

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 612 484**

51 Int. Cl.:

**B01D 46/24** (2006.01)  
**B01D 51/10** (2006.01)  
**B01D 53/00** (2006.01)  
**B01D 53/46** (2006.01)  
**B01D 53/75** (2006.01)  
**C21C 5/38** (2006.01)  
**C22B 7/02** (2006.01)  
**C22B 19/18** (2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.02.2010 PCT/US2010/025553**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **01.09.2011 WO11106012**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2010 E 10707167 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.10.2016 EP 2539041**

54 Título: **Aparato y procedimiento para el tratamiento de gases de escape que contienen vapores de zinc**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.05.2017**

73 Titular/es:  
**ARCELORMITTAL (100.0%)  
24-26 Boulevard d'Avranches  
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:  
**MA, NAIYANG**

74 Agente/Representante:  
**SALVA FERRER, Joan**

ES 2 612 484 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

APARATO Y PROCEDIMIENTO PARA EL TRATAMIENTO DE GASES DE ESCAPE QUE CONTIENEN VAPORES DE ZINC

5

### CAMPO DE LA INVENCÓN

[0001] La invención está dirigida al tratamiento de gases de escape. Más específicamente, la invención se dirige a la separación y/o eliminación de polvo de gases de escape y a la producción de subproductos sólidos reciclables en un sistema de limpieza de gas de escape de horno de oxígeno básico.

10

### ANTECEDENTES

[0002] Los gases de escape son un subproducto de muchos procesos industriales y pueden contener una variedad de sustancias tales como plomo, cadmio, zinc, hierro y/o dioxinas. Muchas de estas sustancias se consideran perjudiciales para el medio ambiente y es necesario limpiarlas antes de que un gas de escape se pueda emitir a la atmósfera de forma segura. Estas sustancias, aunque son perjudiciales para el medio ambiente, se pueden reutilizar como materia prima siempre que sus concentraciones en los residuos sólidos recogidos sean suficientemente altas. Cuando se extraen del gas de escape, y, al mismo tiempo, se separan unas de otras, estas sustancias pueden encontrar un uso económico en el proceso de origen o en una instalación exterior. Por lo tanto, el tratamiento eficaz de los gases de escape y la separación de sustancias útiles en el proceso tiene importantes implicaciones financieras y ambientales.

15

20

[0003] Por ejemplo, el proceso para la fabricación de acero usando un horno de oxígeno básico creará un gas de escape que contiene una serie de componentes, incluyendo hierro y zinc. Después de cargar los desechos de acero en un horno de oxígeno básico, el hierro fundido de un alto horno se vierte en el horno, y el oxígeno de alta calidad se inyecta en el horno, usando típicamente una lanza de oxígeno refrigerado por agua. La introducción de oxígeno a alta velocidad provoca la oxidación de carbono, otras impurezas y algo de hierro en la mezcla, dando lugar a la producción de calor y la mezcla rápida. En el proceso de soplado de oxígeno, algunos materiales aditivos, como el fundente y la aleación, se añaden en el horno. Los desechos de acero a menudo contienen zinc, que pueden evaporarse fácilmente en el proceso de fabricación de acero. Debido a la fuerte turbulencia y las altas temperaturas asociadas con la fabricación de acero, se pueden generar 10 - 30 kg de polvo por tonelada de acero líquido a partir de la expulsión de la escoria líquida y el hierro fundido, la vaporización de los componentes evaporables como el zinc y el plomo, y el arrastre de materiales aditivos. El polvo sale con el gas de escape.

25

30

35

[0004] Los procedimientos anteriores de tratamiento de dichos gases no han considerado hacer que los residuos sólidos de gas de escape sean reciclables en el proceso de limpieza de gas. A menudo, los gases de escape se tratan mediante depuradores en húmedo, o se tratan inicialmente mediante colectores de polvo de gravedad y, a continuación, por precipitadores electrostáticos. Esto genera una mezcla de polvo o un lodo que a menudo contiene zinc. El nivel de zinc en el polvo o lodo es con frecuencia demasiado alto para reutilizarlo en un proceso de fabricación de hierro o acero, pero demasiado bajo para tratarlo económicamente en un centro de recuperación de zinc. En consecuencia, el polvo o los lodos a menudo se eliminan en vertederos, u ocasionalmente se reciclan utilizando un proceso posterior de coste elevado. Estos procesos posteriores típicamente mezclan el polvo o lodo con carbono o un carbono que contiene la sustancia para formar una mezcla que se convierte en pellets o briquetas. Esta mezcla se procesa posteriormente usando una serie de diferentes pasos, tales como la calefacción, la fusión, la volatilización y la reoxidación, para separar diversas sustancias.

40

45

[0005] Estos procedimientos anteriores, sin embargo, adolecen de una serie de inconvenientes. La eliminación de los residuos sólidos no reciclables es cada vez más costosa y puede no ser admisible. La combinación de los residuos sólidos con carbono o un material de carbono supone más gasto y pasos de procesamiento adicionales, tanto para formar la mezcla como para volver a separar después las sustancias iniciales. El calentamiento, la fusión y/o la volatilización de estas mezclas requiere una gran cantidad de entrada de calor, lo que da lugar a un gasto adicional, al desperdicio de recursos y a más contaminación. Además, estos tipos de procesos, así como otros procedimientos, no pueden eliminar de manera eficaz todas las sustancias nocivas de los gases de escape. Los procedimientos anteriores también son ineficaces para separar y aislar correctamente las sustancias útiles.

50

55

### RESUMEN

**[0006]** Es un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento para el tratamiento de gases de escape de un horno de oxígeno básico que permite una eliminación eficaz de zinc.

**[0007]** La presente invención está dirigida a un procedimiento de tratamiento de gases de escape. El procedimiento comprende, la recepción de un gas de escape que contiene zinc. El gas de escape se acondiciona para alcanzar la temperatura inicial deseada. A continuación, el gas de escape se introduce en un filtro de ciclón que elimina una primera cantidad de una sustancia del gas sin provocar condensación del zinc. El gas se transmite entonces a un filtro de cerámica que elimina una segunda cantidad de una sustancia del gas sin provocar condensación del zinc. El gas se acondiciona entonces por segunda vez, y, finalmente, se transmite a un filtro de mangas que elimina el zinc y el resto del polvo de los gases de escape.

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

**[0008]**

15

La figura 1 es una vista esquemática de un aparato de tratamiento de gas de escape a modo de ejemplo. La figura 2 es un diagrama de flujo que representa un procedimiento de ejemplo de tratamiento de un gas de escape.

#### **20 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES DE EJEMPLO Y LOS PROCEDIMIENTOS DE EJEMPLO**

**[0009]** Ahora se hará referencia en detalle a las realizaciones y procedimientos de ejemplo de la invención como se ilustra en los dibujos adjuntos, en los que los caracteres de referencia designan las partes similares o correspondientes en todos los dibujos. Cabe señalar, sin embargo, que la invención en sus aspectos más amplios no se limita a los detalles específicos, los procedimientos y dispositivos representativos y los ejemplos ilustrativos mostrados y descritos en relación con los procedimientos y realizaciones de ejemplo. Específicamente, aunque el aparato y el procedimiento se pueden usar para tratar una variedad de diferentes gases de numerosas fuentes, las realizaciones de ejemplo de la invención se discuten en relación a la filtración de gases de escape de un horno de oxígeno básico.

30

**[0010]** Usando el siguiente aparato y los procedimientos descritos, las sustancias se pueden separar y eliminar de un gas de escape de una manera eficiente. El aparato y el procedimiento descrito a continuación minimiza el número de dispositivos y los pasos necesarios para tratar eficazmente los gases de escape y recuperar sustancias valiosas. Esto es especialmente importante para maximizar el valor de los subproductos que se venden para su uso en una instalación exterior. Además, mientras que los procedimientos y dispositivos anteriores se han dirigido al tratamiento fuera de línea de los residuos sólidos de gases de escape, la invención descrita se refiere a un proceso en línea que utiliza la energía cinética y la energía térmica excedente de un proceso industrial para ayudar en el tratamiento de los residuos sólidos de los gases de escape.

40

**[0011]** Inicialmente, el gas de escape se recibe de un proceso industrial 10, por ejemplo, un horno de oxígeno básico. La concentración de impurezas presentes en el gas puede variar y, por ejemplo, puede ser de aproximadamente 100 a 300 gramos por metro cúbico. En un ejemplo de realización, el gas se recibe directamente del proceso industrial 10, aunque puede someterse a un tratamiento o procesamiento previo según sea necesario. Cuando se recibe el gas, entra en una primera unidad de acondicionamiento 12. La unidad de acondicionamiento 12 puede realizar una serie de operaciones en el gas, por ejemplo, separación, ajustes de flujo, ajustes de presión o ajustes de temperatura. Cuando se trata de un ajuste de temperatura, el gas puede calentarse o enfriarse dependiendo de los parámetros de funcionamiento de los dispositivos de tratamiento posteriores y la temperatura inicial del gas de escape. El acondicionamiento de la temperatura del gas se puede conseguir usando una variedad de dispositivos de intercambio de calor de contacto directos o indirectos. Algunos ejemplos incluyen intercambiadores de calor tubulares, intercambiadores de calor de placa, intercambiadores de calor de líquido, columnas de rociado y atomizadores de agua. Un ejemplo de realización de la presente invención utiliza un atomizador de agua, tal como el sistema MicroMist™ de EnvrioCare, para acondicionar el gas de escape, cuyas especificaciones se incorporan aquí como referencia. Cuando se utiliza un atomizador de agua, el gas de escape pasa a través de una cámara que contiene boquillas de pulverización. Las boquillas dirigen el agua, que tiene forma de gotas de agua atomizadas, por toda la cámara. Esto acondiciona el gas ajustando la temperatura y aumentando el contenido de humedad. Por ejemplo, el gas se puede acondicionar a aproximadamente 1200 grados Celsius a medida que pasa a través de la unidad de acondicionamiento 12. El gas, sin embargo, puede acondicionarse a diferentes temperaturas, dependiendo de los dispositivos posteriores.

50

55

**[0012]** Después del tratamiento inicial en la unidad de acondicionamiento 12, el gas pasa a un primer filtro 14. Este filtro 14 debe ser capaz de eliminar una sustancia y/o partículas, por ejemplo, una cantidad de polvo, presente en el gas de escape. En un ejemplo de realización, cuando se utiliza en conexión con el gas de escape del horno de oxígeno básico, el primer filtro 14 elimina el polvo rico en hierro 16 del gas de escape sin provocar la condensación del zinc presente en el gas. Se puede usar un número de filtros diferentes para lograr los aspectos necesarios de la presente invención.

**[0013]** Un ejemplo de un filtro capaz de esto es un filtro de ciclón. Los filtros de ciclón vienen en una variedad de tipos adecuados que tienen diferentes parámetros de funcionamiento. Un ejemplo de este tipo son los filtros de ciclón axial disponibles de Paul Wurth S.A., y los filtros de ciclón calientes disponibles de Siemens VAI, cuyas especificaciones se incorporan aquí como referencia. Los filtros de ciclón reciben fluido a través de un orificio de entrada en ángulo en una carcasa que crea un efecto de ciclón, girando el fluido alrededor y a través del interior de la carcasa. El líquido luego vuelve hacia arriba y sale por la parte superior del filtro. El movimiento del fluido utiliza la inercia para separar las partículas más pesadas presentes en el gas de escape.

**[0014]** En un ejemplo de realización, se utiliza un filtro de ciclón caliente. Un filtro de ciclón caliente puede estar revestido con cerámica con el fin de manipular los gases a alta temperatura. Además, se puede utilizar una fuente de calor exterior para ajustar la temperatura interna del filtro. Estos filtros evitarán que el gas se enfríe, y evitarán así que la sustancia vaporizada 18 presente en el gas se condense. Esto permite que el filtro de ciclón caliente separe solamente el polvo 16 presente en el gas de escape. La geometría del filtro se puede diseñar y optimizado de acuerdo con la velocidad de flujo del gas de escape de manera que se elimine hasta el 50% en peso del polvo 16 presente en el gas.

**[0015]** Después de salir del primer filtro 14, el gas pasa a un segundo filtro 20. Este filtro 20 también debe ser capaz de eliminar las sustancias y/o partículas de los gases de escape, por ejemplo, el polvo 16 que queda en el gas después de pasar por el primer filtro 14. Al igual que con el primer filtro 14, esto debe lograrse sin condensación de sustancias vaporizadas, tales como zinc. En un ejemplo de realización, el segundo filtro 20 es capaz de eliminar casi todo el polvo 16 que queda en el gas de escape después de pasar a través del primer filtro 14. Se puede usar un número de filtros diferentes para lograr los aspectos necesarios de la presente invención.

**[0016]** Un tipo de filtro que se puede utilizar es un filtro de cerámica, tales como los disponibles bajo la designación Glosfume® y de Pall Corporation, cuyas especificaciones se incorporan aquí como referencia. Dependiendo del gas de escape, se pueden usar otros materiales similares para los elementos de filtro, tales como filtros de carbono también diseñados por Pall Corporation, cuyas especificaciones se incorporan como referencia.

**[0017]** Los filtros de cerámica usan cartuchos para eliminar las partículas presentes en un fluido a medida que pasa a través de la carcasa del filtro. El filtro de cerámica incluye cualquier número de cartuchos, cada uno con un filtro de paso que puede tener diversas formas, tales como rectangular, cuadrada o en forma de panel. Los cartuchos también pueden estar hechos de distintos materiales, incluyendo óxido de aluminio, óxido de sílice y carburo de silicio. Los filtros de cerámica pueden soportar una alta temperatura de funcionamiento, de modo que el gas no tenga que enfriarse después de salir del filtro 14. Cuando el gas de escape a tratar es de un horno de oxígeno básico, la alta temperatura del gas evitará la condensación del zinc de manera que puedan filtrarse y separarse otras sustancias de manera eficaz. Debido a que una parte del polvo 16 ya ha sido eliminada por el filtro anterior, el filtro de cerámica elimina hasta un 90% en peso del polvo 16 que queda en el gas de escape. Como un beneficio adicional, el filtro de cerámica elimina las partículas de tamaño más fino presentes en el gas de escape que pueden ser eliminadas por el filtro de ciclón.

**[0018]** Después de que el gas de escape haya pasado a través de los filtros primero y segundo 14, 20, la mayoría del polvo 16 contenido en el gas se habrá separado. Dependiendo del gas de escape, este polvo 16 puede ser utilizado, ya sea en el proceso industrial de origen o en una instalación exterior. Por lo tanto, el polvo 16 se puede recoger de los filtros primero y segundo 14, 20 para su reutilización. Dependiendo de la disposición, el polvo 16 de los filtros primero y segundo 14, 20 puede desembocar en el mismo lugar o en lugares separados. Entonces el polvo 16 puede ser recogido y reutilizado por la instalación o enviado a lugares separados.

**[0019]** En un ejemplo de realización en relación con el tratamiento de los gases de escape de un horno de oxígeno básico, el polvo 16 recogido por los filtros primero y segundo 14, 20 contendrá altas cantidades de hierro. Este polvo rico en hierro puede ser reutilizado en la planta de sinterización, que utilizará el polvo para añadir mineral de hierro fino cargado en la mezcla de sinterización. Debido a que el polvo rico en hierro se ha separado y está sustancialmente libre de zinc, se puede usar directamente en la planta de sinterización y luego en un alto horno sin

más procesamiento. Esto aumenta la eficiencia del proceso de fabricación de acero mediante la reducción de los costes y permite la reutilización de los materiales de desecho.

**[0020]** Después de pasar a través del segundo filtro 20, el gas entra en una segunda unidad de acondicionamiento 22. Al igual que con la primera unidad de acondicionamiento 12, pueden llevarse a cabo toda una serie de operaciones diferentes. Por ejemplo, el gas puede acondicionarse de nuevo para ajustar su temperatura, calentándolo o enfriándolo dependiendo de los parámetros de funcionamiento del dispositivo de tratamiento posterior. El acondicionamiento de la temperatura del gas se puede conseguir usando una variedad de dispositivos de intercambio de calor de contacto directos o indirectos. Algunos ejemplos incluyen intercambiadores de calor tubulares, intercambiadores de calor de placa, intercambiadores de calor de líquido, columnas de rociado y atomizadores de agua. La segunda unidad de acondicionamiento 22 puede ser del mismo tipo que la primera unidad de acondicionamiento 12. En un ejemplo de realización que utiliza un atomizador de agua, el gas de escape pasará a través de una cámara que contiene una boquilla de pulverización. Esta boquilla dirigirá el agua por toda la cámara para acondicionar de manera uniforme la temperatura del gas.

**[0021]** Después de pasar a través de la segunda unidad de acondicionamiento 22, el gas de escape pasa a través de un tercer filtro 24. Este filtro 24 está diseñado para eliminar las sustancias que permanecen en el gas de escape después de pasar por las etapas de tratamiento previas. Estas sustancias todavía pueden vaporizarse en el gas de escape o pueden haberse condensado como resultado de la unidad de acondicionamiento 22. En un ejemplo de realización en relación con el tratamiento de los gases de escape de un horno de oxígeno básico, el tercer filtro 24 elimina el zinc 18 presente en el gas. El filtro 24 puede ser de cualquier tipo convencional adecuado para este propósito.

**[0022]** En un ejemplo de realización, el tercer filtro 24 será un filtro de mangas, tales como los producidos por Aircon Corporation, Ducon o U.S. Air Filtration, Inc., cuyas especificaciones se incorporan como referencia. Los filtros de mangas típicamente utilizan una serie de bolsas de tela que filtran las partículas cuando un gas de escape pasa a través de ellas. El aire limpio saldrá a través de la parte superior del filtro de mangas, mientras que las partículas caen al fondo. Se pueden utilizar diferentes tipos de filtros de mangas, incluyendo los de aire inverso, los de chorro inverso y los de agitador mecánico. Las bolsas utilizadas en el filtro pueden estar hechas de una variedad de materiales incluyendo algodón tejido o de fieltro, fibra de vidrio o materiales sintéticos. El material utilizado dependerá de un número de factores, incluyendo la temperatura del gas que entra en el filtro, el tamaño de las partículas a filtrar, la presión de gas, etc. Por lo tanto, los materiales utilizados en el filtro de mangas se deben tener en cuenta al elegir una temperatura para acondicionamiento del gas en la etapa de acondicionamiento previo. En un ejemplo de realización, el filtro de mangas puede tener una temperatura de funcionamiento en el rango de los 260 grados Celsius.

**[0023]** Después de pasar a través del tercer filtro 24, el gas de escape tratado puede emitirse a la atmósfera o someterse a un procesamiento adicional dependiendo de las características y los contenidos del gas. La sustancia 18 filtrada a través del tercer filtro 24 se puede recoger y reutilizar, de forma similar al polvo 16 recogido de los dos primeros filtros 14, 20. En un ejemplo de realización en relación con el tratamiento de los gases de escape de un horno de oxígeno básico, como resultado de las sustancias ya eliminadas por los filtros anteriores 14, 20, la sustancia 18 separada por el tercer filtro 24 puede contener una alta concentración de zinc. Debido a la alta concentración de zinc, esta sustancia 18 es útil como materia prima. El zinc recogido se puede vender a otras industrias y utilizarse para una variedad de propósitos, tales como recubrimientos, producción de aleaciones y para uso en otros compuestos.

**[0024]** Como se muestra mejor en la figura 2, además del procedimiento y del aparato descrito anteriormente, un ejemplo de realización de la invención está dirigida a un procedimiento para el tratamiento de un gas de escape. Inicialmente, el gas se recibe en una primera etapa 26 de un proceso industrial y contiene zinc y un polvo rico en hierro. El gas de escape se acondiciona entonces en la etapa 28. Esta primera etapa de acondicionamiento la realiza un intercambiador de calor, como un atomizador de agua, y acondiciona el gas a una temperatura de unos 1200 grados Celsius que es superior a la temperatura de vaporización del zinc. Como resultado, el zinc no se condensa y permanece vaporizado. Entonces el gas pasa a través de un primer filtro 30 que elimina una primera cantidad de una sustancia, como el polvo que contiene hierro. La cantidad eliminada, por ejemplo, puede ser de hasta el 50% en peso. Entonces el gas pasa a través de un segundo filtro 32 que elimina una segunda cantidad de una sustancia, como una segunda cantidad de polvo. La cantidad eliminada, por ejemplo, puede ser de hasta el 90% en peso del polvo que queda en el gas de escape. Luego, el gas se somete a una segunda etapa de acondicionamiento 34. Esta etapa acondiciona el gas para lograr una segunda temperatura, por ejemplo 260 grados Celsius. Esta segunda etapa de acondicionamiento 34 también se puede realizar mediante un intercambiador de

calor, como un atomizador de agua. Entonces el gas pasa a través de un tercer filtro 36 que elimina otra sustancia, como el zinc contenido en el gas. En los pasos adicionales, el polvo rico en hierro separado por la primera etapa de filtrado 30 y la segunda etapa de filtrado 32 se puede recoger en el paso 38. De manera similar, el zinc separado por la tercera etapa de filtrado 36 se puede recoger en el paso 40.

5

**[0025]** Los expertos en la técnica entenderán que en la fabricación de acero de un horno de oxígeno básico (BOF), la generación de polvo es de entre 10 y 30 kg por tonelada de acero líquido; la generación de gas es de aproximadamente 101 metros cúbicos estándar por tonelada de acero líquido sin tener en cuenta la combustión del gas, la infiltración de aire y la refrigeración del agua; la concentración de polvo en el gas, si no se tiene en cuenta la combustión del gas, la infiltración de aire y la refrigeración del agua, es de unos 100-300 g por metro cúbico estándar; el vapor de zinc en el gas tiene una presión parcial  $<1 \times 10^{-2}$  atm, principalmente  $\sim 1 \times 10^{-3}$  atm. Un filtro de mangas de módem puede funcionar durante un período de tiempo prolongado a 260 ° C (500 ° F) o más. La invención descrita es capaz de operar en estas condiciones.

10

**[0026]** La descripción anterior de los ejemplos de realización de la presente invención se ha presentado a modo de ilustración. No se pretende que sea exhaustiva ni limitar la invención a las formas concretas descritas. Son posibles modificaciones o variaciones obvias teniendo en cuenta las enseñanzas anteriores. Las realizaciones descritas anteriormente se eligieron con el fin de ilustrar mejor los principios de la presente invención y su aplicación práctica para, de ese modo, permitir a los expertos en la materia utilizar de la mejor forma la invención en distintas realizaciones y con diferentes modificaciones que resulten idóneas para la utilización contemplada en particular, siempre que se sigan los principios descritos en el presente documento. Por lo tanto, se pueden hacer cambios en la invención descrita anteriormente sin apartarse de la intención y el alcance de la misma. Por ejemplo, se pueden añadir diferentes dispositivos y pasos a los ejemplos de realización descritos anteriormente sin apartarse del alcance de la invención. Por otra parte, se pueden proporcionar las características o componentes de una realización en otra realización. Así, la presente invención está destinada a cubrir todas las modificaciones y variaciones.

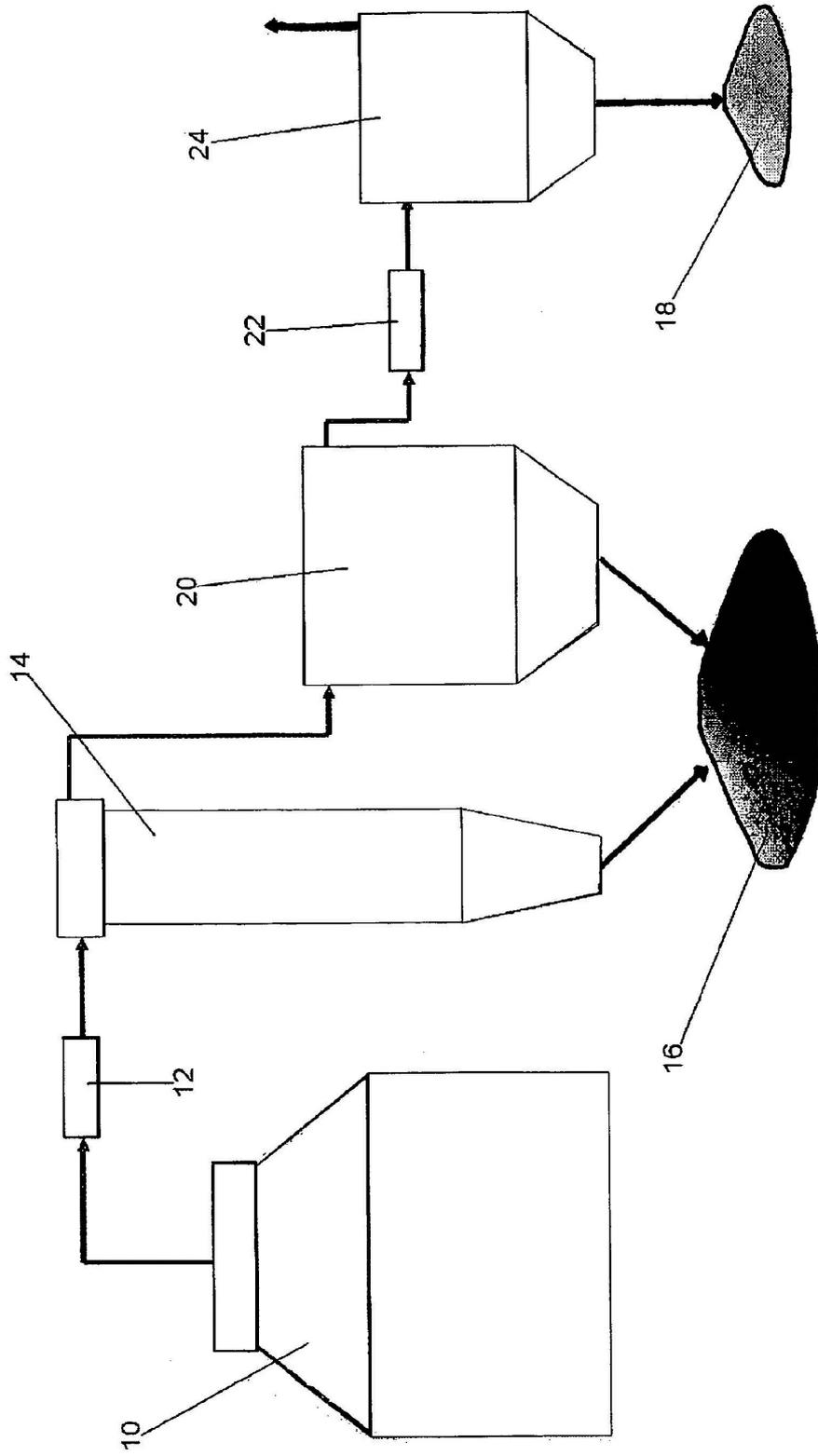
20

25

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de tratamiento de un gas de escape de un horno de oxígeno básico de fabricación de acero que comprende:
- 5 la introducción de un gas de escape de un horno de oxígeno básico de fabricación de acero que contiene polvo rico en hierro y zinc en una primera unidad de acondicionamiento (12) y el acondicionamiento del gas de escape en la primera unidad de acondicionamiento (12) para proporcionar gas de escape acondicionado;
- 10 la introducción del gas de escape acondicionado en un filtro de ciclón (14) en comunicación fluida con y situada aguas abajo de la primera unidad de acondicionamiento (12) y la realización de una primera etapa de filtrado en el filtro de ciclón (14) para retirar una primera porción del polvo rico en hierro presente inicialmente en el gas de escape de gas de escape acondicionado y de ese modo proporcionar un gas de escape filtrado;
- 15 la introducción del gas de escape filtrado en un filtro de cerámica (20) en comunicación con y situado aguas abajo del filtro de ciclón (14) y la realización de una segunda etapa de filtrado con el filtro de cerámica (20) para eliminar una segunda porción del polvo rico en hierro restante en el gas de escape filtrado después de dicha primera etapa de filtrado y de ese modo proporcionar un gas de escape aún más filtrado;
- 20 la introducción del gas de escape filtrado adicional en una segunda unidad de acondicionamiento (22) en comunicación con y aguas abajo del filtro de cerámica (20) y el acondicionamiento del gas de escape aún más filtrado en la segunda unidad de acondicionamiento (22) para proporcionar gas de escape aún más acondicionado; y la introducción del gas de escape acondicionado adicional en un filtro de mangas (24) en comunicación con y aguas abajo de la segunda unidad de acondicionamiento y la realización de una tercera etapa de filtrado con el filtro de mangas (24) para eliminar el zinc presente en el gas de escape filtrado adicional, donde el filtro de ciclón (14) funciona a una temperatura por encima de la temperatura de condensación del zinc para eliminar la primera parte del polvo rico en hierro de los gases de escape acondicionados sin condensación del zinc, y
- 25 donde el filtro de cerámica (20) funciona a una temperatura por encima de la temperatura de condensación del zinc para eliminar la segunda parte del polvo rico en hierro de los gases de escape filtrados sin condensación del zinc.
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, donde la primera etapa de filtrado elimina hasta el 50% del polvo rico en hierro inicialmente presente en el gas de escape.
- 30 3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, donde la segunda etapa de filtrado elimina hasta el 90% del polvo rico en hierro presente en el gas de escape filtrado después de que haya pasado a través de la primera etapa de filtrado.
- 35 4. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 3, donde la primera etapa de acondicionamiento acondicione el gas de escape a una temperatura de unos 1200 grados Celsius y/o donde la primera etapa de acondicionamiento la realice un atomizador de agua.
5. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 4, donde la
- 40 segunda unidad de acondicionamiento (22) es un atomizador de agua.
6. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 5, que comprende además la etapa de recogida de la primera parte del polvo rico en hierro del filtro de ciclón (14) y/o la etapa de recogida de la segunda parte del polvo rico en hierro del filtro de cerámica (20).
- 45 7. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 6, que comprende además la etapa de recogida del zinc del filtro de mangas (24).
8. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 7, que comprende
- 50 además el funcionamiento del acondicionador del primer gas (12) para acondicionar el gas de escape a aproximadamente 1200 grados Celsius.
9. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 8, que comprende además el funcionamiento del segundo acondicionador de gas (22) para acondicionar el primer gas de escape
- 55 acondicionado al rango de temperatura de funcionamiento del filtro de mangas (24).

Figura 1



**Figura 2**

