



(11) **EP 1 760 401 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.03.2007 Patentblatt 2007/10

(51) Int Cl.:
F23J 3/02 (2006.01) **F23M 11/04** (2006.01)
F28F 19/00 (2006.01) **F28G 15/00** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06017618.7**

(22) Anmeldetag: **24.08.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(72) Erfinder:
• **Koschack, Ralf, Dr.**
18469 Velgast (DE)
• **Hoven, Günter**
41179 Mönchengladbach (DE)
• **Sobotta, Bernhard**
53804 Much (DE)

(30) Priorität: **29.08.2005 DE 102005041004**

(74) Vertreter: **Radünz, Ingo**
Schumannstrasse 100
40237 Düsseldorf (DE)

(71) Anmelder: **CMV Systems GmbH**
41179 Mönchengladbach (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Überwachung der Bildung von Ansätzen in Feuerräumen**

(57) Das angegebene Verfahren dient zur Überwachung der Bildung von Ansätzen (6) durch Ablagerungen von Feststoffpartikeln aus einem heißen, staubbeladenen Rauchgas auf den von einem Kühlmedium durchströmten, aus dicht miteinander verschweißten Rohren gebildeten Wänden (1) eines rechteckigen Feuerraumes eines Kessels durch die Aufnahme eines Infrarotbildes der Wände (1) mit Hilfe einer Infrarotkamera (7). Dabei wird über die gesamte Fläche der Wände (1) des Feuerraumes die genaue Oberflächentemperatur mit zwei um 90° zueinander versetzten Infrarotkameras (7) über ein gewonnenes Wärmebild der Mantelabwicklung des Feuerraumes erfasst. Dann wird die erfasste genaue Oberflächentemperatur mit der an der jeweiligen Messstelle bekannten Temperatur des Kühlmediums unter Berücksichtigung der Wanddicke und der Wärmeleitfähigkeit der Rohre der Wände (1) des Feuerraumes verglichen. Weiterhin werden die von jeder Infrarotkamera (7) aufgenommenen Einzelaufnahmen zu einer Gesamtabwicklung der Wände (1) des Innenmantels der Feuerraumes zusammengesetzt. Schließlich werden aus der Gesamtabwicklung die Koordinaten und aus dem Temperaturvergleich die Dicke der Ansätze (6) auf den Wänden (1) ermittelt.

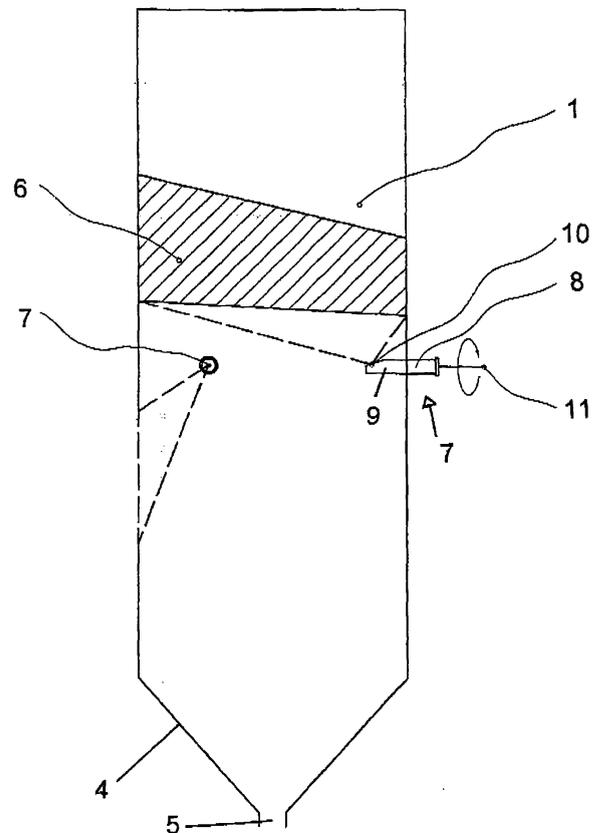


Fig. 1

EP 1 760 401 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung der Bildung von Ansätzen durch Ablagerungen von Feststoffpartikeln aus einem heißen, staubbeladenen Rauchgas auf den von einem Kühlmedium durchströmten, aus dicht miteinander verschweißten Rohren gebildeten Wänden eines rechteckigen Feuerraumes eines Kessels mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruches 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Bei der Befuerung von Kesseln mit festem Brennstoff kommt es an den Heizflächen rauchgasseitig zur Bildung von Ansätzen durch Ablagerungen von Feststoffpartikeln, wie z. B. Asche. Aufgrund ihrer wärmeisolierenden Wirkung behindern solche Ansätze auf den Heizflächen die Wärmeübertragung vom Rauchgas auf das Arbeitsmedium (Wasser/Wasserdampf) in den Rohrwänden der Heizflächen, so dass der Kessel-Wirkungsgrad sinkt.

[0003] Im Bereich des Feuerraumes werden die Ansätze mittels Hochdruck-Wasserstrahlen aus Wasser- oder Wasserlanzenbläsern abgereinigt. Dabei wird angestrebt, die Ansätze zum einen möglichst vollständig abzureinigen und zum anderen zu vermeiden, saubere Heizflächenbereiche mit dem Wasserstrahl zu treffen. Letzteres führt zu einer unnötigen Materialbelastung der Rohrwände der Heizflächen infolge Thermoschock und daraus resultierend zu Kesselschäden. Weiterhin wird angestrebt, zur Vermeidung von Leistungsverlusten durch den Reinigungsvorgang nur so oft wie nötig zu reinigen. Zur Steuerung der Reinigungseinrichtungen in dem Feuerraum kommen nach derzeitigem Stand der Technik folgende Verfahren zur Anwendung:

a) Zeitsteuerung:

[0004] Basierend auf Erfahrungswerten wird der gesamte Feuerraum nach Ablauf fester Zeitintervalle gereinigt. Dabei werden weder die gebildeten Ansätze gezielt bekämpft, noch sauber gebliebene Bereiche verschont.

b) Wärmetechnische Diagnose des Wärmeübertragungsvermögens der Heizflächen:

[0005] Über eine Messung von Ein- und Austrittsparametern des Arbeitsmediums wird die Verminderung der Wärmeübertragung der Heizfläche diagnostiziert und der Reinigungsvorgang ausgelöst. Die in dem Feuerraum angeordneten Heizflächen gehören zum größten Teil zum Verdampfer, der wärmetechnisch nur als Ganzes zu diagnostizieren ist. Somit wird immer die Reinigung der gesamten verdampferheizfläche ausgelöst, ohne saubere Bereiche zu verschonen.

c) Lokalisierung von Ansätzen mittels in die Heizflächen eingeschweißter Wärmestromdichtesonden:

[0006] Der Wärmestrom vom Rauchgas zum Arbeitsmedium wird punktuell gemessen, und die Heizflächen werden abschnittsweise auf der Basis der Messwerte gereinigt. Das ermöglicht, gezielt verschmutzte Bereiche zu reinigen und saubere Bereiche zu verschonen. Die Installation und Wartung der Wärmestromdichtesonden sind sehr aufwendig. Daher werden nur wenige Messstellen installiert, so dass jedem Messpunkt mehrere hundert Quadratmeter Heizfläche zugeordnet sind. Es ist somit nicht sichergestellt, dass die punktuelle Messung repräsentativ für den zugeordneten Heizflächenbereich ist, d. h. der überwiegende Teil des Bereiches kann z. B. sauber sein, während die Punktmessung Verschmutzung anzeigt.

d) Lokalisierung von Ansätzen mit Infrarotkamarasystemen:

[0007] Es ist bekannt, Infrarotkamarasysteme zur Beurteilung des Verschmutzungsgrades von Heizflächen einzusetzen und durch rechnergestützte Auswertung der Infrarotaufnahmen die geometrischen Ausmaße der Ansätze zu ermitteln (DE 195 47 269 A1). Nach Maßgabe einer Auswertung werden die Ansätze durch einen Stoßgenerator entfernt. Zur Durchführung des bekannten Verfahrens werden die Infrarotkamaras in Luken und Revisionsklappen des dem Feuerraum nachgeschalteten und Berührungsheizflächen aufnehmenden Rauchgaszuges angeordnet. Über die Ausbildung der Infrarotkamaras und die Auswertung der Messergebnisse wird in der DE 195 47 269 A1 nichts weiteres ausgeführt.

[0008] Bei dem aus der DE 41 39 738 C2 bekannten Verfahren wird ein Infrarotbild der Wände des Feuerraumes eines Kessels mit Hilfe einer Infrarotkamera aufgenommen. Die verwendete Infrarotkamera arbeitet im nahen Infrarot-Bereich bei einer Wellenlänge von 1,5 bis 2,1 μm . Das bekannte Verfahren ist nur für Ascheansätze mit einem hohen Reflektionsgrad einsetzbar. Das Verfahren setzt außerdem einen nicht zu reinigenden Bezugsbereich auf der Feuerraumwand voraus. Das Intensitätsverhältnis zwischen dem zu reinigenden Bereich und dem Bezugsbereich ist das Maß für die Verschmutzung des zu reinigenden Bereiches. Eine vollständige Reinigung der gesamten Wand ist damit nicht möglich.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Überwachung der Bildung von Ansätzen auf den Wänden von Feuerräumen mit Hilfe von Infrarotkamaras einfacher und universell einsetzbar zu gestalten.

[0010] Die Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen Verfahren erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1 gelöst. Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist Gegenstand des Anspruches 6. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0011] Die Heizflächenverschmutzungen weisen auf-

grund ihrer wärmeisolierenden Wirkung eine höhere Oberflächentemperatur auf als unverschmutzte Heizflächen und sind daher in einem Wärmebild eindeutig zu lokalisieren und qualitativ in ihrer Mächtigkeit zu bewerten. Bei einer im mittleren Infrarotbereich liegenden bevorzugten Wellenlänge von 3,9 μm weist die Feuerraumatmosphäre, die durch Feststoffpartikel getrübt ist und vor allem Infrarotstrahlung absorbierende Bestandteile wie H_2O und CO_2 enthält, ihre maximal mögliche Transparenz auf, die es ermöglicht, die Feuerraumwände zu erkennen.

[0012] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im Folgenden näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch die Seitenansicht eines Feuerraumes und
Fig. 2 die Abwicklung des Feuerraumes nach Fig. 1.

[0013] Der Feuerraum eines mit Kohlenstaub befeuerten Kraftwerkskessels ist durch Wände 1 begrenzt, in denen Brenneröffnungen 2 zur Aufnahme von Brennern sowie Öffnungen 3 für den Austritt der Sekundärluft ausgespart sind. Die Wände 1 des Feuerraumes sind aus Rohre aufgebaut, die durch Stege gasdicht miteinander verschweißt sind. Der Feuerraum weist einen rechteckigen Querschnitt auf und endet in einem Trichter 4 mit einem Austrittsschlitz 5 für den Abzug von Asche. Am oberen Ende geht der Feuerraum in einen nicht gezeigten Rauchgaszug über. Die Rohre der Wände 1 des Feuerraumes sind als Verdampfer geschaltet und von Wasser und Wasserdampf als Arbeits- oder Kühlmedium durchströmt.

[0014] Ein Teil der bei der Verbrennung des Kohlenstaubes zurückbleibenden Feststoffpartikel wird von dem in dem Feuerraum aufsteigenden Rauchgas mitgeführt. Je nach Menge und Zusammensetzung der Feststoffpartikel bilden sich auf der Innenseite der Wände 1 mehr oder weniger große Flächen von Ansätzen 6 durch Ablagerung von Feststoffpartikeln aus dem Rauchgas. Da solche Ansätze 6 wärmeisolierend wirken und den Wärmeübergang von dem Rauchgas auf das in den Rohren der Wände 1 strömende Kühlmedium beeinträchtigen, werden die Wände 1 mit Hilfe von Wasser- oder Wasserlanzenbläsern oder durch andere Reinigungssysteme abgereinigt und dadurch von den Ansätzen 6 befreit. Um zum Schutz der Wände 1 die Ansätze 6 gezielt zu entfernen, wird das nachfolgend beschriebene Infrarotkamarasystem eingesetzt.

[0015] In zwei benachbarten, also im rechten Winkel zueinander angeordneten Wänden 1 des rechteckigen Feuerraumes ist je eine Infrarotkamera 7 installiert. Die beiden Infrarotkamaras 7 sind zu einer Baugruppe zusammengefasst. Die Infrarotkamaras 7 arbeiten im mittleren Infrarotbereich mit einer Wellenlänge von 3 bis 5 μm . Vorzugsweise wird eine Wellenlänge von 3,9 μm gewählt, weil für die Infrarotstrahlung mit dieser Wellenlänge die optimale Transparenz in der Feuerraumatmo-

sphäre erreicht wird.

[0016] Für den Einsatz in Feuerräumen geeignete Infrarotkamaras sind aus der EP 1 347 325 A1 bekannt. Sie bestehen aus einem Objektivkörper 8, einem Umkehrsystem und einem in das Innere des Feuerraumes hineinragenden Objektivkopf 9. Der Objektivkopf 9 ist mit einem Schrägausblick 10 versehen.

[0017] Der Objektivkopf 9 und das Umkehrsystem enthalten jeweils ein Linsensystem, das je nach Einsatzort und Verwendungszweck unterschiedliche Bildwinkel (Weitwinkel- oder Normalobjektiv) aufweisen kann. Wie in Fig. 1 durch die gestrichelten Linien angedeutet ist, sind der Neigungswinkel des Schrägausblicks 10 und/oder der Bildwinkel des Linsensystems so gewählt, dass die Infrarotkamera 7 die gesamte Breite einer Wand 1 erfassen kann. Je nach Größe der Wand 1 können auch mehrere Infrarotkamaras 7 über- oder nebeneinander in einer Wand 1 installiert sein.

[0018] Jede Infrarotkamera 7 ist um 360° um ihre Längsachse 11 drehbar. Bei einer Drehung der beiden zu einer Baugruppe verbundenen Infrarotkamaras 7 können jeweils zwei gegenüberliegende Wände 1 und damit insgesamt die Innenflächen des Feuerraumes vollständig erfasst werden. Die beiden Infrarotkamaras 7 bilden damit im Verbund ein Wärmebild von allen Wänden 1 des Feuerraumes ab.

[0019] Das beschriebene Infrarotkamarasystem arbeitet auf folgende Weise. Die Infrarotkamaras 7 werden schrittweise über eine angeschlossene handelsübliche, nicht dargestellte Zentraleinheit gesteuert und definiert gedreht. In jeder Position wird über einen bestimmten Zeitraum ein Infrarot-Film in der angeschlossenen handelsüblichen, nicht dargestellten Zentraleinheit abgespeichert.

[0020] Aus den Infrarot-Filmen wird durch eine übliche elektronische Bildverarbeitung in der nicht dargestellten Zentraleinheit ein Wärmebild mit bestmöglicher Abbildungsqualität der Wände 1 des Feuerraumes gewonnen. Dabei wird der Strahlungseinfluss der im Rauchgas enthaltenen Feststoffpartikel wie folgt eliminiert:

[0021] Die Öffnungen 3 für den Austritt der Sekundärluft verschmutzen nicht an den Öffnungen 3 und weisen eine bekannte konstante Temperatur auf. Es wird die scheinbare Temperatur an den Öffnungen 3 für den Austritt der Sekundärluft im Wärmebild gemessen. Aus der bekannten tatsächlichen Temperatur und der im Wärmebild gemessenen Temperatur wird die Größe des Strahlungseinflusses der im Rauchgas enthaltenen Feststoffpartikel auf der Grundlage eines üblichen mathematisch-physikalischen Strahlungsmodells von Feststoffpartikeln im Rauchgas von der nicht dargestellten Zentraleinheit ermittelt. Anhand des mathematisch-physikalischen Strahlungsmodells und den ermittelten Parametern wird für jeden Bildpunkt der Strahlungseinfluss der im Rauchgas enthaltenen Feststoffpartikel bestimmt und über die nicht dargestellte Zentraleinheit eliminiert.

[0022] Das gewonnene Wärmebild wird in der Zentraleinheit geometrisch entzerrt und in dem Koordinatensy-

stem XY (Fig. 2) koordinatengenau zu einer Mantelabwicklung der Wände 1 des Feuerraumes zusammengesetzt. Das zusammengesetzte Wärmebild der Mantelabwicklung ist dann weitgehend frei vom Strahlungseinfluss der Feststoffpartikel im Rauchgas.

[0023] Die Wärmeübertragung zwischen Rauchgas und den Wänden 1 der Heizflächen des Feuerraumes erfolgt durch Wärmestrahlung. Die Wärmestromdichte in Kilowatt pro Quadratmeter ist dabei definiert als die auf eine Fläche der Wand des Feuerraumes auftreffende Halbraumstrahlung. Die Wärmestromdichte hängt von der Temperatur und der Zusammensetzung der Rauchgase ab. Dabei variiert die Wärmestromdichte über die Höhe des Feuerraumes und bei wechselnden Betriebszuständen der Feuerung.

[0024] Das gewonnene Wärmebild der Mantelabwicklung gibt die vorhandene Oberflächentemperatur auf den Wänden 1 des Feuerraumes wieder. Aus der Betriebsweise und der Konstruktion des Feuerraumes sind die Temperatur des in den Rohren der Wände 1 des Feuerraumes strömenden Kühlmediums sowie die Wanddicke der Rohre und die Wärmeleitfähigkeit des Rohrwerkstoffes bekannt. Aus den bekannten vorgegebenen Werten lassen sich bei vorbestimmter Wärmestromdichte in Kilowatt pro Quadratmeter die Oberflächentemperatur und der unter Berücksichtigung des Wärmeüberganges an das Kühlmedium übertragene Wärmestrom einer von Ansätzen 6 freien Wand 1 ermitteln. Die dann an einer beliebigen Stelle auf herkömmliche Weise gemessene Oberflächentemperatur wird mit der ermittelten Oberflächentemperatur einer von Ansätzen 6 freien Wand 1 in der nicht dargestellten Zentraleinheit verglichen. Nach dem erfolgten Vergleich gibt das Wärmebild Auskunft über die Lage der Ansätze 6 auf den Wänden 1 des Feuerraumes und eine qualitative Bewertung der Dicke der festgestellten Ansätze aufgrund von deren wärmeisolierenden Wirkung.

[0025] Die an einer beliebigen Stelle des Innenmantels der Wand 1 des Feuerraumes gemessene Oberflächentemperatur wird dazu verwendet, bei vorbestimmter Wärmestromdichte, Temperatur des in den Rohren der Wände 1 des Feuerraumes strömenden Kühlmediums, Wanddicke der Rohre und Wärmeleitfähigkeit des Rohrwerkstoffes anhand bekannter physikalischer Gesetze den an das Kühlmedium übertragenen Wärmestrom mit Hilfe der nicht dargestellten Zentraleinheit zu ermitteln. Der so ermittelte übertragene Wärmestrom wird ins Verhältnis gesetzt zu dem Wärmestrom, den die von Ansätzen 6 freie Wand 1 zum selben Zeitpunkt an das Kühlmedium übertragen würde. Die zueinander ins Verhältnis gesetzten Wärmeströme bilden die sogenannte Heizflächenwertigkeit, die zwischen Null und Eins liegt. Mit den ermittelten Heizflächenwertigkeiten ermöglicht die nicht dargestellte Zentraleinheit einem Reinigungssystem, die Ansätze 6 an den Wänden 1 zielgenau und mit einer an die Stärke der Ansätze angepassten Intensität abzureinigen.

[0026] Für die Ermittlung der Heizflächenwertigkeiten

ist die Kenntnis der Wärmestromdichte erforderlich, nämlich die auf eine Fläche der Feuerraumwand auftreffende Halbraumstrahlung in Kilowatt pro Quadratmeter. Die Bestimmung der Wärmestromdichte ist dabei mit zwei unterschiedlichen Verfahren möglich, welche abhängig vom konstruktiven Aufbau des Feuerraumes alternativ oder in Kombination miteinander zur Anwendung kommen.

5
10 Verfahren 1:

[0027] Für jeden definierten Betriebszustand des Kessels wird die Wärmestromdichte mit einer bekannten mobilen Messsonde an mehreren Punkten der Feuerraumwand im Zuge der Inbetriebnahme des Infrarotkamarasystems gemessen. Zwischen den Messpunkten erfolgt eine Interpolation. Die ermittelte Verteilung der Wärmestromdichte über die Wand 1 des Feuerraumes wird für jeden Betriebszustand im Auswerterechner der nicht dargestellten Zentraleinheit hinterlegt. Beim Betrieb des Infrarotkamarasystems werden Daten aus dem Prozessleitsystem des Kessels elektronisch an den Auswerterechner übertragen. Anhand der übertragenen Betriebsdaten erfolgt die Identifikation des aktuellen Betriebszustandes. Die für den aktuellen Betriebszustand hinterlegte Verteilung der Wärmestromdichte über die Wände 1 des Feuerraumes kommt für die Bestimmung der Heizflächenwertigkeiten zur Anwendung.

20
25
30 Verfahren 2:

[0028] In der Wand 1 des Feuerraumes befinden sich kleinflächige Bereiche, die nicht von kühlmitteldurchströmten Rohren, sondern von ungekühltem Mauerwerk gebildet werden. Der in den kleinflächigen Bereichen durch die Wand 1 des Feuerraumes hindurchtretende Wärmestrom ist vernachlässigbar klein. Aus der beim Betrieb des Infrarotkamarasystems von einem solchen positionsmäßig bekannten Bereich mittels Infrarotkamera gemessenen Oberflächentemperatur lässt sich somit anhand bekannter physikalischer Gesetze die auf diesen Bereich auftreffende Wärmestromdichte ermitteln. Zwischen den kleinflächigen, als Messpunkte dienenden ungekühlten Bereichen erfolgt eine Interpolation, so dass die Verteilung der Wärmestromdichte über die Wand 1 des Feuerraumes direkt aus dem Wärmebild der Mantelabwicklung bestimmt wird und für die Bestimmung der Heizflächenwertigkeiten zur Anwendung kommt.

[0029] Bei der Bestimmung der Heizflächenwertigkeiten geht der mit nur begrenzter Genauigkeit bekannte und zeitlich veränderliche Emissionsgrad der Ansätze 6 der Wände 1 als Fehlergröße in die Bestimmung der Heizflächenwertigkeiten ein. Da die zur Bestimmung der Wärmestromdichte nach Verfahren 2 herangezogenen ungekühlten Bereiche mit Ansätzen 6 gleicher Art und damit gleichen Emissionsgrades bedeckt sind wie andere Bereiche der Wände 1 des Feuerraumes, kompensiert sich weitestgehend der emissionsgradbedingte Fehler

bei der Bestimmung der Wärmestromdichte nach Verfahren 2 mit dem emissionsgradbedingten Fehler bei der Ermittlung der Heizflächenwertigkeiten. Bei Anwendung von Verfahren 2 oder einer Kombination der Verfahren 1 und 2 zur Bestimmung der Wärmestromdichte ist somit der Fehlereinfluss des mit nur begrenzter Genauigkeit bekannten und zeitlich veränderlichen Emissionsgrades der Ansätze 6 der Wände 1 auf die Bestimmung der Heizflächenwertigkeiten sehr gering.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung der Bildung von Ansätzen (6) durch Ablagerungen von Feststoffpartikeln aus einem heißen, staubbeladenen Rauchgas auf den von einem Kühlmedium durchströmten, aus dicht miteinander verschweißten Rohren gebildeten Wänden (1) eines rechteckigen Feuerraumes eines Kessels durch die Aufnahme eines Infrarotbildes der Wände (1) mit Hilfe einer Infrarotkamera (7), **dadurch gekennzeichnet, dass** über die gesamte Fläche der Wände (1) des Feuerraumes die genaue Oberflächentemperatur mit zwei um 90° zueinander versetzten Infrarotkameras (7) über ein gewonnenes Wärmebild der Mantelabwicklung des Feuerraumes erfasst wird, dass die erfasste genaue Oberflächentemperatur mit der an der jeweiligen Messstelle bekannten Temperatur des Kühlmediums unter Berücksichtigung der Wanddicke und der Wärmeleitfähigkeit der Rohre der Wände (1) des Feuerraumes verglichen wird, dass die von jeder Infrarotkamera (7) aufgenommenen Einzelaufnahmen zu einer Gesamtabwicklung der Wände (1) des Innenmantels der Feuerraumes zusammengesetzt werden und dass aus der Gesamtabwicklung die Koordinaten und aus dem Temperaturvergleich die Dicke der Ansätze (6) auf den Wänden (1) ermittelt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Koordinaten und die Dicke der Ansätze (6) auf den Wänden (1) an ein Reinigungssystem zur zielgenauen und intensitätsgenauen Entfernung der Ansätze (6) weitergeleitet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erfassung der genauen Oberflächentemperatur im mittleren Infrarot-Bereich von 3,0 bis 5,0 μm durchgeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erfassung der genauen Oberflächentemperatur bei einer Wellenlänge von 3,9 μm durchgeführt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strahlungseinfluss der im Rauchgas enthaltenen Feststoffpartikel

mit einem mathematisch-physikalischen Strahlungsmodell und den ermittelten Parametern für jeden Bildpunkt bestimmt und eliminiert wird.

- 5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 **dadurch gekennzeichnet, dass** eine auf jeden Punkt der Wände (1) des Feuerraumes auftreffende wärmestromdichte ermittelt wird
- 10 7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in zwei benachbarten Wänden (1) eines rechteckigen Feuerraumes eines Kessels jeweils mindestens eine Infrarotkamera (7) angeordnet ist, dass jede Infrarotkamera (7) um 360° um ihre Längsachse (11) schrittweise drehbar angeordnet und mit einem Schrägausblick (10) versehen ist, dass die Infrarotkamera (7) einen vorbestimmten Neigungswinkel des Schrägausblicks (10) in Verbindung mit dem Bildwinkel der Infrarotkamera (7) aufweist und dass die Infrarotkamera (7) die gesamte Breite einer Wand (1) des Feuerraumes für eine Bildzusammensetzung, Bildverarbeitung und Bildauswertung erfasst.
- 25 8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Infrarotkameras (7) um 90° versetzt zueinander in den Wänden (1) des Feuerraumes angeordnet sind.

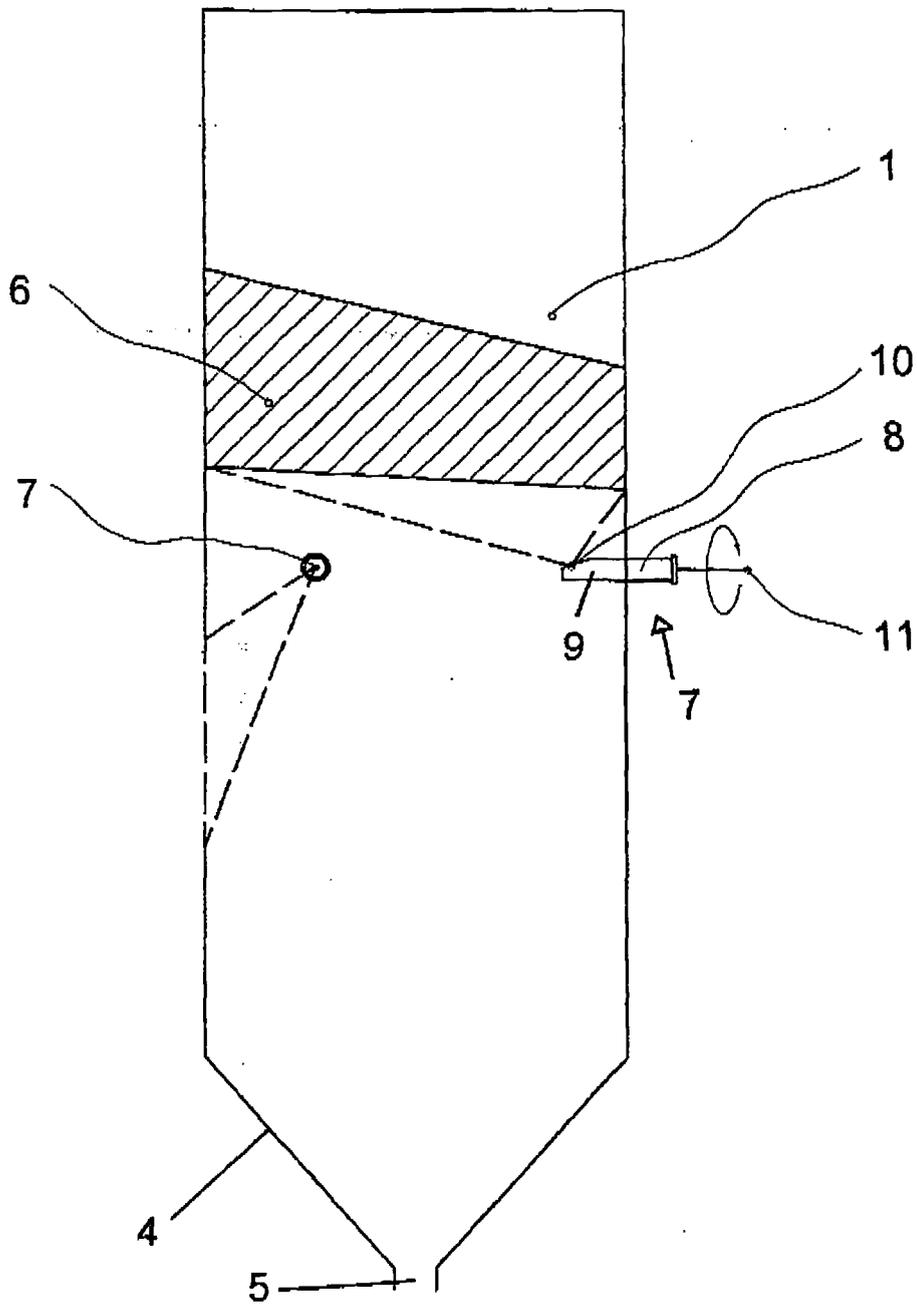
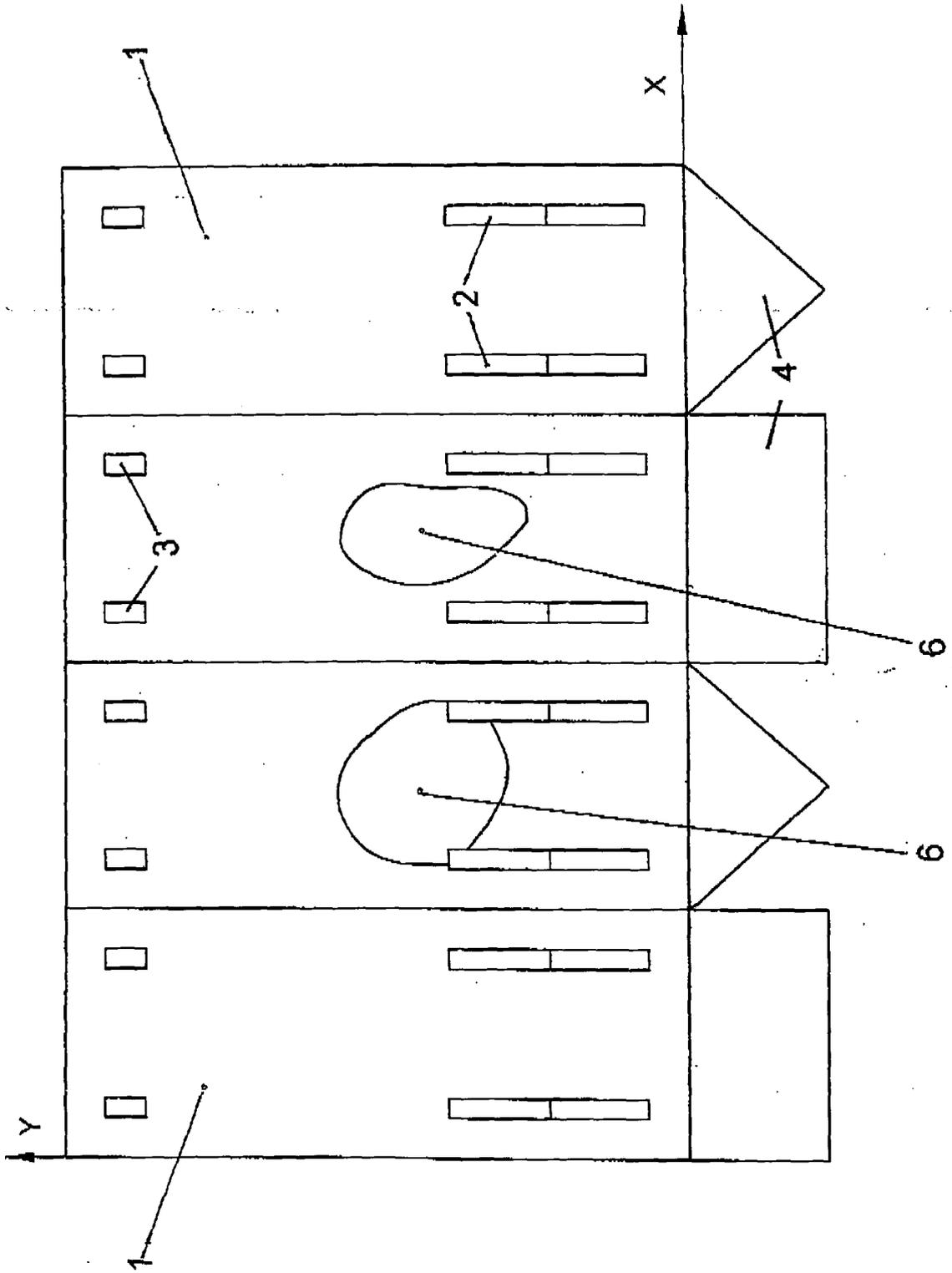


Fig. 1

Fig. 2



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19547269 A1 [0007] [0007]
- DE 4139738 C2 [0008]
- EP 1347325 A1 [0016]