento JP-A-52 116 703 divulga un procedimiento de aglomeración de minerales de hierro sobre banda, en el que la concentración del oxígeno aspirado a través de la carga se controla en un intervalo de 17 a 50%. Una parte de los gases recogidos bajo la carga se recicla, siendo el resto purgado y tratado para retirar el agua y el gas carbónico, siendo el gas tratado inyectado a continuación en las toberas de un alto-horno, sin pérdidas en la atmósfera. A medida que la proporción de oxígeno aumenta en el gas, aumenta asimismo la eficacia del oxígeno utilizado. Así, la cantidad de oxígeno requerida por tonelada de producto terminado apenas aumenta y la cantidad de humos producidos disminuye. Además, la concentración en CO<sub>2</sub> en los humos aumenta al mismo tiempo que aumenta la productividad, de manera que la eliminación del CO<sub>2</sub> por tonelada de producto terminado se realiza a un coste relativamente bajo.

El documento JP-A-52 116 702 divulga un procedimiento de aglomeración de minerales de hierro sobre banda, en el que se añade oxígeno o un gas que contiene oxígeno al gas comburente aspirado a través de la carga, para controlar la concentración en CO<sub>2</sub> en los humos recogidos bajo la carga, en un intervalo de 25 a 60%, y la concentración en CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O en un intervalo de 25 a 75%. Los humos recogidos son reciclados y reinyectados en la entrada con el gas comburente después de pasar por un horno de conversión de gas con vistas a descomponer los óxidos de nitrógeno y realizar una desulfurización.

#### **Objetivos de la invención**

La presente invención prevé proporcionar una solución que permita librarse de los inconvenientes del estado de la técnica.

En particular, el objetivo de la invención es aumentar el índice de reciclaje de los humos mucho más allá de lo que se realiza según el estado de la técnica, y en particular suprimir total o prácticamente totalmente, de manera económicamente interesante, las emisiones contaminantes residuales en la atmósfera, incluyendo el CO<sub>2</sub> si es necesario.

La presente invención debe permitir asimismo evitar totalmente los efectos negativos de un índice elevado de reciclaje de los humos sobre los rendimientos del procedimiento de aglomeración.

#### **Principales elementos característicos de la invención**

Un primer objeto de la presente invención se refiere a un procedimiento de aglomeración de minerales de hierro sobre una banda, preferentemente formada por una rejilla móvil sin fin, y de tratamiento de los gases procedentes de dicho procedimiento, que comprende las operaciones siguientes:

- depositar sobre la banda, en forma de una capa permeable, una carga que comprende una mezcla de minerales de hierro y de combustible sólido;
- encender dicha carga en su superficie superior con la ayuda de una campana de encendido;

- aspirar un gas comburente a través de dicha carga, en el sentido de su superficie superior hacia su superficie inferior, para hacer progresar un frente de combustión sobre todo el espesor de la capa formada por la carga, obteniéndose una torta aglomerada obtenida al final de esta última operación;
- reciclar directamente una parte de los gases recogidos bajo dicha carga reinyectándolos, con el gas comburente citado anteriormente, a través de la superficie superior de la carga;
- descargar la banda de dicha torta de aglomeración;

caracterizado porque el procedimiento comprende además las operaciones siguientes:

- secar una parte no reciclada de los gases recogidos bajo dicha carga;
- someter a una descarbonatación, es decir una extracción del CO<sub>2</sub>, a los gases que han sufrido la operación anterior de secado, e
- inyectar el flujo residual de gas después de la descarbonatación en un reactor metalúrgico, por ejemplo de fusión reductora, incluyendo un alto-horno;

porque los gases aspirados a través de la carga comprenden, además de los gases reciclados, oxígeno puro o técnico inyectado a partir de una fuente externa a la instalación de aglomeración, y porque el índice de reciclaje de los gases recogidos bajo la carga y la cantidad en oxígeno externo inyectado a través de la carga se seleccionan para obtener un contenido en oxígeno en el flujo residual de gas después de la descarbonatación, inyectado en el reactor de metalurgia, de por lo menos 50%, preferentemente por lo menos 80% y preferentemente de por lo menos 90%. El procedimiento de la invención permite valorizar el excedente de oxígeno no consumido en la combustión, en forma de un flujo residual inyectado en un horno metalúrgico. El experto en la materia no encontrará entonces ninguna dificultad saliendo de su práctica rutinaria para ajustar los diferentes flujos de gas en el procedimiento, efectuando un número limitado de ensayos, con vistas a alcanzar el contenido deseado en oxígeno en el gas residual inyectado en el horno metalúrgico.

Según una forma de realización particularmente preferida de la invención, el flujo residual de los gases no reciclados directamente, secados y que han sufrido la operación de descarbonatación se inyecta en las toberas de un alto-horno.

En particular, el alto-horno utilizado puede ser de tipo "ULCOS" (variante principal), es decir en particular con emisión reducida de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

En el seno de este tipo de alto-horno, se recicla una parte o la mayor parte del gas de tragante después de haberle sometido a una operación de condensación del vapor de agua que contiene, así como una operación de descarbonatación. Está particularmente adaptado para ser alimentado a nivel de sus toberas esencialmente por medio de oxígeno técnico frío y de materias carbonadas tales como carbón pulverizado. Para el buen funcionamiento de este tipo de alto-horno, es esencial que el contenido en nitrógeno inyectado en las toberas sea el más bajo posible.

Según este primer modo de realización preferido de la invención, los flujos de gas pueden entonces ser ajustados para que el contenido en nitrógeno (y argón) del flujo residual de gas que procede del procedimiento de aglomeración e inyectado en el alto-horno sea inferior a 10%, preferentemente a 2%.

Todavía según este primer modo preferido de la invención, por lo menos 90%, incluso la totalidad, del volumen de los gases recogidos bajo la banda se recupera o bien en el circuito de reciclaje, o bien en el circuito de secado, descarbonatación e inyección en el reactor metalúrgico.

Preferentemente, el volumen de gas residual inyectado en el reactor metalúrgico, expresado en las condiciones normales de presión y temperatura, es por lo menos 5 veces menor que el volumen total de los gases recogidos bajo la banda.

Un segundo objeto de la presente invención se refiere a un procedimiento de aglomeración de minerales de hierro sobre una banda, preferentemente formada por una rejilla móvil sin fin, y de tratamiento de los gases procedentes de dicho procedimiento, que comprende las operaciones siguientes:

- depositar sobre la banda, en forma de una capa permeable, una carga que comprende una mezcla de minerales de hierro y de combustible sólido;
- encender dicha carga en su superficie superior con la ayuda de una campana de encendido;

- aspirar un gas comburente a través de dicha carga, en el sentido de su superficie superior hacia su superficie inferior, para hacer progresar un frente de combustión sobre todo el espesor de la capa formada por la carga, obteniéndose una torta aglomerada al final de esta última operación;

5 - reciclar directamente una parte de los gases recogidos bajo dicha carga reinyectándolos, con el gas comburente citado anteriormente, a través de la superficie superior de la carga;

- descargar de la banda dicha torta de aglomeración;

10 caracterizado porque el procedimiento comprende además las operaciones siguientes:

- secar la parte no directamente reciclada de los gases recogidos bajo dicha carga;

15 - hacer sufrir una descarbonatación, es decir una extracción del CO<sub>2</sub>, a los gases que han sufrido la operación anterior de secado,

- reciclar el flujo residual de gas después de la descarbonatación mediante reinyección a través de la superficie superior de la carga;

20 porque los gases aspirados a través de la carga comprenden, además de los gases reciclados, oxígeno puro o técnico inyectado a partir de una fuente externa a la instalación de aglomeración, y porque la cantidad en oxígeno externo inyectado a través de la carga se selecciona para obtener un contenido en oxígeno en el flujo residual de los gases no reciclados directamente, secados y que han sufrido la descarbonatación, en el momento de la reinyección de dicho flujo residual a través de la superficie superior de la carga, de por lo menos 40%. El experto en la materia  
25 no encontrará tampoco ninguna dificultad saliéndose de su práctica rutinaria para ajustar los diferentes flujos de gases en el procedimiento, efectuando un número limitado de ensayos, con vistas a alcanzar el contenido deseado en oxígeno en el gas residual reinyectado a través de la parte superior de la carga.

30 Preferentemente, el volumen de gas residual reinyectado a través de la parte superior de la carga, expresado en las condiciones normales de presión y temperatura, es por lo menos 5 veces menor que el volumen total de los gases recogidos bajo la banda.

35 Según este modo de realización preferido, se efectúa una purga de los gases bajo la carga, preferentemente a altura de la campana de encendido, seguida de una limpieza de los polvos y de un reenvío a la atmósfera, para impedir la acumulación de nitrógeno en el procedimiento de aglomeración. Preferentemente, esta purga no representa más de 10% del volumen total de los gases recogidos bajo la carga.

40 Ventajosamente, según los dos modos de realización preferidos, el flujo residual de los gases no reciclados directamente sufre una operación de limpieza de los polvos fina y/o de eliminación de los SO<sub>x</sub> y/o de los metales pesados y alcalinos, previa a la operación de secado y de descarbonatación.

45 Asimismo, según los dos modos de realización preferidos, debido a la aportación en oxígeno externo, el índice de reciclaje de los humos puede ser aumentado, con respecto a la situación del estado de la técnica, sin afectar sustancialmente los rendimientos de la aglomeración.

50 Todavía según los dos modos de realización preferidos, la parte de los gases no reciclada directamente se recoge ventajosamente selectivamente bajo la carga, preferentemente bajo la segunda mitad o el último tercio de la cadena de aglomeración y sufre un tratamiento complementario para eliminar contaminantes ácidos, por ejemplo con cal.

55 Por último, según la invención, el agua que procede del secado de la parte no reciclada directamente de los gases recogidos bajo la carga se recupera mediante condensación. Una parte de esta agua se utiliza ventajosamente como refuerzo para una operación de granulación de la carga antes de la deposición sobre la banda.

### Breve descripción de las figuras

55 La figura 1 representa esquemáticamente un ejemplo de los principales flujos gaseosos que corresponden al procedimiento de aglomeración mejorado según una primera forma de realización preferida de la presente invención para la producción de una tonelada de aglomerado.

60 La figura 2 representa esquemáticamente un ejemplo de los principales flujos gaseosos que corresponden al procedimiento de aglomeración mejorado según una segunda forma de realización preferida de la presente invención para la producción de una tonelada de aglomerado.

### Descripción detallada de la invención

65 La presente invención se caracteriza por las modificaciones siguientes del procedimiento de aglomeración y del

tratamiento de los humos que genera:

- 5 - el gas aspirado a través de la carga está constituido esencialmente por humos reciclados y por oxígeno, puro o técnico;
- 10 - estando los gases después de la combustión en la capa de aglomeración casi exentos de nitrógeno, sus componentes principales son el vapor de agua, el dióxido de carbono y el oxígeno, y después solo y en proporciones mucho más bajas los contaminantes clásicos de la aglomeración de los minerales de hierro citados anteriormente;
- 15 - el gas no reciclado se seca mediante simple condensación. El agua recogida puede ser reciclada parcial y ventajosamente directamente en la etapa de granulación de la carga antes del depósito sobre la cadena, necesitando esta etapa sistemáticamente un refuerzo de agua;
- 20 - después del secado, el gas residual (rico en dióxido de carbono) sufre una operación de descarbonatación. Después de ésta, sólo queda un flujo residual rico en oxígeno (50 a 90%) y un volumen muy bajo con respecto a los humos de aglomeración obtenidos sin reciclaje de los humos (entre 30 y 400 Nm<sup>3</sup> por tonelada de aglomerado frente a típicamente 1.800 a 2.000 Nm<sup>3</sup>/tonelada);
- 25 - más que descontaminar este flujo residual limitado antes de enviarlo a cualquier chimenea, se inyecta este flujo, principal o totalmente, a las toberas de un alto-horno. Esto permite, en un caso extremo, suprimir totalmente la chimenea de la fábrica de aglomeración, lo cual constituiría una solución interesante para los problemas de contaminación atmosférica generados por la cadena de aglomeración, y asimismo valorizar el oxígeno como componente principal del flujo gaseoso residual y de librarse de los contaminantes residuales sin transferencia de contaminación. En efecto, los NO<sub>x</sub> están suprimidos al 100% en las condiciones reductoras de la zona a alta temperatura del alto-horno, el azufre, esencialmente en forma de SO<sub>2</sub> en los humos, encontrándose por su parte esencialmente en la escoria del alto-horno y en mucho menor medida en la fundición, siendo las dioxinas y otros componentes orgánicos destruidos térmicamente.

30 Con respecto a la problemática de los gases con efecto invernadero, el procedimiento permite ventajosamente prever un almacenamiento "económico" del CO<sub>2</sub>, prácticamente puro, retirado durante la etapa de descarbonatación de los humos.

35 El procedimiento de la invención permite además ahorrar todavía más energía que en el caso del reciclaje de los humos descrito en el estado de la técnica, porque:

- 40 - el rendimiento de combustión del combustible sólido es superior (relación CO/CO<sub>2</sub> más baja) gracias a un gas aspirado a través de la carga:
  - rica en vapor de agua a consecuencia del reciclaje exhaustivo de los humos y a la casi ausencia de nitrógeno,
  - eventualmente rica en oxígeno según el nivel de refuerzo en oxígeno puro o técnico, particularmente en la primera forma de realización preferida descrita a continuación;
- 45 - el índice incrementado de reciclaje de los humos corresponde a un índice incrementado de recuperación de calor *in situ*.

#### 50 Descripción de modos de realización preferidos de la invención

Una primera forma de realización particularmente ventajosa de la presente invención se describirá a continuación, en relación con una utilización que hace intervenir un alto-horno de alto rendimiento en términos de emisión de CO<sub>2</sub> tal como un alto-horno del tipo de los que son objeto de estudios en el marco del programa "ULCOS" (*Ultra Low CO<sub>2</sub> Steelmaking*). El proyecto de investigación europeo ULCOS implica la mayoría de los industriales siderúrgicos europeos, así como de los equipamientos, de los centros de investigaciones y universidades, etc. Tiene asimismo como objetivo reducir drásticamente las emisiones de CO<sub>2</sub>, en particular en los altos-hornos, aplicando nuevas tecnologías pobres en carbono a las configuraciones industriales existentes, pero también explorar unas vías más radicales que podrían servir para redirigir las inversiones en siderurgia en la era post-Kyoto. Unos ejemplos de tecnologías previstas son la captura y el almacenamiento del CO<sub>2</sub>, una mayor utilización del metano, del hidrógeno y de la biomasa, las tecnologías que utilizan la electricidad, etc.

65 En la técnica de la variante principal de un alto-horno denominado de tipo "ULCOS", el gas de tragante está en su mayoría reciclado después de la condensación del agua y de la descarbonatación, por un lado en la parte inferior de la cuba, después del calentamiento y/o por otra parte en las toberas, con o sin calentamiento, lo cual permite utilizar mejor el potencial reductor de los agentes carbonados y reducir sustancialmente su consumo y por tanto la emisión de CO<sub>2</sub> por tonelada de fundición producido. Otra característica de este alto-horno es que el viento caliente (es decir

aire a aproximadamente 1.150-1.200°C) habitualmente inyectado a las toberas se sustituye por oxígeno frío con el fin de minimizar las entradas de nitrógeno (N<sub>2</sub>) en el sistema. El nitrógeno tiende en efecto a acumularse en el alto-horno debido al reciclaje del gas de tragante descarbonatado. Ahora bien, cualquier contenido excesivo en N<sub>2</sub> reduce de manera prohibitiva la cinética de las reacciones de reducción de los óxidos de hierro.

La figura 1 describe esquemáticamente el resultado de una simulación que proporcionan los principales flujos gaseosos utilizados en cada etapa del procedimiento para obtener una tonelada de aglomerado terminado, en el caso extremo en el que la totalidad del oxígeno necesario para el alto-horno está aportado a través del flujo gaseoso residual de la aglomeración, secado y descarbonatado.

La instalación para la realización del procedimiento de la invención comprende típicamente una banda de aglomeración 1 corriente arriba de la cual se encuentra un granulador 2 y una tolva de carga 3 para depositar sobre la banda, en forma de una capa permeable, una carga de minerales y de combustible sólido tal como polvo de coque o carbón. La capa superior de esta carga se enciende a nivel de una campana de encendido 4. Los gases reciclados y el oxígeno técnico externo son inyectados a nivel de la superficie de la banda por medio de una campana de reciclaje 5. El conjunto de los humos se recupera entonces bajo la banda a través de un colector de humos o sistema de aspiración 6. Después de la filtración de los polvos en bruto en un electrofiltro 7, una parte importante de los gases se recicla mediante el envío a la campana de reciclaje 5. Después de una etapa de desulfurización, por ejemplo mediante inyección de polvo o disolución a base de cal en el flujo gaseoso, y paso en un filtro productivo 17 que permite la eliminación de los polvos finos (sub-productos de la desulfurización, metales pesados tales como zinc o plomo, alcalinos, etc.), la parte no reciclada de los gases recogidos sufre las etapas de secado, descarbonatación e inyección a las toberas 9 de un alto-horno 8. En este, la mayor parte de los gases de tragante se recicla sufriendo las operaciones sucesivas de secado y descarbonatación. Una fracción de este gas sufre un calentamiento en un calentador 10 antes de la reinyección en la parte inferior de la cuba del alto-horno. La otra fracción de este gas se recicla a las toberas del alto-horno con o sin calentamiento. La torta de aglomeración se descarga en el extremo de la banda 1 a nivel de un triturador de tipo "erizo" 11. Una parte del agua obtenida por condensación durante el secado de los humos de aglomeración no reciclados puede ser utilizada como refuerzo para el granulador 2.

Los gases que se reciclan para ser inyectados a través de la capa de aglomeración contienen 36% de O<sub>2</sub>, lo cual hace que en total, el gas comburente tiene un contenido de 46% en O<sub>2</sub>, debido al oxígeno técnico añadido. Después del secado y de la descarbonatación, la cantidad de gas desviada hacia la alimentación del alto-horno corresponde en el ejemplo a más o menos 1/10<sup>3</sup> de la cantidad total de los gases recogidos bajo la cadena de aglomeración. La composición del gas de alimentación del alto-horno es en este caso: 92% de O<sub>2</sub>, 1,6% de (N<sub>2</sub>+Ar), 2,1% de CO, 3% de CO<sub>2</sub>, 1% de H<sub>2</sub>O y 0,3% de (SO<sub>x</sub>+NO<sub>x</sub>).

El nuevo procedimiento de aglomeración descrito más arriba presenta una sinergia muy particular con la variante principal del alto-horno ULCOS, debido a que este último consume mucho más oxígeno (en forma pura o técnica) que el alto-horno clásico. Si la totalidad o parte de este oxígeno se lleva a través del gas residual de la aglomeración, después del secado y de la descarbonatación, esto permite que la aglomeración funcione de manera económicamente viable a unos contenidos en oxígeno en el gas aspirado a través de la carga claramente más allá de lo que se practica en la actualidad, es decir hasta 30-50% contra sólo 21% en aglomeración convencional sin reciclaje de los humos y 15 a 18% en caso de reciclaje "clásico". Esto se realiza sin desperdiciar oxígeno puesto que el flujo residual no es vertido a la chimenea, sino totalmente valorizado en el alto-horno. Esto permite suprimir totalmente los efectos nefastos del reciclaje de los humos sobre los rendimientos de aglomeración. Se puede incluso esperar unas ganancias sustanciales de productividad, debido al contenido elevado en oxígeno y al calor específico elevado de los gases aspirados a través de la capa.

La figura 2 corresponde a una variante de la simulación descrita en la figura 1. La parte de los gases recuperados en el colector de humos 6, no reciclada en un primer tiempo y que ha sufrido las etapas de limpieza de polvos grandes y finos, secado y descarbonatación es rica en O<sub>2</sub> (>40%). Es muy ventajoso reenviar este gas residual a nivel de la campana de reciclaje 5 para utilizarlo en el procedimiento de aglomeración. Esto permite reducir mucho la cantidad de oxígeno técnico exógeno a inyectar para producir la misma cantidad de aglomerado terminado (en el ejemplo representado en las figuras 1 y 2, 73 Nm<sup>3</sup> en lugar de 225 Nm<sup>3</sup> de oxígeno técnico). Por otra parte, en esta forma de realización preferida asimismo de la invención, se prevé una purga de gas 16, es decir esencialmente aire o nitrógeno, directamente por debajo de la torta de aglomeración, a la altura de la campana de encendido 4. Después de una limpieza de polvos 12 que permite eliminar ciertos contaminantes, estos gases de purga son enviados a la atmósfera mediante una chimenea 13. Esta última operación de purga tiene como objetivo evitar la acumulación de nitrógeno en el procedimiento.

Otras variantes del procedimiento pueden resultar asimismo ventajosas. En la figura 1, se observa que el colector de humos 6 está repartido sobre toda la longitud de la cadena de aglomeración. Como los humos generados son los más contaminados en la segunda parte de la cadena de aglomeración, se efectuará ventajosamente una extracción selectiva de los humos bajo la segunda mitad, preferentemente bajo el último tercio, de la cadena de aglomeración para hacerle sufrir un tratamiento complementario con cal, antes del secado, descarbonatación y reciclaje. Esto permite acumular mucho menos, incluso nada, de contaminantes ácidos y corrosivos tales como SO<sub>x</sub> y HCl en el bucle de reciclaje de los gases a lo largo del tiempo.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de aglomeración de minerales de hierro sobre una banda, formada preferentemente por una rejilla móvil sin fin, y de tratamiento de los gases procedentes de dicho procedimiento, que comprende las operaciones siguientes:
- depositar sobre la banda, en forma de una capa permeable, una carga que comprende una mezcla de minerales de hierro y de combustible sólido;
  - 10 - encender dicha carga en su superficie superior con la ayuda de una campana de encendido;
  - aspirar un gas comburente a través de dicha carga, en el sentido de su superficie superior hacia su superficie inferior, para hacer progresar un frente de combustión sobre todo el espesor de la capa formada por la carga, obteniéndose una torta aglomerada al final de esta última operación;
  - 15 - reciclar una primera parte de los gases recogidos bajo dicha carga reinyectándolos, con el gas comburente citado anteriormente, a través de la superficie superior de la carga, comprendiendo los gases aspirados a través de la carga, además de los gases reciclados, oxígeno puro o técnico inyectado a partir de una fuente externa a la instalación de aglomeración;
  - 20 - purgar una segunda parte de los gases recogidos bajo dicha carga y reenvío de éste a la atmósfera;
  - descargar de la banda dicha torta de aglomeración;
- 25 caracterizado porque el reciclaje de los gases recogidos bajo la carga se subdivide en un reciclaje directo y un reciclaje indirecto, comprendiendo este último las operaciones siguientes:
- secar la parte no directamente reciclada de los gases recogidos bajo dicha carga;
  - 30 - hacer sufrir una descarbonatación, es decir una extracción del CO<sub>2</sub>, a los gases que han sufrido la operación anterior de secado;
  - reciclar el flujo residual de gas después de la descarbonatación mediante reinyección a través de la superficie superior de la carga;
- 35 de tal manera que la cantidad en oxígeno externo inyectado a través de la carga y la proporción de gas directamente reciclado e indirectamente reciclado se seleccionan para obtener un contenido en oxígeno en el flujo residual de los gases no reciclados directamente, secados y que han sufrido la descarbonatación, en el momento de la reinyección de dicho flujo residual a través de la superficie superior de la carga, de por lo menos 40%.
- 40 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque los gases son recogidos selectivamente bajo la carga, preferentemente bajo la segunda mitad o el último tercio de la cadena de aglomeración y sufren un tratamiento complementario para eliminar contaminantes ácidos, por ejemplo con cal.
- 45 3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha purga de los gases se efectúa bajo la carga, preferentemente a la altura de la campana de encendido, seguida de una limpieza de los polvos y de un reenvío a la atmósfera, para impedir la acumulación de nitrógeno en el procedimiento de aglomeración.
- 50 4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el volumen de gas residual reinyectado a través de la parte superior de la carga, expresado en las condiciones normales de presión y temperatura, es por lo menos 5 veces menor que el volumen total de los gases recogidos bajo la banda.
- 55 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el flujo residual de los gases no reciclados directamente sufre una operación de limpieza de los polvos finos y/o de eliminación de los SO<sub>x</sub> y/o de los metales pesados y alcalinos, previa a la operación de secado y descarbonatación.
- 60 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque una parte del agua procedente de la operación de secado de los gases se utiliza como refuerzo para una operación de granulación de la carga antes de la deposición sobre la banda.
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el agua procedente del secado de la parte no reciclada directamente de los gases recogidos bajo dicha carga se recupera mediante condensación.

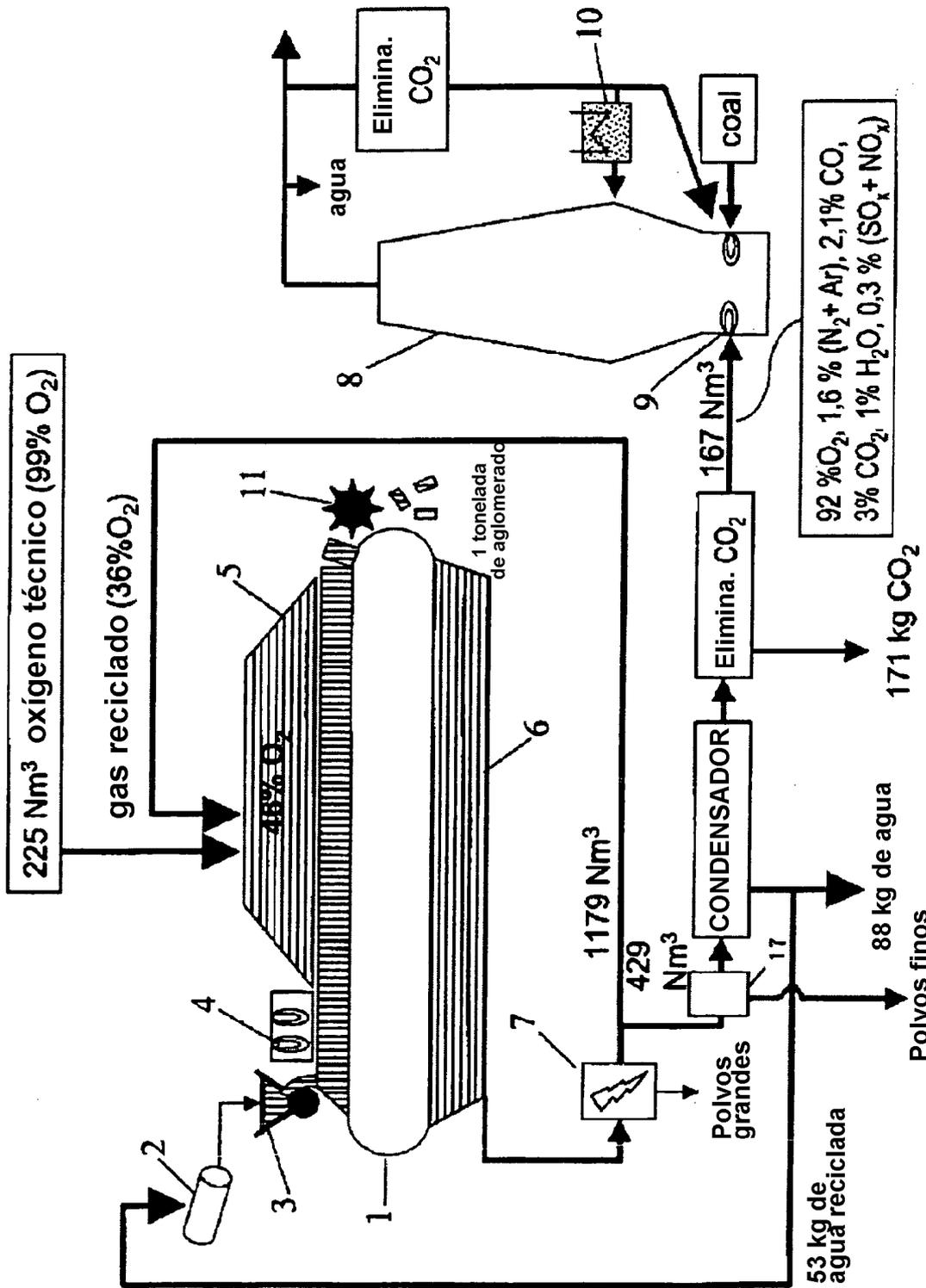


Fig. 1

(S, Zn, Pb, alcalinos,...)

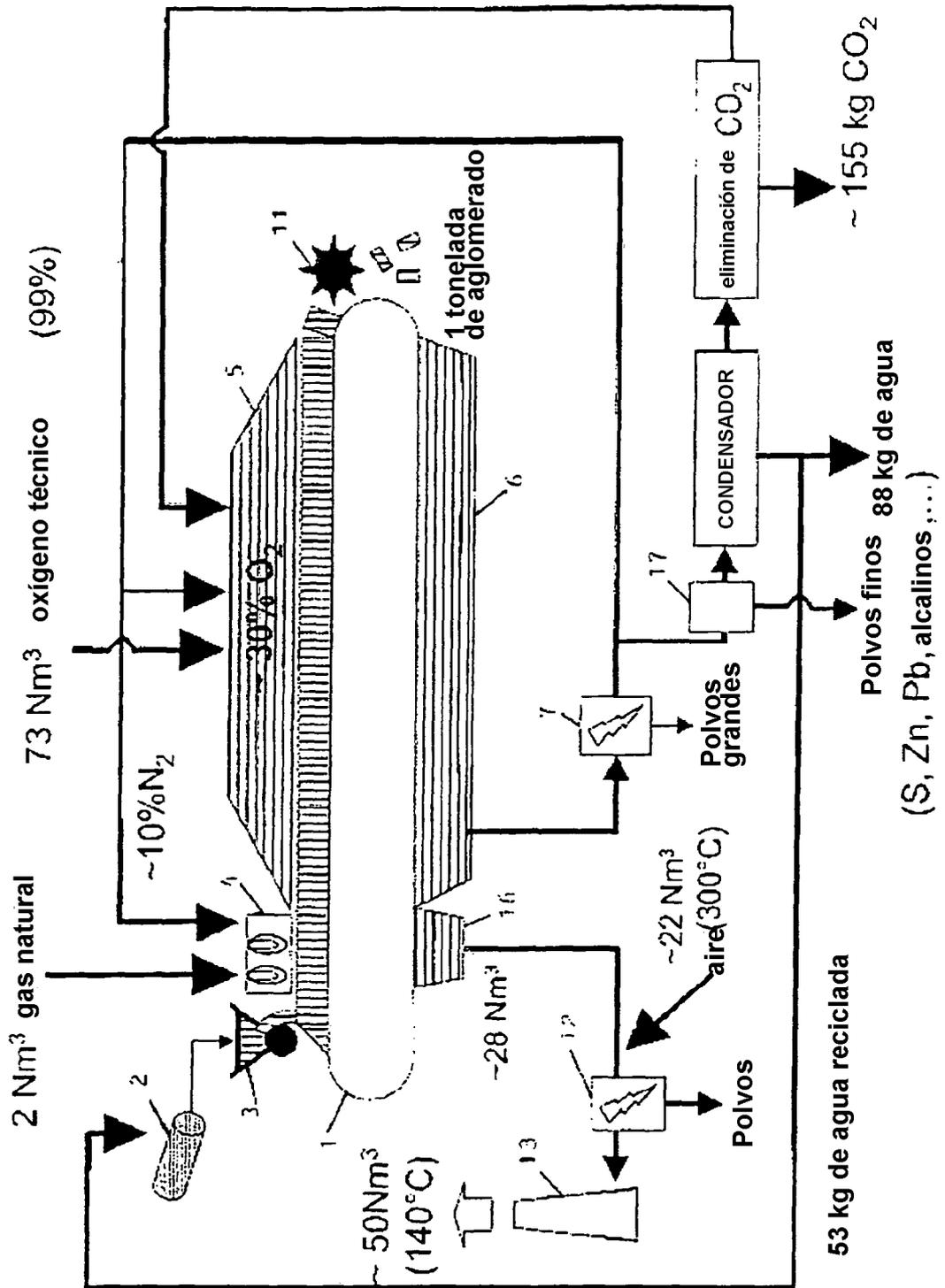


Fig. 2