

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 731 875**

51 Int. Cl.:

**G01N 21/84** (2006.01)

**G01J 5/60** (2006.01)

**F23N 5/08** (2006.01)

**G01J 5/00** (2006.01)

**G01N 21/17** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.07.2005 PCT/FI2005/000327**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.05.2006 WO06048495**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2005 E 05764414 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 1815233**

54 Título: **Control de una caldera de recuperación o similar**

30 Prioridad:

**04.11.2004 FI 20041419**

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

**19.11.2019**

73 Titular/es:

**ANDRITZ OY (100.0%)**

**Tammasaarencatu 1**

**00180 Helsinki, FI**

72 Inventor/es:

**SAVIHARJU, KARI**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 731 875 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

Control de una caldera de recuperación o similar

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un método para controlar la operación de una caldera de recuperación u otra caldera que tiene un horno en que la operación es monitorizada por sensores de monitorización, convirtiendo dichos sensores la radiación electromagnética adquirida en señales eléctricas que son conducidas a una unidad de procesamiento de imágenes que forma una imagen de un objeto.

10 La presente invención se refiere especialmente a un método para controlar el lecho de residuo carbonoso en una caldera de recuperación, en que el lecho de residuo carbonoso es monitorizado por sensores de monitorización, convirtiendo dichos sensores la radiación adquirida en señales eléctricas que son conducidas a una unidad de procesamiento de imágenes que forma una imagen del lecho de residuo carbonoso basada en los datos procedentes de los sensores, y en que el lecho de residuo carbonoso es controlado con ayuda de la imagen formada en la unidad de procesamiento de imágenes.

**Antecedentes de la invención**

15 En el proceso de producción de pasta Kraft, un material fibroso, más habitualmente virutas de madera, es descompuesto formando pasta en un digestor bajo presión en una solución acuosa, calentada por vapor, de hidróxido de sodio y sulfuro de sodio, denominada licor blanco. Tras la cocción en el digestor, la pasta es separada del líquido residual denominado licor negro. El licor negro es una solución acuosa que contiene ligninas de madera, otro material orgánico, y compuestos inorgánicos oxidados en el digestor durante el proceso de cocción. Es secado en la planta de evaporación hasta una concentración de material sólida seca del 55-85% (concentrado) y luego el licor negro 2 es rociado (3) en el horno 1 de la caldera de recuperación, y quemado (en una caldera de recuperación) para recuperar sustancias químicas de cocción (figura 1), y generar vapor, que se usa en la fábrica de pasta para generación de electricidad, para cocción y secado de pasta, para secado de licor negro, y para otros requerimientos de energía.

25 El material inorgánico en el licor negro es recuperado en la caldera de recuperación para reutilización en el proceso de cocción. Esta recuperación requiere una atmósfera reductora especial en el horno inferior. Típicamente, esto se consigue creando un lecho de residuo carbonoso 4 sobre el fondo 10 del horno. La forma y el tamaño del lecho de residuo carbonoso dependen del diseño de la caldera, pero el lecho puede tener una altura de 1-2 metros en el punto más alto, calculada a partir de la altura de desbordamiento de material fundido 15. Las sustancias inorgánicas son extraídas del horno de la caldera de recuperación como material fundido 16a y 16b, en que los compuestos principales en el material fundido son típicamente  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y  $\text{Na}_2\text{S}$ , con cantidades menores de compuestos basados en potasio. Una cantidad menor de elementos no-de-proceso también fluyen saliendo del horno en el material fundido.

30 El licor es rociado en el horno desde diversas posiciones 3, que son denominadas bocas. Las bocas están situadas típicamente en un nivel, denominado nivel de alimentación de licor, pero también puede haber más niveles para satisfacer requerimientos especiales. Cuando es rociado licor en el horno, se calienta debido a la atmósfera caliente, lo que resulta en secado y en pirólisis. En la fase de pirólisis, la estructura orgánica del licor negro es destruida; parte del material terminará como gas de pirólisis en la atmósfera del horno, y parte del material sigue pasando como residuo carbonoso. Ambos flujos de material se inflaman y queman, hasta que el material orgánico se ha consumido. Sólo una parte muy pequeña del material orgánico original en el licor negro deja el horno sin quemar en calderas de recuperación modernas. Dependiendo del tamaño original de gotas, el residuo carbonoso se quema totalmente en vuelo, o termina en el lecho de residuo carbonoso 4, y sobre las paredes del horno. En calderas de recuperación modernas debería minimizarse el secado, la pirólisis y la combustión sobre paredes de horno. El lecho de residuo carbonoso está hecho de gotas de licor en combustión 12, residuo carbonoso en combustión y material inorgánico, en el cual compuestos de azufre están reaccionando desde una forma oxidada a una forma reducida. Esta reducción requiere la presencia de carbono, y por lo tanto el control del lecho de residuo carbonoso es esencial para conseguir una buena eficiencia de reducción. La eficiencia de reducción expresa qué porcentaje de azufre total en el material fundido, que fluye desde el horno 16a, 16b, está en forma reducida, es decir como  $\text{Na}_2\text{S} + \text{K}_2\text{S}$ . Típicamente es de por encima del 90%. Cuando la reducción es buena, la eficiencia de reducción es superior al 95-96%.

Pequeñas gotas de licor son también generadas durante el rociado de licor, y estas gotas 13 se secan, pirolizan y queman en vuelo. Las gotas, que finalmente entran en la zona de fondo del horno, tienden a contener azufre oxidado debido a la atmósfera de combustión en el horno superior. Entonces es necesario nuevamente carbono para la reducción de azufre. La buena reducción total requiere una buena cobertura de carbono sobre todo el fondo. Las reacciones entre carbono y azufre oxidado, el más importante de los cuales es  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , son altamente dependientes de la temperatura, y requieren energía. De este modo, sólo una capa superficial 14 relativamente fina sobre la superficie del lecho de carbono 4 está activa, lo que significa que el lecho de carbono no tiene que ser alto. Las posibilidades de control y características del rociado de licor y diferentes alimentaciones de aire de combustión, junto con las características de reducción, dictan en la práctica la forma del lecho de carbono. Si el lecho crece demasiado, hay un riesgo de que el lecho caiga dentro de bocas de aire, típicamente dentro de bocas de aire primarias, y un riesgo de que

se escape material fundido a través de toberas de material fundido hacia dentro del depósito de disolución o hacia dentro de depósitos de disolución.

Un proceso de combustión efectivo requiere que el lecho de carbono pueda ser controlado de forma fiable. De este modo, se ha reconocido durante muchos años una necesidad de monitorizar y controlar el tamaño y la forma del lecho de carbono en un sistema de recuperación Kraft; sin embargo, no ha estado disponible todavía ninguna técnica fiable para controlar automáticamente el lecho de carbono.

Las temperaturas de gas en el horno varían típicamente desde 100-200 °C, que es la temperatura del aire entrante y el licor, hasta 1200-1400 °C en las áreas más calientes del horno, que son por ejemplo el área en la que se introduce aire terciario en el horno, o en la que tiene lugar la combustión final. Sobre la superficie del lecho de residuo carbonoso la temperatura es típicamente de 900-1200 °C. La temperatura del material fundido que sale del horno es típicamente de 800-900 °C. Las paredes 8 limpias del horno tienen una temperatura de 250-400 °C, dependiendo de la presión de la caldera y del punto de observación; el tubo o la rebaba entre los tubos, que tiene una temperatura superior al tubo, dentro del cual se evaporan flujos de agua, enfrían las paredes del horno y generan la parte principal del vapor para sobrecalentamiento en sobrecalentadores. La deposición tiene lugar típicamente sobre paredes del horno, lo que eleva la temperatura superficial del depósito a valores más cercanos a las temperaturas en la fase de gas y en el lecho de residuo carbonoso.

Todas las superficies emiten radiación térmica. Esta radiación es básicamente continua, pero cambios en las propiedades de radiación, tales como la emisividad, en función de la temperatura provocan que la distribución de intensidad de radiación no siga la ley de Planck. Naturalmente, cuando la dependencia de las propiedades de radiación en función de la temperatura y composición es conocida, pueden generarse factores de corrección apropiados para adaptar las intensidades medidas a varias longitudes de onda, para estimar la temperatura superficial de la superficie radiante.

Los gases, líquidos y sólidos en la atmósfera de gas del horno emiten radiación igualmente, pero esta radiación está concentrada, al menos parcialmente, en espectros; y puede haber áreas en las longitudes de onda en las que la emisión o absorción de radiación sea débil. Estas ventanas ofrecen un potencial para obtener imágenes del lecho de residuo carbonoso. Las pequeñas partículas en el horno emiten radiación y dispersan radiación electromagnética entrante, complicando el sistema. De este modo, los fenómenos de radiación electromagnética en el horno son muy complejos. El factor clave para ser capaces de obtener imágenes del lecho de residuo carbonoso a través de la atmósfera de gas caliente circundante, con vapores y partículas, es recibir información de radiación electromagnética desde el lecho de residuo carbonoso, que no esté excesivamente afectada por la atmósfera circundante.

Es conocido usar una cámara de TV montada en una boca especial o en una boca de entrada de aire para monitorizar el lecho, es decir que la cámara de TV escanea continuamente información electromagnética desde el lecho y un equipo de TV proporciona una representación gráfica en el cuarto de control de modo que el operador puede usar esta representación gráfica para controlar el horno. El detector de este tipo de cámara opera hoy típicamente a una longitud de onda de en torno a 1,7 micrómetros. Un medio así para monitorizar la altura y forma del lecho con cámaras de TV y que tiene la capacidad de reaccionar automáticamente cuando el lecho se desvía más allá del límite respecto a una altura y/o forma predeterminadas y para controlar parámetros de operación del horno para mantener el lecho a la altura y/o forma requeridas ha sido divulgado en el documento CA 1166842. La caldera de recuperación está dotada de bocas para montar las cámaras de TV, o las cámaras pueden ser montadas en bocas de aire seleccionadas. La señal procedente de estas cámaras es transportada a través de líneas a un monitor de televisión que presenta visualmente la representación gráfica del lecho tomada por cada una de las cámaras en una pantalla de monitorización en el cuarto de control. La señal también es transportada a un procesador de imágenes de vídeo que digitaliza las imágenes captadas por cada una de las cámaras codificando cada punto de cada trama sobre la base de la sombra o nivel de gris o brillo para permitir que un analizador incorporado en el procesador de imágenes discrimine entre las diferentes sombras y por lo tanto obtenga la interferencia entre el lecho de residuo carbonoso y la atmósfera circundante. De esta manera, se determinan la posición de la interfaz y por lo tanto el contorno del lecho.

Aunque puede usarse una cámara sensible a la radiación visible, las partículas de humo y la radiación de gas provocan problemas en la región visible y la intensidad de las emisiones infrarrojas desde el área del proceso será mayor que las emisiones en la parte visible del espectro. Además, factores ambientales relacionados con el entorno del proceso pueden interferir con emisiones infrarrojas en menor medida que con emisiones visibles. Por estos motivos, una cámara infrarroja, tal como se divulga por ejemplo en el documento US 5.219.226, puede usarse para producir una imagen de vídeo representativa de la intensidad de la radiación infrarroja recibida.

Una desventaja de las soluciones de la técnica anterior que utilizan cámaras de TV convencionales o cámaras IR (infrarrojas) es que sólo son capaces de formar una vista plana (2D) del lecho de residuo carbonoso lo que no puede proporcionar una imagen fiable para propósitos de control.

Se han hecho algunos esfuerzos para obtener una imagen más fiable del lecho de residuo carbonoso. El documento JP-A-61130725 divulga un dispositivo de monitorización de lecho de residuo carbonoso en el que una cámara de TV y un dispositivo de procesamiento de imágenes están previstos para realizar una toma del lecho de residuo carbonoso y para

5 formar una imagen tridimensional del lecho de residuo carbonoso por medio de una señal de imagen. Sin embargo, en esta publicación JP la cámara de TV produce una señal de imagen 2D convencional, y la imagen 3D es obtenida posteriormente mediante procesamiento de datos de imagen con ayuda de la información de la vista plana. Esto requiere mucha capacidad de procesamiento de datos y no es un sistema adecuado para formar una imagen 3D del lecho de residuo carbonoso para propósitos de control. El documento JP-A-63188749 describe un dispositivo similar que comprende una pluralidad de dispositivos de toma de imágenes bidimensionales previsto sobre una superficie de pared de la caldera de recuperación.

10 Otra desventaja de las soluciones de la técnica anterior es que sólo operan en un cierto intervalo de longitudes de onda. Los sistemas de la técnica anterior usan por lo tanto filtros ópticos para limitar la longitud de onda de la radiación electromagnética, transmitida desde el lecho del que hay que obtener una imagen, típicamente a longitudes de onda superiores a 1 micrómetro. Típicamente, el filtro limita la luz transmitida a una banda estrecha, tal como se divulga por ejemplo en el documento US Re. 33.857 y US 5.368.471.

### Resumen de la invención

15 Constituye por lo tanto un objeto de la presente invención eliminar las desventajas de la técnica anterior y proporcionar un método mejorado para controlar la operación de una caldera de recuperación u otra caldera.

Constituye además un objeto de la presente invención proporcionar un método para controlar automáticamente el lecho de residuo carbonoso controlando el rociado del licor negro, y las alimentaciones de aire de combustión por medio de la información de imagen.

20 La presente invención está basada en el uso de una disposición de sensores 3D, mediante la cual puede obtenerse una imagen 3D en tiempo real del lecho de residuo carbonoso y procesarse para propósitos de control. Además, la presente invención está basada en el uso de varios intervalos de longitudes de onda en la formación de imágenes, tal como la formación de imágenes de lecho de residuo carbonoso (material fundido). La misma invención puede usarse para formar imágenes de la formación de acumulaciones de residuo carbonoso o sustancias químicas sobre paredes del horno.

25 Propiedades características de la presente invención se presentan en detalle en las reivindicaciones adjuntas.

30 Las ventajas de la presente invención son las siguientes: Las interferencias y el lecho de residuo carbonoso pueden ser separados fácilmente en el proceso de formación de imágenes comparando las imágenes 2D y/o 3D para diferentes longitudes de onda, y encontrando las correlaciones. Además, puede conseguirse una imagen fiable del lecho de residuo carbonoso. Y también de forma añadida puede construirse un mapa de temperatura superficial del lecho de residuo carbonoso ajustando las intensidades de radiación medidas para diversas longitudes de onda a la curva de distribución de intensidad de radiación de Planck. Y también de forma añadida puede modificarse un proceso estático de combustión de licor negro de modo que se convierta en un proceso controlado dinámicamente con tiempos de respuesta de control más cortos.

### Breve descripción de los dibujos

35 Lo que antecede, y objetos, características y ventajas adicionales de la presente invención se entenderán más claramente a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones preferidas de la presente invención, tomadas en conjunción con dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 es una figura esquemática en corte transversal de una caldera de recuperación de acuerdo con la presente invención, y

40 la figura 2 es un diagrama de bloques detallado del sistema de control de lecho de residuo carbonoso de acuerdo con la presente invención.

### Descripción detallada de realizaciones preferidas

45 La figura 1 presenta un horno de caldera de recuperación 1 en un proceso de producción de pasta Kraft para la combustión de licor negro. El licor negro 2 descargado en un proceso de digestión es inyectado en la caldera a través de boquillas de inyección 3 dispuestas en el horno 1. Dicho licor forma un lecho de residuo carbonoso 4 sobre el fondo 10, en la parte inferior del horno 1, y el lecho es quemado introduciendo aire de combustión en el horno de la caldera a través de aberturas de entrada 5a, 5b y 5c dispuestas a diferentes alturas (aberturas primarias 5a, aberturas secundarias 5b en la parte inferior y aberturas terciarias 5c en la parte central del horno 1, y en casos de combustión baja de NOx aberturas terciarias también en la parte superior del horno 1).

50 El lecho de residuo carbonoso es monitorizado mediante formación de imágenes 3D por ejemplo con tres sensores 6a a 6c dispuestos en torno a la caldera como se ve en la figura 1. Las señales procedentes de estos sensores son transportadas a través de líneas 7 a una unidad de control 8 para procesamiento de imágenes. La unidad de control procesa las señales y produce una imagen 3D del lecho de residuo carbonoso, que puede ser presentada visualmente

en una pantalla de monitorización 9 en el cuarto de control. El operador puede usar esta imagen para controlar manualmente el horno y por lo tanto el tamaño y forma del lecho de residuo carbonoso.

La figura 2 muestra el diagrama de bloques de la presente invención. Los sensores de imagen 6a a 6c son sensores 3D que constan de dos cabezas de sensor 11 y 12 adyacentes capaces de formar una imagen estéreo del lecho de residuo carbonoso con el fin de definir una posición alejada de cada punto en la superficie del lecho de residuo carbonoso y por lo tanto capaces de producir señales de imagen 3D para el procesamiento de imágenes en la unidad de control. En la práctica, la superficie 14 del lecho de residuo carbonoso 4 es dividida en elementos, el número de los cuales depende del número de celdas en los sensores. Por ejemplo en un horno con una sección transversal de 15 metros x 14 metros, un tamaño de elemento de 0,1 m x 0,1 m requiere 21000 celdas en condiciones ideales. Además, las cabezas de sensor 11, 12 son sensores con un amplio intervalo de longitudes de onda capaces de derivar señales de imagen a partir de un intervalo amplio que incluye varias ventanas espectrales, por ejemplo como se muestra en el documento US Re. 33.857, figura 2, de acuerdo con el cual las ventanas espectrales generalmente adecuadas para la formación de imágenes del lecho de residuo carbonoso, identificadas mediante el análisis anterior, incluyen las siguientes: 1,57 a 1,73 micrómetros; 2,23 a 2,43 micrómetros; 3,25 a 4,05 micrómetros; 4,80 a 5,30 micrómetros; 6,90 a 7,20 micrómetros; 7,60 a 7,80 micrómetros; 7,90 a 13,90 micrómetros, y también otras ventanas más allá de 13,90 micrómetros hasta un intervalo de longitudes de onda de milímetros o inferiores a milímetros. Las ventanas espectrales pueden incluir también el intervalo de longitudes de onda ultravioletas y visibles. Físicamente, las cabezas de sensor pueden estar integradas para todas las longitudes de onda usadas, o divididas en varios sectores. Los sectores pueden estar incluso físicamente separados; es decir, las cabezas de sensor están separadas para diferentes longitudes de onda usadas en el sistema para formación de imágenes.

Los sensores en las cabezas de sensor 11, 12 están contruidos de tal modo que son sensibles a señales a ciertas longitudes de onda, que se han escogido de tal modo que los procesos de combustión en el horno, y la atmósfera en el horno entre el lecho de residuo carbonoso y los sensores perturban en la menor medida posible las señales con origen en el lecho de residuo carbonoso. Un ejemplo es el microbolómetro superconductor de antena acoplada, o el pozo cuántico. Las señales recibidas a diferentes longitudes de onda son conducidas a la unidad de control de procesamiento de imágenes 14 para formar una imagen 3D del lecho, que puede ser entonces visualizada en la pantalla, pero la imagen puede ser también conducida a la unidad de control de lecho automática 15 en el sistema de control de caldera 16.

La otra posibilidad es que después de las cabezas de sensor 11 y 12 las señales sean conducidas a una unidad de filtro 13 que filtra las señales procedentes de los sensores en bandas relativamente estrechas (ventanas, véase anteriormente) BANDA1 a BANDAn que de nuevo evitan la perturbación procedente de la emisión de radiación térmica de gases, líquidos y partículas calientes en el horno 1. El filtrado puede tener lugar a través de dispositivos mecánicos, ópticos, relacionados con el material, o electrónicos, o a través de dispositivos que son una combinación de éstos. Tras el filtrado, las señales son conducidas a la unidad de control de procesamiento de imágenes 14 para formar una imagen 3D del lecho que puede ser entonces visualizada en la pantalla, pero la imagen puede ser conducida también a la unidad de control de lecho automática 15 en el sistema de control de caldera 16.

Los sensores son divididos en varios subsensores, en que cada uno de los subsensores son autoselectivos con relación al intervalo de longitudes de onda, es decir que reciben señales selectivamente en ciertos intervalos de longitudes de onda. Debido a que los sensores tienen por lo tanto diferentes cabezas de sensor para diferentes intervalos de longitudes de onda, se consiguen por lo tanto las ventanas necesarias. No es necesario ningún filtrado convencional, sino que en vez de ello el filtrado se basa en filtrado comparativo buscando la correlación de diferentes imágenes de sensor 2D con relación al tiempo y decidiendo cuándo es correcta la imagen y formando así la imagen 3D correcta.

La unidad de control automática 15 produce una señal de control de lecho CTRL 16 que puede usarse para el control de las boquillas de inyección de licor, por ejemplo de tal modo que la imagen del lecho dirige el movimiento de los actuadores de boquilla 17 móviles con lo que los actuadores mueven las boquillas de acuerdo con las instrucciones procedentes de la unidad de control 15. La unidad de control 15 puede basarse en reglas simples tal como en unidades de control básicas, usadas por ejemplo para controlar la temperatura del licor negro antes de que sea rociado dentro del horno, o la unidad de control 15 puede basarse en un modelo numérico del horno, generado con simulaciones de dinámica de fluidos computacional. La unidad de control 15 puede utilizar también métodos neuronales, lógica difusa o algoritmos bayesianos como ejemplos.

Las interferencias y el lecho de residuo carbonoso son separadas en el proceso de formación de imágenes comparando las imágenes 3D procedentes de áreas de diferentes longitudes de onda, y hallando las correlaciones y formando la imagen 3D final escogiendo las imágenes relevantes a partir de las imágenes de áreas de diferentes longitudes de onda.

Como se ha indicado anteriormente, la fase de filtrado en la que imágenes procedentes de diferentes frecuencias son comparadas entre sí, tomando preferiblemente en consideración la ley de radiación de Planck, tiene lugar antes de formar la imagen 3D sobre el material de imagen. Sin embargo, el filtrado puede tener lugar también tras formar la imagen 3D con lo que el filtrado en este caso es realizado para una imagen 3D que tiene interferencia causada por

ejemplo por combustión o radiación de los diferentes componentes gaseosos en el horno. Como resultado del filtrado, que preferiblemente al menos parcialmente es comparativo comparando los resultados procedentes de áreas de diferentes frecuencias, se obtiene entonces la imagen 3D final del lecho de residuo carbonoso.

5 Es obvio para una persona con experiencia en la técnica que diferentes realizaciones de la invención no están limitadas al ejemplo anteriormente descrito, sino que pueden variar dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

10 Es obvio para una persona con experiencia en la técnica que la recogida descrita de datos electromagnéticos para diferentes longitudes de onda, el filtrado y la comparación de los datos recogidos, según se ha descrito anteriormente para eliminar elementos perturbadores para señales electromagnéticas, para conseguir una representación gráfica bidimensional o tridimensional, puede aplicarse también para aplicaciones más sencillas que el lecho de residuo carbonoso de una caldera de recuperación. Aplicaciones potenciales incluyen por ejemplo superficies de transferencia de calor y su necesidad de soplado de hollín, componentes de caldera, tolvas de cenizas, depósitos de combustible, etc. en calderas de recuperación, en otras calderas alimentadas con biomasa, en calderas alimentadas con carbón. En diversos tipos de secaderos y hornos, la invención puede aplicarse para seguimiento y control de proceso, control de adherencia y acumulación, etc.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para controlar la operación de una caldera de recuperación u otra caldera que tiene un horno en que la operación es monitorizada por sensores de monitorización,
- 5 convirtiendo dichos sensores la radiación electromagnética adquirida en señales eléctricas que son conducidas a un procesamiento de imágenes que forma una imagen de un objeto, tal como un lecho de residuo carbonoso y/o un residuo carbonoso y/o sustancias químicas sobre las paredes del horno y/o depósitos sobre superficies de la caldera, y la imagen es formada sobre la base de los datos procedentes de los sensores, y controlar la operación usando la imagen, en que la operación incluye la combustión del lecho de residuo carbonoso y/o la formación de residuo carbonoso y/o
- 10 **caracterizado** sustancias químicas sobre las paredes del horno y/o la formación de depósitos sobre superficies de la caldera,
- porque** los sensores (6a-6c) producen señales de sensor para formación de imágenes 3D (tridimensionales), cuyos sensores (6a-6c) son sensores de amplio rango y adquieren datos de radiación en varios intervalos de longitudes de onda, y dichos intervalos incluyen intervalos ultravioletas, visibles, IR y de longitudes de onda de milímetros,
- 15 **porque** las señales de sensor son conducidas a una unidad de procesamiento de imágenes (14) para formar una imagen 3D, tal como una imagen del lecho y/o del residuo carbonoso y/o de las sustancias químicas, y/o derivadas que describen su forma, y/o un mapa de temperatura de la superficie de lecho (14), y
- porque** el procesamiento de imágenes comprende además una fase de filtrado en que las señales de sensor o la imagen 3D son/es filtrada(s) con el fin de evitar la emisión de radiación térmica de gases, líquidos y/o partículas calientes en el horno, en que las señales de sensor o la imagen 3D son/es conducida(s) a una unidad de filtro (13) que filtra las señales/imágenes en varias bandas relativamente estrechas (BANDA1 a BANDAn),
- 20 con lo que la imagen 3D final es obtenida mediante análisis comparativo de las señales de sensor de diferentes bandas escogidas de frecuencias o las imágenes 3D de diferentes bandas escogidas de frecuencias.
2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el filtrado tiene lugar después de formar la imagen 3D con lo que el filtrado se hace para imágenes que tienen interferencia causada por ejemplo por combustión o radiación de los diferentes componentes gaseosos en el horno, y porque como resultado del filtrado se obtiene la imagen 3D final del lecho de residuo carbonoso.
- 25 3. Método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el filtrado tiene lugar antes de formar la imagen 3D de modo que señales de sensor son conducidas a una unidad de filtro (13) que filtra las señales procedentes de los sensores en varias bandas relativamente estrechas (BANDA1 a BANDAn) de las cuales al menos dos bandas evitan la absorción y emisión de radiación (luz) de gases calientes y los compuestos en los gases, con respecto a la absorción en bandas de alto impacto de H<sub>2</sub>O, CO y CO<sub>2</sub> en estos gases.
- 30 4. Método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el lecho es controlado automáticamente controlando el rociado del licor negro por medio de la imagen.
- 35 5. Método según la reivindicación 4, **caracterizado porque** la imagen es usada para dirigir el movimiento de actuadores de boquilla (17) móviles, con lo que los actuadores mueven las boquillas de acuerdo con las instrucciones procedentes de una unidad de control (15).
- 40 6. Método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el lecho de residuo carbonoso y/o el residuo carbonoso y/o las sustancias químicas sobre las paredes del horno son controlados automáticamente controlando velocidades y flujos de las diferentes alimentaciones de aire por medio de la imagen.
7. Método para controlar el lecho de residuo carbonoso (4) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los sensores son divididos en subsensores que son selectivos con relación a la longitud de onda de modo que reciben señales selectivamente en ciertos intervalos de longitudes de onda.

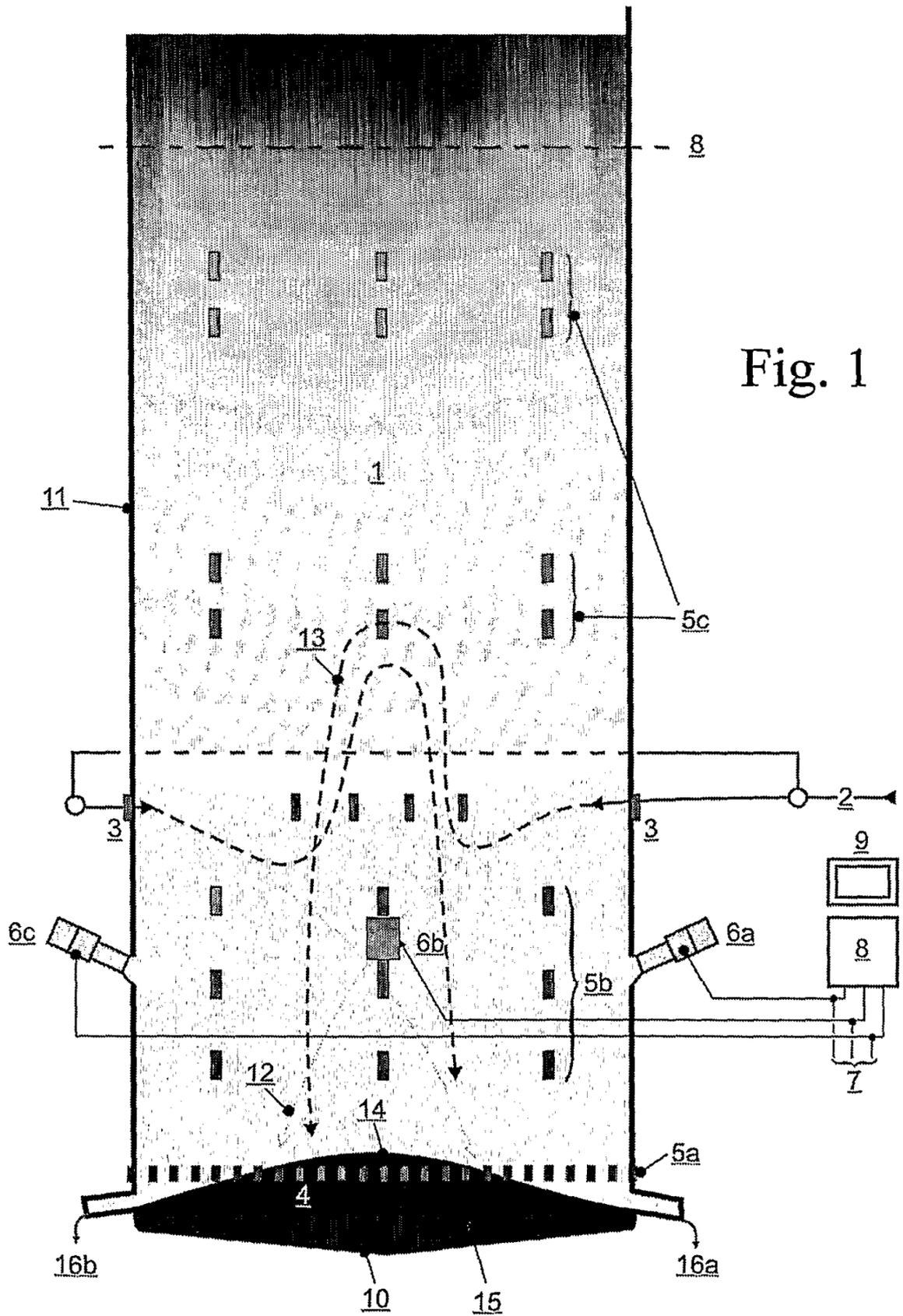


Fig. 1

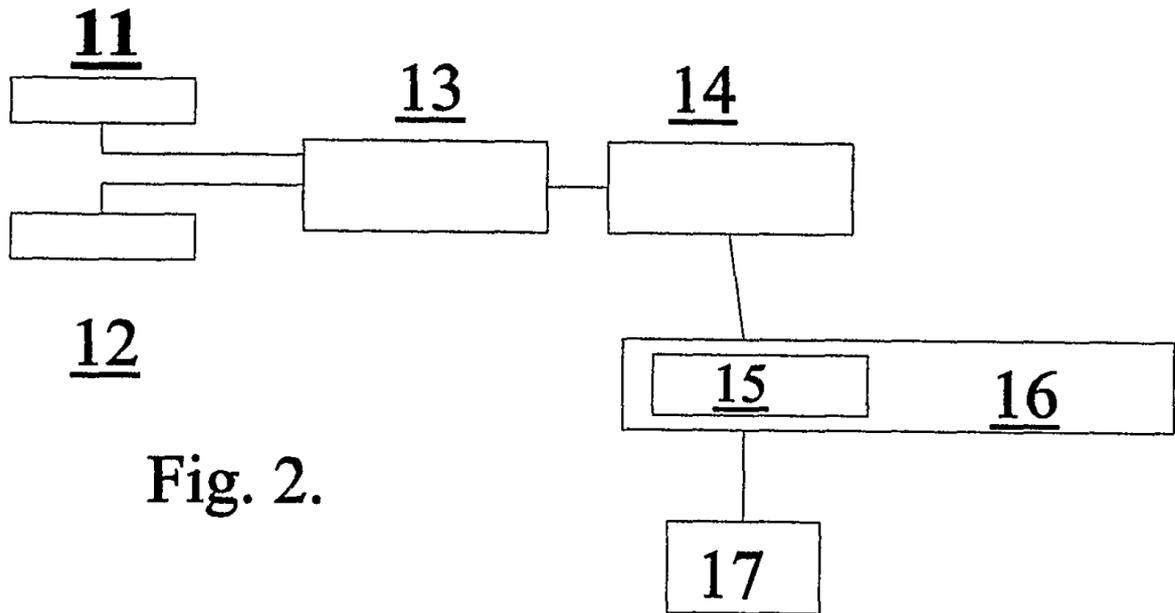


Fig. 2.