



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 679**

51 Int. Cl.:
G01K 17/20 (2006.01)
G01K 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08021894 .4**
96 Fecha de presentación : **22.08.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **2042845**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.04.2009**

54 Título: **Dispositivo y método para medir el caudal térmico específico en una pared de membrana para optimizar el diseño y el funcionamiento de una caldera.**

30 Prioridad: **24.08.2005 DE 10 2005 040 277**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
24.10.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
24.10.2011

73 Titular/es: **CHEMIN GmbH**
Am Mittleren Moos 48
86167 Augsburg, DE

72 Inventor/es: **Krüger, Jörg;**
Spiegel, Wolfgang;
Beckmann, Michael y
Krüger, Sascha

74 Agente: **Isern Jara, Jorge**

ES 2 366 679 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

Dispositivo y método para medir el caudal térmico específico en una pared de membrana para optimizar el diseño y el funcionamiento de una caldera

- 5 En los generadores de vapor, la energía de los gases de combustión se transmite en el intervalo alto de temperaturas esencialmente por radiación de las llamas y de los gases y en el intervalo inferior de temperaturas esencialmente por convección al agua o al vapor. El diseño de las superficies de transmisión de calor debe adaptarse a las leyes físicas. En el intervalo alto de temperaturas son habituales los canales de gases de combustión sin deflectores, también llamados canales vacíos o de radiación.
- 10 En los intervalos inferiores de las temperaturas de los gases de combustión se equipan las calderas con tubos de humos, que aseguran una buena transición térmica por convección del gas de combustión al medio que se pretende calentar. Las paredes que delimitan el paso del gas de combustión de todos los tubos de humos están formadas en la mayoría de casos por paredes de membrana. Estas paredes de membrana están formadas por tubos soldados entre sí (3) mediante nervios (4). Constituyen un cierre estanco para los gases de combustión y en general se enfrían con el agua hirviendo de los tubos.
- 15 Por razones técnicas de proceso y materiales, en zonas parciales de los canales de radiación se tiene que restringir el caudal térmico en las paredes de membrana. Esto se realiza con revestimiento interior refractario, es decir, materiales que se eligen con arreglo a las cargas químicas y térmicas que deben soportar y que se sujetan sobre las paredes de membrana de muchas maneras.
- 20 Los gases de combustión se enfrían desde las temperaturas de combustión adiabática de los canales de radiación hasta la temperatura apropiada de entrada en las zonas de convección. La temperatura adecuada de entrada de los gases de combustión en la zona de convección dependerá de las propiedades del combustible utilizado y de las temperaturas de vapor deseadas. En las plantas incineradoras de residuos, la temperatura adecuada de entrada de los gases o humos se sitúa con frecuencia en el intervalo de 500 a 600°C.
- 25 Las impurezas de los combustibles, ya sean cloro, azufre, metales pesados, álcalis, metales alcalinotérreos y otros minerales, en función de las temperaturas de combustión forman compuestos gaseosos o de tipo vapor, que, por diversos mecanismos de corrosión, atacan los materiales con los que se ha fabricado la caldera, tanto cuando se hallan en fase gaseosa como cuando se hallan en fase condensada después del enfriamiento. Además, los polvos inertes se aglomeran gracias a estos compuestos condensantes y forman depósitos. Estos depósitos, tanto en los canales de radiación como en los canales de convección, impiden la transición térmica del gas de combustión a las superficies de calentamiento.
- 30 En los canales de convección, los depósitos dificultan además el tiro y libre salida de los gases de combustión.
- 35 Cuando se diseñan las superficies de calentamiento se intenta que los gases de combustión de los canales de radiación se enfríen de tal manera que se haya prácticamente terminado la condensación de los componentes gaseosos o en forma de vapor antes de la entrada en el tiro de convección y se reduzca la agresividad de las fracciones gaseosas. En especial en el inicio del tiempo de movimiento, en el caso de superficies de calentamiento, y eventualmente en caso de producción parcial, la temperatura del gas de combustión deberá ser lo suficientemente elevada antes de entrar en el tiro de convección para asegurar que habrá un recalentamiento suficiente del vapor.
- 40 Además, trabajando con las mayores diferencias posibles de las temperaturas y las transiciones térmicas entre el gas de combustión y el medio a calentar se pretende minimizar las superficies de calentamiento y por tanto los costes de producción. Los métodos de cálculo disponibles permiten fundamentalmente un diseño de este tipo.
- 45 En el documento WO 2004/036116 A2 se describe un dispositivo de medición de un intercambiador de calor con un tubo de presión y por lo menos un termoelemento, dicho tubo de presión tiene una pared, en la que se ha practicado una escotadura, que se extiende a lo largo de una zona parcial del perímetro de la pared del tubo, con lo cual la escotadura aloja al termoelemento y se rellena con material de relleno. El termoelemento está dispuesto de forma excéntrica en la zona parcial deformada por la escotadura.
- En US 6,485,174 B1 se describe un aparato de medición equipado con termopares, que mide la temperatura de gases de combustión, con el fin de determinar el caudal térmico en las posiciones elegidas de una pared de membrana. El aparato de medición pasa por una abertura de la pared y se sujeta en la cara exterior.
- En US 4,779,994 A se describe un medidor de caudal térmico para medir el paso de calor a través de una superficie.
- 50 Todos los elementos de este aparato de medición son películas delgadas, que se aplican sobre esta pared por chisporroteo o por un proceso similar. El medidor de caudal térmico contiene un gran número de puntos de conexión

de los termopares, que están dispuestos en forma de termocadena de puntos de conexión calientes y fríos sobre las dos caras de un elemento plano de resistencia térmica. Las capas electroaislantes y protectoras están alojadas entre la superficie y el aparato de medición y sobre su cara exterior. La tensión que indica el aparato de medición es un índice del caudal térmico.

5 Objeto de la invención

Las propiedades de los combustibles de fuentes difusas y por tanto el comportamiento de los gases de combustión no siempre pueden predecirse con exactitud. Hay que evitar que se rebasen en gran medida las temperaturas de gas de combustión deseadas antes de la entrada en el canal de radiación de convección debido a depósitos muy gruesos en las superficies de calentamiento. Cuando se conocen la cantidad y la composición del gas de combustión, gracias a las mediciones de la temperatura del gas de combustión puede determinarse la disminución del contenido calorífico de los gases de combustión. Tomando en consideración la superficie de calentamiento se puede calcular el caudal térmico específico promedio anterior referido a las superficies de calentamiento en cuestión.

En base a este resultado lamentablemente no se puede reconocer a través de la medición de las temperaturas del gas de combustión en qué zonas de los canales de radiación los depósitos u otros factores dificultan la transición térmica de modo tan fuerte que la planta tenga que limpiarse por un proceso "en línea" o tenga que pararse para realizar la limpieza. Es ventajoso, sobre todo en la limpieza "en línea", que se conozca la zona donde están los depósitos gracias a un proceso de medición. Además de los depósitos hay que prestar atención al revestimiento refractario (11). Este revestimiento refractario protector (11) tiene una vida útil comprendida entre un año y cinco años. El revestimiento refractario se aplica por proyección con adición de agua sobre la pared de membrana, se repasa (igualada) y después se fragua. Se conocen también las masas compactadas manualmente. El grosor de capa de las masas aplicadas de este modo se sitúa entre 25 mm y 30 mm. Los tipos recién mencionados de revestimiento refractario se sustituyen cada vez más por baldosas o losetas de SiC (carburo de silicio) que son más fáciles de montar, que opcionalmente pueden ventilarse por detrás o puede verterse un mortero especial por detrás de ellas para sujetarlas sobre la pared de membrana. Una vez terminada su vida útil, los revestimientos refractarios pueden desprenderse repentinamente en segmentos considerables o bien formar un hueco de gas de combustión entre ellos y la pared de la membrana. Las dos cosas son inconvenientes para el proceso y en el futuro podrán reconocerse en una fase temprana según esta invención. En el hueco pueden tener lugar fuertes corrosiones de la pared de membrana y se obstaculiza el caudal térmico debido a la resistencia térmica adicional del hueco del gas de combustión. Cuando se suelta el revestimiento refractario, el caudal térmico es mayor de lo previsto y los gases de combustión agresivos entran en contacto directo con los materiales metálicos.

Además de los mecanismos aquí descritos existen zonas de las calderas, en las que para el diseño, por ejemplo para cumplir las condiciones de combustión mínima en las plantas incineradoras de residuos, se tiene que saber el valor del caudal térmico en determinadas zonas de la caldera. En este contexto cabe mencionar en el caso de las plantas incineradoras de residuos en especial la zona de la alimentación del residuo sobre la parrilla y la zona de encendido de este lugar. En los casos normales deberá observarse una llama intensa con fuerte radiación térmica. Sin embargo no se puede determinar si, a raíz de la escasez de oxígeno o de una concentración óptima de oxígeno detrás o dentro de la llama, incide sobre las paredes de la caldera una radiación térmica mayor o menor.

Las propiedades aquí descritas del funcionamiento de la planta solo pueden observarse en las zonas parciales a través de mirillas, pero hasta el presente falta un procedimiento que permita determinar el caudal térmico específico sobre las paredes de membrana.

Según la invención se intenta superar las propiedades y los inconvenientes aquí descritos, que se reconocen durante el funcionamiento de la planta solamente mirando las zonas parciales a través de mirillas.

Fundamentalmente, el caudal térmico puede determinarse con un procedimiento laborioso que mide las diferencias de temperatura en zonas puntuales de la pared de membrana, en una capa que tiene una resistencia térmica conocida. La empresa Clyde Bergemann suministra un aparato de este tipo, que tiene el nombre de Smart Flux™ Sensor CBW01.

El caudal o flujo térmico tiene que medirse en este procedimiento en las paredes de membrana por la cara de gas de combustión, es decir, por la cara que sufre la mayor agresión, por consiguiente esta medición que en el fondo es simple tiene que resistir cargas o agresiones muy considerables. Por un lado, los aislamientos eléctricos deberán elegirse de manera que continúen funcionando en las temperaturas existentes. Por otro lado, el dispositivo en su conjunto deberá protegerse contra las cargas corrosivas y mecánicas del funcionamiento y de las revisiones. Entre las peores cargas cabe mencionar la renovación del revestimiento refractario. El revestimiento refractario inservible se quita con martillos de aire comprimido y/o con chorreado de arena. Otra dificultad podría ser el reventamiento del dispositivo descrito. La pared de membrana tiene una forma relativamente compleja, el caudal térmico no necesariamente incide perpendicularmente sobre la superficie de la pared y la superficie desarrollada es aprox. 1,4 veces

mayor que la superficie proyectada, por lo cual resulta muy difícil determinar una posición representativa para la medición del caudal térmico.

Invencción

5 El cálculo de las temperaturas locales por el método de los elementos finitos, tomando en consideración las propiedades del material de la pared de membrana, la distancia entre los tubos, el material de revestimiento refractario y su grosor de capa, permite evaluar las condiciones que existirán posteriormente cuando la combustión sea óptima. La invención se describe a continuación con una construcción simple y muy generalizada de la pared de membrana con un revestimiento refractario no segmentado. Durante el cálculo de las temperaturas en las paredes de membrana por el método de los elementos finitos se ha observado que, debido al caudal térmico y las resistencias térmicas, 10 la temperatura en el nervio es mayor que en el tubo (figura 1). Los estudios más precisos han puesto de manifiesto que existe una relación proporcional (figura 2) entre la diferencia de temperaturas en la zona de la pared de membrana, p.ej. desde el centro del nervio hasta el vértice del tubo opuesto al gas de combustión, y el caudal térmico específico. Cuando las pérdidas térmicas son muy pequeñas gracias al aislamiento (5), la temperatura del vértice del tubo opuesta al gas de combustión es aproximadamente la misma que la del agua hirviendo.

15 En la figura 1 se representa un vista 3-dimensional de las temperaturas del material en un sector de una pared de membrana típica según la sección AA y BB de la figura 5. Se realizan los cálculos por el método de los elementos finitos en una pared de membrana con una partición (la distancia del tubo) de 100 mm, una carga térmica de 50 kW/m² con una temperatura de agua hirviendo de 300°C. Para el cálculo se toma además en consideración que la pared de membrana está protegida con un revestimiento refractario (masa SiC90) buen conductor del calor, que 20 tiene una altura de 30 mm sobre el vértice de los tubos. Debido a la diferente conductividad térmica de los distintos componentes (revestimiento refractario, acero y agua), la transición térmica del tubo al agua y los distintos caudales térmicos se pueden determinar bien las temperaturas del material en el contorno.

En una representación tridimensional se han incluido además los puntos de medición 7 y 8 y la línea de intersección CC de la figura 5.

25 El diagrama de la figura 2 representa el curso de la temperatura en la línea de intersección CC de las figuras 1 y 5 a través de la pared de membrana, por ejemplo el curso de la temperatura que va desde la cara del nervio (4) opuesta al gas de combustión, paralelo al nervio (4) y hasta el agua hirviendo (13). El perfil de temperatura llamativo simétrico se debe a que el calor que incide sobre el punto de impacto, por ejemplo sobre el nervio (4), discurre en dirección a los tubos (3). En este caso, el máximo de la temperatura se halla en el centro del nervio. Los cursos de las temperaturas confirmados experimentalmente se determinan por los cálculos del "método de los elementos finitos" con arreglo a la figura 1. En la figura 2 se representan además los resultados de cálculo adicionales para los parámetros 30 modificados. Para la variación de los parámetros se alteran la partición de 100 mm a 75 mm y el caudal térmico de 50 kW/m² a 10 kW/m². La diferencia de temperaturas desde el centro de la cara del nervio opuesta al gas de combustión hasta el agua hirviendo disminuye de forma lineal en un factor 5 desde 324°C - 300°C = 24°C hasta 304,8°C - 300°C = 4,8°C, cuando la disminución del flujo térmico es de de 50 kW/m² a 10 kW/m². A través de la determinación (por cálculo) de esta relación proporcional, mediante una medición continua de las temperaturas de diferencia se puede hallar el flujo térmico específico en continuo (ecuaciones 1-4). 35

40 En la figura 2 se representa al mismo tiempo que la temperatura máxima en la cara del nervio opuesta al gas de combustión, cuando se disminuye la partición de 100 mm a 75 mm, disminuye notablemente de 304,8 a 301,2°C. Esto se explica por el hecho de que incide menos calor sobre el nervio más corto y la resistencia térmica es menor en el caso del nervio más corto. Durante la determinación del factor de proporcionalidad hay que tomar, pues, en consideración la partición de la pared de membrana.

45 Mediante este procedimiento de la invención se puede determinar el caudal térmico desde la cara protegida exterior de la pared de membrana aproximadamente en cada punto de la pared de membrana a través de la determinación de la diferencia de temperaturas y de la relación proporcional ya mencionada previamente. Es posible obtener datos importantes para el diseño de la caldera a través del estado del revestimiento refractario y de los depósitos. De este modo se podrá decidir en qué zonas de la caldera se podrá realizar la limpieza "en línea". Se pueden acumular conocimientos acerca de las peculiaridades que surgen durante la incineración de residuos específicos y acerca de los ajustes que permiten conseguir que los depósitos sean menos acusados sobre las superficies de calentamiento. 50 Este procedimiento de la invención permite una mejor regulación de la caldera gracias a estas informaciones.

Esta diferencia de temperaturas descrita previamente, que a menudo cuando las temperaturas del material (temperaturas del agua hirviendo) se sitúan entre 250 y 300°C, puede ser de solamente unos pocos grados hasta aproximadamente 100°C, puede determinarse fundamentalmente con dos termoelementos o mediciones de temperatura por resistencia.

- Un termoelemento es un componente formado por dos metales distintos, que se basa en el efecto termoeléctrico (de Seebeck) para generar una tensión. Esta puede aprovecharse por ejemplo para medir temperaturas. El efecto Seebeck dice que dos metales, que están unidos entre sí, generan una tensión termoeléctrica en las capas límite que los separan. Esta tensión depende de la temperatura y se mueve en un intervalo de unos pocos microvoltios. Mediante la llamada serie de tensiones termoeléctricas (véase norma DIN EN 60584) se puede predecir la temperatura en el punto, en el que se realiza la medición. Cada metal posee un coeficiente termoeléctrico, que por lo general se refiere al platino. Una ecuación sencilla es perfectamente suficiente para la práctica:

$$U_{\text{teor } 1} = (k_{\text{Fe}} - k_{\text{CuNi}}) \cdot T_{\text{med } 1} \quad (\text{ecuación 1})$$

- A continuación se parte de un termoelemento de tipo J. El filamento positivo del termopar es hierro puro comercial (99,95% de Fe), que normalmente contiene cantidades importantes de contaminantes de tipo carbono, cromo, cobre, manganeso, níquel, fósforo, silicio y azufre. El filamento negativo del termopar es una aleación de cobre-níquel, que se suele llamar constantán. Los dos filamentos, que normalmente están aislados eléctricamente dentro de tubos protectores o vainas protectoras y que se llevan hasta el punto a medir, constituyen el termoelemento.

$$U_{\text{teor } 1} = (k_{\text{Fe}} - k_{\text{CuNi}}) \cdot T_{\text{med } 1} \quad (\text{ecuación 1})$$

- 15 $U_{\text{teor } 2} = (k_{\text{Fe}} - k_{\text{CuNi}}) \cdot T_{\text{med } 2} \quad (\text{ecuación 2})$

$$U_{\text{teor } 2-1} = (k_{\text{Fe}} - k_{\text{CuNi}}) \cdot (T_{\text{med } 2} - T_{\text{med } 1}) \quad (\text{ecuación 3})$$

Las ecuaciones de 1 a 3 describen la formación de la tensión térmica entre los puntos de medición de las temperaturas 1 y 2, siendo k_{CuNi} y k_{Fe} los coeficientes termoeléctricos de la aleación CuNi y del Fe, mientras que $T_{\text{med } 1}$ y $T_{\text{med } 2}$ indican la temperatura en el punto de medición correspondiente.

- 20 Para hallar el caudal térmico específico en una pared de membrana se necesita, pues, la diferencia de temperaturas de los dos puntos de medición representativos (ecuación 4).

$$T_{\text{med } 1} - T_{\text{med } 2} [\text{°C}] = \Delta T [\text{°C}] = \sim \Delta U [\text{V}] = \sim q [\text{W/m}^2] \quad (\text{ecuación 4})$$

- En la ejecución práctica de dos mediciones y en la formación de la diferencia de los resultados puede ocurrir que se doble el error de medición, debido a los errores admisibles según norma DIN para la medición pretendida. La norma ASTM E230-87 de la edición de 1992 del libro anual ASTM indica como tolerancias de la serie de valores básicos para los termopares de tipo J (hierro-constantán) $\pm 2,2\text{°C}$ o $\pm 0,75\%$ (en cada caso se tomará el mayor de estos dos valores) entre 0°C y 750°C . Los termopares del tipo J pueden suministrarse también con tolerancias especiales de $\pm 1,1\text{°C}$ o $\pm 0,4\%$. Incluso en el caso de la precisión más elevada, son considerables los posibles errores a 300°C de $\pm 1,1$ ó $\pm 1,2\text{°C}$ de los termoelementos individuales. Si se comparan las temperaturas de los dos puntos de medición formando su diferencia, cabe esperar que los errores puedan ser incluso de $2,2\text{°C}$. No se pueden descartar otros errores que pueden achacarse a la sujeción de los termoelementos, que están alojados dentro de tubos o vainas protectores eléctricamente aislados, al punto de medición situado en la pared de membrana.

- En las figuras 3 y 4 se cotejan el procedimiento de medición ya conocido y el de la invención. En la figura 3 se representa el procedimiento de medición ya conocido. En la figura 4 se representa la utilización del material de base de la invención como parte del termoelemento. Para el caso de que el material de base no sea hierro del tipo J, se podrá determinar el efecto termoeléctrico k_{Fe} por determinaciones parciales Ver-9.

(En el caso de medición de la temperatura de diferencia se tendrá que medir eventualmente el k_{Fe} .)

- Según la invención se propone, pues, elegir el material de base de la superficie de transmisión de calor, formado por ejemplo por tubos (3) y nervios (4) de la pared de membrana (2) mencionada anteriormente, fabricada con acero de aleación baja, para los dos termoelementos como material de base positivo común y unir los dos termoelementos en cada caso solo con un filamento de constantán 10a y 10b en los puntos del material de base, en los que se tiene que determinar la diferencia de temperaturas. Este procedimiento es muy fácil de llevar a la práctica, porque los dos filamentos negativos de constantán (10a, 10b) pueden soldarse directamente sobre el material de base sin tomar en consideración el aislamiento eléctrico.

- 45 En la medición normal de la diferencia realizando dos mediciones de temperatura en el intervalo de medición correspondiente de 0 a 300°C puede ocurrir, en el peor de los casos, un error de medición de $2,2\text{°C}$. En esta medición de la diferencia realizada con dos mediciones de temperatura con termoelementos separados y un intervalo de medición de 0 - 10°C podría resultar, en el peor de los casos, un error de medición del 22 %.

Para una precisión igual del 0,4 % y un intervalo de medición de la diferencia según la invención de 0 - 10°C resulta para la medición de diferencia según la invención un error de solo 0,04°C. A ello hay que añadir que en la medición de diferencia de la invención se puede ahorrar el 50 % del material del filamento del termopar y un transformador de medida.

- 5 Con la medición de diferencia de la invención en un intervalo de medición adaptado a la temperatura máxima de diferencia y, por tanto, al caudal térmico máximo se puede lograr, pues, una precisión de medida de aproximadamente el 0,4 %. Si por motivos de seguridad se decide ampliar el intervalo de medición al doble de la temperatura de diferencia esperada, entonces el error de medición esperado continuará siendo inferior al 1 %. Durante la interrupción del trabajo en la planta se puede calibrar el punto cero, porque entonces la tensión térmica es 0. Con la elección del material de base como parte de la medición de diferencia de la invención se evitan todos los errores que normalmente pueden surgir por pérdidas de calor de los elementos de sujeción.

- 15 Limpiando la pared de membrana antes de poner en marcha la planta y con estados de funcionamiento similares se puede determinar la disminución del caudal térmico debida a la formación de depósitos. Si además se eliminan los depósitos durante el funcionamiento de la planta mediante una limpieza "en línea", entonces se podrán realizar optimizaciones de la planta incineradora gracias a la medición del caudal térmico.

- 20 Las posiciones de los puntos de contacto se eligen por estimaciones teóricas sobre los caudales térmicos esperados y las zonas amenazadas del revestimiento refractario. La disminución lenta y constante de la temperatura de diferencia y, por tanto, del caudal térmico después de la limpieza durante los paros o de la limpieza "en línea" caracterizan la formación de los depósitos. Las diferencias bruscas con la subida del caudal térmico permiten concluir que existe pérdida de revestimiento refractario. La disminución del caudal térmico en estados de funcionamiento similares después de limpiar los depósitos permite sacar la conclusión de que se ha soltado el revestimiento refractario o se ha formado una hendidura en él.

- 25 En las zonas críticas puede vigilarse la funcionalidad del revestimiento refractario mediante puntos de medición dispuestos en posición vertical. En este contexto es importante que el cierre o remate superior del revestimiento refractario esté en la dirección de tiro del gas de combustión. Con puntos de contacto antes y después del remate de la masa compactada se puede reconocer de modo prácticamente independiente de los estados de funcionamiento si se han producido alteraciones en el revestimiento refractario.

El procedimiento descrito y los dispositivos propuestos son en principio apropiados para todos los tipos de calderas de incineración de parrilla, de capa arremolinada (turbulenta), quemador de polvo y de combustibles alternativos.

- 30 En la figura 6 se representa una caldera incineradora típica con una cámara de combustión (31), un primer canal de radiación (32), el segundo canal de radiación (33), el tercer canal de radiación (34) y un canal de convección (35). La cámara de combustión (31) está esencialmente limitada por el dosificador (36), la cubierta de ignición (37), la cubierta de calcinación (38), las paredes laterales de la cámara de combustión (39) y la parrilla (41a-e). La alimentación del combustible se realiza a través de la alimentación de los residuos (40) y del dosificador (36). La incineración tiene lugar sobre la parrilla (41a-e), que en este ejemplo está subdividida en 5 zonas de parrilla, que pueden incinerar por separado o de forma conjunta. Las escorias calcinadas caen de la parrilla (41) al pozo de recogida de escorias (42) que conduce al separador de escorias. El aire primario (43a-e) se alimenta por separado a las zonas de la parrilla (41a-3). El aire secundario (44a-d) sirve para mezclar y calcinar con seguridad los gases antes de la entrada en el primer canal de radiación (32). En las plantas modernas se inyecta el aire secundario a la cara frontal y de calcinación en 2 planos. Los quemadores de arranque y de apoyo (24) están instalados a lo largo de la inyección del aire secundario (44a-d).

Las paredes del primer canal de radiación pueden estar dotadas en su zona inferior de revestimiento refractario (45) para mantener las condiciones de combustión mínima y para proteger las superficies de calentamiento contra la corrosión.

- 45 Las paredes de membrana (29) sobre el revestimiento refractario (45) del primer canal de radiación (32) y en parte en el segundo canal de radiación (33) pueden protegerse contra la corrosión con una soldadura superpuesta basada en aleaciones de níquel (47). Con ello, en las temperaturas habituales del agua hirviendo de 240 a 320°C y las temperaturas en descenso del gas de combustión normalmente ya no se requiere adoptar otras medidas de protección contra la corrosión en la parte inferior del segundo canal (33) ni del tercer canal (34).

- 50 Los gases de combustión se enfrían habitualmente desde la entrada (48) al primer canal (32) de 1000-1300°C hasta la salida del tercer canal (34) hasta 450-650°C y con estas temperaturas entran en el canal de convección (35). En el canal de convección (35) se enfrían los gases de combustión en un evaporador de protección (49), en los recalentadores (20), los evaporadores (21) y los economizadores (22) hasta 180-230°C y salen de la caldera por el canal de gases residuales (23).

En la zona (46) de la figura 6 se forman en los depósitos ya existentes por mecanismos catalíticos nuevas dioxinas y furanos (nueva síntesis).

En las figuras 6a-d se representan las posiciones de montaje de los medidores de caudal térmico de la invención y los procedimientos de la invención.

5 Figura 6: contorno de caldera totalmente equipada con sensores de caudal térmico, que sirven para determinar las temperaturas de diferencia y los perfiles de temperatura que se mencionan en las reivindicaciones 4, 10, 11 y 12.

Figura 6a: detalle de la figura 6, mediciones de caudal térmico para determinar la posición del combustible antes del dosificador a lo largo de la zona de parrilla 31, según la reivindicación 6.

10 Figura 6b: detalle de la figura 6, mediciones de caudal térmico para determinar la posición del fuego en el sistema de incineración, según la reivindicación 5.

Figura 6c: detalle de la figura 6, mediciones de caudal térmico para determinar la posición del fuego en la zona de calcinación, según la reivindicación 8.

Figura 6d: detalle de la figura 6, mediciones de caudal térmico para determinar el estado del revestimiento refractario, según la reivindicación 9.

15 Los siguientes ejemplos de ejecución de la invención se basan en plantas incineradoras de parrilla típicas para residuos según la figura 6. Para tener una mejor visión de conjunto de las múltiples posibilidades de regulación se recogen en la tabla 1 las magnitudes de consigna que puedan variarse así como los factores que inciden en las características de la invención a partir de las informaciones obtenidas con arreglo a las reivindicaciones de 3 a 12.

		medición del caudal térmico	resistencia térmica	posición del fuego en la parrilla	combustible antes del dosificador	térmica en el canal de salida de gases residuales	capacidad calorífica de la zona de calcinación	estado del revestimiento refractario	estado de los depósitos	detección de la tendencia	ajuste reproducible
características de la invención según la reivindicación		Verf. 3	Verf. 4	Verf. 5	Verf. 6	Verf. 7	Verf. 8	Verf. 9	Verf. 10	Verf. 11	Verf. 12
procedimiento / dispositivo		Verf.	Verf.	Verf.	Verf.	Verf.	Verf.	Verf.	Verf.	Verf.	Verf.
magnitud a ajustar / factores											
capacidad	vapor			x	X	x	x		x	x	x
	residuos			x	X	x	x		x	x	x
combustible	alimentar			x	X	x	x		x	x	x
	almacenar			x	X	x	x		x	x	x
	secar			x	X	x	x		x	x	x
	transportar			x	X	x	x		x	x	x
	hurgonear			x		x	x		x	x	x
distribución aire	aire primario/secundario			x		x	x		x	x	x
	aire primario 5 veces			x	X	x	x		x	x	x
	aire prim. temp. 5 veces			x	X	x	x		x	x	x
	aire secundario 4 veces			x		x			x	x	x
duración después de la limpieza		x	x					x		x	x
calidad de los residuos		x	x					x		x	x
exceso de aire		x	x					x		x	x

Tabla 1. Relación entre la información de las mediciones de la temperatura de diferencia y las acciones que se derivan de ella para regular la eficacia de la central térmica

Acerca de la regulación

5 La regulación esencial es la regulación de la potencia de combustión, que tiene diversas finalidades. Por ley está prescrito que las escorias y los gases de combustión deben calcinarse de forma completa y segura a temperaturas mínimas y en tiempos de residencia mínimos.

10 Se han realizado además grandes esfuerzos para diseñar el funcionamiento de la planta del modo más uniforme posible a pesar de las diferentes composiciones del combustible, esta finalidad puede estar en contradicción con los requisitos legales recién mencionados. Se puede tomar la decisión, para decirlo de forma simplificada, de conseguir una capacidad de vapor estable o una capacidad de incineración estable. En el caso de la capacidad de vapor estable, el vapor es la magnitud predominante, que a través de la regulación de la capacidad de combustión regula la capacidad de la incineración. Dado que la información sobre la capacidad de cantidades de vapor entra en la regulación de la capacidad de combustión con mucho retraso con respecto a la capacidad real de combustión, se facilitan informaciones adicionales del funcionamiento. Hasta ahora se han utilizado con preferencia la medición de 15 la temperatura de cubierta y el contenido de oxígeno en el gas de combustión de la zona del economizador. En el futuro pueden utilizarse con ventaja las informaciones de las mediciones del caudal térmico.

Tal como se ha descrito en la introducción, en el caso de regulación alternativa de oxígeno se mantiene constante el consumo de oxígeno (producto de la variación de oxígeno y de la cantidad de aire alimentada) y por tanto la capacidad incineradora química para la misma cantidad de aire.

20 Es importante para llevar a la práctica el procedimiento de la invención que sobre la parrilla haya una cantidad suficiente de residuos combustibles, de este modo en caso necesario la potencia calorífica aumenta rápidamente por hurgoneo. Con la medición del caudal térmico a lo largo de la parrilla (reivindicación 5) se puede detectar en qué zonas de la parrilla sigue habiendo combustible. En la tabla 1 se indica claramente que prácticamente pueden utilizarse todas las magnitudes ajustables para mantener la incineración sobre la parrilla en el intervalo de temperaturas adecuado. El intervalo de temperaturas puede indicar que se tiene que modificar la potencia (vapor o residuos). Si 25 se ha dosificado poco combustible, entonces el regulador lo reconocerá por las mediciones de caudal térmico, procedentes de los medidores instalados en la zona del dosificador (reivindicación 6). En este caso se debería en primer lugar elevar la dosificación o, como alternativa, reducir la potencia de incineración. Pero se pueden tomar también en consideración las demás medidas que se mencionan en la tabla 1. Por ejemplo, si se inyecta menos aire o aire más frío a la zona de la parrilla, entonces los residuos que están sobre ella arden con menor rapidez. 30

Si la liberación de calor en el extremo de la zona de calcinación de la parrilla es excesiva, entonces los medidores de caudal térmico mencionados en la reivindicación 8 lo detectan. En este caso, para la regulación se adopta cualquier medida: desde la retirada de la capacidad hasta un mayor precalentamiento del aire. El programa de regulación adopta la decisión en función de las condiciones de optimización que tenga que cumplir.

35 Lista de referencias de las figuras 1-5

- 1 cámara de combustión
- 2 pared de membrana
- 3 tubo
- 4 nervio
- 40 5 aislamiento
- 6 caudal térmico específico de la cámara de combustión (1)
- 7 punto de contacto en el centro del nervio
- 8 punto de contacto en vértice del tubo opuesto al gas de combustión
- 9 tensión térmica
- 45 10 a y b filamento de constantán
- 11 revestimiento refractario
- 12 pérdida térmica específica por aislamiento (5)
- 13 agua hirviente

Descripción de la figura 6

- 50 (31) cámara de combustión
- (32) primer canal de radiación
- (33) segundo canal de radiación
- (34) tercer canal de radiación

- (35) canal de convección
- (36) dosificador
- (37) cubierta de encendido
- (38) cubierta de calcinación
- 5 (39) paredes laterales de la cámara de combustión
- (40) alimentación de residuos
- (41a-e) parrilla de incineración, zonas 1-5
- (42) pozo de recogida de escorias
- (43) aire primario, zonas 1- 5
- 10 (44) aire secundario, cara frontal debajo (a), arriba (c)
- (44) aire secundario, cara de calcinación debajo (b), arriba (d)
- (45) revestimiento refractario del primer canal
- (46) zona de nueva síntesis
- (47) soldadura austenítica
- 15 (48) entrada al primer canal
- (49) evaporador de protección
- (20) recalentador
- (21) evaporador
- (22) economizador
- 20 (23) canal de salida de gases residuales
- (24) quemador de arranque y de apoyo
- (25) temperatura de cubierta de caldera

* medición del caudal térmico

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para detectar y medir el caudal térmico (q) en una pared de membrana formada por tubos, en los que circula un medio calentable, y nervios, caracterizado porque los pasos a) medición de la diferencia de temperatura (ΔT) entre un nervio y un tubo mediante por lo menos dos termoelementos que están unidos a través de puntos de contacto (7, 8) con un nervio y un tubo, b) cálculo del caudal térmico específico a partir de la diferencia de temperaturas entre el nervio y el tubo por la ecuación $q = \Delta T$.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque los termoelementos miden la diferencia de temperaturas en la cara opuesta al gas de combustión de una caldera de calentamiento limitada por la pared de membrana, en la que en especial el tubo está contiguo al nervio y las temperaturas se miden con preferencia en el centro del nervio y/o con preferencia en el vértice del tubo, siendo con preferencia agua hirviendo el medio calentable que circula por el interior de los tubos.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque para dicho procedimiento se emplea por lo menos un dispositivo según una de las reivindicaciones de 7 a 9, en el que con preferencia varios de estos dispositivos miden diferencias de temperatura en diferentes puntos de la caldera.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones de 1 a 3, caracterizado porque los termoelementos miden la temperatura por el efecto de Seebeck, dichos termoelementos contienen con preferencia hierro y constantán y en especial el material de base, formado por nervios y tubos de la pared de membrana, se utiliza como parte de los termoelementos y los termoelementos están formados con preferencia especial por la pared de membrana que contiene hierro y por los filamentos de constantán alojados en ella, dichos filamentos de constantán están con preferencia soldados directamente sobre la pared de membrana.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones de 1 a 4, caracterizado porque el caudal térmico, con preferencia el caudal térmico a lo largo del tiempo de ciclo o movimiento y por tanto el tipo y tamaño de las resistencias térmicas, se determina a partir de los datos obtenidos durante el funcionamiento a través de la temperatura de diferencia "en línea".
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones de 1 a 5, caracterizado porque
- se miden varias diferencias de temperatura de las paredes de membrana en la zona de la cámara de combustión y en los canales de radiación,
 - se realiza una comparación de los datos medidos con los datos óptimos establecidos previamente,
 - se efectúa un ajuste de las condiciones de combustión, por ejemplo cambios en la composición del combustible, adición de oxígeno o velocidad del gas de combustión y
 - se efectúa una limpieza "en línea" de los canales de radiación hasta que el caudal térmico medido por la diferencia de temperaturas coincida con los valores de los estados óptimos establecidos previamente.
7. Dispositivo para una superficie de transmisión de calor dispuesto después de la cámara de combustión de una central térmica, formado por tubos para el medio a calentar y nervios, que están soldados sobre los tubos para formar una pared de membrana continua, que contiene esta pared de membrana, caracterizado porque en la pared de membrana se disponen por lo menos dos termoelementos según el procedimiento según una de las reivindicaciones de 1 a 6, de los cuales por lo menos uno está unido mediante un punto de contacto (7) con un nervio y por lo menos uno está unido por el punto de contacto (8) con un tubo, y porque los termoelementos miden la diferencia de temperatura entre nervio y tubo.
8. Dispositivo según la reivindicación 7, caracterizado porque se miden las temperaturas de la cara opuesta al gas de combustión de una caldera de calentamiento limitada por paredes de membrana, en el que en especial el tubo está contiguo al nervio y las temperaturas se miden con preferencia en el centro del nervio y/o con preferencia en el vértice del tubo, siendo con preferencia agua hirviendo el medio calentable que circula por el interior de los tubos.
9. Dispositivo según la reivindicación 7 ú 8, caracterizado porque los termoelementos miden la temperatura por el efecto de Seebeck, dichos termoelementos contienen con preferencia hierro y constantán y con preferencia especial están formados por la pared de membrana que contiene hierro y por los filamentos de constantán alojados en ella, dichos filamentos de constantán están con preferencia soldados directamente sobre la pared de membrana.
10. Uso de un dispositivo según una de las reivindicaciones de 7 a 9 o de un procedimiento según una de las reivindicaciones de 1 a 6 para optimizar la regulación de la capacidad incineradora de centrales térmicas, formadas por calderas de calentamiento con cámara de combustión, canales de radiación y de convección así como paredes de membrana, caracterizado porque se mide la diferencia de temperatura en varios puntos de las paredes de membrana, a partir de estos datos se establece un perfil de caudales térmicos y

- este se emplea como valor real para la regulación de la capacidad incineradora, o
 - después de la comparación con un perfil de liberación térmica uniforme se determina la situación del fuego en el sistema de combustión y el tipo y tamaño de las acciones reguladoras necesarias para el lugar y la cantidad de la alimentación de combustible y, en caso de desviación con respecto al perfil de caudal térmico, se modifica el tipo y tamaño de la dosificación del combustible sobre la parrilla o el lecho de combustible hasta que el perfil de caudal térmico derivado de las temperaturas de diferencia medidas coincida con los perfiles de caudal térmico preestablecidos para una liberación térmica uniforme.
- 5
11. Uso de un dispositivo según una de las reivindicaciones de 7 a 9 o de un procedimiento según una de las reivindicaciones de 1 a 6 para optimizar la regulación de la capacidad de combustión de centrales térmica, formadas por calderas de calentamiento con cámara de combustión, canales de radiación y de convección así como paredes de membrana, caracterizado porque se mide la diferencia de temperaturas en varios puntos de las paredes de membrana durante el funcionamiento y a partir de estos datos se halla el perfil de caudal térmico y
- 10
- a partir de este perfil a lo largo del camino de calcinación de los gases en el sistema de combustión se determina el tipo y el tamaño de las acciones de regulación correspondientes requeridas y/o
- 15
- a partir de este perfil se reconoce en las paredes de la cámara de combustión la posición de la zona de calcinación de los gases de combustión y, de este modo, se determina el tipo y el tamaño de la distribución necesaria del aire, tanto primario como secundario, y/o
 - a partir de este perfil se determinan en las paredes de la cámara de combustión las zonas dañadas del revestimiento refractario e inmediatamente las capas de protección y aislamiento, y/o
- 20
- con arreglo a este perfil se procede a limpiar la caldera y/o
 - se utiliza este perfil para el balance de la caldera de combustión con su cámara de combustión, canales de radiación y de convección y eventualmente otras partes de la planta y para la determinación del valor calorífico del combustible.

Fig. 1

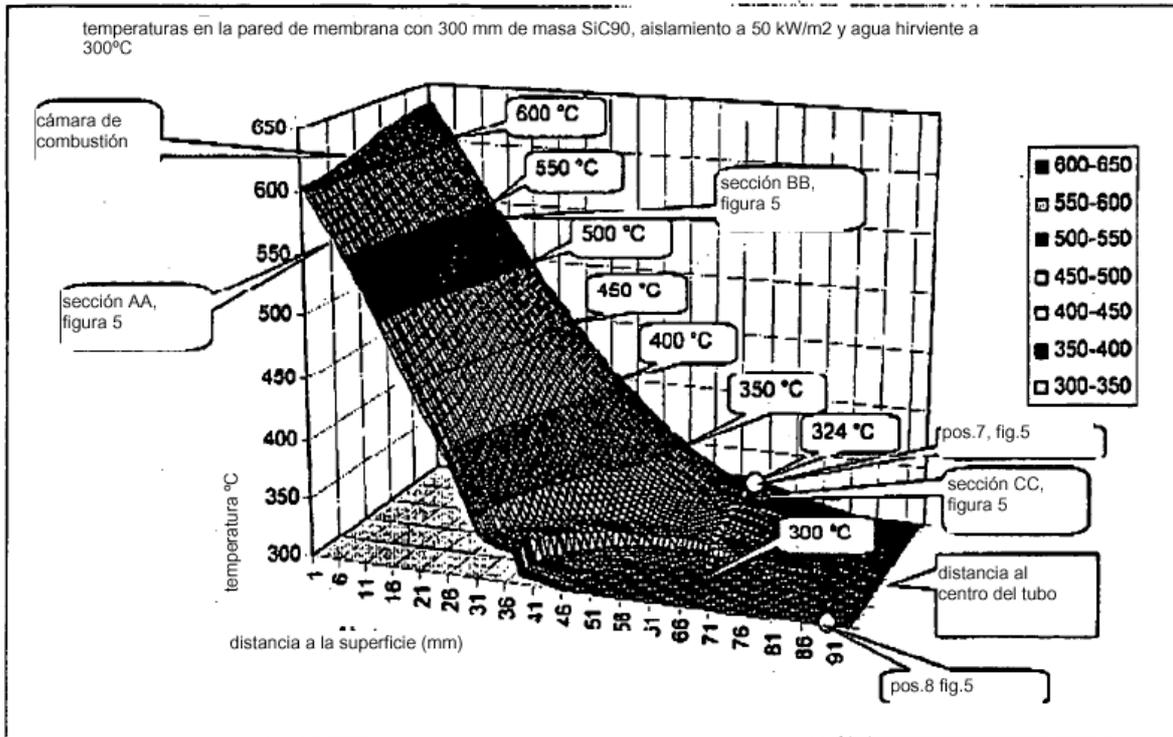


Fig. 2

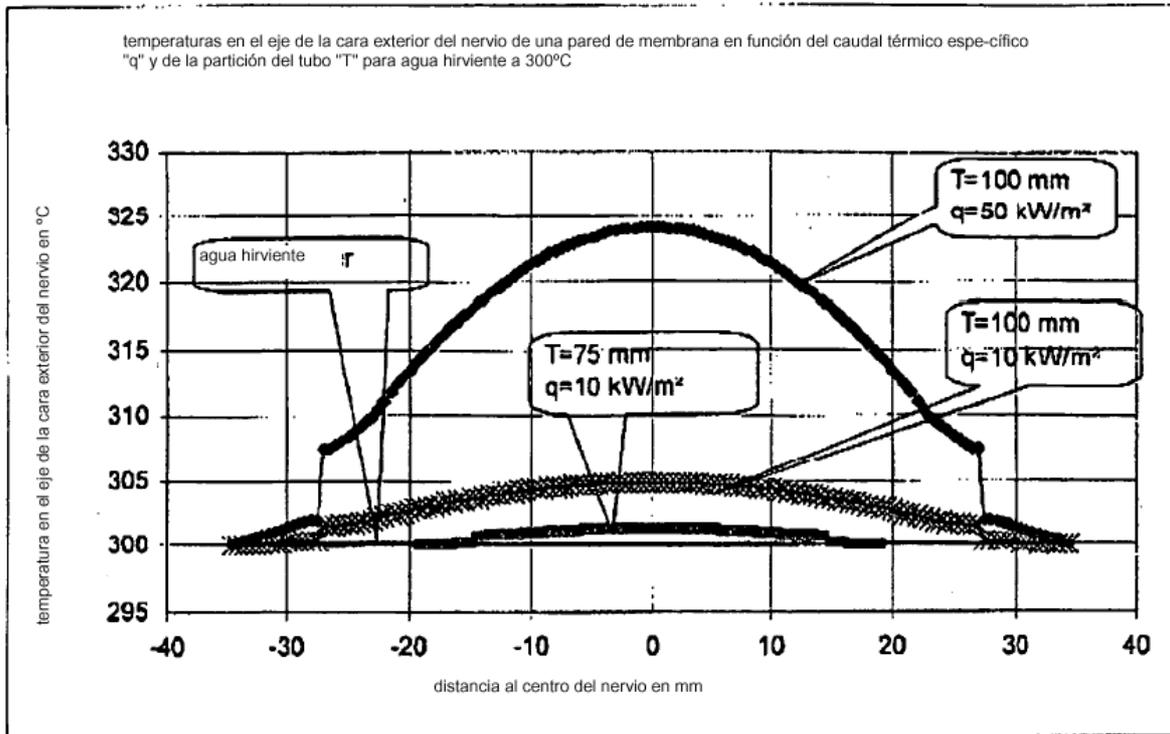


Fig. 3

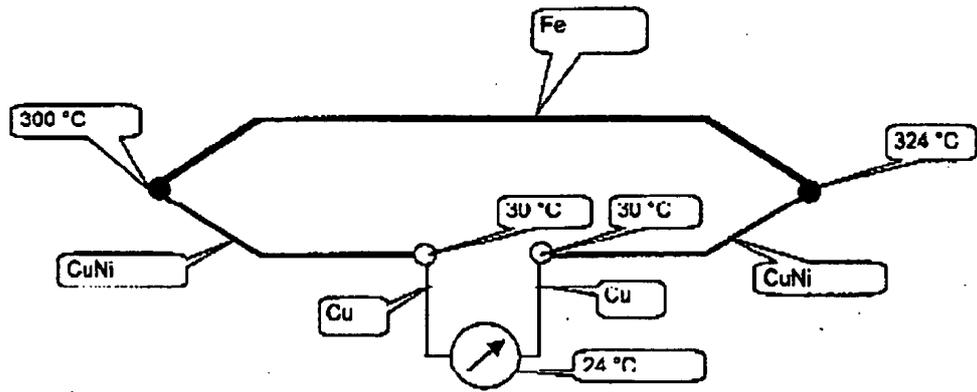


Fig. 4

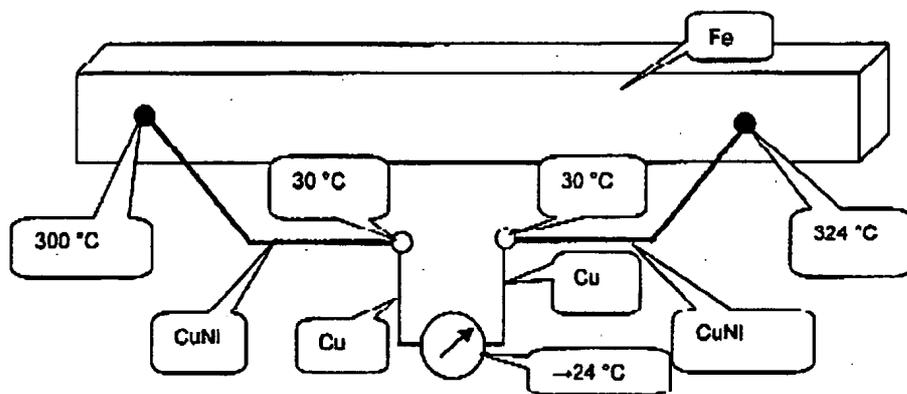
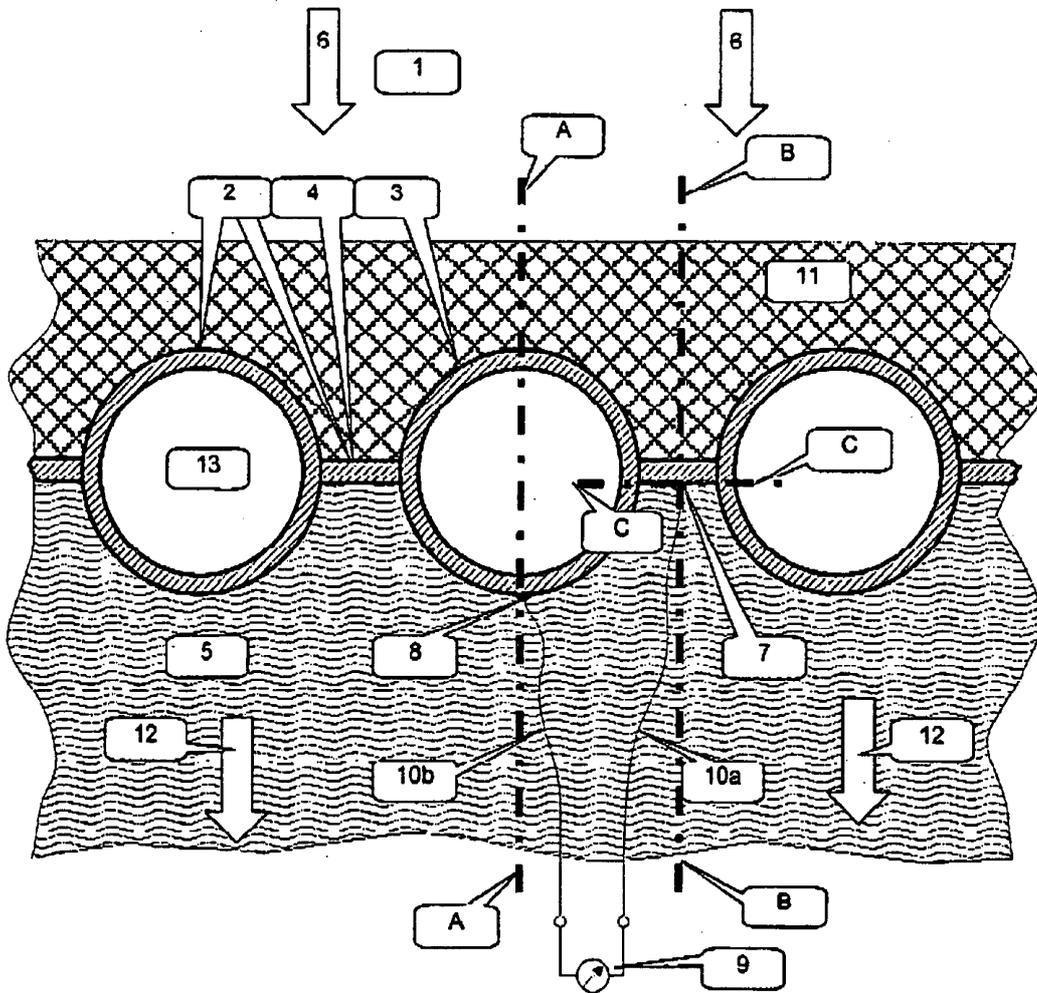


Fig. 5



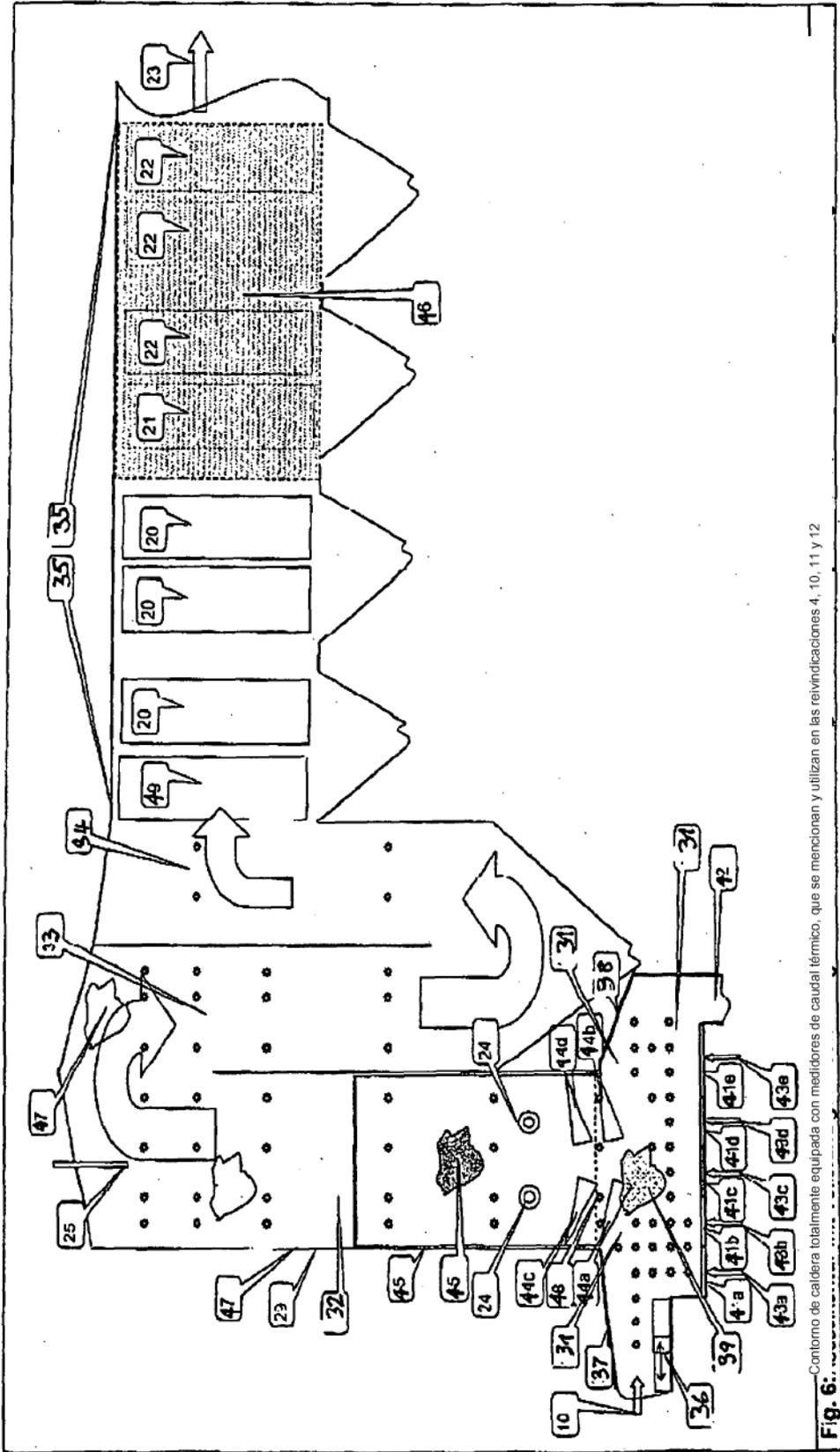
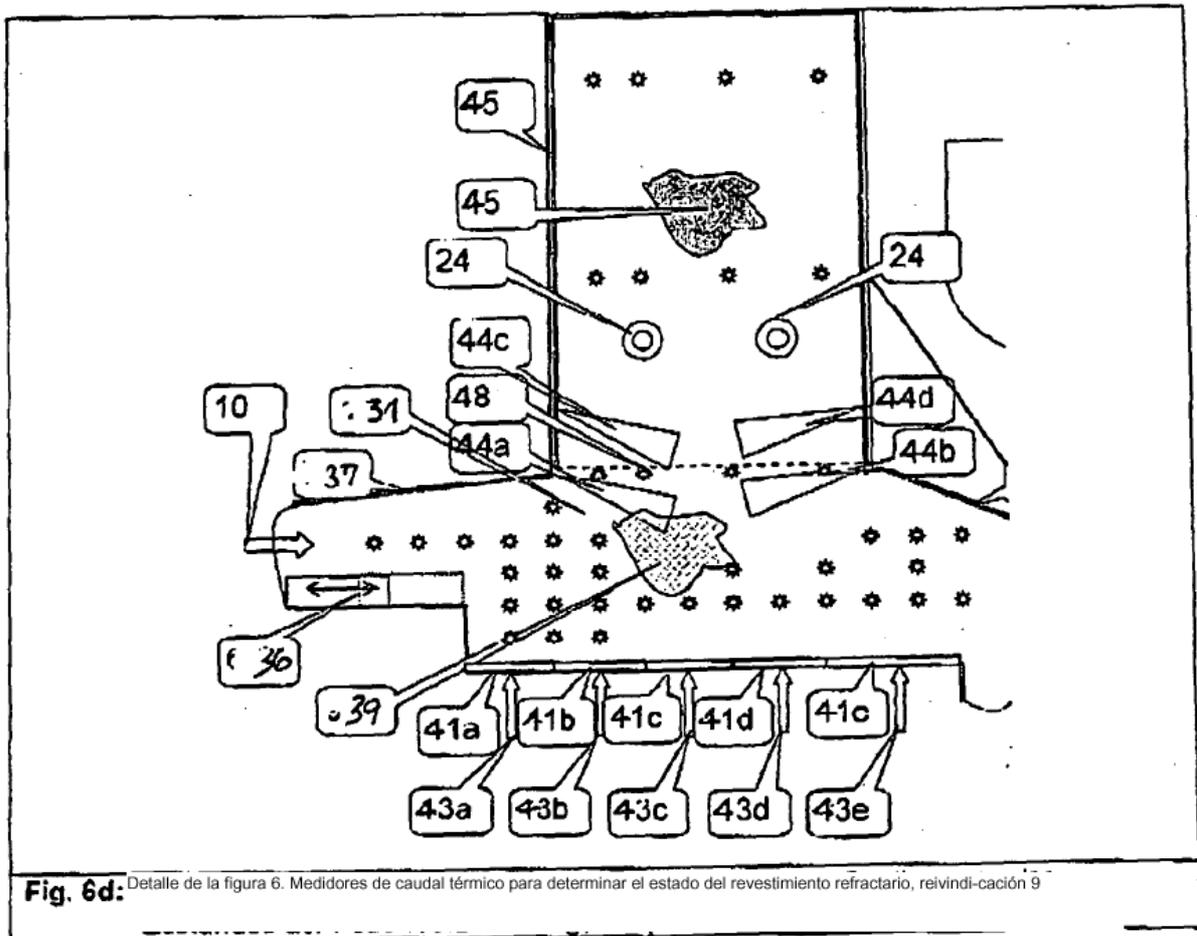
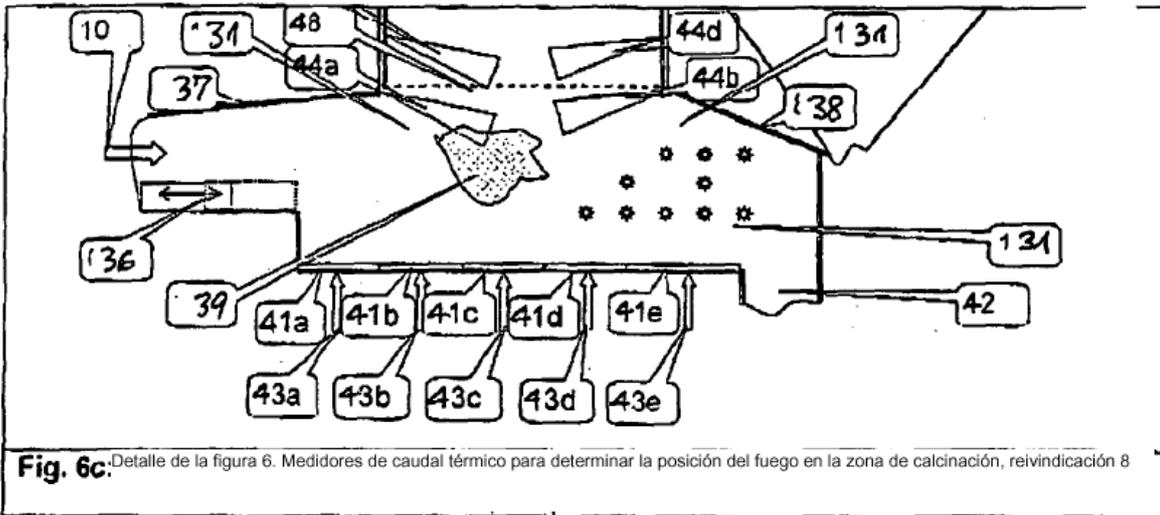


Fig. 6: Contorno de caldera totalmente equipada con medidores de caudal térmico, que se mencionan y utilizan en las reivindicaciones 4, 10, 11 y 12



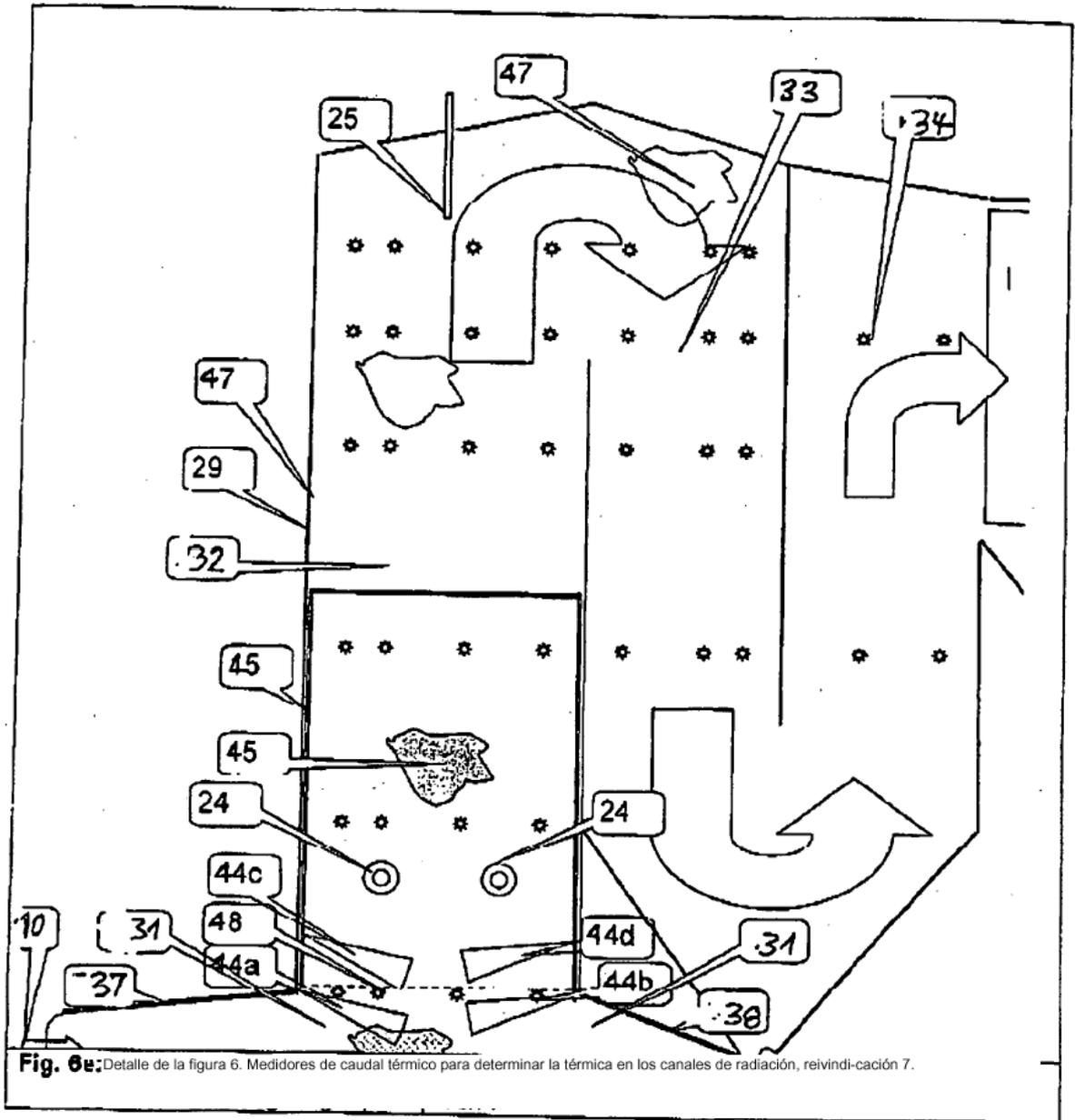


Fig. 6e: Detalle de la figura 6. Medidores de caudal térmico para determinar la térmica en los canales de radiación, reivindicación 7.