

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 239**

51 Int. Cl.:

F23J 3/02 (2006.01)

F23M 11/04 (2006.01)

G01N 21/17 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.11.2013 PCT/FI2013/051105**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.06.2014 WO14087045**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2013 E 13814188 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.08.2016 EP 2929247**

54 Título: **Una disposición en un proceso térmico, y un método para medir el espesor de una capa de contaminación**

30 Prioridad:

05.12.2012 FI 20126270

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

23.03.2017

73 Titular/es:

**VALMET TECHNOLOGIES OY (100.0%)
Keilasatama 5
02150 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

MAUNULA, JONI

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 606 239 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

Una disposición en un proceso térmico, y un método para medir el espesor de una capa de contaminación

5 Campo de la Invención

La invención se refiere a una disposición en un dispositivo térmico o en un proceso térmico. La invención también se refiere a un sistema que comprende un dispositivo térmico. Además, la invención se refiere al uso de un instrumento de medición electromagnética, tal como óptica, de distancia para tomar mediciones de un dispositivo térmico. Además, la invención se refiere a un método para medir el espesor de una capa de contaminación sobre un dispositivo térmico. Además, la invención se refiere a un método para la limpieza o el mantenimiento, por ejemplo la eliminación de hollín, de un dispositivo térmico. Además, la invención se refiere a optimizar la limpieza o la eliminación de hollín de un dispositivo térmico.

15 Antecedentes de la Invención

Los dispositivos térmicos se usan para producir energía o combustible a partir de un material combustible. Los dispositivos térmicos, tales como calderas, comprenden unas paredes que definen, entre otras cosas, un horno y/o unos conductos de gases de combustión. Además, las calderas comprenden intercambiadores de calor para recuperar el calor que se forma en la combustión. Tanto las paredes como los intercambiadores de calor comprenden superficies. Durante la combustión de un material combustible, se forman gases de combustión en el horno. Parte de los gases de combustión contaminan dichas superficies. Por lo tanto, una capa de hollín o ceniza se acumula sobre dichas superficies. La capa de hollín o ceniza aísla el calor y, por lo tanto, reduce la recuperación de calor a partir de la caldera. Esta es una razón por la cual las superficies se someten a eliminación de hollín de vez en cuando.

25 Un sistema y un método para medir el espesor de la capa de hollín y para eliminar el hollín se describe en el documento US 2011/0056313 A1.

Tal como se ha descrito en lo que antecede, una eliminación de hollín demasiado infrecuente reduce la recuperación de calor a partir de la caldera, debido a que, de este modo, se puede acumular una capa gruesa de hollín o ceniza sobre la superficie de aportación de calor, y la capa aísla el calor. Una eliminación de hollín demasiado frecuente, a su vez, desgasta las superficies de la caldera y el propio dispositivo de eliminación de hollín, reduciendo su duración en servicio. De acuerdo con el estado de la técnica, la eliminación de hollín se puede realizar, por ejemplo, a intervalos regulares.

35 Breve compendio de la Invención

Se ha hallado que el espesor de una capa de contaminación sobre una superficie de un dispositivo térmico se puede medir durante el uso del dispositivo térmico: de forma ventajosa, la medición durante el uso se puede realizar mediante un instrumento de medición electromagnética de distancia. El instrumento de medición electromagnética de distancia puede ser un instrumento de medición óptica de distancia.

40 Una disposición de acuerdo con la invención comprende:

- 45 - un dispositivo térmico que es una caldera, un reactor de gasificación, un reactor de pirólisis o un reactor de torrefacción, comprendiendo el dispositivo térmico unas paredes que encierran partes interiores del dispositivo térmico,
- una superficie que dispersa y/o que refleja una radiación electromagnética en la parte interior del dispositivo térmico,
- un detector de radiación electromagnética que está dispuesto a una segunda distancia con respecto a dicha superficie,
- 50 - una unidad de procesamiento,
- una fuente de láser que está dispuesta a una primera distancia con respecto a dicha superficie y en el exterior del dispositivo térmico, y
- una ventana o una abertura que está configurada para transmitir una señal electromagnética desde la fuente de láser hasta dicha superficie que está compuesta por una pared del dispositivo térmico, disposición en la que
- 55 - la fuente de láser está configurada para emitir una radiación desde la fuente de láser hasta dicha superficie, reflejándose y/o dispersándose dicha radiación en forma de una radiación reflejada a partir de dicha superficie,
- el detector de radiación electromagnética está configurado para recibir la radiación reflejada, y
- 60 - la unidad de procesamiento está configurada para determinar el espesor o el aumento en el espesor de una capa de contaminación mediante
- la determinación, durante un primer periodo de tiempo, por medio de una radiación emitida y una radiación reflejada, de unos datos dependientes de la primera y/o la segunda distancia y, por medio de dichos datos, de una primera longitud,
- 65 - la determinación, durante un segundo periodo de tiempo, por medio de una radiación emitida y una

radiación reflejada, de unos datos dependientes de la primera y/o la segunda distancia y, por medio de dichos datos, de una segunda longitud, y

- la determinación, por medio de la primera longitud y la segunda longitud, del aumento en el espesor de la capa de contaminación o el espesor de la capa de contaminación, mediante el uso de la primera longitud como una longitud de referencia inicial.

Una realización es dicho uso durante el funcionamiento del dispositivo térmico.

Un método de acuerdo con la invención para medir el espesor de una capa de contaminación o un aumento en el espesor de una capa de contaminación sobre un dispositivo térmico, en el que

- el dispositivo térmico es una caldera, un reactor de gasificación, un reactor de pirólisis o un reactor de torrefacción,

- el dispositivo térmico comprende unas paredes que encierran partes interiores del dispositivo térmico, y

- una superficie está dispuesta en la parte interior del dispositivo térmico,

- la pared del dispositivo térmico comprende una ventana o una abertura que está configurada para transmitir una señal electromagnética desde dicha fuente de láser hasta dicha superficie, comprende:

- emitir una radiación electromagnética desde una fuente de láser hasta la superficie, reflejándose y/o dispersándose dicha radiación en forma de una radiación reflejada a partir de dicha superficie, estando dispuesta la fuente de láser a una primera distancia con respecto a dicha superficie y en el exterior del dispositivo térmico;

- recibir dicha radiación reflejada por medio de un detector de radiación electromagnética, estando dispuesto el detector de radiación electromagnética a una segunda distancia con respecto a dicha superficie,

- determinar, durante un primer periodo de tiempo, por medio de una radiación emitida y una radiación reflejada, unos datos dependientes de la primera y/o la segunda distancia y, por medio de dichos datos, una primera longitud,

- determinar, durante un segundo periodo de tiempo, por medio de una radiación emitida y una radiación reflejada, unos datos dependientes de la primera y/o la segunda distancia y, por medio de dichos datos, una segunda longitud, y

- determinar, por medio de la primera longitud y la segunda longitud, el aumento en el espesor de la capa de contaminación o el espesor de la capa de contaminación mediante el uso de la primera longitud como una longitud de referencia inicial.

Por lo tanto, dicho espesor o dicho aumento en el espesor de la capa de contaminación se puede determinar por medio de dichos datos.

El método o la disposición se puede utilizar, por ejemplo, en la optimización de la limpieza y/o el mantenimiento de un dispositivo térmico. Un método de este tipo se presenta en las reivindicaciones dependientes 14 y 15. Un sistema correspondiente se presenta en las reivindicaciones dependientes 5 y 6.

Descripción de los dibujos

En lo sucesivo, la invención se describirá con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1, muestra una caldera en una vista lateral,

la figura 2, muestra la sección II de la figura 1 con más detalle,

la figura 3a, muestra una señal en una fuente de luz y una señal en un detector de luz como una función del tiempo,

la figura 3b, muestra un método para medir una distancia,

la figura 3c, muestra una señal en una fuente de luz y una señal en un detector de luz como una función del tiempo, así como un método para medir una distancia,

la figura 3d, muestra un método para medir una distancia,

la figura 3e, muestra un método para medir una distancia,

la figura 4, muestra una caldera en una vista desde arriba,

la figura 5a, muestra una caldera en una vista desde arriba,

la figura 5b1, muestra un conducto de gases de combustión de una caldera en una vista lateral,

la figura 5b2, muestra un conducto de gases de combustión de una caldera en una vista lateral,

la figura 5b3, muestra un conducto de gases de combustión de una caldera en una vista lateral,

la figura 6, muestra una caldera en una vista lateral,

la figura 7, muestra una señal en una fuente de luz y una señal en un detector de luz como una función del tiempo, durante dos periodos de tiempo,

la figura 8, muestra una señal en una fuente de luz y una señal en un detector de luz como una función del tiempo durante tres periodos de tiempo, constituyendo los periodos de tiempo un intervalo de tiempo.

En las figuras 1 a 8, números o símbolos correspondientes hacen referencia a partes correspondientes.

Descripción detallada de la Invención

La figura 1 muestra una disposición. La disposición comprende un dispositivo térmico 100. El dispositivo térmico se refiere a un dispositivo que está configurado para producir energía y/o combustible a partir de un material combustible. Por ejemplo, el dispositivo térmico puede hacer referencia a una caldera para quemar un material combustible para producir energía. Las calderas se pueden clasificar de acuerdo con el material combustible, en el que, por ejemplo, son conocidas las siguientes calderas: una caldera de recuperación de sosa (para quemar licor negro), una caldera alimentada por combustible líquido, una caldera alimentada por carbón, una caldera de combustible pulverizado, y una caldera alimentada por residuos (en una instalación de transformación de residuos en energía). Las calderas se pueden clasificar de acuerdo con la estructura de la caldera, en las que, por ejemplo, son conocidas las siguientes calderas: una caldera de lecho fluidizado, tal como una caldera de lecho fluidizado circulante (CFB, *circulating fluidized bed*) y una caldera de lecho fluidizado burbujeante (BFB, *bubbling fluidized bed*), una caldera de tubos de agua y una caldera de tubos de humo. Por ejemplo, el dispositivo térmico puede hacer referencia a un reactor de gasificación para oxidar un material combustible para producir gas de síntesis. El gas de síntesis se puede refinar adicionalmente hasta dar combustible, tal como biocombustible.

Por ejemplo, el dispositivo térmico puede hacer referencia a un reactor de pirólisis para pirolizar un material combustible para producir aceite de pirólisis. El aceite de pirólisis se puede refinar adicionalmente. Por último, el dispositivo térmico puede hacer referencia a un reactor de torrefacción, en el que un material combustible se somete a un tratamiento térmico para evaporar agua e hidrocarburos ligeros a partir del material combustible. El material combustible que se trata de esta forma se puede utilizar como combustible en procesos más adelante. De una forma correspondiente, el proceso térmico se refiere a un proceso en el que se produce energía y/o combustible. De acuerdo con los reactores que se han descrito en lo que antecede, el proceso térmico puede ser, por ejemplo, un proceso de combustión, de gasificación, de pirólisis o de torrefacción. El material combustible que se ha mencionado en lo que antecede puede ser, por ejemplo, biocombustible sólido, tal como un material a base de madera.

En el proceso térmico, se forma contaminación, tal como hollín y/o ceniza. Tal contaminación se acumula en forma de una capa de contaminación sobre las superficies interiores del dispositivo térmico 100. La capa de contaminación reduce las propiedades de transferencia de calor del dispositivo térmico 100, debido a que la contaminación aísla el calor. Después de que el dispositivo térmico se haya contaminado, es necesario que el mismo se limpie. En conexión con la limpieza, también se pueden llevar a cabo otras operaciones de mantenimiento. La limpieza se puede realizar, por ejemplo, mediante eliminación de hollín.

La limpieza del dispositivo térmico se puede optimizar si se conoce la cantidad de contaminación sobre las superficies del dispositivo térmico. La optimización de la limpieza es ventajosa, debido a que entonces se puede estar seguro de que

- que la transferencia de calor a partir del dispositivo térmico es buena (la limpieza se realiza de una forma lo bastante frecuente), y
- que el dispositivo no se desgasta de forma excesiva por la eliminación de hollín (la limpieza se realiza de una forma lo bastante infrecuente).

Un problema técnico en la optimización de la limpieza es la determinación del espesor de la capa de contaminación. Se ha hallado que el espesor de la capa de contaminación se puede determinar por medios electromagnéticos, por ejemplo por medio de un instrumento de medición electromagnética (tal como óptica) de distancia.

La figura 1 muestra un ejemplo de un dispositivo térmico 100. El dispositivo térmico 100 de la figura 1 es una caldera 100. El dispositivo térmico 100 es parte de una disposición que se muestra en la figura 1.

La caldera 100 de la figura 1 comprende unas paredes 102 que encierran partes interiores de la caldera. Por ejemplo, se proporciona un horno 110 en la parte interior de la caldera. El horno 110 se puede usar para quemar combustible, tal como biocombustible, carbón o combustible líquido. El suministro de combustible se ilustra mediante una flecha 114. Para la combustión, el horno también se abastece con aire. El suministro de aire se ilustra mediante una flecha 112. Como resultado de la combustión en el horno, se forma calor, tal como el calor de radiación y el calor que está contenido en los gases de combustión. Se recupera calor a partir de la caldera 100 por medio de un intercambiador de calor. El intercambiador de calor puede ser, por ejemplo, un recalentador 112, un precalentador de agua de alimentación 124 o un precalentador 126 para aire de combustión. El intercambiador de calor puede transferir calor desde la radiación y/o los gases de combustión hasta un medio de transferencia de calor, tal como agua de circulación de caldera o aire de combustión. Por ejemplo, se proporcionan un recalentador 122 y un precalentador de agua de alimentación 124 para transferir calor al agua de circulación de caldera. Se proporciona un precalentador de aire 126 para transferir calor al aire de combustión. Otros dispositivos térmicos comprenden paredes y también pueden comprender intercambiadores de calor.

Dichas partes interiores de la caldera 100 están delimitadas por las superficies 150. En el presente contexto, la superficie 150 se refiere a cualquier superficie que delimite un espacio en el que tiene lugar un proceso térmico, tal como combustión. La superficie 150 también puede hacer referencia a una superficie aguas abajo con respecto a los

procesos propiamente dichos, tal como un conducto de gases de combustión. La superficie puede ser, por ejemplo, la superficie de una pared, tal como una pared 102 en la parte interior de la caldera. La superficie 150 puede ser, por ejemplo, la superficie de un horno 110 o un conducto de gases de combustión 116. La superficie 150 puede ser, por ejemplo, la superficie de un intercambiador de calor. La superficie 150 puede ser, por ejemplo, la superficie de un
 5 recalentador 122, un precalentador de agua de alimentación 124 o un precalentador de aire 126. Durante la combustión de un material combustible, se forman gases de combustión en el horno 110. Parte de los gases de combustión contaminan las superficies 150 de la caldera. Por lo tanto, se forma una capa de contaminación 160 sobre dichas superficies 150. La capa de contaminación 160 aísla el calor y, por lo tanto, reduce la recuperación de calor a partir de la caldera 100. Cuando se forma una capa de contaminación 160 sobre una superficie limpia, la
 10 superficie 150 que delimita la caldera es la superficie 150 de dicha capa de contaminación. Por lo tanto, la capa de contaminación 160 propiamente dicha se deja por debajo de la superficie 150. La capa de contaminación 160 puede comprender, por ejemplo, al menos uno de los siguientes: hollín y ceniza.

El espesor de la capa de contaminación 160 se puede medir por medios electromagnéticos. El espesor de la capa de contaminación 160 se puede medir por medios ópticos. La disposición de la figura 1 comprende una fuente 210 de radiación electromagnética. La fuente de luz 210 se usa como la fuente de radiación electromagnética. De acuerdo con la invención, la fuente de radiación electromagnética es una fuente de láser. La fuente 210 está dispuesta a una primera distancia L_1 (las figuras 2 y 4) con respecto a la superficie 150. La fuente 210 está configurada para emitir una radiación 215 desde la fuente de luz 210 hasta la superficie 150. La fuente 210 está
 15 configurada para emitir una radiación 215 en un primer instante de tiempo t_1 . Cuando la radiación 215 incide sobre la superficie 150, por ejemplo la superficie de la capa de contaminación 160, al menos parte de la radiación 215 se refleja y/o se dispersa en forma de una radiación reflejada 225. La radiación también se puede difractar de vuelta, lo que se considera dispersión en el presente contexto. La radiación se refleja y/o se dispersa a partir de al menos un punto de reflexión. La radiación reflejada, tal como la luz reflejada, se indica con el número de referencia 225 en la
 20 figura 1. En el presente contexto, dispersión se refiere a la dispersión o la difracción de la radiación 215 con ángulos aleatorios o con un ángulo diferente del ángulo de incidencia. Por lo tanto, el ángulo de incidencia de la radiación 215 no es necesariamente igual al ángulo de dispersión de la radiación 225. La reflexión de la radiación 215 por una superficie plana 150, a su vez, tiene lugar en una dirección tal que el ángulo de incidencia de la radiación 215 es igual al ángulo de reflexión de la radiación 225. La superficie 150 puede ser no uniforme a una escala microscópica, lo que da lugar a dispersión; dicho de otra forma, la radiación 215 se refleja en varias direcciones debido a la rugosidad de la superficie 150, que se observa como dispersión. Tal como se muestra en la figura 1, la fuente 210 de radiación está, en una realización, dispuesta en el exterior del dispositivo térmico 100.

En la disposición, la superficie 150 refleja una radiación (tal como luz). En particular, la superficie 150 refleja una radiación con una longitud de onda tal que es emitida por la fuente 210 de luz. No es necesario que el coeficiente de reflexión de la superficie 150 sea alto. El coeficiente de reflexión de la superficie 150 con una longitud de onda de radiación que es emitida por la fuente 210 puede ser de al menos 0,001, de al menos 0,01 o de al menos 0,1. También es posible que el coeficiente de reflexión sea más alto, por ejemplo al menos 0,5. Tal como se presentará
 35 en lo sucesivo, la longitud de onda que es emitida por la fuente 210 también se puede seleccionar de una forma tal que el coeficiente de reflexión de la capa de contaminación 160 es suficiente precisamente con esta longitud de onda.

La disposición de la figura 1 comprende un detector 220 de radiación electromagnética. En una realización, el detector 220 que se usa para la radiación electromagnética es un detector de luz 220. El detector 220 está dispuesto a una segunda distancia L_2 (las figuras 2 y 4) con respecto a dicha superficie 150. En la figura 1, la primera y la segunda distancias son iguales. El detector de luz 220 está configurado para recibir una radiación electromagnética, tal como la radiación reflejada 225. El detector 220 está configurado para recibir una radiación reflejada 225 en un
 45 segundo instante de tiempo t_2 . Dependiendo del método de medición, el segundo instante de tiempo t_2 puede ser el mismo que el primer instante de tiempo t_1 . En lo sucesivo se presentarán diversos métodos de medición. Tal como se muestra en la figura 1, el detector 220 de radiación está, en una realización, dispuesto en el exterior del dispositivo térmico 100.

La disposición de la figura 1 comprende una unidad de procesamiento 230. La unidad de procesamiento está configurada para determinar una información dependiente de la primera y/o la segunda distancia por medio de una radiación emitida 215 y la radiación reflejada 225. Por ejemplo, la unidad de procesamiento 230 se puede configurar para determinar el segundo instante de tiempo t_2 y el primer instante de tiempo t_1 . La unidad de procesamiento 230 se puede configurar para determinar el espesor de la capa de contaminación 160 mediante la utilización de dicha información que depende de la primera y/o la segunda distancia. Tal como se muestra en la figura 1, la unidad de procesamiento 230 está, en una realización, dispuesta en el exterior del dispositivo térmico 100.
 55

La unidad de procesamiento 230 se puede configurar para transmitir dicha información que depende de la primera y/o la segunda distancia. Esta información se analizará con más detalle en lo sucesivo, en conexión con diferentes métodos de medición.

60 En la figura 1, la pared 102 de la caldera 100 comprende una abertura 130 para transmitir una señal

electromagnética 215 desde la fuente 210 hasta la superficie 150. En lugar de o además de la abertura, la pared 102 puede comprender una ventana para transmitir la señal electromagnética 215 desde la fuente 210 hasta la superficie 150. Por medio de la abertura 130, también es posible suministrar un gas de protección 250 (la figura 2), tal como aire u otro gas, a la caldera 100, con el fin de mantener limpios la fuente 210 y/o el detector 220. El suministro de aire se puede intensificar por medio de un tubo 132. Esta parte se ilustra con más detalle en la figura 2.

La figura 1 también muestra un instrumento de medición electromagnética de distancia 200 que comprende una fuente de radiación 210, un detector de radiación 220 y una unidad de procesamiento 230. El instrumento de medición de distancia puede constituir una unidad separada en la disposición. Como alternativa, la primera y/o la segunda distancia se puede medir por medio de componentes separados, es decir, mediante una fuente 210 separada, un detector 220 separado y una unidad de procesamiento 230 separada. De forma ventajosa, se usa un instrumento de medición óptica de distancia 200 como el instrumento de medición electromagnética de distancia 200. Tal como se muestra en la figura 1, el instrumento de medición de distancia 200 está, en una realización, dispuesto en el exterior del dispositivo térmico 100. Esto da la ventaja de que el instrumento de medición de distancia se puede usar durante el funcionamiento del dispositivo térmico. Por lo general, las condiciones que predominan en el interior del dispositivo térmico son tales que el instrumento de medición no resiste un entorno operativo de este tipo.

La figura 2 muestra una vista más detallada del paso de un gas de protección 250, tal como aire, y una radiación (215, 225), tal como luz, en el tubo 132. La figura 2 muestra la parte II de la figura 1 con más detalle. El tubo 132 está configurado de tal modo que la señal electromagnética 215 está configurada para pasar a través del tubo 132 desde dicha fuente 210 hasta dicha superficie 150. Además, la disposición de la figura 2 comprende unos medios para suministrar un gas de protección 250 a dicho tubo 132. En la figura 2, se suministra un gas de protección 250 por medio de una entrada de gas de protección 255 al tubo 132. El tubo 132 está configurado para transportar un gas de protección 250 a la caldera 100. La fuente 210 está configurada para emitir una radiación 215 desde la fuente 210 a lo largo del tubo 132 hasta la superficie 150. La disposición puede comprender un segundo tubo para guiar la radiación reflejada 225 hacia el detector 220. En la figura 2, no obstante, el tubo 132 está configurado de tal modo que el detector 220 está configurado para recibir la radiación reflejada 225 por medio del tubo 132.

Tal como se muestra en la figura 2, en una realización, el tubo 132 se extiende a partir de la pared 102 de la caldera 100 hacia dentro, hacia las partes interiores de la caldera 100. Además, en una realización, el tubo 132 se extiende a partir de la pared 102 de la caldera 100 hacia fuera, lejos de la pared 102 de la caldera y con respecto a las partes interiores de la caldera. En una realización, el tubo 132 solo se extiende hacia fuera a partir de la pared 102 de la caldera 100. En una realización, el tubo 132 solo se extiende hacia dentro a partir de la pared 102 de la caldera 100.

De forma ventajosa, la fuente 210 está dispuesta a una tercera distancia con respecto al detector 220 de una forma tal que la tercera distancia es corta. La tercera distancia puede ser, por ejemplo, más corta que 10 cm, más corta que 5 cm, o más corta que 1 cm. Cuando el detector se encuentra cerca de la fuente, la dirección desde la fuente 210 hasta la superficie 150 es opuesta o casi opuesta a la dirección desde la superficie 150 hasta el detector 220. Por lo tanto, a medida que aumenta la capa de contaminación 160, disminuyen tanto la primera distancia L_1 (la distancia desde la fuente 210 hasta la superficie 150) como la segunda distancia L_2 (la distancia desde la superficie 150 hasta el detector 220). Por lo tanto, es posible medir ambas distancias en un único tiempo de medición, y se mejora la precisión de la medición. Preferiblemente, el ángulo entre una primera dirección desde la fuente 210 hasta el punto de reflexión de la superficie 150, y una segunda dirección desde el detector 220 hasta dicho punto de reflexión, es más pequeño que 5 grados, más preferiblemente más pequeño que 1 grado. Este tipo de situación se muestra en la figura 2.

Las figuras 3a a 3e muestran algunos métodos electromagnéticos para medir una distancia. Mediante la medición de la distancia, es posible determinar el espesor de la capa de contaminación 160. Tal como se ha descrito en lo que antecede, cuando aumenta el espesor de la capa 160, disminuye la primera distancia L_1 entre la superficie 150 y la fuente 210, y/o la segunda distancia L_2 entre la superficie 150 y el detector 220.

La figura 3a muestra un principio de medición de distancia cuando el dispositivo se corresponde, por ejemplo, con el dispositivo que se muestra en la figura 2. El método de acuerdo con la figura 3a se basa en el tiempo que lleva la propagación de la radiación electromagnética. En la parte superior de la figura 3a, una señal 310 en una fuente de luz 210 (o más generalmente, en una fuente de radiación 210) se muestra como una función del tiempo. La señal 310 puede hacer referencia a una señal de control de la fuente de luz 210, tal como una tensión o una corriente, o la misma puede hacer referencia a la intensidad de la luz 215 emitida. El instante de subida de señal es dicho primer instante de tiempo t_1 . Como alternativa o además, también se pueden usar otros instantes en relación con la señal 310 para determinar el primer instante de tiempo t_1 .

En la parte inferior de la figura, una señal 320 en un detector de luz 220 (o más generalmente, en un detector de radiación 220) se muestra como una función del tiempo. La señal 320 puede hacer referencia a una señal que se obtiene a partir del detector de luz 220, tal como una tensión o una corriente, o la misma puede hacer referencia a la intensidad de la luz reflejada 225. El instante de subida de señal es dicho segundo instante de tiempo t_2 . Como

alternativa o además, también se pueden usar otros instantes en relación con la señal 320 para determinar el segundo instante de tiempo t_2 .

5 Tal como es conocido, la luz se propaga en un medio a la velocidad c , en la que $c = c_0/n$, c_0 es la velocidad de la luz en el vacío, 299.792.458 m/s, y n es el índice de refracción del medio. El índice de refracción del gas de protección 250, tal como aire, se encuentra muy cerca del valor de 1. Por ejemplo, el índice de refracción del aire es de aproximadamente 1,0003. Para muchas sustancias densas, tales como líquidos y sólidos, el índice de refracción puede ser más alto, por ejemplo de 1,2 a 2,5.

10 Cuando se conocen el primer y el segundo instantes de tiempo, t_1 y t_2 , la distancia que es recorrida por la luz se puede calcular como $L_1 + L_2 = c \times (t_2 - t_1)$, en la que L_1 es la distancia de la fuente de luz con respecto al punto de reflexión de la superficie 150, es decir, la primera distancia, y L_2 es la distancia entre el punto de reflexión y el detector de luz, es decir, la segunda distancia. Tal como se ha mencionado en lo que antecede, la fuente de luz 210 está dispuesta a una tercera distancia L_3 con respecto al detector de luz. De forma ventajosa, la tercera distancia es pequeña en relación con la distancia que se va a medir. Por ejemplo, en una disposición, las distancias se seleccionan de tal modo que $L_3 < 0,1 \times \text{mín}(L_1, L_2)$, de forma más ventajosa $L_3 < 0,05 \times \text{mín}(L_1, L_2)$ y, más preferiblemente, $L_3 < 0,02 \times \text{mín}(L_1, L_2)$. Por lo tanto, con independencia de la ubicación mutua de la fuente de luz 210 y el detector de luz 220, con una precisión relativamente buena $L_1 = L_2 = 0,5 \times c \times (t_2 - t_1)$. Si la señal 310 se refiere a la señal de control de la fuente 210, y la señal 320 se refiere a la señal eléctrica que es dada por el detector 220, puede que el retardo de respuesta de la fuente y el detector lleve parte del tiempo. Un tiempo como este puede tenerse en cuenta en la determinación de la distancia, por ejemplo mediante una calibración.

20 Cuando se acumula una capa de contaminación 160 sobre la superficie 150, se reduce la primera distancia L_1 y/o la segunda distancia L_2 . Basándose en esto, se puede determinar el espesor de la capa de contaminación 160. En el caso de la figura 2, ambas de las distancias L_1 y L_2 se reducen en igual medida.

25 La figura 3b ilustra un método para una medición electromagnética de distancia basado en triangulación. Una señal 215 es emitida por la fuente de radiación 210 y es reflejada y/o dispersada por la superficie 150. Un detector de radiación 220 está dispuesto a una tercera distancia con respecto a la fuente de radiación. En consecuencia, la radiación que es recibida por el detector 220 ha sido reflejada y/o dispersada por la superficie 150 con un ángulo α . Es obvio que el ángulo α depende de la primera distancia, debido a que la distancia entre el detector 220 y la fuente 210 es constante. La radiación dispersada y/o reflejada se puede recoger en el detector 220, por ejemplo por medio de una lente 260. Además, tal como se muestra en la figura, la ubicación d de la señal 225 sobre el detector 220 dependerá del ángulo α . La ubicación de la señal puede hacer referencia a la ubicación de la intensidad máxima de la radiación reflejada 225 que es recogida por la lente 260. Cuando se conoce la ubicación d de la señal sobre el detector 220, es posible resolver la primera distancia L_1 . Como alternativa, por medio de la ubicación d , es posible determinar el ángulo α , por medio del cual es adicionalmente posible solucionar la primera distancia L_1 . Cuando cambia la primera distancia L_1 , se puede interpretar que el cambio es debido a, por ejemplo, un aumento en la capa de contaminación 160. Como alternativa, es posible saber la distancia de la superficie limpia con respecto a la fuente de radiación, y una reducción en esta distancia es una indicación del espesor de la capa de contaminación 160.

30 La figura 3c ilustra un principio de medición de distancia cuando el dispositivo se corresponde, por ejemplo, con el dispositivo que se muestra en la figura 2. La figura 3c muestra una señal 310 en una fuente de luz 210 como una función del tiempo. La figura también muestra la señal 320 en un detector de luz 220 como una función del tiempo. La expresión señal se ha analizado en lo que antecede en conexión con la figura 3a. Durante un periodo de tiempo T_1 en el que la radiación reflejada 225 es recibida por el detector 220, se mide la señal recibida. En particular, se mide la forma de la señal 320 recibida. La forma de la señal medida 320 se compara con la forma de la señal 310 emitida. A partir de esto, se puede concluir la diferencia de fase $\Delta\Phi$ entre las señales 310 y 320. Cuando se conocen la diferencia de fase y el tiempo de ciclo T de la forma de la señal, la diferencia de tiempo se puede concluir como $(\Delta\Phi) / 2\pi \times T$, y la primera y/o la segunda distancia se puede concluir a partir de dicha diferencia de tiempo. Si el tiempo de ciclo de la señal es corto y la primera o la segunda distancia es larga, la diferencia de fase puede ser más grande que la totalidad de una fase. Por lo tanto, también es posible usar una información que se obtiene a partir de la diferencia de tiempo para determinar el múltiplo entero de la diferencia de fase. De acuerdo con la figura 3b, parte de la diferencia de fase se puede concluir mediante la comparación de las formas de las señales.

35 Por lo general, la precisión de los métodos que se muestran en las figuras 3a a 3c es suficiente para determinar el espesor de la capa de contaminación 160.

40 La figura 3d muestra un método basado en la interferencia. En el método, se usa una fuente de láser 210. La radiación emitida 215 es guiada por un primer espejo semirreflectante 262 y un espejo semirreflectante 264 hacia la superficie 150. A partir de la superficie 150, la radiación 215 se refleja en forma de una radiación reflejada 225. Parte de la radiación emitida 215 es reflejada por dicho espejo semirreflectante 264 hacia una superficie reflectante 266 que se usa como una referencia de distancia. La radiación 215 que se recibe en la superficie reflectante se refleja en forma de una radiación de referencia reflejada 226. La radiación reflejada 225 y la radiación de referencia reflejada 226 se guían hacia el detector de radiación 220. La radiación reflejada 225 y la radiación de referencia reflejada 226

se interfieren, y la diferencia en la distancia de recorrido afecta a la interferencia. Por medio de la interferencia, es posible concluir la distancia de la fuente de radiación 210 con respecto a la superficie 150. Como un fenómeno, la interferencia puede producir unas mediciones similares si la distancia se cambia por un múltiplo de la longitud de onda de la radiación que se usa. También se pueden aplicar otros métodos presentados para determinar la magnitud aproximada de la primera distancia. Si es necesario, los resultados se pueden especificar por medio de mediciones de interferencia.

La figura 3e ilustra otro principio más de medición electromagnética de distancia. En este método, la fuente de radiación 210 emite una radiación electromagnética de banda ancha 215, tal como luz blanca. La radiación 215 se guía a través de un espejo semirreflectante 272. La radiación 215 se orienta hacia la superficie 150 por medio de una lente 274. Debido a que haces de diferentes longitudes de onda son refractados por la lente 274 de diferentes formas, la imagen de la radiación 215 sobre la superficie 150 se enfoca solo con una longitud de onda dada. La longitud de onda, a la que se enfoca la imagen, dependerá no solo de la longitud de onda sino también de la primera distancia entre la fuente de luz 215 y la superficie 150. A partir de la superficie 150, la radiación 215 se refleja en forma de una radiación reflejada 225 que es guiada por la lente 274 y el espejo semirreflectante 272 hacia el detector de radiación 220. Del espectro de la radiación se pueden extraer conclusiones acerca de la primera distancia. Además, se pueden usar otros métodos.

Por lo general, la precisión de los métodos que utilizan la longitud de onda (las figuras 3d y 3e) es del orden de la longitud de onda; por ejemplo, para la luz, más corta que 800 nm. Una precisión de medición tan alta no es necesaria a menudo para el espesor de la capa de contaminación 160.

El método presentado comprende

- emitir una radiación electromagnética desde una fuente de láser hasta la superficie, reflejándose y/o dispersándose dicha radiación en forma de una radiación reflejada a partir de dicha superficie, estando dispuesta la fuente de láser a una primera distancia ($L_{1,1}$; $L_{1,2}$) con respecto a dicha superficie y en el exterior del dispositivo térmico;
- recibir dicha radiación reflejada por medio de un detector de radiación electromagnética, estando dispuesto el detector de radiación electromagnética a una segunda distancia ($L_{2,1}$; $L_{2,2}$) con respecto a dicha superficie,
- determinar, durante un primer periodo de tiempo (T_1), por medio de una radiación emitida y una radiación reflejada, unos datos dependientes de la primera ($L_{1,1}$) y/o la segunda distancia ($L_{2,1}$) y, por medio de dichos datos, una primera longitud (D_1),
- determinar, durante un segundo periodo de tiempo (T_2), por medio de una radiación emitida y una radiación reflejada, unos datos dependientes de la primera ($L_{1,2}$) y/o la segunda distancia ($L_{2,2}$) y, por medio de dichos datos, una segunda longitud (D_2), y
- determinar, por medio de la primera longitud (D_1) y la segunda longitud (D_2), el aumento en el espesor de la capa de contaminación o el espesor de la capa de contaminación mediante el uso de la primera longitud (D_1) como una longitud de referencia inicial.

Preferiblemente, dichos datos dependientes de la primera y/o la segunda distancia comprenden al menos uno de los siguientes:

- un primer instante de tiempo t_1 y un segundo instante de tiempo t_2 (la figura 3a),
- la diferencia de tiempo $t_2 - t_1$ entre el primer instante de tiempo t_1 y un segundo instante de tiempo t_2 (la figura 3a),
- la ubicación d del máximo de radiación en el detector 220 (la figura 3b),
- el ángulo α de la radiación dispersada 225 (la figura 3b),
- la diferencia de fase $\Delta\Phi$ entre la señal medida 320 y la señal 310 emitida (la figura 3c),
- la primera distancia L_1 entre la fuente 210 y la superficie 150 (las figuras 3a a 3e),
- la segunda distancia L_2 entre la fuente 150 y el detector 220 (las figuras 3a a 3e), y
- la distancia total $L_1 + L_2$ por la que se propaga la luz, o una parte de la misma, tal como una mitad, es decir, $(L_1 + L_2) / 2$ (las figuras 3a a 3e).

Como alternativa o además, dichos datos dependientes de la primera y/o la segunda distancia pueden comprender al menos uno de los siguientes:

- la intensidad de señal, cuando la señal interfiere con una señal de referencia (la figura 3d), y
- el espectro de la radiación reflejada 225 (la figura 3e).

Además, en una realización, dichos datos dependientes de la primera y/o la segunda distancia es, por naturaleza, tal que dichos datos se pueden usar para solucionar al menos una de las siguientes: la primera distancia L_1 , la segunda distancia L_2 , y la suma de la primera y la segunda distancia $L_1 + L_2$.

La figura 4 muestra una disposición en una vista desde arriba. La disposición comprende un dispositivo térmico 100 que comprende una superficie 150. La superficie 150 es la superficie de una capa de contaminación 160. La disposición comprende una fuente de luz 210 (o más generalmente, una fuente 210 de radiación electromagnética). La fuente de luz 210 está configurada para emitir una luz 215 desde la fuente de luz 210 hasta la superficie 150, reflejándose dicha luz 215 a partir de dicha superficie 150. La luz reflejada se indica con el número de referencia 225. La disposición también comprende un primer tubo 132, a lo largo del cual se emite la luz 215 hasta la superficie 150. Por medio del tubo 132, se puede suministrar un gas de protección 250, tal como se ha presentado en lo que antecede. La fuente de luz 210 está dispuesta a una primera distancia L_1 con respecto a la superficie 150.

La disposición de la figura 4 comprende un detector de luz 220 (o más generalmente, un detector 210 de radiación electromagnética). El detector de luz 220 está configurado para recibir una luz reflejada 225. La disposición también comprende un segundo tubo 132', por medio del cual se propaga la luz reflejada 225 desde la superficie 150 hasta el detector de luz 220. El gas de protección 250 también se puede suministrar por medio del tubo 132', tal como se ha presentado en lo que antecede. El detector de luz 220 está dispuesto a una segunda distancia L_2 con respecto a la superficie 150.

Las figuras 1, 2 y 4 ilustran la medición de la distancia de la superficie 150, cuando la superficie 150 es la superficie limpia de un intercambiador de calor, o la superficie de una capa de contaminación 160 que se acumula sobre el intercambiador de calor. En las figuras, el intercambiador de calor es un recalentador 122.

La figura 5a ilustra la medición de la distancia de la superficie 150 cuando la superficie 150 es la superficie limpia de una pared 102 de una caldera 100, o la superficie de una capa de contaminación 160 que se acumula sobre la pared 102 de la caldera 100. En la figura 5a, el detector de luz 220 y la fuente de luz 210 están dispuestos el uno cerca de la otra. En la figura 5a, el detector de luz 220 y la fuente de luz 210 están dispuestos en un instrumento de medición óptica de distancia 200.

De acuerdo con la invención, la fuente de radiación 210 es una fuente de láser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, amplificación de luz mediante la emisión de radiación estimulada). La fuente de láser está configurada para emitir luz por emisión estimulada. Tal luz es monocromática o sustancialmente monocromática. El ancho de banda de la fuente de luz puede ser, por ejemplo, de menos de 1 nm. Tal luz también es coherente o sustancialmente coherente. La luz coherente apenas se ensancha durante su propagación, sino que esta se propaga en forma de un haz denso. La luz coherente tiene la ventaja técnica de que esta apenas pierde nada de su intensidad como resultado del ensanchamiento cuando se realiza un desplazamiento desde la fuente de luz 210 hasta la superficie 150.

Preferiblemente, la fuente de radiación 210 está configurada para emitir una radiación electromagnética que tiene una longitud de onda de al menos 300 nm. Si la longitud de onda es muy corta, se ha hallado que la radiación no se propaga en condiciones de caldera, debido a que los gases que por lo general predominan en la caldera 100 absorben la radiación. Se ha hallado que una luz que tiene una longitud de onda de al menos 300 nm se sigue propagando relativamente bien en la caldera. Más preferiblemente, la longitud de onda es al menos 400 nm o al menos 450 nm. Además, por lo general la temperatura en la caldera es relativamente alta, por ejemplo de 150 °C a 600 °C en algunas partes del conducto de gases de combustión, de 600 °C a 900 °C en los recalentadores o en sus proximidades, y aproximadamente de 900 °C a 1100 °C en los gases del horno. Un montón de radiación de fondo se encuentra presente en condiciones cálidas, debido a que el entorno caliente irradia de acuerdo con su temperatura, a continuación de la radiación de un cuerpo negro, que posiblemente se corrige con la emisividad de las superficies. En condiciones cálidas, la cantidad de radiación de fondo no solo aumenta sino que también se desplaza hacia unas longitudes de onda más cortas de acuerdo con la ley de la radiación de Planck. Además, se ha hallado que, preferiblemente, la longitud de onda que se va a usar en condiciones de caldera es más corta que 800 nm. Más preferiblemente, la longitud de onda es más corta que 750 nm o más corta que 700 nm. Por ejemplo, se puede usar luz de láser de color verde como la radiación. Como la fuente de radiación 210, es posible usar, por ejemplo, un láser de semiconductor que está configurado para emitir luz de color verde. Por lo tanto, la longitud de onda puede ser por ejemplo de 490 nm a 560 nm, o por ejemplo de 510 nm a 550 nm, o por ejemplo de 515 nm a 540 nm. Se puede lograr una relación de precio/eficiencia excelente, por ejemplo, mediante una fuente de láser de semiconductor que está configurada para emitir una luz que tiene una longitud de onda de aproximadamente 520 nm (por ejemplo, de 516 nm a 524 nm). En consecuencia, la longitud de onda se puede encontrar, por ejemplo, en un intervalo de uno de dichos límites inferiores a uno de dichos límites superiores, tal como de 300 nm a 800 nm, o de 400 nm a 700 nm.

Además, la longitud de onda de la luz 215 que es emitida por la fuente de luz 210 se puede seleccionar de tal modo que el coeficiente de reflexión de la capa de contaminación 160 con esta longitud de onda es suficiente a la vista de las mediciones. El coeficiente de reflexión es ligeramente mejor con unas longitudes de onda largas que con unas longitudes de onda cortas. En consecuencia, la longitud de onda puede ser, por ejemplo, de 400 nm a 800 nm.

En una realización, el detector 220 está configurado para recibir una luz que tiene la misma longitud de onda que la radiación que es emitida por la fuente 210. Por ejemplo, la longitud de onda de la radiación que se va a recibir se

puede encontrar dentro de los límites que se han descrito en lo que antecede. El detector de luz 220 está configurado para recibir una luz que tiene dicha longitud de onda, por ejemplo de una forma tal que el detector de luz 220 da una señal eléctrica, tal como una tensión o una corriente, cuando una luz que tiene dicha longitud de onda incide sobre el detector de luz 220.

5 Después de que se hayan determinado unos datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia de cualquiera de las formas que se han presentado en lo que antecede por medio de la radiación emitida 215 y la radiación reflejada 225, es posible determinar el espesor de la capa de contaminación 160. Por ejemplo, es posible determinar la primera distancia L_1 y/o la segunda distancia L_2 , y usar al menos una u otra de las distancias para determinar el espesor de la capa de contaminación. Por ejemplo, es posible saber la distancia entre la fuente de luz 210 y la superficie limpia. Mediante la medición, es posible descubrir la distancia entre la fuente de luz 210 y la superficie 150. Dicha distancia es, por el espesor de la capa de contaminación 160, más corta que la distancia entre la fuente de luz 210 y la superficie limpia. Como alternativa, es posible medir por medios ópticos, mediante cualquiera de las formas que se han descrito en lo que antecede, en primer lugar la distancia entre la fuente de luz 210 y la superficie limpia, y posteriormente, mediante cualquiera de las formas que se han descrito en lo que antecede, la distancia entre la fuente de luz 210 y la superficie 150. A partir de la diferencia en las distancias, es posible concluir el espesor de la capa de contaminación 160.

20 En una realización, una unidad de procesamiento 230 está configurada para determinar el espesor de la capa de contaminación 160 sobre dicha superficie 150. Más precisamente, en una realización, la unidad de procesamiento 230 está configurada para determinar el espesor de la capa de contaminación 160 por debajo de dicha superficie 150. Dicha superficie 150 reflejará la luz, basándose en lo cual se determina la distancia, y la superficie 150 es la superficie de la capa de contaminación 160 que se va a medir. Si la superficie de la caldera está limpia, la superficie 150 puede ser la superficie limpia de la pared de la caldera o del intercambiador de calor.

25 Con referencia a las figuras 5b1 a 5b3, en una disposición, la fuente 210 de radiación electromagnética está configurada para poder moverse con respecto a la superficie 150. Tal como ya se ha mencionado en lo que antecede, de acuerdo con la invención, la fuente de radiación electromagnética es una fuente de láser. En una disposición, la fuente 210 de radiación electromagnética está configurada para poder moverse y girarse con respecto a la superficie 150. En una disposición, la fuente 210 de radiación electromagnética está configurada para poder girarse con respecto al dispositivo térmico 100. La ventaja del movimiento y/o el giro es que se puede usar el mismo dispositivo para medir el espesor de la capa de contaminación 160 o un aumento en el espesor en varios puntos de la superficie 150. Como alternativa y/o además, es posible medir el espesor de la capa de contaminación, o un aumento en el espesor, sobre varias superficies diferentes. Con respecto al movimiento, la ventaja técnica del giro es que se puede utilizar el mismo tubo 132, o la misma abertura 130 en la pared 102 (la figura 1), abertura con la cual está conectado el tubo 132, para medir el espesor de la capa de contaminación en varios puntos diferentes y/o sobre varias superficies diferentes, tal como se muestra en las figuras 5b1 y 5b2.

40 Las figuras 5b1 a 5b3 muestran una disposición en la que la fuente 210 de radiación electromagnética está configurada para poder moverse y girarse en relación con la superficie 150. En la figura 5b1, el instrumento de medición de distancia 200 está configurado para medir la distancia con respecto a la fuente de radiación 210 hasta un primer punto sobre la superficie 150. Dicho primer punto en la figura 5b1 se encuentra sobre el lado opuesto del conducto de gases de combustión 116 con respecto al instrumento de medición de distancia 200. En la figura 5b1, dicho primer punto se encuentra sustancialmente en el centro de la pared 102 del conducto de gases de combustión 116. Además, la dirección de propagación de la radiación emitida 215 y la radiación reflejada 225 es sustancialmente transversal con respecto a la superficie 150 en dicho primer punto. En la figura 5b1, el instrumento de medición de distancia 200, en particular la fuente de radiación 210, está dispuesto con un primer ángulo con respecto a la superficie 150. En la figura 5b1, el instrumento de medición de distancia 200, en particular la fuente de radiación 210, está dispuesto en una primera ubicación con respecto al dispositivo térmico 100.

50 En la figura 5b2, el instrumento de medición de distancia 200 está configurado para medir la distancia con respecto a la fuente de radiación 210 hasta un segundo punto sobre la superficie 150. Dicho segundo punto en la figura 5b2 se encuentra sobre el lado opuesto del conducto de gases de combustión 116 con respecto al instrumento de medición de distancia 200. En la figura 5b2, dicho segundo punto se encuentra en el borde de la pared 102 del conducto de gases de combustión 116. Las direcciones de propagación de la radiación emitida 215 y la radiación reflejada 225 forman un ángulo con respecto a la superficie 150, desviándose el ángulo con respecto al ángulo recto. En la figura 5b2, el instrumento de medición de distancia 200, en particular la fuente de radiación 210, está dispuesto con un segundo ángulo con respecto a la superficie 150. El segundo ángulo es diferente del primer ángulo. En la figura 5b1, el instrumento de medición de distancia 200, en particular la fuente de radiación 210, está dispuesto en dicha primera ubicación con respecto al dispositivo térmico 100. Es obvio que, como alternativa, el espesor de la capa de contaminación 160 en el segundo punto de la superficie 150 se podría medir simplemente mediante el movimiento del instrumento de medición de distancia 200 (véase la figura 5b3).

65 En la figura 5b3, el instrumento de medición de distancia 200 está configurado para medir la distancia con respecto a la fuente de radiación 210 hasta un primer punto sobre una segunda superficie 150b. Dicha segunda superficie es la

superficie de un intercambiador de calor 124. En la figura 5b3, el instrumento de medición de distancia 200, en particular la fuente de radiación 210, está dispuesto con un primer ángulo con respecto a la superficie 150. En la figura 5b3, el instrumento de medición de distancia 200, en particular la fuente de radiación 210, está dispuesto en una segunda ubicación con respecto al dispositivo térmico 100. La segunda ubicación es diferente de la primera ubicación. Es obvio que el espesor de la capa de contaminación 160 sobre la superficie del intercambiador de calor 124 se podría medir simplemente mediante el giro del instrumento de medición de distancia 200 (véase la figura 5b2). La disposición de la figura 5b3 puede comprender, por ejemplo, una tapa que se puede abrir y cerrar en la pared 102 del dispositivo térmico 100. La tapa se puede abrir para transmitir las señales ópticas 215, 225 desde el instrumento de medición de distancia 200 hasta la primera superficie 150 o la segunda superficie 150b. La tapa se puede cerrar cuando se mide una distancia con el instrumento de medición de distancia placed en otra ubicación. En una realización, la tapa está configurada para cerrar una abertura 130 (la figura 1).

Por ejemplo, por medio de la disposición que se muestra en la figura 5b2, la totalidad de la superficie 150 puede ser barrida por el cambio del ángulo entre la fuente de radiación 210 y la superficie 150. De esta forma, es posible medir el espesor de la capa de contaminación 160, o un aumento en el espesor, en varios puntos de la superficie 150. Por lo tanto, el espesor de la capa de contaminación 160, o un aumento en el espesor, se puede medir sobre la totalidad de la superficie 150.

De la forma que se ha descrito en lo que antecede, se pueden utilizar unos datos acerca del espesor de la capa de contaminación 160, que se miden durante el funcionamiento del dispositivo térmico, por ejemplo, en la optimización de la limpieza del dispositivo térmico. Por lo tanto, la disposición puede comprender un dispositivo de limpieza 360, tal como un dispositivo de eliminación de hollín 360.

Haciendo referencia a la figura 6, la disposición puede ser, por ejemplo, parte de un sistema de caldera. Un sistema de caldera de este tipo comprende cualquiera de las disposiciones que se han descrito en lo que antecede. Además, el sistema de caldera comprende

- un dispositivo de eliminación de hollín 360 para eliminar el hollín de una superficie de la caldera, y
- un dispositivo de control 350 para controlar dicho dispositivo de eliminación de hollín 360.

En el sistema de caldera de la figura 6, la unidad de procesamiento 230 está configurada para transmitir dichos datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia a dicho dispositivo de control 350. Los datos que se van a transmitir pueden ser cualesquiera de los datos que se han descrito en lo que antecede, o unos datos que están formados por los mismos. Los datos pueden estar, por ejemplo, codificados para la transmisión.

El dispositivo de control 350 está configurado para recibir dichos datos. Además, el dispositivo de control 350 está configurado para controlar el dispositivo de eliminación de hollín 360 por medio de dichos datos. En una realización, la unidad de procesamiento 230 y el controlador 350 están integrados como una única entidad, por ejemplo en la unidad de procesamiento 230. Por lo tanto, la unidad de procesamiento 230 está configurada para controlar dicho dispositivo de limpieza 360. En una realización, la unidad de procesamiento 230 está configurada para controlar dicho dispositivo de limpieza 360 por medio de dichos datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia.

El dispositivo de eliminación de hollín 360 está dispuesto en el sistema térmico para eliminar el hollín de una superficie del dispositivo térmico. En una realización, el dispositivo de eliminación de hollín 360 está dispuesto en el sistema térmico para eliminar el hollín de dicha superficie 150 del dispositivo térmico.

Más generalmente, el dispositivo de limpieza 360 está dispuesto en el sistema térmico para la limpieza de una superficie del dispositivo térmico 100, por ejemplo mediante lavado. En una realización, el dispositivo de limpieza 360 está dispuesto en el sistema térmico para eliminar el hollín de dicha superficie 150 del dispositivo térmico 100.

Tal como se ha presentado en lo que antecede, se puede usar un instrumento de medición electromagnética de distancia 200 para medir el espesor de la capa de contaminación 160. Un instrumento de medición electromagnética de distancia 200 de este tipo comprende una fuente 210 de radiación electromagnética, un detector 220 de radiación electromagnética y una unidad de procesamiento 230. De acuerdo con la invención, la fuente de radiación electromagnética es una fuente de láser. En particular, el dispositivo de medición electromagnética de distancia 200 se puede usar para medir el espesor de la capa de contaminación 160 durante el funcionamiento del dispositivo térmico, por ejemplo durante el funcionamiento de una caldera. Durante el funcionamiento del dispositivo térmico, se produce energía y/o un segundo combustible mediante el uso de un primer combustible. El primer combustible puede comprender un biomaterial sólido, tal como madera. El segundo combustible puede comprender un combustible gaseoso o líquido. Por ejemplo, durante el funcionamiento de una caldera, se quema combustible en el interior de la caldera. Además o como alternativa, el instrumento de medición electromagnética de distancia 200 se puede usar para medir un aumento en el espesor de la capa de contaminación 160.

Tal como se ha presentado en lo que antecede, se puede usar un instrumento de medición óptica de distancia 200 para medir el espesor de la capa de contaminación 160. Un instrumento de medición óptica de distancia 200 de este

tipo comprende una fuente de luz 210, un detector de luz 220 y una unidad de procesamiento 230. En particular, el instrumento de medición óptica de distancia 200 se puede usar para medir el espesor de la capa de contaminación 160 durante el funcionamiento del dispositivo térmico. Además o como alternativa, el instrumento de medición óptica de distancia 200 se puede usar para medir un aumento en el espesor de la capa de contaminación 160.

El instrumento de medición electromagnética, es decir, por láser, de distancia también se puede usar para la optimización del mantenimiento o la limpieza del dispositivo térmico. Por medio del instrumento de medición de distancia se puede determinar la distancia, y al sustraer una distancia de referencia a la distancia, es posible determinar el espesor o un aumento en el espesor de la capa de contaminación. Además, el espesor o un aumento en el espesor de la capa de contaminación se puede utilizar en la optimización del mantenimiento o la limpieza del dispositivo térmico, tal como se presentará en lo sucesivo en conexión con el método.

La invención también se refiere a un método para medir el espesor de una capa de contaminación 160 en una caldera 100. En una realización, el método comprende:

- emitir una radiación electromagnética desde una fuente de láser hasta la superficie, reflejándose y/o dispersándose dicha radiación en forma de una radiación reflejada a partir de dicha superficie, estando dispuesta la fuente de láser a una primera distancia ($L_{1,1}$; $L_{1,2}$) con respecto a dicha superficie y en el exterior del dispositivo térmico;
- recibir dicha radiación reflejada por medio de un detector de radiación electromagnética, estando dispuesto el detector de radiación electromagnética a una segunda distancia ($L_{2,1}$; $L_{2,2}$) con respecto a dicha superficie,
- determinar, durante un primer periodo de tiempo (T_1), por medio de una radiación emitida y una radiación reflejada, unos datos dependientes de la primera ($L_{1,1}$) y/o la segunda distancia ($L_{2,1}$) y, por medio de dichos datos, una primera longitud (D_1),
- determinar, durante un segundo periodo de tiempo (T_2), por medio de una radiación emitida y una radiación reflejada, unos datos dependientes de la primera ($L_{1,2}$) y/o la segunda distancia ($L_{2,2}$) y, por medio de dichos datos, una segunda longitud (D_2), y
- determinar, por medio de la primera longitud (D_1) y la segunda longitud (D_2), el aumento en el espesor de la capa de contaminación o el espesor de la capa de contaminación mediante el uso de la primera longitud (D_1) como una longitud de referencia inicial.

En la presente realización, dicha superficie 150 está dispuesta en la parte interior de la caldera 100. Por lo tanto, el espesor de la capa de contaminación 160 por debajo de o sobre dicha superficie 150 se puede determinar por medio de dichos datos. Si hay contaminación, tal como hollín y/o ceniza, sobre la superficie de la caldera, la superficie 150 es la superficie de la capa de contaminación 160, por lo cual la capa de contaminación 160 se deja por debajo de la superficie 150. Si la superficie correspondiente de la caldera está limpia, el espesor se medirá a partir de la superficie limpia, y el espesor de la capa de contaminación 160 es nulo, dentro de la precisión de la medición.

En una realización, el espesor de la capa de contaminación 160 se determina por medio de un primer instante de tiempo t_1 y un segundo instante de tiempo t_2 (la figura 3a). En una realización, el espesor de la capa de contaminación 160 se determina por medio del ángulo de reflexión o de dispersión α , o el punto de ubicación d del foco de la luz (la figura 3b). En una realización, el espesor de la capa de contaminación 160 se determina por medio de la diferencia de fase $\Delta\Phi$ de las señales (la figura 3c).

En el método, asimismo, preferiblemente, la fuente de radiación 210 que se usa es una que se ha descrito en lo que antecede en conexión con la disposición.

También en el método, dicha superficie 150 es la superficie de la capa de contaminación 160 o la superficie limpia, estando dispuesta la capa de contaminación 160 o la superficie limpia en la parte interior del dispositivo térmico 100. Por ejemplo, en el caso de una caldera, la capa de contaminación 160 o la superficie limpia se puede disponer

- sobre la superficie de una pared 102 en la parte interior de la caldera, tal como un horno 110 o un conducto de gases de combustión 116, o
- sobre la superficie de un intercambiador de calor, tal como un recalentador 122, un evaporador, un precalentador de agua de alimentación 124 o un precalentador de aire 126.

En una realización, el método comprende:

- recibir unos datos acerca de la distancia entre la fuente de luz 210 y/o el detector de luz 220 y la superficie limpia,
- medir por medios ópticos la distancia entre la fuente de luz 210 y/o el detector de luz 220 y la superficie 150, y
- determinar el espesor de la capa de contaminación 160 a partir de la diferencia entre dichas distancias.

Por lo tanto, la distancia medida es, por el espesor de la capa de contaminación 160, más corta que la distancia entre la fuente de luz 210 y la superficie limpia. Dicha distancia entre la fuente de luz 210 y/o el detector de luz 220 y la superficie limpia puede ser, por ejemplo, conocida. Como alternativa, la distancia entre la fuente de luz 210 y la superficie 150 limpia se puede, en primer lugar, medir por medios ópticos.

En una realización del método, para empezar se determina al menos una longitud. La longitud se refiere a la primera distancia L_1 , la segunda distancia L_2 , u otra variable que se determina por medio de la primera y/o la segunda distancia. Esta longitud constituye una referencia (una longitud de referencia), es decir, un valor inicial para la primera y/o la segunda distancia. La longitud de referencia puede ser, por ejemplo, el promedio de la primera y la segunda distancias. En lo sucesivo en la presente memoria, se supondrá que la tercera distancia es corta, en la que la primera distancia L_1 y la segunda distancia L_2 son sustancialmente iguales. Por lo tanto, la longitud de referencia se corresponde, por ejemplo, con la primera distancia L_1 en la situación inicial. Basándose en la presente descripción, para un experto en la técnica será obvio aplicar el método incluso en una situación en la que la fuente de luz 210 y el detector de luz 220 están dispuestos a una considerable distancia la una con respecto al otro.

Con referencia a la figura 7, en la presente realización, se define inicialmente una longitud de referencia D_1 , que puede ser, por ejemplo, la distancia de la fuente de luz 210 con respecto a la superficie 150. La figura 7 muestra una señal 310 a partir de la fuente de luz y una señal 320 a partir del detector de luz, ambas como una función del tiempo. La expresión "inicialmente" quiere decir en el presente contexto una situación que se considera la situación inicial. En una situación inicial, la caldera se encuentra en funcionamiento, por lo cual sus componentes se han expandido térmicamente de acuerdo con la operación. La superficie 150 se puede haber sometido a eliminación de hollín justo antes del arranque, en la que se conoce que el espesor de la capa de contaminación 160 es bajo. Puede ser que la superficie 150 esté limpia. Lo "bajo" de dicho espesor inicial no es de importancia alguna para el método. Para determinar la longitud de referencia D_1 , la primera y/o la segunda distancia se determina de la forma que se ha descrito en lo que antecede durante un primer periodo de tiempo T_1 .

La figura 7 muestra un método de determinación de la longitud de referencia por medio de diferencias de tiempo tal como se muestra en la figura 3a. Es obvio que, además o como alternativa, se pueden usar otros métodos, por ejemplo los que se muestran en las figuras 3b a 3e, y/u otras variables para determinar la longitud de referencia D_1 y/o la segunda longitud D_2 .

En consecuencia, en la presente realización, unos datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia se determinan de la forma que se ha descrito en lo que antecede durante el primer periodo de tiempo T_1 , y la primera longitud D_1 se determina por medio de dichos datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia. Por ejemplo, la primera y/o la segunda distancia se puede determinar de la forma que se ha descrito en lo que antecede por medio de un primer instante de tiempo $t_{1,1}$ y un segundo instante de tiempo $t_{2,1}$. Por lo tanto, el primer instante de tiempo $t_{1,1}$ y el segundo instante de tiempo $t_{2,1}$ caen dentro de dicho primer periodo de tiempo T_1 . Por ejemplo, el primer periodo de tiempo T_1 puede ser un periodo [600 s . . . 601 s]. Por lo tanto, la caldera se podría haber arrancado en un instante de tiempo 0 s, y la primera diferencia de tiempo se mide después de diez minutos. Por lo tanto, se mide la primera diferencia de tiempo, por ejemplo, durante el periodo de tiempo que se ha descrito en lo que antecede, y ambos de los instantes de tiempo medidos $t_{2,1}$ y $t_{1,1}$ caen dentro de este periodo de tiempo. Dicha primera diferencia de tiempo $t_{2,1} - t_{1,1}$ es la diferencia entre dicho segundo $t_{2,1}$ y dicho primer $t_{1,1}$ instantes de tiempo. De esta forma, la primera distancia $L_{1,1}$ y/o la segunda distancia $L_{2,1}$ se puede determinar inicialmente, es decir, en el periodo de tiempo T_1 . De una forma correspondiente, la primera longitud D_1 (es decir, la longitud de referencia) se puede determinar en el primer periodo de tiempo T_1 . Por ejemplo, la primera distancia $L_{1,1}$ y la segunda distancia $L_{2,1}$ pueden ser iguales. Si esta distancia es, en el primer periodo de tiempo T_1 , por ejemplo 2.998 mm, la luz se propagará desde la fuente de esta distancia hasta la superficie en un tiempo de 10,00 ns y desde la superficie hasta el detector en un tiempo de 10,00 ns. Por lo tanto, la diferencia de tiempo $t_{2,1} - t_{1,1}$ es 20,00 ns. La distancia 2.998 mm se puede considerar como dicha longitud, es decir, dicha longitud de referencia.

Además, en la presente realización, unos datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia se determinan de la forma que se ha descrito en lo que antecede durante el segundo periodo de tiempo T_2 , y la segunda longitud D_2 se determina por medio de dichos datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia. Por ejemplo, la primera y/o la segunda distancia se puede determinar de la forma que se ha descrito en lo que antecede por medio de un segundo instante de tiempo $t_{1,2}$ y un segundo instante de tiempo $t_{2,2}$. Por lo tanto, el primer instante de tiempo $t_{1,2}$ y el segundo instante de tiempo $t_{2,2}$ caen dentro de dicho segundo periodo de tiempo T_2 . Por ejemplo, el segundo periodo de tiempo T_2 puede ser un periodo [3600 s . . . 3601 s]. Por lo tanto, la caldera se podría haber arrancado en el instante de tiempo 0, midiéndose la segunda diferencia de tiempo después de una hora a partir de esto. Por lo tanto, se mide la segunda diferencia de tiempo, por ejemplo, durante el segundo periodo de tiempo que se ha descrito en lo que antecede, y ambos de los instantes de tiempo medidos $t_{2,2}$ y $t_{1,2}$ caen dentro de este periodo de tiempo. Dicha segunda diferencia de tiempo $t_{2,2} - t_{1,2}$ es la diferencia entre dicho segundo $t_{2,2}$ y dicho primer $t_{1,2}$ instantes de tiempo. De esta forma, la primera distancia $L_{1,2}$ y/o la segunda distancia $L_{2,2}$ se puede determinar durante el segundo periodo de tiempo T_2 . Por medio de dicha primera y/o dicha segunda distancia, es posible determinar la segunda longitud D_2 en el segundo periodo de tiempo T_2 . Por ejemplo, la primera y la segunda distancias pueden ser iguales. Si esta distancia es, en el segundo periodo de tiempo T_2 , por ejemplo 2.989 mm, la

luz se propagará desde la fuente 210 de esta distancia hasta la superficie 150 en un tiempo de 9,97 ns y desde la superficie 150 hasta el detector 220 en un tiempo de 9,97 ns. Por lo tanto, la diferencia de tiempo $t_{2,2} - t_{1,2}$ es 19,94 ns. La distancia 2.989 mm se puede considerar como dicha segunda longitud D_2 .

5 En la presente realización, un aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 también se determina por medio de dicha primera longitud D_1 y dicha segunda longitud D_2 . En el caso a modo de ejemplo que se ha descrito en lo que antecede, debido a que la segunda longitud es 9 mm más corta que la primera longitud ($D_1 - D_2 = 9$ mm), se puede concluir que el espesor de la capa de contaminación 160 ha aumentado 9 mm entre el periodo de tiempo T_1 y el periodo de tiempo T_2 (véase también la figura 2).

10 Si, de lo contrario, se conoce la longitud que se corresponde con la situación de una superficie limpia, es posible determinar el primer espesor de la capa de contaminación 160 inicialmente, es decir, en el periodo de tiempo T_1 . Esto se puede determinar, por ejemplo, a partir de la primera diferencia de tiempo $t_{2,1} - t_{1,1}$ o a partir de dicha primera longitud D_1 . Al sustraer esta longitud a la longitud conocida que se corresponde con la situación de una superficie limpia, es posible determinar el espesor de la capa de contaminación 160 en un primer momento. Además, es posible determinar el segundo espesor de la capa de contaminación en un segundo periodo de tiempo T_2 . Esto se puede determinar, por ejemplo, a partir de la segunda diferencia de tiempo $t_{2,2} - t_{1,2}$ o a partir de dicha segunda longitud D_2 . Por medio del espesor de la capa de contaminación 160, es posible tomar una decisión acerca de llevar a cabo operaciones. Por ejemplo, basándose en la medición en el periodo de tiempo T_1 , se puede tomar una decisión de ignorar las operaciones. Por ejemplo, basándose en la medición en el periodo de tiempo T_2 , se puede tomar una decisión para llevar a cabo unas operaciones. De esta forma, es posible optimizar el instante de tiempo de llevar a cabo operaciones, tales como eliminación de hollín, en procesos térmicos.

25 De una forma correspondiente, en una realización, la unidad de procesamiento 230 está configurada para determinar una información dependiente de la primera y/o la segunda distancia por medio de una radiación emitida 215 y una radiación reflejada 225. En una realización, la unidad de procesamiento 230 está configurada para determinar la primera y/o la segunda distancia. En una realización, la unidad de procesamiento 230 está configurada para recibir la longitud de referencia y para sustraer dicha primera y/o dicha segunda distancia a la longitud de referencia, para determinar el espesor de la capa de contaminación. En una realización, la unidad de procesamiento 30 230 está configurada para determinar dicha longitud de referencia.

Además, en algunos casos, por ejemplo si el periodo de tiempo T_1 se refiere a un tiempo muy poco después de la eliminación de hollín, se puede suponer que el primer espesor de la capa de contaminación es nulo. Dicho de otra forma, se puede suponer que la superficie 150 está limpia. Por lo tanto, el aumento que se ha descrito en lo que antecede en el espesor de la capa de contaminación representa directamente el espesor de la capa de contaminación 160. En el caso a modo de ejemplo que se ha descrito en lo que antecede, debido a que la segunda longitud D_2 es 9 mm más corta que la primera longitud D_1 ($D_1 - D_2 = 9$ mm), se puede concluir que el espesor de la capa de hollín y de ceniza 160 es de 9 mm en el periodo de tiempo T_2 , si se conoce que el espesor de la capa de contaminación 160 en el periodo de tiempo T_1 era nulo.

40 La precisión del método se puede mejorar por medio de métodos estadísticos. Por ejemplo, una longitud usada puede ser una medida estadística de un conjunto de varias componentes de longitud. La medida estadística puede ser, por ejemplo, el promedio, la mediana, el promedio de un subconjunto dado, o la mediana de un subconjunto dado. Dicho subconjunto se puede seleccionar, por ejemplo, de una forma tal que el subconjunto solo consiste en tales componentes de longitud de dichas varias componentes de longitud que se encuentran a una distancia dada con respecto a un número estadístico, tal como el promedio o la mediana. Dicha distancia dada puede depender, por ejemplo, de la desviación, y esta puede ser, por ejemplo, la desviación típica, dos veces la desviación típica o tres veces la desviación típica.

50 Por ejemplo, la longitud se puede determinar como un promedio de varias componentes de longitud. Además, se debería mencionar que, en el presente contexto, la expresión componente de longitud se refiere a la primera distancia (es decir, la distancia entre la fuente de luz 210 y la superficie 150), la segunda distancia (es decir, la distancia entre el detector de luz 220 y la superficie 150), u otra variable que se determina por medio de la primera y/o la segunda distancia. En una realización, dicha primera y/o dicha segunda distancia se puede determinar por medio de un primer instante de tiempo $t_{1,k}$ y un segundo instante de tiempo $t_{2,k}$. En una realización, es posible usar datos acerca del ángulo α para determinar la primera distancia (y la componente de longitud).

60 Con referencia a la figura 8, por ejemplo la primera longitud D_1 que se ha mencionado en lo que antecede se puede determinar como una medida estadística para un primer conjunto de componentes de longitud. En la figura 8, el método se muestra más generalmente para una longitud D_k , en la que k es un número progresivo para la longitud, es decir, el número progresivo del conjunto de componentes de longitud. En la figura 7, se mostró la determinación de dos longitudes diferentes. La figura 8 muestra la determinación de varias componentes de longitud diferentes, así como la determinación de una única longitud por medio de varias componentes de longitud. En la figura 8, la única longitud que se ha mencionado en lo que antecede se ha indicado con el símbolo D_k , pero es obvio que el índice k puede variar de acuerdo con la necesidad, en el que es posible determinar varias longitudes (la primera, la segunda,

la tercera, . . . , la k-ésima, etc.) de una forma correspondiente.

El primer (más generalmente, el k-ésimo) conjunto de componentes de longitud comprende unas primeras componentes de longitud $D_{1,1}$, $D_{2,1}$ y $D_{3,1}$; más generalmente, las componentes de longitud $D_{1,k}$, $D_{2,k}$ y $D_{3,k}$ que se muestran en la figura. Cada componente de longitud $D_{i,k}$ del k-ésimo conjunto de componentes de longitud se determina de la forma que se ha descrito en lo que antecede en un periodo de tiempo $T_{i,k}$; en el que i es el índice para la componente de longitud y k es el índice para el conjunto de componentes de longitud; en la figura 8, i es 1, 2, o 3. El valor de la componente de longitud $D_{i,k}$ se puede determinar, por ejemplo, por medio de un primer instante de tiempo $t_{i,1,k}$ y un segundo instante de tiempo $t_{i,2,k}$, en el que i es el índice para la componente y k es el índice para el conjunto. Por medio de estos instantes de tiempo, es posible determinar la primera y/o la segunda distancia para los valores de índice dados i y k . Como alternativa o además, es posible determinar una diferencia de fase $\Delta\Phi_{i,k}$ por medio de la cual se puede determinar la primera y/o la segunda distancia para los valores de índice dados i y k en el periodo de tiempo $T_{i,k}$. De una forma correspondiente, se podrían usar unos datos angulares y/o de ubicación (la figura 3b).

Precisamente estas primera y/o segunda distancias se usan para determinar las componentes de longitud $D_{i,k}$ para varios índices i y k . La longitud D_k que se corresponde con el conjunto de componentes de longitud k se obtiene como una medida estadística para el conjunto de componentes de longitud, por ejemplo como un promedio de la totalidad de los valores $D_{i,k}$, cuando k viene dado e i es variable. Por ejemplo en el caso del promedio,

$$D_k = \frac{1}{N_k} \sum_{i=1}^{N_k} D_{i,k},$$

en la que N_k es el número de componentes de longitud en el conjunto k .

De una forma correspondiente, los periodos de tiempo $T_{i,k}$ cubren un intervalo de tiempo T_k . Dicho de otra forma, el intervalo de tiempo T_k es la unión de los periodos de tiempo $T_{i,k}$ con todos los valores de i y con el valor dado de k , tal como se muestra en la figura 8. Cuando se mide el espesor de la capa de contaminación 160, a menudo la superficie de la caldera 150 se mueve con respecto a la fuente de luz 210 y/o el detector de luz 220. El movimiento se puede manifestar, por ejemplo, como una vibración de los tubos de los intercambiadores de calor o una oscilación de los tubos de los intercambiadores de calor. Se ha hallado que la oscilación es relativamente lento en condiciones de caldera. En consecuencia, se deberían tomar mediciones durante un periodo de tiempo relativamente prolongado, para garantizar que el material estadístico sea lo suficientemente exhaustivo. Se ha hallado que la duración del intervalo de tiempo T_k es, de forma ventajosa, al menos 30 s, de forma más ventajosa al menos 1 min y, más preferiblemente, al menos 2 min. Además, se ha hallado que el número de valores de los componentes de longitud $D_{i,k}$ que se determinan para el conjunto de componentes de longitud es, de forma ventajosa, 10 ($N_k = 10$), de forma más ventajosa 20 ($N_k = 20$) y, más preferiblemente, 50 ($N_k = 50$) en al menos un conjunto k . Preferiblemente, se determinan varias componentes de longitud en cada conjunto k .

Además, preferiblemente, los periodos de tiempo $T_{i,k}$ son igualmente prolongados o aproximadamente igualmente prolongados. En una realización, se toman mediciones a intervalos regulares durante un intervalo de tiempo T_k , cuando la totalidad de los periodos de tiempo $T_{i,k}$ para un índice de intervalo de tiempo dado k son igualmente prolongados. En una realización, el periodo de tiempo más largo en un intervalo de tiempo T_k es no más grande que cinco veces el periodo de tiempo más corto; dicho de otra forma, para un valor dado del índice k , es de aplicación $\max(m(T_{i,k})) / \min(m(T_{i,k})) \leq 5$, en la que $m(T_{i,k})$ se refiere a la duración del periodo $T_{i,k}$ en el tiempo. Cuando se calcula el máximo y el mínimo, el valor del índice i varía. Una distribución de este tipo, uniforme o relativamente uniforme, de mediciones tiene la ventaja de que la totalidad de las distancias se ponderan de la misma forma en las mediciones. Dicha relación también puede ser no más grande que 3 o no más grande que 2. En una realización, se toman mediciones a intervalos regulares durante todos los intervalos de tiempo T_k , cuando la totalidad de los periodos de tiempo $T_{i,k}$ son igualmente prolongados. En una realización, el periodo de tiempo más largo en todos los intervalos de tiempo T_k es no más grande que cinco veces el periodo de tiempo más corto; dicho de otra forma, para todos los valores del índice k , es de aplicación $\max(m(T_{i,k})) / \min(m(T_{i,k})) \leq 5$. También en este caso, cuando se calcula el máximo y el mínimo, el valor del índice i varía. Dicha relación también puede ser no más grande que 3 o no más grande que 2. Una disposición de medición de este tipo puede ser técnicamente sencilla de implementar, debido a que se puede aplicar la misma frecuencia de muestreo para todos los intervalos de tiempo.

En una realización, la unidad de procesamiento 230 está configurada

- para determinar unos datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia mediante cualquiera de las formas que se han descrito en lo que antecede durante varios periodos de tiempo $T_{i,1}$ y para determinar varias componentes de longitud $D_{i,1}$ por medio de dichos datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia, cada componente de longitud $D_{i,1}$ en relación con dicho periodo de tiempo $T_{i,1}$, y
- para determinar un primer espesor de la capa de contaminación 160 de forma estadística mediante la aplicación de dichas varias componentes de longitud $D_{i,1}$.

Además, se ha hallado que la duración del intervalo de tiempo T_k no debería ser demasiado prolongada, debido a que entonces la capa de contaminación 160 tiene tiempo de crecer durante las mediciones. Se ha hallado que la

ES 2 606 239 T3

duración del intervalo de tiempo T_k es, de forma ventajosa, no más larga que 15 min, de forma más ventajosa no más larga que 10 min y, más preferiblemente, no más larga que 5 min.

En una realización, el método comprende:

- 5
- determinar unos datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia mediante cualquiera de las formas que se han descrito en lo que antecede durante varios periodos de tiempo $T_{i,1}$ y determinar varias componentes de longitud $D_{i,1}$ por medio de dichos datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia, cada componente de longitud $D_{i,1}$ en relación con dicho periodo de tiempo $T_{i,1}$,
- 10
- determinar un primer espesor de la capa de contaminación 160 mediante la aplicación de dichas varias componentes de longitud $D_{i,1}$. El espesor de la capa de contaminación se puede determinar de forma estadística mediante la aplicación de dichas varias componentes de longitud.

15 En la presente realización, por ejemplo la longitud de referencia (la primera longitud), tal como la distancia de referencia, se puede determinar en un primer momento como un promedio de varias mediciones. Inicialmente, también se puede suponer que el espesor de la capa de contaminación 160 es nulo, en el que la longitud de referencia se puede usar para computar el espesor de la capa de contaminación 160 más adelante. Posteriormente, la longitud se puede medir mediante una o más mediciones.

20 Por ejemplo, la primera longitud se puede medir de la forma que se ha descrito en lo que antecede en tres periodos de tiempo $T_{1,1}$, $T_{2,1}$ y $T_{3,1}$, en los que las componentes de longitud medidas pueden ser $D_{1,1} = 2.996$ mm, $D_{2,1} = 2.998$ mm y $D_{3,1} = 2.999$ mm. Si se usa el promedio como dicha medición estadística, se puede concluir que la primera longitud es de aproximadamente 2.997,7 mm.

25 En una realización, la longitud que se va a medir solo posteriormente también se determina como la medición estadística de varias componentes de longitud. La presente realización del método comprende adicionalmente

- determinar otros datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia mediante cualquiera de las formas que se han descrito en lo que antecede durante varios otros periodos de tiempo $T_{i,k}$ ($k > 1$), y determinar varias otras componentes de longitud $D_{i,k}$ ($k > 1$) por medio de dichos otros datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia, cada una de las otras componentes de longitud $D_{i,k}$ ($k > 1$) en relación con dicho otro periodo de tiempo $T_{i,k}$ ($k > 1$),
 - definir un aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 mediante la aplicación de dichas varias componentes de longitud $D_{i,1}$ y dichas varias otras componentes de longitud $D_{i,k}$ ($k > 1$).
- 35

Por ejemplo, la segunda longitud se puede medir de la forma que se ha descrito en lo que antecede en dos periodos de tiempo $T_{1,2}$ y $T_{2,2}$, en los que es posible medir las componentes de longitud $D_{1,2} = 2.988$ mm y $D_{2,2} = 2.990$ mm. A partir de esto, es posible, por ejemplo, concluir que la segunda longitud es de aproximadamente 2.989 mm. Además, es posible concluir que el aumento en el espesor de la capa de contaminación es de aproximadamente 2.997,7 mm menos 2.989 mm, es decir, aproximadamente 8,7 mm.

40

Tal como se ha presentado en lo que antecede, en algunos casos el aumento en el espesor puede representar el espesor.

45 También en la presente realización, dichos varios periodos de tiempo o dichos varios otros periodos de tiempo cubren un intervalo de tiempo cuya longitud es lo suficientemente prolongado. La longitud suficiente se ha analizado en lo que antecede. De una forma correspondiente, el número ventajoso de puntos de medición se ha analizado anteriormente.

50 En una realización, la unidad de procesamiento 230 está configurada

- para determinar unos datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia mediante cualquiera de las formas que se han descrito en lo que antecede durante varios periodos de tiempo $T_{i,1}$ y para determinar varias componentes de longitud $D_{i,1}$ por medio de dichos datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia, cada componente de longitud $D_{i,1}$ en relación con dicho periodo de tiempo $T_{i,1}$, y
 - para determinar un primer espesor de la capa de contaminación 160 de forma estadística mediante la aplicación de dichas varias componentes de longitud $D_{i,1}$.
- 55

Además, en la presente realización, la unidad de procesamiento 230 está configurada

- para determinar otros datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia mediante cualquiera de las formas que se han descrito en lo que antecede durante varios otros periodos de tiempo $T_{i,k}$ ($k > 1$), y para determinar varias otras componentes de longitud $D_{i,k}$ ($k > 1$) por medio de dichos otros datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia, cada una de las otras componentes de longitud $D_{i,k}$ ($k > 1$) en relación con dicho otro periodo de tiempo $T_{i,k}$ ($k > 1$), y
- 60
- 65

- para definir un aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 de forma estadística mediante la aplicación de dichas varias componentes de longitud $D_{i,1}$ y dichas varias otras componentes de longitud $D_{i,k}(k > 1)$.

5 La información que se obtiene acerca de la capa de contaminación 160 o su espesor se puede utilizar, por ejemplo, en la limpieza o el mantenimiento de la caldera. Las operaciones de limpieza o de mantenimiento se pueden automatizar para llevarse a cabo, por ejemplo, cuando el espesor de la capa de contaminación 160 supera un valor límite. Las operaciones de limpieza o de mantenimiento se pueden automatizar para llevarse a cabo, por ejemplo, solo cuando el aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 supera un valor límite.

10 Un método para el mantenimiento de la caldera 100 comprende:

- (i) determinar el espesor de la capa de contaminación 160 de cualquiera de las formas que se han descrito en lo que antecede, o
- 15 • (ii) determinar el aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 de cualquiera de las formas que se han descrito en lo que antecede,

- comparar dicho espesor de la capa de contaminación 160 o dicho aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 con el valor límite, y

- 20 • si el espesor o el aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 supera dicho valor límite, llevar a cabo una operación, tal como una operación de limpieza o de mantenimiento, por ejemplo eliminación de hollín o lavado, y
- 25 • si el espesor o el aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 no es más alto que dicho valor límite, ignorar dicha operación, tal como una operación de limpieza o de mantenimiento, por ejemplo eliminación de hollín o lavado.

30 Ignorar la operación quiere decir que dicha operación se aplaza durante un cierto tiempo. Dicho un cierto tiempo puede ser, por ejemplo, el tiempo hasta la siguiente operación de medición, en la que el espesor de la capa de contaminación 160 o un aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 se determina una vez más. Dicho un cierto tiempo puede ser, por ejemplo, un segundo, un minuto, una hora, un día o una semana. En el método que se ha descrito en lo que antecede, como alternativa, se puede seleccionar una igualdad para hacer referencia a ignorar la operación; dicho de otra forma, una realización comprende

- 35 - comparar dicho espesor de la capa de contaminación 160 o dicho aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 con el valor límite, y

- si el espesor o el aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 es al menos igual al valor límite, llevar a cabo la operación, y
- 40 • si el espesor o el aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 es más bajo que dicho valor límite, ignorar la operación.

45 Ambas realizaciones comprenden, dependiendo del resultado de la comparación, o bien llevar a cabo la operación o bien ignorar la operación. Dicho valor límite puede ser, por ejemplo, de 5 mm, de 10 mm, de 25 mm o de 50 mm.

Una realización del método comprende la limpieza de la caldera 100. La limpieza puede comprender, por ejemplo, eliminación de hollín y/o lavado. En una realización, la limpieza se implementa mediante la eliminación de hollín de la superficie interior del dispositivo térmico 100. En particular, es posible eliminar el hollín de exactamente la superficie 150 en la que se ha medido el espesor o el aumento en el espesor de la capa de contaminación.

50 Tal como se ha presentado en lo que antecede en conexión con las figuras 5b1 a 5b3 en particular, una realización del método comprende emitir una radiación hacia un primer punto de la superficie 150 para medir la distancia. Haciendo referencia a la figura 5b1, la presente realización comprende

- 55 - emitir una radiación electromagnética desde la fuente 210 de radiación electromagnética hasta la superficie 150, hacia un primer punto de la superficie 150, reflejándose y/o dispersándose dicha radiación 215 en forma de una radiación reflejada 225 a partir de dicha superficie 150, estando dispuesta la fuente 210 de radiación electromagnética a una primera distancia L_1 con respecto al primer punto de dicha superficie 150;
- 60 - recibir dicha radiación reflejada 225 por medio de un detector 220 de radiación electromagnética, estando dispuesto el detector 220 de radiación electromagnética a una segunda distancia L_2 con respecto a dicho primer punto de dicha superficie 150; y
- determinar unos datos dependientes de la primera y/o la segunda distancia por medio de la radiación emitida 215 y la radiación reflejada 225.

65 Haciendo referencia a la figura 5b2, una realización del método comprende emitir una radiación, como alternativa o

además, hacia un segundo punto de la superficie 150, para medir la distancia. La presente realización comprende

- mover y/o girar la fuente 210 de radiación electromagnética para emitir una radiación hacia un segundo punto de la superficie 150,
- emitir una radiación electromagnética desde la fuente 210 de radiación electromagnética hasta el segundo punto de la superficie 150, reflejándose y/o dispersándose dicha radiación 215 en forma de una radiación reflejada 225 a partir de dicha superficie 150, estando dispuesta la fuente 210 de radiación electromagnética a una tercera distancia L_3 con respecto al segundo punto de dicha superficie 150;
- recibir dicha radiación reflejada 225 por medio de un detector 220 de radiación electromagnética, estando dispuesto el detector 220 de radiación electromagnética a una cuarta distancia L_4 con respecto a dicho segundo punto de dicha superficie 150; y
- determinar unos datos dependientes de la tercera y/o la cuarta distancia por medio de la radiación emitida 215 y la radiación reflejada 225.

En comparación con la figura 5b1, en la figura 5b2 la fuente 210 de radiación electromagnética meramente se ha girado.

Haciendo referencia a la figura 5b2, una realización del método comprende emitir una radiación, como alternativa o además, hacia un primer punto de la segunda superficie 150b, para medir la distancia. La presente realización comprende

- mover y/o girar la fuente 210 de radiación electromagnética para emitir una radiación hacia un primer punto de la segunda superficie 150b,
- emitir una radiación electromagnética desde la fuente 210 de radiación electromagnética hasta la segunda superficie 150b, hacia un primer punto de la segunda superficie 150b, reflejándose y/o dispersándose dicha radiación 215 en forma de una radiación reflejada 225 a partir de dicha segunda superficie 150b, estando dispuesta la fuente 210 de radiación electromagnética a una quinta distancia L_5 con respecto al primer punto de dicha segunda superficie 150b;
- recibir dicha radiación reflejada 225 por medio de un detector 220 de radiación electromagnética, estando dispuesto el detector 220 de radiación electromagnética a una sexta distancia L_6 con respecto a dicho primer punto de dicha segunda superficie 150b; y
- determinar unos datos dependientes de la quinta y/o la sexta distancia por medio de la radiación emitida 215 y la radiación reflejada 225.

En comparación con la figura 5b1, en la figura 5b3 la fuente 210 de radiación electromagnética meramente se ha movido.

Por medio de la primera y/o la segunda distancia (L_1 , L_2), es posible determinar el espesor o el aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 en el primer punto de la superficie 150, tal como se ha presentado en lo que antecede. De una forma correspondiente, por medio de la tercera y/o la cuarta distancia (L_3 , L_4), es posible determinar el espesor o el aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 en el segundo punto de la superficie 150. De una forma correspondiente, por medio de la quinta y/o la sexta distancia (L_5 , L_6), es posible determinar el espesor o el aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 en el primer punto de la segunda superficie 150b. También se pueden utilizar métodos estadísticos, por ejemplo los métodos estadísticos que se han descrito en lo que antecede, en al menos uno de los siguientes:

- determinar el espesor o el aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 en el primer punto de la superficie 150,
- determinar el espesor o el aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 en el segundo punto de la superficie 150, y
- determinar el espesor o el aumento en el espesor de la capa de contaminación 160 en el primer punto de la segunda superficie 150b.

REIVINDICACIONES

1. Una disposición que comprende:

- 5 - un dispositivo térmico (100) que es una caldera, un reactor de gasificación, un reactor de pirólisis o un reactor de torrefacción, comprendiendo el dispositivo térmico (100) unas paredes (102) que encierran partes interiores del dispositivo térmico (100),
 - una superficie (150) que dispersa y/o que refleja una radiación electromagnética (215) en la parte interior del dispositivo térmico (100),
 10 - un detector (220) de radiación electromagnética que está dispuesto a una segunda distancia ($L_{2,1}$, $L_{2,2}$) con respecto a dicha superficie (150), y
 - una unidad de procesamiento (230),

caracterizada por que la disposición comprende

- 15 - una fuente de láser (210) que está dispuesta a una primera distancia ($L_{1,1}$, $L_{1,2}$) con respecto a dicha superficie (150) y en el exterior del dispositivo térmico (100), y
 - una ventana o una abertura (130) que está configurada para transmitir una señal electromagnética (215) desde la fuente de láser (210) hasta dicha superficie (150) que está compuesta por una pared (102) del dispositivo térmico (100), disposición en la que
 20 - la fuente de láser (210) está configurada para emitir una radiación (215) desde la fuente de láser (210) hasta dicha superficie (150), reflejándose y/o dispersándose dicha radiación (215) en forma de una radiación reflejada (225) a partir de dicha superficie (150),
 - el detector (220) de radiación electromagnética está configurado para recibir la radiación reflejada (225), y
 25 - la unidad de procesamiento (230) está configurada para determinar el espesor o el aumento en el espesor de una capa de contaminación (160) mediante
- la determinación, durante un primer periodo de tiempo (T_1), por medio de una radiación emitida y una radiación reflejada, de unos datos dependientes de la primera ($L_{1,1}$) y/o la segunda distancia ($L_{2,1}$) y, por medio de dichos datos, de una primera longitud (D_1),
 - la determinación, durante un segundo periodo de tiempo (T_2), por medio de una radiación emitida y una radiación reflejada, de unos datos dependientes de la primera ($L_{1,2}$) y/o la segunda distancia ($L_{2,2}$) y, por medio de dichos datos, de una segunda longitud (D_2), y
 - la determinación, por medio de la primera longitud (D_1) y la segunda longitud (D_2), del aumento en el espesor de la capa de contaminación o el espesor de la capa de contaminación, mediante el uso de la primera longitud (D_1) como una longitud de referencia inicial.
- 30
- 35

2. La disposición según la reivindicación 1, en la que

- 40 - la fuente de láser (210) está configurada para emitir una luz (215) al menos con una longitud de onda de entre 300 nm y 800 nm, y
 - el detector (220) de radiación electromagnética está configurado para recibir una luz reflejada (225) que tiene dicha longitud de onda.

45 3. La disposición según la reivindicación 1 o 2, que comprende

- un tubo (132) que está configurado de tal modo que la señal electromagnética (215) está configurada para pasar a través del tubo (132) desde dicha fuente de láser (210) hasta dicha superficie (150), y comprendiendo la disposición
 50 - unos medios para suministrar un gas de protección (250) a dicho tubo (132).

4. La disposición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que la fuente de láser (210) está configurada para

- 55 - poder moverse,
 - poder girarse, o
 - tanto poder moverse como poder girarse

en relación con la superficie (150).

60

5. Un sistema térmico que comprende:

- una disposición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, y
 - un dispositivo de limpieza (360) para la limpieza de una superficie del dispositivo térmico (100), sistema en el que
- 65

- dicha unidad de procesamiento (230) está configurada para controlar dicho dispositivo de limpieza (360) por medio de dichos datos.

6. Un sistema térmico según la reivindicación 5, que comprende:

- un dispositivo de control (350) para controlar dicho dispositivo de limpieza (360), sistema en el que
 - dicha unidad de procesamiento (230) está configurada para transmitir dichos datos que dependen de la primera (L_1) y/o la segunda (L_2) distancia a dicho dispositivo de control (350),
 - dicho dispositivo de control (350) está configurado para recibir dichos datos, y
 - dicho dispositivo de control (350) está configurado para controlar dicho dispositivo de limpieza (360) por medio de dichos datos.

7. Un método para medir el espesor de una capa de contaminación (160) o un aumento en el espesor de una capa de contaminación (160) sobre un dispositivo térmico, en el que

- el dispositivo térmico (100) es una caldera, un reactor de gasificación, un reactor de pirólisis o un reactor de torrefacción,
 - el dispositivo térmico comprende unas paredes (102) que encierran partes interiores del dispositivo térmico (100), y
 - una superficie (150) está dispuesta en la parte interior del dispositivo térmico (100),

caracterizado por que

- la pared (102) del dispositivo térmico (100) comprende una ventana o una abertura (130) que está configurada para transmitir una señal electromagnética (215) desde dicha fuente de láser (210) hasta dicha superficie (150), y el método comprende
 - emitir una radiación electromagnética (215) desde una fuente de láser (210) hasta la superficie (150), reflejándose y/o dispersándose dicha radiación (215) en forma de una radiación reflejada (225) a partir de dicha superficie (150), estando dispuesta la fuente de láser (210) a una primera distancia ($L_{1,1}$; $L_{1,2}$) con respecto a dicha superficie (150) y en el exterior del dispositivo térmico (100);
 - recibir dicha radiación reflejada (225) por medio de un detector (220) de radiación electromagnética, estando dispuesto el detector (220) de radiación electromagnética a una segunda distancia ($L_{2,1}$; $L_{2,2}$) con respecto a dicha superficie (150),
 - determinar, durante un primer periodo de tiempo (T_1), por medio de una radiación emitida y una radiación reflejada, unos datos dependientes de la primera ($L_{1,1}$) y/o la segunda distancia ($L_{2,1}$) y, por medio de dichos datos, una primera longitud (D_1),
 - determinar, durante un segundo periodo de tiempo (T_2), por medio de una radiación emitida y una radiación reflejada, unos datos dependientes de la primera ($L_{1,2}$) y/o la segunda distancia ($L_{2,2}$) y, por medio de dichos datos, una segunda longitud (D_2), y
 - determinar, por medio de la primera longitud (D_1) y la segunda longitud (D_2), el aumento en el espesor de la capa de contaminación o el espesor de la capa de contaminación mediante el uso de la primera longitud (D_1) como una longitud de referencia inicial.

8. El método de la reivindicación 7, que comprende usar un instrumento de medición electromagnética de distancia (200) durante el funcionamiento del dispositivo térmico (100).

9. El método según la reivindicación 7 u 8, que comprende

- emitir una radiación electromagnética (215) al menos con una longitud de onda de entre 300 nm y 800 nm, y
 - recibir una radiación (225) que tiene dicha longitud de onda.

10. El método según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que dicha superficie (150) es la superficie de una capa de contaminación (160), estando dispuesta la capa de contaminación (160)

- sobre la superficie de una pared (102) en la parte interior del dispositivo térmico (100), tal como un horno (110) o un conducto de gases de combustión (116), o
 - sobre la superficie de un intercambiador de calor, tal como un recalentador (122), un evaporador, un precalentador de agua de alimentación (124) o un precalentador de aire (126).

11. El método según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, que comprende

- determinar unos datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10 durante varios periodos de tiempo ($T_{i,1}$) y determinar varias componentes de longitud ($D_{i,1}$) por medio de dichos datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia, cada componente de longitud ($D_{i,1}$) en relación con dicho periodo de tiempo ($T_{i,1}$),

- determinar un primer espesor de la capa de contaminación (160) o una longitud de referencia de forma estadística mediante la aplicación de dichas varias componentes de longitud ($D_{i,1}$).

5 12. El método según la reivindicación 11, que comprende

- determinar otros datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10 durante varios otros periodos de tiempo ($T_{i,k}$, $k > 1$), y determinar varias otras componentes de longitud ($D_{i,k}$, $k > 1$) por medio de dichos otros datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia, cada una de las otras componentes de longitud ($D_{i,k}$, $k > 1$) en relación con dicho otro periodo de tiempo ($T_{i,k}$, $k > 1$),

10 - determinar el espesor o un aumento en el espesor de la capa de contaminación (160) de forma estadística mediante la aplicación de dichas varias componentes de longitud ($D_{i,1}$) y dichas varias otras componentes de longitud ($D_{i,k}$, $k > 1$).

15 13. El método según la reivindicación 11 o 12, en el que

- dichos varios periodos de tiempo ($T_{i,1}$) o dichos varios otros periodos de tiempo ($T_{i,k}$, $k > 1$) cubren un intervalo de tiempo (T_1 o T_k , $k > 1$), siendo la duración del intervalo de al menos 30 segundos.

20 14. Un método para la limpieza y/o el mantenimiento de un dispositivo térmico (100),

- comprendiendo el método

25 • determinar unos datos que dependen de la primera y/o la segunda distancia mediante un método según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, por medio de una radiación emitida (215) y una radiación reflejada (225), y determinar adicionalmente el espesor de una capa de contaminación (160) por medio de dichos datos;

• determinar el espesor de la capa de contaminación (160) mediante el método según la reivindicación 11; o

30 • determinar el espesor o un aumento en el espesor de la capa de contaminación (160) mediante el método según la reivindicación 12;

- comparar dicho espesor de la capa de contaminación (160) o dicho aumento en el espesor de la capa de contaminación (160) con el valor límite y, dependiendo del resultado de la comparación, o bien

35 • llevar a cabo una operación, comprendiendo la operación al menos uno de los siguientes: mantenimiento y limpieza, o bien

• ignorar dicha operación.

40 15. Un método para eliminar el hollín de un dispositivo térmico (100), **caracterizado por**

- la limpieza del dispositivo térmico (100) según la reivindicación 14, y

- comprendiendo dicha operación la eliminación de hollín de una superficie del dispositivo térmico (100).

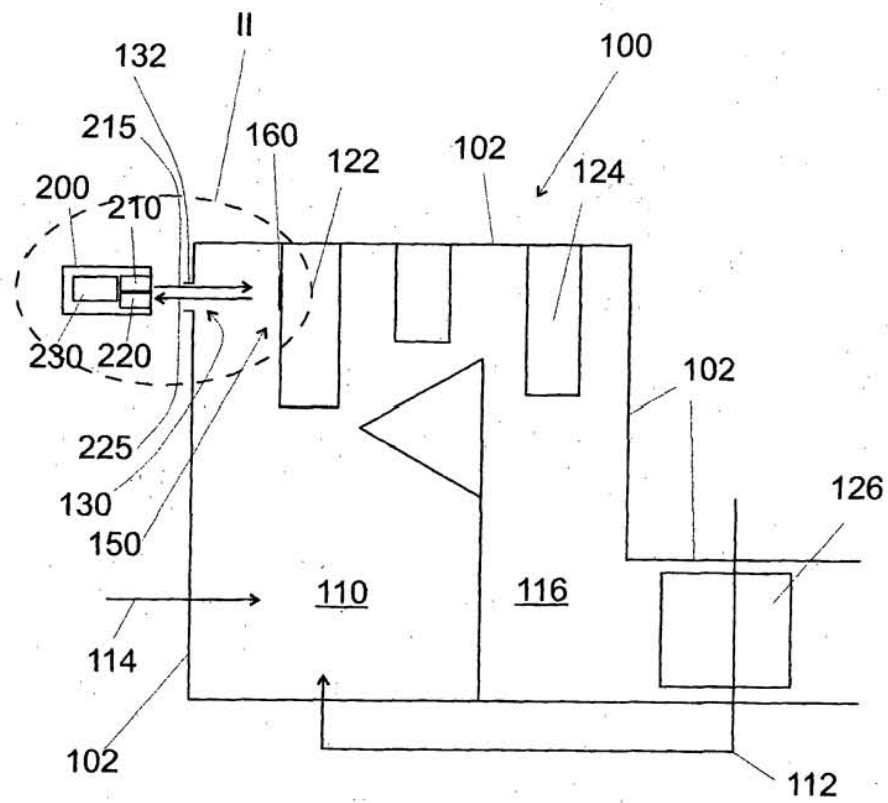


Fig. 1

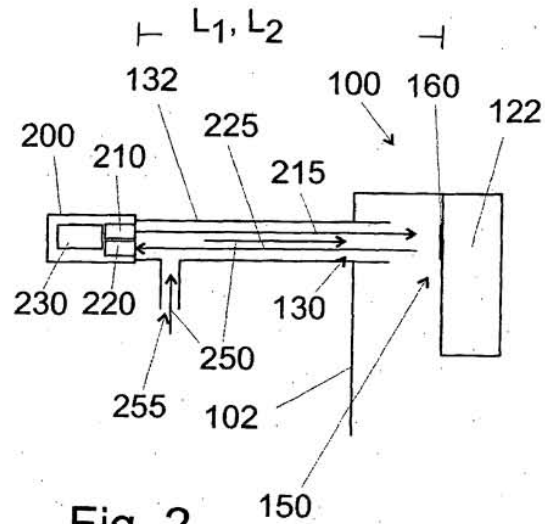


Fig. 2

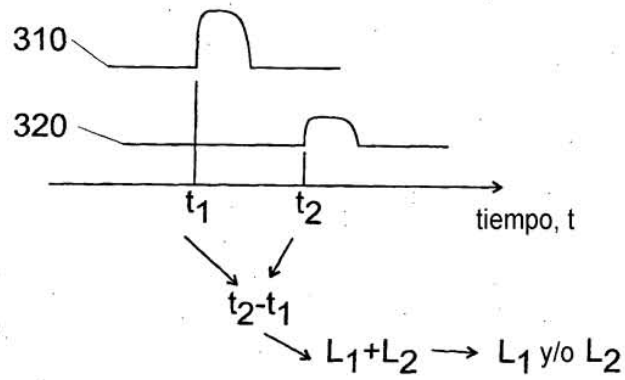
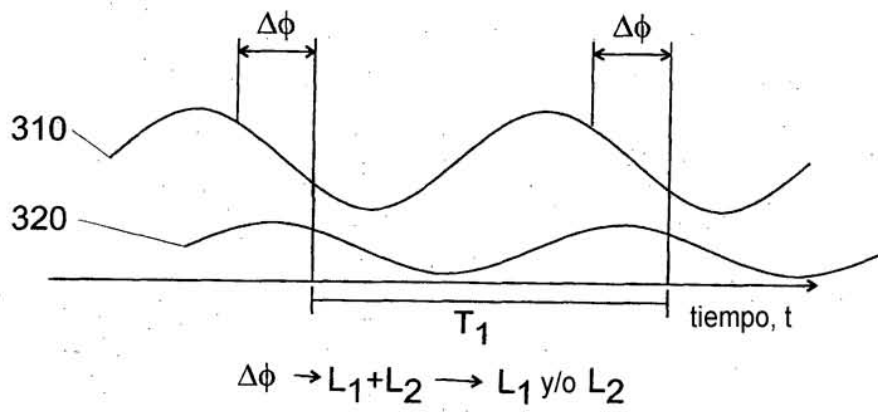
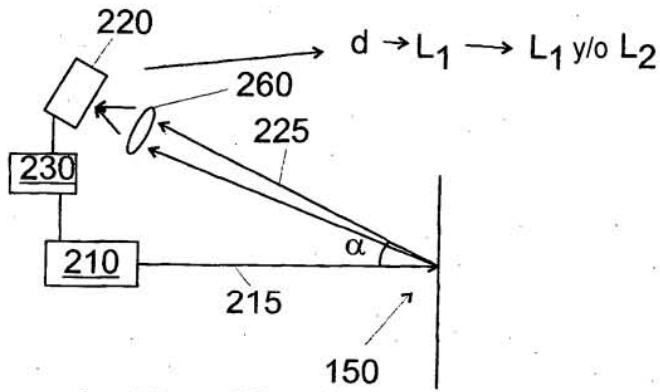


Fig. 3a



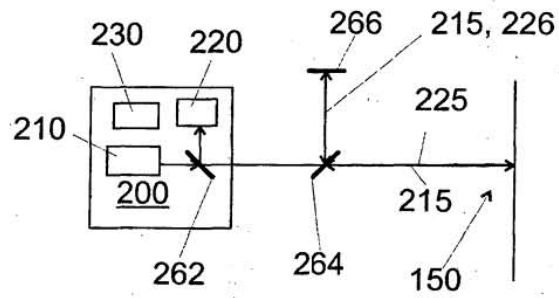


Fig. 3d

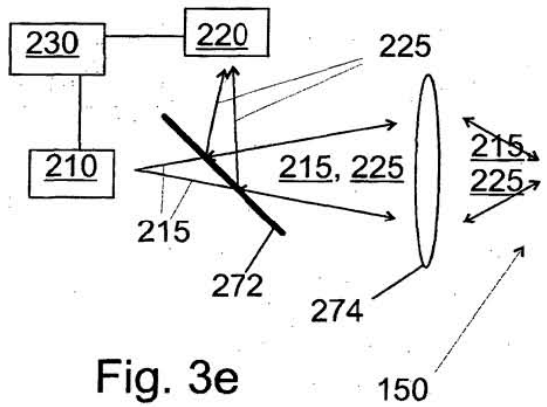


Fig. 3e

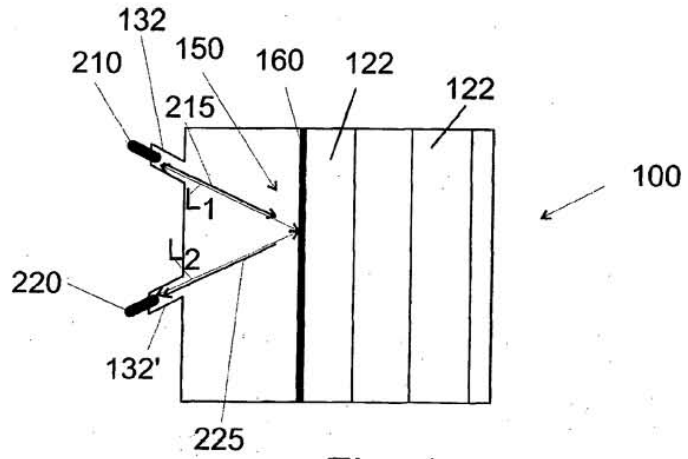


Fig. 4

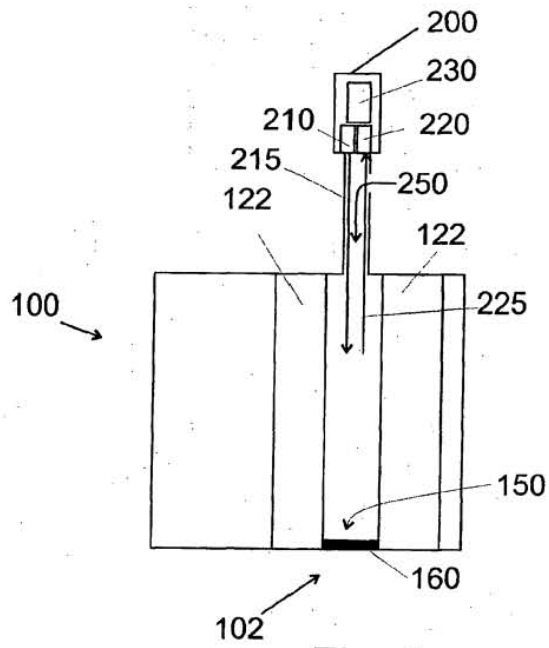
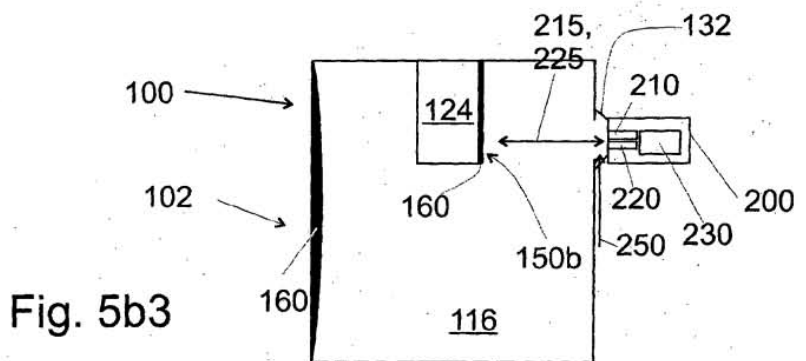
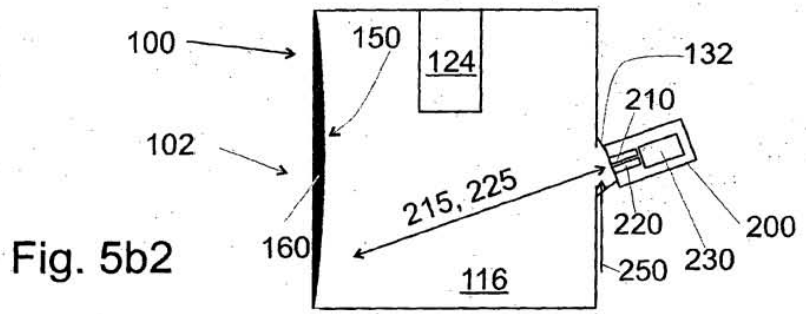
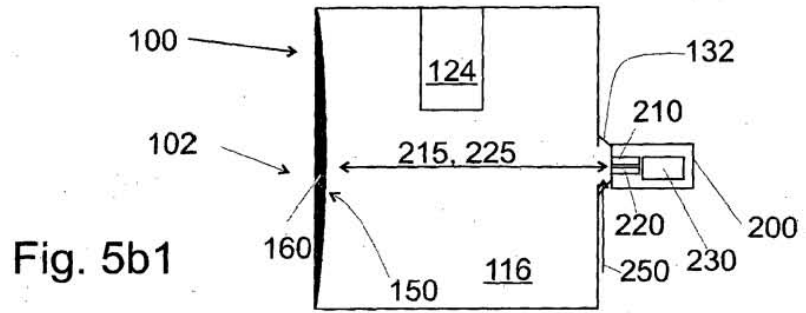


Fig. 5a



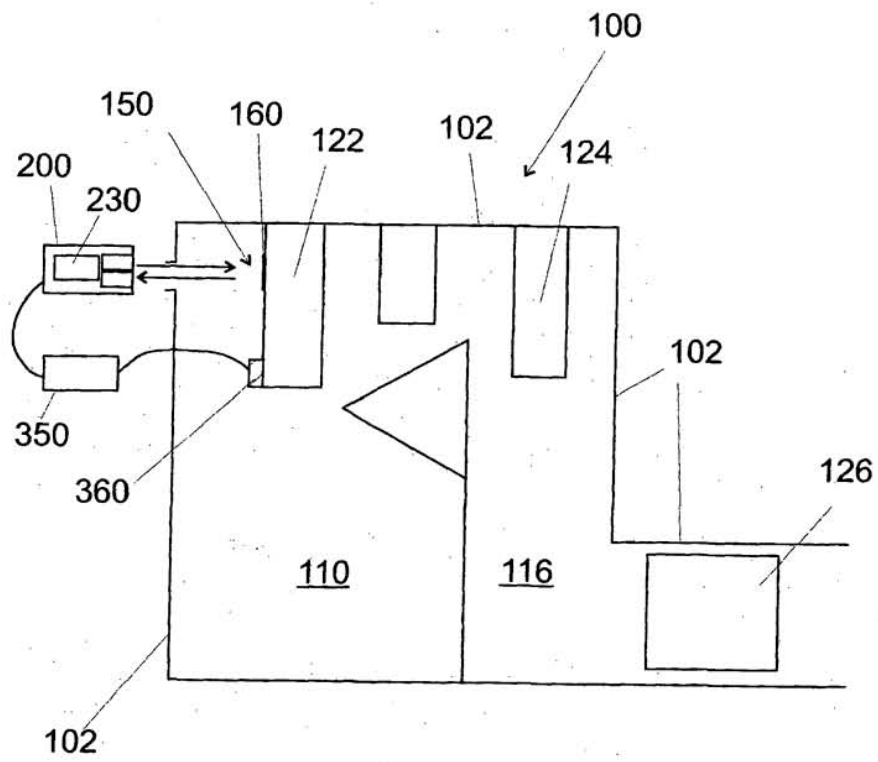


Fig. 6

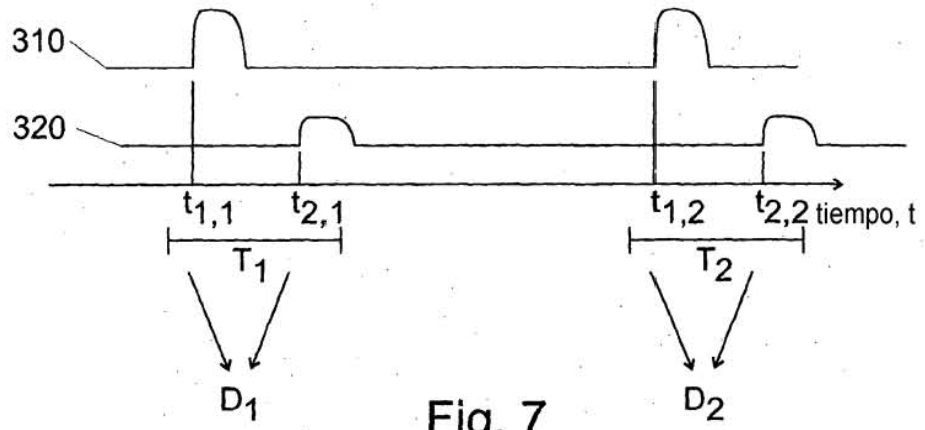


Fig. 7

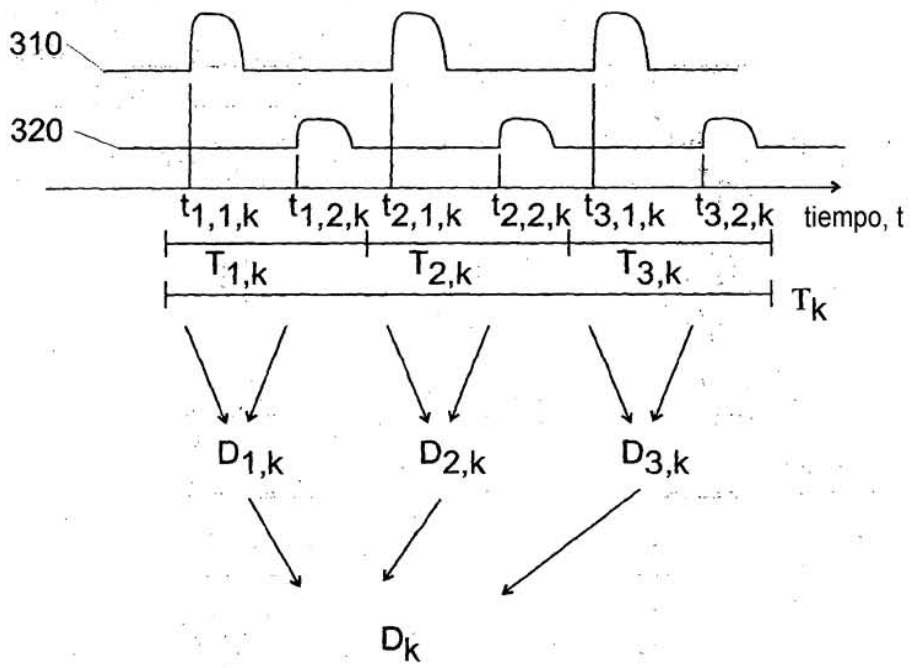


Fig. 8