

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 593 103**

51 Int. Cl.:

F23G 5/50 (2006.01)

F23M 11/04 (2006.01)

F23N 3/08 (2006.01)

F23G 5/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.08.2007** **PCT/EP2007/007370**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.03.2008** **WO08034508**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2007** **E 07801802 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.08.2016** **EP 2064490**

54 Título: **Procedimiento para la caracterización de la calidad de la combustión del gas de escape en sistemas de combustión**

30 Prioridad:

20.09.2006 DE 102006044114

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

05.12.2016

73 Titular/es:

**KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE
(100.0%)
KAISERSTRASSE 12
76131 KARLSRUHE, DE**

72 Inventor/es:

**MATTHES, JÖRG;
KELLER, HUBERT y
HUNSINGER, HANS**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 593 103 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 para la caracterización de la calidad de la combustión del gas de escape en sistemas de combustión

La invención se refiere a un procedimiento para la caracterización de la calidad de la combustión del gas de escape en plantas de incineración, conforme a la primera reivindicación.

Un objeto de los procesos de incineración técnicos es alcanzar una combustión eficiente, a ser posible completa, del gas de escape. Una combustión eficiente del gas de escape se caracteriza por bajas concentraciones de productos quemados de forma incompleta tales como CO, hidrocarburos y carbono en forma de partículas (partículas de negro de humo). En este caso, los valores límite de radiación se encuentran fijados generalmente en normativas específicas. En Alemania, en el 17° "BlmSchV" (Normativa federal de protección frente a emisiones), están fijados los valores límite para el monóxido de carbono CO y los hidrocarburos C_nH_m .

Combustibles tales como basura doméstica, biomasa o humo con contenidos de humedad variables, son combustibles muy heterogéneos. Como consecuencia de su composición muy heterogénea varía muy fuertemente su poder calorífico. Por lo tanto, en la combustión en incineraciones técnicas se emplean hoy en día en el recinto de combustión complicadas regulaciones del poder calorífico con detectores de infrarrojos (cámara IR, cámara infrarroja). La posición del fuego del lecho de combustión sólido en incineraciones sobre parrilla se determina en este caso con ayuda de la radiación infrarroja del lecho del combustible mediante una cámara IR. La longitud de onda captada en este caso (por ejemplo 3,9 μm) se sitúa en una zona en la cual los propios gases de la combustión no presentan emisividad alguna. Con ayuda de estas informaciones tiene lugar la regulación de la cinemática de la parrilla y/o de las corrientes de cada uno de los gases primarios que atraviesan el lecho sólido. Por ello, se puede alcanzar una combustión casi completa del material sólido de la escoria.

Un gas de escape que sale de un recinto de combustión, por ejemplo de una zona de combustión en lecho sólido, quemado de forma irregular, presenta por lo regular localmente altas concentraciones de compuestos quemados de forma incompleta tales como, por ejemplo, CO, hidrocarburos y negro de humo. En este caso, la corriente de gases que sale del lecho de combustión presenta una acusada formación de ráfagas con enormes oscilaciones de concentración locales y temporales de los compuestos quemados de forma incompleta, anteriormente citados, como también de la concentración de oxígeno. Estas ráfagas se extienden hasta por la zona de combustión del gas de escape en el primer tramo de radiación. Para una mezcla homogénea y, con ello, una combustión completa del gas de escape no bastan frecuentemente el tiempo de mezcla del cual se dispone ni tampoco la turbulencia de mezcla. Una combustión incompleta de los gases de escape se evita por lo tanto con una introducción de un gas secundario que contiene oxígeno en la zona de combustión del gas de escape. La cantidad total de este gas secundario se elige en este caso de manera que después de la zona de combustión del gas de escape se mantiene continuamente un exceso definido de oxígeno (concentración mínima de oxígeno). La concentración mínima de oxígeno está limitada por las temperaturas mínimas de combustión necesarias después de la zona de combustión del gas de escape.

En el documento DE 103 47 340 A1 se da a conocer un dispositivo para optimizar la combustión del gas de escape en instalaciones de combustión con una zona de combustión en lecho sólido y una zona de combustión del gas de escape. Comprende varias boquillas regulables para la introducción de un gas secundario que contiene oxígeno en una zona activa en la zona de combustión del gas de escape. La detección de los respectivos componentes gaseosos quemados de forma incompleta (CO e hidrocarburos) en la zona de turbulencia tiene lugar a través de la detección de la intensidad de la radiación mediante una cámara de infrarrojos o de otro dispositivo de medida espectral. Las informaciones obtenidas en este caso se traducen en órdenes de control para cada una de las boquillas regulables para la introducción definida de gas secundario.

El dispositivo y el procedimiento con él relacionado sirven, sin embargo, para el reconocimiento no selectivo de los componentes en forma de gas quemados de forma incompleta en el gas de escape. Se captan tanto los gases quemados de forma incompleta como también partes sólidas (por ejemplo negro de humo) como señal suma, no siendo posible una cuantificación entre los componentes individuales. Además, puede ocurrir que en las zonas en las que, por falta de gases de combustión, en absoluto tienen lugar actividades de combustión, conocidas también como zonas de gases de escape no quemados de forma completa (sensibilidades transversales de emisividad de CO₂ hasta H₂O). En el caso citado en último lugar, una introducción de un gas secundario que contiene oxígeno no provocaría una combustión posterior, sino que únicamente una dilución y un enfriamiento de los gases.

Partiendo de esto, el objeto de la invención consiste en proponer un procedimiento para la caracterización de la calidad de la combustión de los gases de escape en lo referente a la combustión del negro de humo en instalaciones de combustión, como base para una optimización de la combustión del gas de escape, especialmente para una combustión completa del negro de humo, también en el caso de procesos de combustión no estacionarios con un mínimo de gas secundario.

El problema se soluciona mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1. Las reivindicaciones subordinadas indican formas de ejecución ventajosas del procedimiento.

Para la solución del problema, se propone un procedimiento para la caracterización de la calidad de combustión de los gases de escape de una combustión en instalaciones de incineración con una zona de combustión del gas, con el cual se puedan captar selectivamente en el gas de escape ráfagas de negro de humo, es decir partículas sólidas.

Una idea básica esencial del procedimiento comprende la relación de que en una sección transversal de la corriente de la zona de combustión de los gases, se pueden detectar ópticamente en el intervalo visible de longitudes de onda zonas de combustión pobres en negro de humo (preferentemente sin formación de negro de humo), zonas sin combustión y zonas con formación de negro de humo. Las zonas de combustión pobres en negro de humo se manifiestan en este caso fundamentalmente claras (elevada intensidad de radiación), mientras que las zonas sin combustión (zonas frías de la parrilla) y zonas con formación de negro de humo aparecen fundamentalmente oscuras (baja intensidad de radiación). Las zonas de combustión se oscurecen progresivamente a medida que aumentan las proporciones de negro de humo, es decir que la intensidad de la radiación disminuye continuamente con la proporción de negro de humo. En este caso, las zonas sin combustión y las zonas con formación de negro de humo se caracterizan por una dinámica diferente en su comportamiento en función del tiempo, las cuales se pueden detectar por una evaluación, preferentemente un promediado o una comparación de varias imágenes individuales sucesivas.

Premisa fundamental para el procedimiento es al menos un sistema de cámaras para medir en el intervalo visible de longitudes de onda (aproximadamente 400 a 1000 nm), con una cámara, por ejemplo una cámara de video que se adapta de tal modo a una zona de combustión del gas para que capte una sección transversal de la corriente en esta zona, a ser posible de forma completa. En contraposición con los sistemas de detección para el intervalo infrarrojo o de otros intervalos de longitudes de onda no visibles, estos sistemas de cámara se pueden adquirir comercialmente, como sistemas estándar para diferentes aplicaciones, comparativamente a buen precio como también de alta calidad y elevado poder de resolución.

El sistema de cámaras sirve para la toma de la combustión en sección transversal de la corriente en una secuencia de tomas individuales. Las tomas individuales son tomas momentáneas de la combustión del gas de escape en toda la sección transversal de la corriente, no modificándose el ajuste de la cámara y el encuadre de la imagen entre las tomas individuales. El encuadre de la imagen corresponde preferentemente a la sección transversal de la corriente en el ámbito de la zona de la combustión del gas de escape. Para una evaluación de las tomas (elaboración de las imágenes) esta sección transversal de la corriente se divide en segmentos con una serie de números de puntos de tomas (píxeles). La evaluación comprende esencialmente una correlación de los segmentos a una de las zonas anteriormente citadas o a zonas de transición entre dos zonas mediante las etapas que se describen a continuación.

Al menos dos de las tomas individuales que se suceden una tras otra se promedian (preferentemente en forma de píxeles), para obtener a partir de ello una imagen de valor medio. En esta imagen de valor medio se reconocen zonas de combustión pobres en negro de humo porque el valor de su intensidad (intensidad de radiación) se encuentra por encima de un valor umbral de la intensidad. El valor umbral de la intensidad se determina en este caso manual o automáticamente en relación con la intensidad máxima de la imagen captada (por ejemplo 50, 60 ó 70% referida al respectivo valor máximo, o se fija previamente de forma manual como magnitud absoluta. Un valor umbral de la intensidad fijado previamente de forma manual puede estar constituido por valores experimentales actuales y permanece preferentemente invariable en las siguientes mediciones a favor de una posibilidad de comparación mejorada de estas mediciones, por ejemplo para un control del sistema.

A continuación tiene lugar la localización de las zonas de transición como puntos de la imagen que fueron correlacionados a la zona de combustión pobre en negro de humo, pero que sin embargo presentan al menos un punto de imagen limítrofe, que no pertenece a la zona de combustión pobre en negro de humo. Después, estas zonas de transición se correlacionaron a los segmentos de transición. En este caso, cada segmento se evaluó en cuanto a que si había que correlacionarlo a una zona o, como segmento de transición, a al menos dos de las zonas citadas anteriormente, es decir a una zona de transición. Una zona de transición se presenta cuando en ésta la intensidad obtenida corresponde al valor umbral de la intensidad o cuando aparece una transición entre un valor menor que el valor umbral y un valor superior al valor umbral. En una toma individual o en una imagen de valor medio, las zonas de transición, generalmente en forma de líneas, destacan como líneas, por ejemplo coloreadas (por ejemplo falsa representación de colores). Fundamentalmente, un segmento de transición existe tanto si en éste se sobrepasa el valor umbral de la intensidad como si no se alcanza. La correlación de segmentos a segmentos de transición se efectúa habitualmente con ayuda de valores umbrales ajustables a la proporción de superficie de las partes de superficie de las zonas individuales anteriormente citadas.

A continuación tiene lugar una correlación de los segmentos de transición a las zonas afectadas. Una transición se manifiesta por una diferencia de claridad. Ésta se puede determinar, por ejemplo por gradientes de claridad o en forma de segmentos por la obtención de un contraste, el cual se calcula mediante una matriz de coocurrencia (véase [www.weblearn.hs-bremen.de/risse/AWL/textur\(merkmale.htm\)](http://www.weblearn.hs-bremen.de/risse/AWL/textur(merkmale.htm)))

Las transiciones de una zona de combustión pobre en negro de humo a una zona sin combustión se caracterizan fundamentalmente por una menor dinámica de movimiento que en las transiciones de negro de humo, es decir transiciones de zonas de combustión pobres en negro de humo a zonas de formación de negro de humo. En el caso de imágenes de valor medio formadas a partir de varias tomas individuales, las transiciones de negro de humo se

caracterizan fundamentalmente por una separación menos nítida o por un menor contraste, es decir aparecen esencialmente más difusas que las transiciones de una zona de combustión pobre en negro de humo a una zona sin combustión (transiciones sobre la parrilla), aún cuando esto no tiene que ser el caso en las tomas individuales.

- Una correlación de los segmentos de transición a la fracción de las transiciones de negro de humo o a las transiciones por la parrilla tiene lugar preferentemente mediante la obtención del contraste para cada segmento de transición por separado. Una correlación de los segmentos de transición tiene lugar con valores de contraste en comparación con un valor umbral de contraste. Si el valor del contraste de un segmento se sitúa por debajo del valor umbral de contraste, existe un segmento de transición de negro de humo, si se sitúa por encima, una transición por la parrilla.
- Los valores de contraste se refieren preferentemente a la intensidad de la luz (contraste claro-oscuro). Otros contrastes tales como, por ejemplo, contrastes de color, por ejemplo en combinación con una manipulación del color de las imágenes son ciertamente también adecuados fundamentalmente para la clasificación anteriormente citada, pero requieren posiblemente una mayor complejidad de cálculo y, por este motivo, solo en casos excepcionales son preferibles para una caracterización actual de la calidad de combustión de los gases de escape.
- En el marco de una evaluación, cabe pensar como alternativa en una diferenciación de las transiciones de negro de humo y las transiciones por la parrilla a través de una comparación de segmentos de transición aislados o de otro grupo de puntos de imagen de las zonas de transición a partir de tomas individuales sucesivas. Variaciones mayores y más rápidas de los valores de la intensidad de un segmento o de un grupo de píxeles a partir de varias tomas individuales sucesivas apuntan a una dinámica incrementada en la zona de transición y, con ello, a transiciones de negro de humo.

Si no se evalúan uniformemente los segmentos de transición relacionados unos con otros de una zona de transición en forma de línea, sino que mezclados tanto los de la fracción de las transiciones de negro de humo como las de las transiciones por la parrilla, opcionalmente tiene lugar una ponderación de las fracciones individuales. Una posible etapa del procedimiento comprende en este caso el reconocimiento de los segmentos de transición relacionados entre sí de una fracción y de los segmentos de transición individuales de una fracción que están rodeados por la respectiva fracción. Aquí, en el caso de un claro sobrepeso de segmentos de transición de una de las fracciones, se pueden correlacionar todos los segmentos de transición a esa fracción. También, segmentos aislados de una fracción se pueden correlacionar a través de un análisis de proximidad a las fracciones del segmento próximo. Por el contrario, los segmentos de transición de una fracción, relacionados entre sí, se correlacionan exclusivamente a las demás fracciones solo cuando éstos representan un hecho aislado como posibles mediciones fallidas (examen de plausibilidad).

A continuación de establecer la correlación de los elementos de transición, anteriormente citada, tiene lugar una correlación iterativa de todos los segmentos en los cuales la intensidad de más de la mitad de los puntos de imagen se encuentra por debajo del valor umbral de la intensidad, a la zona de formación de negro de humo o a la zona sin combustión, por evaluación de las relaciones de proximidad a segmentos de transición y a segmentos ya correlacionados. La correlación de estos segmentos se efectúa en cada caso individualmente en etapas iterativas del procedimiento, asumiendo la correlación de los segmentos respectivamente próximos o segmentos de transición, ya identificados (análisis de proximidad). En el caso de una pertenencia no uniforme de los segmentos próximos ya correlacionados, el segmento se correlaciona a la zona a la que ya fueron correlacionados la mayoría de los segmentos próximos. Cada una de las etapas de iteración tiene lugar preferentemente en los segmentos que limitan con a ser posible un gran número de segmentos de transición ya correlacionados o con segmentos correlacionados ya a, ser posible, a una fracción.

Finalmente, en el marco de la caracterización de la calidad de los gases de escape, se determinan las situaciones, las extensiones de la superficie y las distribuciones de intensidad individuales de todas las zonas identificadas. A partir de estas magnitudes características se pueden obtener por cálculo magnitudes de control para las medidas destinadas a la mejora de la calidad de los gases de escape, tales como, por ejemplo para la introducción prefijada, diferenciada preferentemente según situación (preferentemente en forma de segmentos o grupos de segmentos), adaptada al estado de combustión local, de gases que contienen oxígeno (por ejemplo gas secundario en zonas de formación de negro de humo) o también de combustibles adicionales (en zonas sin combustión).

Si el procedimiento sirve para la generación de señales de control para una medida con la finalidad de mejorar continuamente la combustión del negro de humo (por ejemplo por introducción por boquillas, prefijada, de gas que contiene oxígeno), la obtención de las magnitudes características tiene que tener lugar en base de las tomas individuales en tiempo real en el marco de la ejecución del procedimiento. Por un gran número de boquillas de gas se puede influir también individualmente sobre una combustión posterior en cada segmento mediante un aporte de un gas que contenga oxígeno.

La invención se ilustrará más detalladamente con ejemplos apoyados en figuras. Éstas muestran

Fig. 1 una toma individual mediante una cámara CMOS, de una sección transversal de una zona de combustión del gas,

Fig. 2 una secuencia de 20 tomas individuales sucesivas, captadas en el espacio de un segundo, como imagen promediada de la Fig. 1

Fig. 3 el encuadre conforme a la Fig. 2, pero con segmentos de transición entre la zona de combustión pobre en negro de humo y la zona de formación de negro de humo (borde claro), así como entre la zona de combustión pobre en negro de humo y la zona sin combustión (borde oscuro),

Fig. 4 el encuadre conforme a la Fig. 2 y 3, después de la correlación iterativa llevada a cabo por relación de proximidad, de los segmentos oscuros en zonas frías de la parrilla (zona sin combustión, borde oscuro) y zonas de formación de negro de humo (borde claro), así como

Fig. 5 un campo característico con zonas de combustión eficiente del gas de escape en el ejemplo de monóxido de carbono CO como función de la temperatura de combustión y del contenido de oxígeno. La característica de las concentraciones de negro de humo se comporta de forma parecida a la del CO.

En el marco del siguiente ejemplo de ensayo se caracterizó la combustión del gas de escape de una combustión de basura con incineración en parrilla. El encuadre de la imagen de la cámara conforme a las Fig. 1 a 4 recoge en este caso desde arriba, en contra de la dirección de la corriente gaseosa, la sección transversal del tramo de radiación de la zona de combustión del gas de escape entre la parrilla de incineración y una cámara de combustión posterior dispuesta a continuación con posibilidad de entrada de un gas secundario. Como cámara se utiliza una cámara que mide en la zona visible de longitudes de onda, por ejemplo una cámara CMOS.

La Fig. 1 muestra una imagen individual de la combustión del gas de escape con brazos claros de negro de humo de la zona de combustión 1, así como respectivamente una zona oscura 2 de la parrilla (zona sin combustión), así como una zona de combustión 3 con fuerte formación de negro de humo (zona de formación de negro de humo) con baja intensidad de radiación. Las zonas de transición entre estas zonas presentan en esta imagen individual parecidos gradientes de claridad, los cuales no permiten una correlación inequívoca de la respectiva zona oscura limítrofe a la zona sin combustión o a la zona de formación de negro de humo.

Objeto de la invención es por una parte identificar y clasificar automáticamente estas zonas con baja intensidad de radiación en base de varias imágenes individuales, por si se trata de zonas con fuerte proporción de negro de humo (zona de formación de negro de humo) o de zonas frías de la parrilla. Preferentemente, esto debería tener lugar en tiempo real con objeto de la introducción de medidas definidas tales como una introducción por boquillas de gas adicional.

La Fig. 2, muestra una imagen promediada conforme a la Fig 1 a partir de 20 tomas individuales sucesivas captadas en un segundo. En esta imagen de valor medio, en contraposición con una imagen individual (véase Fig. 1), los límites entre combustión 1 (llama) y zona de formación de negro de humo 3 son muy imprecisos, lo cual se atribuye a la elevada dinámica del movimiento de las partículas de negro de humo en el campo de la corriente. En virtud de la baja dinámica en comparación con el negro de humo del límite entre la zona fría de la parrilla y la zona de combustión pobre en negro de humo, éste también se acusa consiguientemente de forma aun relativamente nítida en la imagen de valor medio.

Esta diferencia en la forma de resaltar las zonas de transición entre combustión y zonas de formación de negro de humo, respectivamente zonas sin combustión, se utiliza en el procedimiento ulterior para diferenciar entre sí zonas 3 de formación de negro de humo de zonas sin combustión (zonas frías 2 de la parrilla). Para ello, se determina primero un límite entre la zona de combustión pobre en negro de humo, que radia con elevada intensidad, y la zona sin combustión o zonas de formación de negro de humo, en base de un valor umbral relativo de la intensidad de radiación, y se aporta como línea 4 de transición a la imagen de valor medio (zona de transición) (véase Fig. 3, línea gris). La imagen de valor medio se divide en segmentos, y se determinan aquellos segmentos que como segmentos 5 de transición solapan la línea 4 de transición entre las zonas que radian fuerte y débilmente.

Para los citados segmentos 5 de transición se determina entonces, por un análisis de contraste, si se trata en cada caso de un segmento con un límite entre una zona sin combustión (zona de la parrilla) y una zona de combustión pobre en negro de humo, de un segmento 6 de transición por la parrilla (Fig. 3, segmentos bordeados de negro) o de un segmento con un límite entre zona de formación de negro de humo y zona de combustión pobre en negro de humo, de un segmento de transición 7 de negro de humo (Fig. 3, segmentos bordeados de blanco).

Preferentemente, en un momento posterior, la intensidad integral de cada uno de los segmentos de transición se examina, además, con el valor umbral de intensidad y, a través del valor umbral, los segmentos de transición se correlacionan a las zonas de combustión pobres en negro de humo. Alternativamente, cada segmento de transición se puede correlacionar también a la zona de combustión pobre en negro de humo cuando la intensidad de al menos la mitad de los puntos de imagen de este segmento se encuentre por encima del valor umbral de la intensidad.

A continuación de esto, para todos los demás segmentos, excepto los segmentos de transición que solapan las zonas con baja intensidad de radiación, se determina por evaluación de las respectivas relaciones de proximidad con los segmentos de transición, si éstas pertenecen a una zona fría de la parrilla o a una zona con fuerte formación de negro de humo (véase Fig. 4). Las zonas oscuras del encuadre de la imagen de valor medio se dividen para ello

en segmentos 8 de la parrilla (incluidos los segmentos 6 de transición por la parrilla) y los segmentos 9 de negro de humo (incluidos los segmentos de transición 7 de negro de humo). En el presente ejemplo de ejecución, los segmentos se identificaron de manera inequívoca. En este caso no fue necesario un examen de plausibilidad.

Fundamentalmente, la basura doméstica, pero también la biomasa con contenidos variables de humedad, son combustibles muy heterogéneos (y en función de ello con fuertes variaciones en su poder calorífico), que favorecen no solo las zonas frías de la parrilla de baja combustión (zonas sin combustión) sino también la combustión incompleta (zonas con formación de negro de humo). Estas propiedades del combustible conducen a un diferente comportamiento de encendido y apagado de la combustión. En el caso de incineraciones técnicas (por ejemplo incineraciones de negro de humo, lecho turbulento, tubo giratorio), condicionado por esta característica del combustible, se producen heterogeneidades locales en la combustión de combustibles sólidos y en la composición de los gases de escape (ráfagas de gas de escape) dentro de la cámara de combustión y en el ámbito de la zona de combustión del gas de escape. La situación e intensidad de estas ráfagas de gas de escape presentan, además, acusadas fluctuaciones temporales y locales, por lo que las zonas con formación de negro de humo presentan fundamentalmente una dinámica considerablemente mayor.

Mediante la invención, estas heterogeneidades en el gas de escape o gas de combustión son captadas preferentemente en tiempo real de forma medible, es decir ópticamente como se ha citado anteriormente, en el ámbito de la zona de la cámara de combustión / zona de combustión del gas de escape, y compensadas por el aporte local y/o la mezclado efectiva, definida, regulada, de gas que contiene oxígeno, de tal modo que en caso de temperaturas elevadas y de una oferta suficiente de oxígeno (aproximadamente superior a 5% en volumen de oxígeno seco en el gas bruto, $T > 850^{\circ}\text{C}$, véase Fig. 5) es posible en corto espacio de tiempo una oxidación prácticamente completa de los componentes del gas de escape quemados de forma incompleta.

Las concentraciones de monóxido de carbono CO en el gas de combustión, indicadas en la Fig. 5 son, como la concentración de negro de humo, un indicador de la combustión. La característica de la combustión del negro de humo es parecida. Una buena combustión se caracteriza por bajas concentraciones de CO, C_nH_m y negro de humo. Dependen esencialmente de la oferta local de oxígeno y de la temperatura en el ámbito de la zona de combustión. Los valores de medida en la Fig. 5 muestran respectivamente incrementos significativos del monóxido de carbono e hidrocarburos a temperaturas inferiores a 800°C (en la Fig. 5, valores de medida a la izquierda) y en el caso de proporciones de oxígeno inferiores a 5% en volumen (en la Fig. 5, valores de medida a la derecha), mientras que los valores de medida representados en el centro señalan una combustión satisfactoria (ideal: $T > 850^{\circ}\text{C}$ y $\text{O}_2 > 5\%$ en vol). Los valores citados en último lugar corresponden por ejemplo a la temperatura prescrita para la combustión de residuos conforme al 17° "BlmschV" de al menos 850°C durante un tiempo de permanencia superior a 2 segundos después de la última adición de aire que contiene oxígeno. Estas condiciones se han de mantener en cada lugar y en cada momento en toda la sección transversal de la zona de combustión del gas de escape.

Especialmente la minimación de la concentración de partículas de negro de humo por una combustión eficiente tiene un significado muy importante en la combustión de residuos. Las partículas de negro de humo se depositan junto con las cenizas volátiles que contienen cloruros sobre la superficie de la caldera o se eliminan durante la separación del polvo (por ejemplo, filtros eléctricos). En el ámbito de temperaturas $> 200^{\circ}\text{C}$ se produce entonces por reacciones de oxiclорación de estas partículas de negro de humo la formación de dibenzo-p-dioxinas y dibenzo-p-furanos policlorados (PCDD/F) por la denominada síntesis de-novo. El carbono en partículas (partículas de negro de humo) es en este caso la fuente dominante de carbono. La formación PCDD/F tiene lugar durante un espacio de tiempo muy largo incluso en el caso de perturbaciones de poco tiempo. La formación de PCDD/F máxima depende de la magnitud de la tasa de deposición de negro de humo. Aun cuando la combustión transcurra de nuevo de forma controlada la formación de PCDD/F tiene lugar mientras existan partículas de carbono en las deposiciones de la caldera (efecto memoria).

Tales perturbaciones se pueden conocer por las citadas mediciones en tiempo real de la concentración local de negro de humo y se pueden minimizar/evitar de forma definida por un rápido y regulado aporte de aire e intensa mezclado en el ámbito de la zona de combustión de los gases de escape.

Aparte de esto, por medio de la invención se pueden detectar generalmente las emisiones de polvo fino (partículas de negro de humo) de combustiones, especialmente de combustibles heterogéneos y, con ayuda de ello, reducir eficazmente las magnitudes de control que de ello se derivan.

Bibliografía:

[1] DE 103 47 340 A1

[2] <http://www.weblearn.hs-bremen.de/risse/AWI/TEXTUR/merkmaale.htm>;

estado 13.09.2006

Lista de referencias:

- | | | |
|----|---|---|
| | 1 | zona de combustión pobre en negro de humo |
| | 2 | zona de la parrilla |
| | 3 | zona con formación de negro de humo |
| 5 | 4 | línea de transición |
| | 5 | segmento de transición |
| | 6 | segmento de transición de la parrilla |
| | 7 | segmento de transición de negro de humo |
| | 8 | segmento de la parrilla |
| 10 | 9 | segmento de negro de humo |

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la caracterización de la calidad de combustión de los gases de escape de una combustión en instalaciones de incineración con una zona de combustión del gas, caracterizado porque, en una sección transversal de la corriente de la zona de combustión de los gases, se detectan ópticamente en el intervalo visible de longitudes de onda zonas de combustión pobres en negro de humo, zonas sin combustión y zonas con formación de negro de humo, caracterizándose en este caso las zonas sin combustión y las zonas de formación de negro de humo por una dinámica diferente, y se distinguen por una evaluación de varias imágenes individuales sucesivas en sus zonas de transición a zonas de combustión pobres en negro de humo.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende las siguientes etapas:
 - a) Preparación de una cámara que en contra de la corriente capte la sección transversal de la corriente en la zona de combustión del gas de escape, en un intervalo visible de longitudes de onda,
 - b) División de la sección transversal de la corriente en segmentos con respectivamente un número de puntos de imagen,
 - c) Toma con la cámara de la combustión en sección transversal de la corriente, con al menos dos tomas individuales que se suceden temporalmente una tras otra,
 - d) Localización de las zonas de combustión pobres en negro de humo en la sección transversal de la corriente, en las cuales aparezca un valor de la intensidad superior a un valor ajustable del umbral de la intensidad, el cual se ajusta automática o manualmente en relación a la intensidad máxima en la sección transversal de la corriente,
 - e) Localización de las zonas de transición que fueron correlacionadas como puntos de imagen a la zona de combustión pobre en negro de humo, pero que presentan al menos un punto de imagen limítrofe, que no pertenece a la zona de combustión pobre en negro de humo,
 - f) Correlación de las zonas de transición a segmentos de transición,
 - g) Determinación de un valor de contraste para cada segmento de transición,
 - h) Correlación de los segmentos de transición con valores de contraste por encima de un valor umbral de contraste, a una transición entre zona de combustión pobre en negro de humo y zona sin combustión y, por debajo del valor umbral de contraste, a una transición entre zona de combustión pobre en negro de humo y zona de formación de negro de humo,
 - i) Correlación iterativa de todos los segmentos en los cuales la intensidad de más de la mitad de los puntos de imagen se encuentra por debajo del valor umbral de la intensidad, a la zona de formación de negro de humo o a la zona sin combustión, por evaluación de las relaciones de proximidad con segmentos de transición y con segmentos ya correlacionados,
 - j) Determinación y localización de las zonas de formación de negro de humo a través de la proporción y disposición de los segmentos correlacionados a la zona de formación de negro de humo.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque la determinación y localización de las zonas de formación de negro de humo se traducen en señales de control para la introducción por boquilla, localmente diferenciada, adaptada al estado local de la combustión, de un gas que contiene oxígeno en la zona de combustión del gas de escape.

Fig. 1

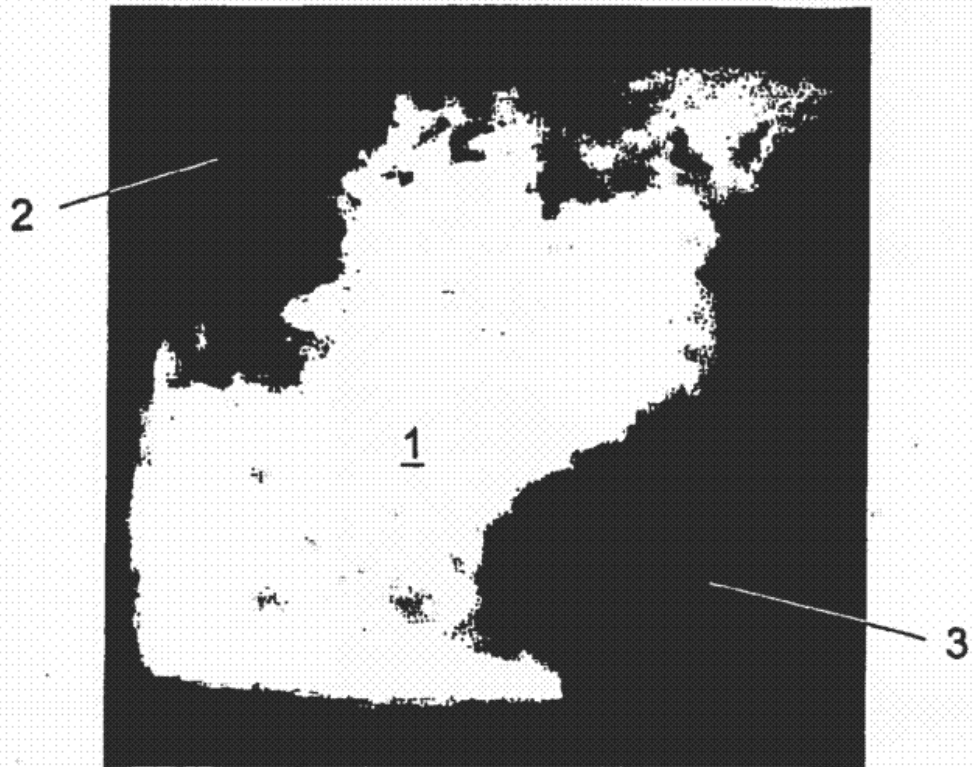


Fig. 2

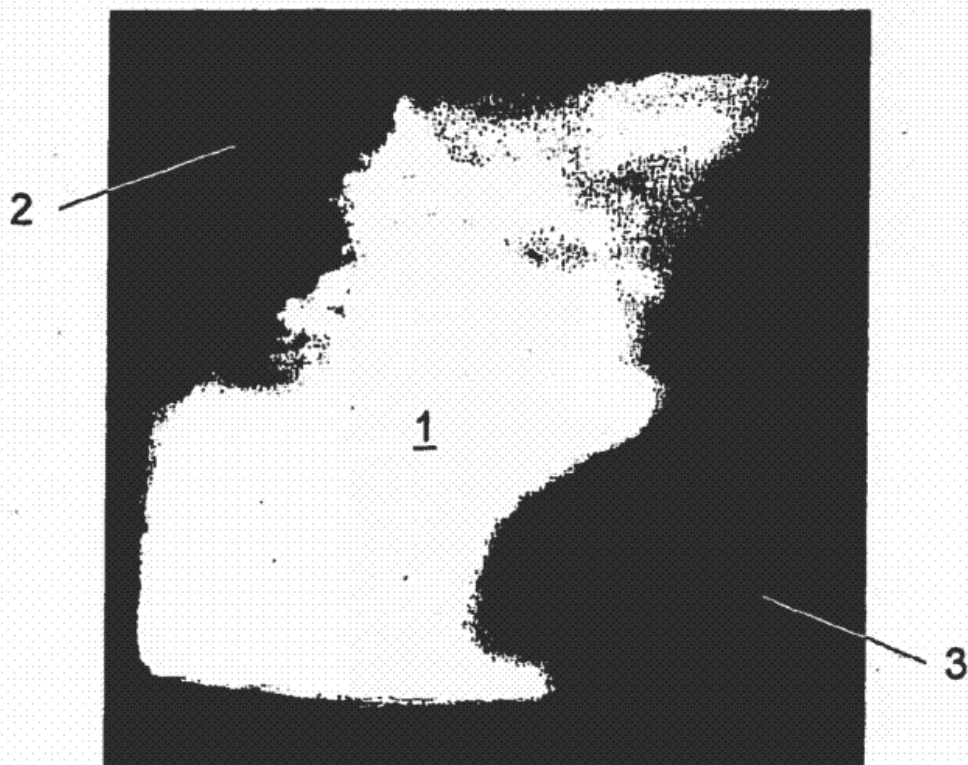


Fig. 3

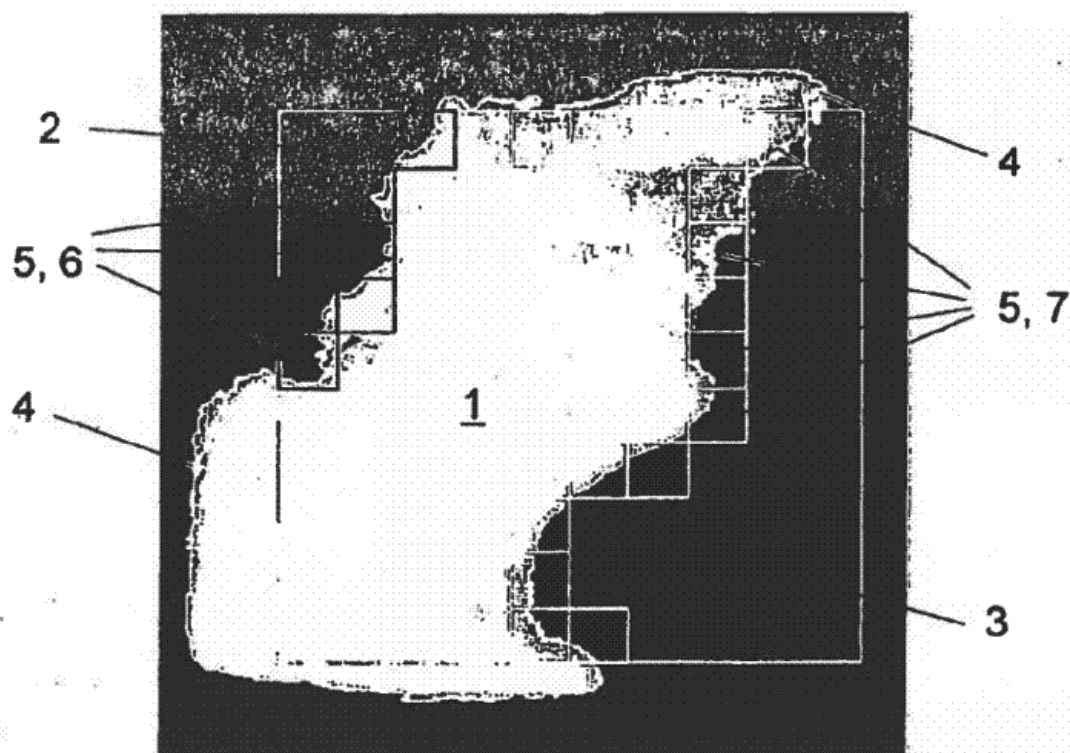


Fig. 4

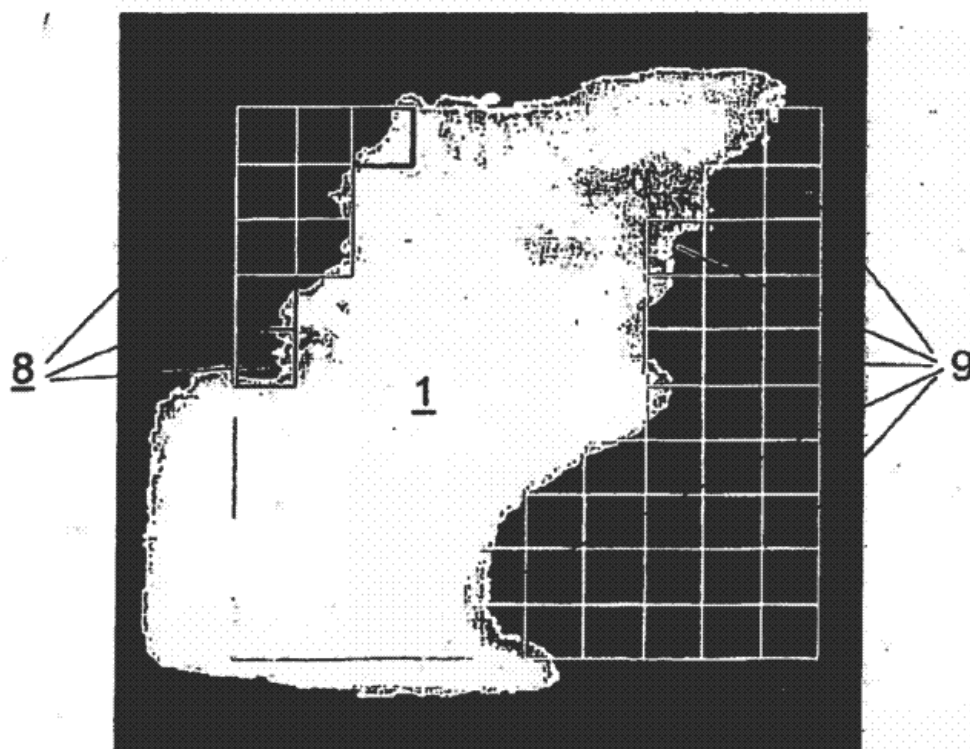


Fig. 5

