

Mannesmann AG
Mannesmannufer 2
40213 Dusseldorf

K.T.I. Group B.V.
Bredewater 26
NL - 2700 AB Zoetermeer

THIS SHEET HAS BEEN
REPLACED

Arrangement for Indirectly Transferring Heat to a Process Medium

The invention relates to an arrangement for indirectly transferring heat to a process medium, especially for carrying out steam reformation of hydrocarbons, in accordance with the introductory part of Patent Claim 1.

For hydrocarbon steam reformation, arrangements like the example shown in Figs. 5 to 7 in different views and partial sections are often used. The arrangement has a substantially cuboid-shaped heating chamber 1, which can be heated by a plurality of burners 2. The burners 2 are arranged in rows in the roof of the cuboid, and their flame direction is directed vertically upward. Heat exchanger tubes 3 are arranged between the rows of burners on a vertical plane. The process medium for the endothermic chemical reaction can be run through these heat exchanger tubes 3. The process medium is heated primarily by the radiant heat produced during combustion, but partially by means of convection as well. To extract the combustion gasses from the heating chamber 1, waste gas ducts 4 are arranged on the bottom of the heating chamber 1. The waste gas ducts 4, which are closed on top, are arranged parallel to the rows of heat exchanger tubes 3 and the rows of burners 2 and have a substantially rectangular cross-section. The waste gas ducts 4 are made of a refractory-grade material (e.g., built of refractory-grade bricks). Numerous openings 5 are distributed over the axial length of the waste gas ducts 4 in the lower part of their side walls. Through these openings 5, the waste gas can make its way from the heating chamber 1 into the interior of the waste gas ducts 4. The waste gas flows laterally out of the heating chamber 1 through the waste gas ducts 4 and enters a collection duct 8, in which all waste ducts 4 open. The waste gas is



fed from there to a means for using the residual heat still contained in the waste gas, and finally discharged into the open air.

In practical operation of an arrangement of the type shown, it has been found that conditions during heat transfer to the heat exchanger tubes are not uniform. This is reflected by the evidence found during the maintenance of such arrangements. If some of the heat exchanger tubes are exposed to greater heat, these tubes age more rapidly and must be replaced sooner. In this situation, the choice is between either replacing all of the heat exchanger tubes, including those that do not yet need to be replaced, or exchanging only some of the tubes. The latter choice results in more frequent interruptions of operation for maintenance and repair.

Because the heat exchanger tubes are heated largely by radiant heat, it is of decisive importance that the tubes be arranged so that all tubes are exposed to the same conditions with respect to the effects of the heat radiation source. When the waste gas ducts have a rectangular cross-section, this happens as a matter of principle. Figure 8, which shows a disk-shaped section through a heating chamber 1, schematically illustrates such a rectangular duct in greater detail. The openings in the side walls of the waste gas duct 4 for the passage of waste gasses are identified by the reference number 5. Another known form for a waste gas duct 4a is shown in Figure 9. This waste gas duct 4a also has a rectangular cross-section, but its cross-section changes continuously in the direction of the waste gas discharge (collection duct 8). The step-like roof of the waste gas duct 4a is inclined in such a way that the cross-section continuously grows larger in the direction of the collection duct 8. This design of the waste gas duct 4a is intended to ensure that waste gas is extracted uniformly over the axial length of the waste gas duct. This does not happen in the case of the cuboid-shaped waste gas duct 4 in Figure 8, due to pressure loss. However, the shape of the waste gas duct 4a provides no effective improvements in this respect. In both cases, therefore, uneven heating of the heat exchanger tubes occurs.

If it were possible to ensure uniform distribution during the transfer of heat to the heat exchanger tubes, then the heat exchanger tubes could be designed with thinner walls, because the higher wall temperatures that occur in some tubes when there is uneven heat distribution would no longer have to be taken into account. Accordingly, more extreme operating conditions could then be applied or the useful life of the heat exchanger tubes could be extended in normal operation.

The object of the invention is to further develop an arrangement of the type indicated in the introductory part of Patent Claim 1 in such a way as to ensure the most uniform possible distribution of heat during the transfer of heat to the heat exchanger tubes.

The object is attained according to the invention by means of the characterizing features of Patent Claim 1. Advantageous further developments of the invention are indicated in the subclaims 2 to 4.

The invention is explained below in greater detail in reference to the drawings. The drawings show:

Fig. 1 A disk-shaped section through a heating chamber with a waste gas duct according to the invention;

Fig. 2 A modification of the embodiment in Fig. 1;

Fig. 3 A profile of the vertical components of the waste gas rate in the vicinity of a row of heat exchanger tubes along a waste gas duct, as a function of the height above the floor of the heating chamber, in an arrangement according to the invention;

Fig. 4 A comparative depiction like that in Fig. 3 for an arrangement with conventional waste gas duct;

and as the prior art:

Fig. 5 A side view of a steam reformation arrangement (partially in section);

Fig. 6 A top view of the arrangement in Fig. 5 (in partial section);

Fig. 7 A frontal view of the arrangement in Fig. 5 (in partial section);

Fig. 8 A schematic disk-shaped section through a heating chamber with a cuboid-shaped gas duct;



Fig. 9 A disk-shaped section through a heating chamber with an inclined waste gas duct.

The object of the invention is attained with surprisingly simple means. An especially simple embodiment of the invention is shown schematically in Fig. 1 in the form of a disk-shaped section through a heating chamber along a waste gas duct 4. A series of flow bodies in the form of flow baffles 6 is simply arranged in the interior of the waste gas duct 4. The flow baffles 6 are flat bodies running substantially horizontally in the axial direction (flow direction) of the waste gas duct 4 and having thinner walls compared with the duct cross-section. The flow baffles 6 extend across the entire width of the waste gas duct 4 between its longitudinal walls. The flow baffles 6 are made of a heat-resistant material suitable for the conditions of use, such as a refractory-grade material or a heat-resistant metal material; thus, the term "flow baffle" does not necessarily refer to metal materials only. Rather, the term is meant to indicate the fact that the waste gas flow inside of the waste gas duct 4 is influenced in the sense of being evened out in the axial direction. The length of each flow baffle 6 equals only a small fraction of the total axial length of the waste gas duct 4. The individual flow baffles 6 are arranged, as a whole, in a step-like fashion, with the steps leading downward in the direction of the collection duct 8. Advantageously, the individual directly adjacent flow baffles 6 overlap each other slightly. The waste gas flows through the waste gas openings 5 arranged as in Fig. 5, i.e., located close to the floor of the heating chamber 1, and reaches the interior of the waste gas duct 4. There, the waste gas flows upward and is deflected horizontally by the flow baffles 6 located in the area of each opening. In this way, a horizontal flow in the direction of the collection duct 8 is produced quite uniformly over the entire cross-section in the interior of the waste gas duct 4.

Figure 2 shows a modification of the embodiment in Figure 1. The embodiment in Figure 2 differs only in that the individual flow baffles 6a are connected, on their face sides that face away from the collection duct 8, to a somewhat vertical dividing baffle 6b. The dividing baffle 6b extends down to the floor of the waste gas duct 4. As a result, a forced orientation of the waste gas flow is achieved from the start, because the

PART OF THIS SHEET HAS BEEN
REPLACED

waste gas that flows in between two directly adjacent dividing baffles 6b is completely enclosed by the wall of the waste gas duct 4 and these two dividing baffles 6b. The waste gas can then flow only through the axial opening located between the two flow baffles 6a associated with the two dividing walls 6b, i.e., the waste gas must necessarily assume a horizontal flow. However, the embodiment in Figure 2 provides no significant improvements compared to that in Figure 1. In an extreme case of the present invention, it would be possible for the waste gas duct to comprise a plurality of individual tubular conduits, each of which leads from one of the waste gas openings to the collection duct. To this extent, the concept of the flow body in the framework of the invention also encompasses such an embodiment, although this embodiment is less preferred due to the associated constructive expense.

The invention eliminates the uneven flow of waste gas from the interior of the heating chamber 1 previously found in an embodiment of the waste gas duct 4 as in Figure 8 (or a waste gas duct 4a as in Figure 9). The pressure losses that occur in the waste gas duct 4 or 4a resulted in the previous design in a clearly stronger waste gas flow in the part of the heating chamber 1 closer to the collection duct 8. In the regions farther from the collection duct 8, the waste gas flow was markedly weaker, so that non-uniformities developed in heat distribution.

The effectiveness of the inventive measure of installing flow bodies in the waste gas duct can be seen by analyzing the waste gas flow in the flow profile shown in Figure 3. This drawing (in which parameter values are recorded) shows the vertical components of the waste gas flow rate in the immediate vicinity of a heat exchanger tube row 3 in a cross-section parallel to the plane of the heat exchanger tube row 3. Lines of equal flow rate as a function of the location L along the length L1 of the waste gas duct and of the height H from the floor of the heating chamber (total height H1) have been recorded.

The negative flow rate values indicate that in the immediate vicinity of the heat exchanger tubes in the upper half of the heating chamber, the combustion waste gas flows from bottom to top, because roller-like flows form between two

This Sheet Has Been Replaced





rows of heat exchanger tubes and are directed downward in the middle (in the area of a burner plane). Not until the lower half of the heating chamber does the combustion waste gas flow downward along the heat exchanger tubes to the openings in the side wall of particular waste gas duct. Clearly, only slight differences occur in the vertical components of the flow rate occur in the direction of the waste gas duct at a constant height above the floor of the heating chamber, which is a measure of the intensity of the heat transfer taking place by means of convection.

In contrast, as Fig. 4 (reflecting a corresponding analysis) shows, the differences are very marked in a heating chamber with a conventional waste gas duct embodied as in Fig. 8. The lower right part of this drawing shows the area with the most positive (i.e., downwardly directed) vertical speed components by far. This means that the strongest mass flow of the combustion waste gas in the heating chamber cross-section is present in the immediate vicinity of the waste gas duct output from the heating chamber. This in turn must mean that considerably greater heating of the heat exchanger tubes takes place in this area than in the other regions, due to the intensive convection.



Patent Claims

THIS SHEET HAS BEEN
REPLACED

1. Arrangement for indirectly transferring heat to a flowing process medium, especially for carrying out steam reformation of hydrocarbons, with a heating chamber (1), which can be heated from above by burners (2) arranged in multiple rows and through which run, on vertical longitudinal planes, a plurality of rows of heat exchanger tubes (3) through which the process medium can be conducted, whereby the combustion waste gasses of the burners (2) can be extracted laterally from the heating chamber (1) through waste gas ducts (4) arranged on the floor of the heating chamber (1) parallel to each other and to the rows of heat exchanger tubes (3), and whereby the waste gas ducts (4) are made of refractory-grade material and have a substantially rectangular cross-section constant in the axial direction and are equipped on their longitudinal sides in the region near the floor with openings (5) distributed over their entire axial length for the passage of waste gasses out of the heating chamber (1) into the interior of each respective waste gas duct (4), characterized by the fact that to equalize the flow conditions of the waste gas, flow bodies are arranged in the interior of the waste gas ducts (4) in the region of the lower part of the row of heat exchanger tubes (3).
2. Arrangement as in Claim 1, characterized by the fact that the flow bodies have, by section, flow baffles (6, 6a) running substantially horizontally, and are arranged in a step-like configuration relative to each other, whereby the step-like form is directed downward in the direction of the lateral output of the waste gas duct (4).
3. Arrangement as in Claim 2, characterized by the fact that the individual directly adjacent flow baffles (6, 6a) partially overlap each other.





4. Arrangement as in one of the Claims 2 or 3,
characterized by the fact
that each flow body has a dividing baffle (6b) extending out of the floor at a
substantially right angle to the longitudinal direction of the waste gas duct (4),
which dividing baffle (6b) is connected to the flow baffle (6a) in question on the
side facing away from the side of the waste gas extraction.

THIS SHEET HAS BEEN
REPLACED

This Sheet Has Been Replaced



Abstract

The invention relates to an arrangement for indirectly transferring heat to a flowing process medium, in particular for carrying out hydrocarbon steam reformation. The arrangement comprises a heating chamber (1), which can be heated from above by burners (2) arranged in a plurality of rows and through which run, on vertical longitudinal planes, a plurality of rows of heat exchanger tubes (3) through which the process medium flows. The combustion waste gases of the burners (2) [are extracted through] waste gas ducts (4), which are made of refractory-grade material and arranged on the bottom of the heating chamber (1) parallel to one another and to the rows of the heat exchanger tubes (3) and have a substantially rectangular cross-section that is constant in the axial direction. For the passage of waste gases from the heating chamber (1) into the interior of the waste gas ducts (4), each waste gas duct (4) has openings (5) distributed on its longitudinal sides in the area near the bottom over its entire axial length.

According to the invention, to equalize the waste gas flow conditions, flow bodies are disposed inside the waste gas ducts (4) in the region of the lower part of the rows of the heat exchanger tubes (3).

Figure 1

Mannesmann AG
Mannesmannufer 2
40213 Dusseldorf

70 363

K.T.I. Group B.V.
Bredewater 26
NL - 2700 AB Zoetermeer

Arrangement for Indirectly Transferring Heat to a Process Medium

The invention relates to an arrangement for indirectly transferring heat to a process medium, especially for carrying out steam reformation of hydrocarbons, in accordance with the introductory part of Patent Claim 1.

From DE-PS 919 657, a device for deflecting gasses that flow through long ducts is known. This device serves for uniform distribution to exit openings in the side walls of the ducts and comprises blades bent in a hook-like fashion, which extend into the duct at a right angle to the flow direction.

For hydrocarbon steam reformation, arrangements like the example shown in Figs. 5 to 7 in different views and partial sections are often used. The arrangement has a substantially cuboid-shaped heating chamber 1, which can be heated by a plurality of burners 2. The burners 2 are arranged in rows in the roof of the cuboid, and their flame direction is directed vertically upward. Heat exchanger tubes 3 are arranged between the rows of burners on a vertical plane. The process medium for the endothermic chemical reaction can be run through these heat exchanger tubes 3. The process medium is heated primarily by the radiant heat produced during combustion, but partially by means of convection as well. To extract the combustion gasses from the heating chamber 1, waste gas ducts 4 are arranged on the bottom of the heating chamber 1. The waste gas ducts 4, which are closed on top, are arranged parallel to the rows of heat exchanger tubes 3 and the rows of burners 2 and have a substantially rectangular

1a

cross-section. The waste gas ducts 4 are made of a refractory-grade material (e.g., built of refractory-grade bricks). Numerous openings 5 are distributed over the axial length of the waste gas ducts 4 in the lower part of their side walls. Through these openings 5, the waste gas can make its way from the heating chamber 1 into the interior of the waste gas ducts 4. The waste gas then flows through the waste gas ducts 4 laterally out of the heating chamber 1 and enters a collection duct 8, in which all waste ducts 4 open. The waste gas is

to a somewhat vertical dividing baffle 6b. The dividing baffle 6b extends down to the floor of the waste gas duct 4. As a result, a forced orientation of the waste gas flow is achieved from the start, because the waste gas that flows in between two directly adjacent dividing baffles 6b is completely enclosed by the wall of the waste gas duct 4 and these two dividing baffles 6b. The waste gas can then flow only through the axial opening located between the two flow baffles 6a associated with the two dividing walls 6b, i.e., the waste gas must necessarily assume a horizontal flow. However, the embodiment in Figure 2 provides no significant improvements compared to that in Figure 1.

The invention eliminates the uneven flow of waste gas from the interior of the heating chamber 1 previously found in an embodiment of the waste gas duct 4 as in Figure 8 (or a waste gas duct 4a as in Figure 9). The pressure losses that occur in the waste gas duct 4 or 4a resulted in the previous design in a clearly stronger waste gas flow in the part of the heating chamber 1 closer to the collection duct 8. In the regions farther from the collection duct 8, the waste gas flow was markedly weaker, so that non-uniformities developed in heat distribution.

The effectiveness of the inventive measure of installing flow bodies in the waste gas duct can be seen by analyzing the waste gas flow in the flow profile shown in Figure 3. This drawing (in which parameter values are recorded) shows the vertical components of the waste gas flow rate in the immediate vicinity of a heat exchanger tube row 3 in a cross-section parallel to the plane of the heat exchanger tube row 3. Lines of equal flow rate as a function of the location L along the length L1 of the waste gas duct and of the height H from the floor of the heating chamber (total height H1) have been recorded.

The negative flow rate values indicate that in the immediate vicinity of the heat exchanger tubes in the upper half of the heating chamber, the combustion waste gas flows from bottom to top, because roller-like flows form between two



70 363

7

5 May 1997

Patent Claims

1. Arrangement for indirectly transferring heat to a flowing process medium, especially for carrying out steam reformation of hydrocarbons, with a heating chamber (1), which can be heated from above by burners (2) arranged in multiple rows and through which run, on vertical longitudinal planes, a plurality of rows of heat exchanger tubes (3), through which the process medium can be conducted, whereby the combustion waste gasses of the burners (2) can be extracted laterally from the heating chamber (1) through waste gas ducts (4), arranged on the floor of the heating chamber (1) parallel to each other and to the rows of heat exchanger tubes (3), and whereby the waste gas ducts (4) are made of refractory-grade material and have a substantially rectangular cross-section constant in the axial direction and are equipped on their longitudinal sides in the region near the floor with openings (5) distributed over their entire axial length for the passage of waste gasses out of the heating chamber (1) into the interior of each respective waste gas duct (4), characterized by the fact
that to even out the flow conditions of the waste gas, flow bodies running in the axial direction of the waste gas ducts (4) are arranged in the interior of the waste gas ducts (4) in the region of the lower part of the row of heat exchanger tubes (3), which flow bodies have, by section, flow baffles (6, 6a) running substantially horizontally, and are arranged in a step-like configuration relative to each other, whereby the step-like form is directed downward in the direction of the lateral output of the waste gas duct (4).
2. Arrangement as in Claim 1, characterized by the fact
that the individual directly adjacent flow baffles (6, 6a) partially overlap each other.
3. Arrangement as in one of the Claims 1 or 2, characterized by the fact



70 363

8

5 May 1997

that each flow body has a dividing baffle (6b) extending out of the floor at a substantially right angle to the longitudinal direction of the waste gas duct (4), which dividing baffle (6b) is connected to the flow baffle (6a) in question on the side facing away from the side of the waste gas extraction.

MODIFIED PAGE

PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



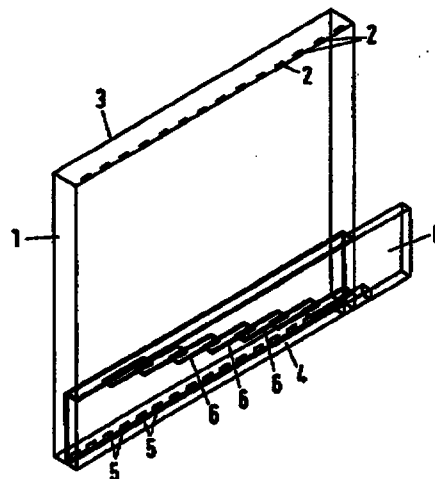
(51) Internationale Patentklassifikation ⁶: F28F 27/02, F23M 9/00	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 96/29559 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 26. September 1996 (26.09.96)
(21) Internationales Aktenzeichen: ☒ PCT/DE96/00458 (22) Internationales Anmeldedatum: ☒ 7. März 1996 (07.03.96) (30) Prioritätsdaten: ☒ 195 12 219.4 22. März 1995 (22.03.95) ☒ DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): MAN- NESMANN AG [DE/DE]; Mannesmannufer 2, D-40213 ☒ Düsseldorf (DE). K.T.I. GROUP B.V. [NL/NL]; Bredewater 26, NL-2700 AB Zoetermeer (NL). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WATERREUS, Francis- cus, Petrus, Marie [NL/NL]; Aalscholverring 13, NL- ☒ 2623 PC Delft (NL). NOMDEN, Jan, Frederik [NL/NL]; Kaaskenswater 1, NL-2715 AM Zoetermeer (NL). VAN DER PLAS, Willem [NL/NL]; Schouthof 11, NL-2221 GX Katwijk aan Zee (NL). (74) Anwälte: MEISSNER, Peter, E. usw.; Hohenzollerndamm 89, D-14199 Berlin (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: BR, CA, CN, JP, KR, ☒ SG, ☒ US, eu- ropäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. SG 9704378-0 19056 copy PCT + Transl.	

(54) Title: ARRANGEMENT FOR INDIRECTLY TRANSFERRING HEAT TO A PROCESS MEDIUM ☒

(54) Bezeichnung: ANLAGE ZUR INDIREKTEN ÜBERTRAGUNG VON WÄRME AUF EIN PROZESSMEDIUM

(57) Abstract

The invention concerns an arrangement for indirectly transferring heat to a flowing process medium, in particular for carrying out hydrocarbon steam reformation. The arrangement comprises a heating chamber (1), which can be heated from above by burners (2) arranged in a plurality of rows, and through which chamber a plurality of rows of heat exchanger pipes (3) are led in vertical longitudinal planes, the process medium flowing through these pipes. The waste gases of combustion of the burners (2) are formed in waste gas ducts (4) of refractory material which are arranged parallel to one another and to the rows of the heat exchanger pipes (3) at the bottom of the heating chamber (1). The waste gas ducts (4) have a substantially rectangular cross-section which is constant in the axial direction, and are provided on their longitudinal sides, in the region close to the bottom, with openings (5) distributed over the entire axial length for transferring the waste gases from the heating chamber (1) into the interior of the respective waste gas duct (4). According to the invention, in order to equalize the waste gas flow ratios, flow-guiding on bodies are disposed in the region of the lower part of the rows of the heat exchanger pipes (3) inside the waste gas ducts (4).



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Anlage zur indirekten Übertragung von Wärme auf ein strömendes Prozessmedium, insbesondere zur Durchführung der Dampfreformierung von Kohlenwasserstoffen, mit einem Heizraum (1), der von oben durch zu mehreren Brennerreihen angeordneten Brennern (2) beheizbar ist und durch den hindurch in vertikalen Längsebenen mehrere Reihen von Wärmetauscherrohren (3) geführt sind, durch die das Prozessmedium hindurchleitbar ist, wobei die Verbrennungsabgase der Brenner (2) durch parallel zueinander und zu den Reihen der Wärmetauscherrohre (3) auf den Boden des Heizraums (1) angeordnete Abgaskanäle (4) aus feuerfestem Material gebildet sind, einen im wesentlichen rechteckigen, in axialer Richtung konstanten Querschnitt aufweisen und an ihren Längsseiten im bodennahen Bereich mit über die gesamte axiale Länge verteilten Öffnungen (5) für den Übertritt der Abgase aus dem Heizraum (1) in das Innere des jeweiligen Abgaskanals (4) versehen sind. Erfindungsgemäß sind zur Vergleichmäßigung der Strömungsverhältnisse des Abgases im Bereich des unteren Teils der Reihen der Wärmetauscherrohre (3) im Inneren der Abgaskanäle (4) Strömungsleitkörper angeordnet.

5

10 **"Anlage zur indirekten Übertragung von Wärme auf ein Prozeßmedium"**

Die Erfindung betrifft eine Anlage zur indirekten Übertragung von Wärme auf ein Prozeßmedium, insbesondere zur Durchführung der Dampfreformierung von Kohlenwasserstoffen, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

15

Für die Dampfreformierung von Kohlenwasserstoffen werden vielfach Anlagen eingesetzt, die wie das in den Fig. 5 bis 7 in verschiedenen Ansichten und Teilschnitten dargestellte Beispiel ausgeführt sind. Die Anlage weist einen im wesentlichen quaderförmigen Heizraum 1 auf, der durch eine Vielzahl von Brennern 2

20 beheizbar ist, die zu Brennerreihen zusammengefaßt im Dach des Quaders angeordnet und mit ihrer Flammrichtung vertikal nach unten gerichtet sind. Zwischen den Brennerreihen sind jeweils in einer vertikalen Ebene Reihen von Wärmetauscherrohren 3 angeordnet, durch die das Prozeßmedium für die endotherme chemische Reaktion hindurchleitbar ist. Die Erwärmung des Prozeßmediums erfolgt

25 überwiegend durch die in der Verbrennung erzeugte Strahlungswärme, teilweise aber auch durch Konvektion. Um die Verbrennungsgase aus dem Heizraum 1 abführen zu können, sind am Boden des Heizraums 1 parallel zu den Reihen der Wärmetauscherrohre 3 und den Brennerreihen 2 verlaufende, oben geschlossene Abgaskanäle 4 angeordnet. Diese Abgaskanäle 4 weisen eine im wesentlichen

30 rechteckige Querschnittsform auf. Sie sind aus einem feuerfesten Material (z.B. aus Feuerfeststeinen gemauert) hergestellt. Im unteren Teil der Seitenwände der Rauchgaskanäle 4 sind verteilt über deren axiale Länge zahlreiche Öffnungen 5 angeordnet, durch die das Abgas vom Heizraum 1 in das Innere der Abgaskanäle 4 gelangen kann. Es strömt dann durch die Abgaskanäle 4 seitlich aus dem Heizraum 1

35 heraus, gelangt in einen Sammelkanal 8, in dem alle Abgaskanäle 4 münden, und wird



von dort einer Nutzung der noch im Abgas enthaltenen Restwärme zugeführt und anschließend ins Freie abgeleitet.

Im praktischen Betrieb einer Anlage der dargestellten Art stellt man fest, daß die
5 Verhältnisse beim Wärmeübergang an den Wärmetauscherrohren nicht gleichförmig
sind. Dies äußert sich in Belastungen bei der Wartung einer solchen Anlage. Wenn
einige der Wärmetauscherrohre einem stärkeren Wärmeeinfluß ausgesetzt sind, altern
sie schneller und müssen entsprechend früher ausgetauscht werden. In einer solchen
10 Situation steht man vor der Wahl, entweder alle Wärmetauscherrohre einschließlich
denjenigen, die an sich noch nicht ausgetauscht werden müßten, zu ersetzen oder
lediglich einen Teil der Wärmetauscherrohre auszutauschen. Letzteres führt zu
häufigeren Betriebsunterbrechungen für die Durchführung der Wartung und Reparatur.

Da die Beheizung der Wärmetauscherrohre zum größeren Teil durch Strahlungswärme
15 erfolgt, ist es von entscheidender Bedeutung, daß die Wärmetauscherrohre in einer
Form angeordnet sind, bei der alle Wärmetauscherrohre bezüglich der Einwirkung der
Wärmestrahlungsquelle gleichen Verhältnissen unterliegen. Bei einer rechteckigen
Querschnittsform der Abgaskanäle ist dies im Grundsatz der Fall. Durch einen
scheibenförmigen Schnitt durch einen Heizraum 1 ist ein solcher rechteckiger Kanal in
20 Fig. 8 in schematisierter Form näher dargestellt. Die Öffnungen für den Durchtritt der
Abgase in den Seitenwänden des Abgaskanals 4 sind mit dem Bezugszeichen 5
bezeichnet worden. Eine andere bekannte Form für einen Abgaskanal 4a ist in Fig. 9
dargestellt. Dieser Abgaskanal 4a hat zwar im Querschnitt ebenfalls eine rechteckige
Form, jedoch verändert sich dieser Querschnitt in Richtung auf die Seite des
25 Abgasabzugs (Sammelkanal 8) fortlaufend. Das treppenstufenartige Dach des
Abgaskanals 4a ist so geneigt, daß sich der Querschnitt zum Sammelkanal 8 hin
fortlaufend vergrößert. Mit dieser Gestaltung des Abgaskanals 4a sollte an sich
erreicht werden, daß der Abgasabzug über die axiale Länge des Abgaskanals
gesehen gleichmäßig erfolgt. Dies ist nämlich bei dem quaderförmig gestalteten
30 Abgaskanal 4 in Fig. 8 wegen des Druckverlustes nicht der Fall. Aber auch die Form
des Abgaskanals 4a bringt in dieser Hinsicht keine wirksame Verbesserung. Daher
kommt es in beiden Fällen zu einer ungleichmäßigen Erwärmung der
Wärmetauscherrohre.

Würde es gelingen, eine gleichmäßige Verteilung beim Wärmeübergang auf die Wärmetauscherrohre sicherzustellen, könnten die Wärmetauscherrohre mit einer dünneren Wanddicke ausgelegt werden, weil höhere Wandtemperaturen einiger Rohre, wie sie bei ungleichförmigen Wärmeverteilungen auftreten, nicht mehr
5 berücksichtigt werden müßten. Dementsprechend könnten im Betrieb schärfere Betriebsbedingungen angewandt werden oder die Lebensdauer der Wärmetauscherrohre würde sich bei normalem Betrieb verlängern.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Anlage der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art dahingehend weiterzuentwickeln, daß eine möglichst gleichmäßige Wärmeverteilung beim Wärmeübergang auf die Wärmetauscherrohre sichergestellt wird.

Gelöst wird diese Aufgabe erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den
15 Unteransprüchen 2 bis 4 angegeben.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 einen scheibenförmigen Schnitt durch einen Heizraum mit
20 erfindungsgemäßem Abgaskanal,
Fig. 2 eine Abwandlung der Ausführungsform von Fig. 1,
Fig. 3 das Profil der vertikalen Komponente der Abgasgeschwindigkeit in der Nähe einer Wärmetauscherrohrreihe entlang einem Abgaskanal in Abhängigkeit von der Höhe über dem Boden des Heizraums in einer
25 erfindungsgemäßen Anlage und
Fig. 4 eine Vergleichsdarstellung gemäß Fig. 3 für eine Anlage mit herkömmlichem Abgaskanal

und als Stand der Technik:

- 30 Fig. 5 eine Seitenansicht einer Dampfreformieranlage (teilweise geschnitten),
Fig. 6 eine Draufsicht auf die Anlage gemäß Fig. 5 (teilweise geschnitten),
Fig. 7 eine Stirnseitenansicht der Anlage gemäß Fig. 5 (teilweise geschnitten),
Fig. 8 einen scheibenförmigen schematischen Schnitt durch einen Heizraum
35 mit quaderförmigem Abgaskanal.

Fig. 9 einen scheibenförmigen Schnitt durch einen Heizraum mit geneigtem Abgaskanal,

Die Aufgabe der Erfindung konnte mit überraschend einfachen Mitteln gelöst werden. Eine besonders einfache Ausführungsform der Erfindung ist in der Fig. 1 in Form eines scheibenförmigen Schnittes durch einen Heizraum entlang eines Abgaskanals 4 schematisch dargestellt. Es wurden lediglich eine Reihe von Strömungsleitkörpern in Form von Leitblechen 6 im Inneren des Abgaskanals 4 angeordnet. Die Leitbleche 6 sind im wesentlichen horizontal in Axialrichtung (Strömungsrichtung) des Abgaskanals 4 verlaufende flache Körper mit im Vergleich zum Kanalquerschnitt dünner Wanddicke. Sie erstrecken sich zwischen den Längswänden des Abgaskanals 4 über dessen gesamte Breite. Sie sind aus einem den Einsatzbedingungen entsprechenden wärmebeständigen Material wie etwa Feuerfestmaterial oder einem hitzebeständigen metallischen Werkstoff hergestellt. Der Begriff Leitblech umfaßt daher nicht zwangsläufig nur metallische Werkstoffe. Vielmehr soll mit diesem Begriff ausgedrückt werden, daß die Abgasströmung innerhalb des Abgaskanals 4 beeinflußt wird im Sinne einer Vergleichmäßigung in axialer Richtung. Die Länge der Leitbleche 6 beträgt lediglich jeweils einen kleinen Bruchteil der gesamten axialen Länge des Abgaskanals 4. Die einzelnen Leitbleche 6 sind insgesamt treppenförmig angeordnet, wobei die Stufung in Richtung auf den Sammelkanal 8 nach unten führt. Zweckmäßigerweise überlappen sich die einzelnen unmittelbar benachbarten Leitbleche 6 um ein kleines Stück. Das Abgas gelangt durch die in gleicher Weise wie in Fig. 5 angeordneten, also sich nahe am Boden des Heizraums 1 befindlichen Abgasdurchtrittsöffnungen 5 in das Innere des Abgaskanals 4. Dort strömt das Abgas nach oben und wird durch das jeweils im Bereich der Durchtrittsöffnungen befindliche Leitblech 6 in horizontaler Richtung abgelenkt. Auf diese Weise wird im Inneren des Abgaskanals 4 eine über den gesamten Querschnitt sich erstreckende recht gleichmäßige horizontale Strömung in Richtung auf den Sammelkanal 8 erzeugt.

In Fig. 2 ist eine Abwandlung der Ausführungsform aus Fig. 1 dargestellt. Diese unterscheidet sich lediglich dadurch, daß die einzelnen Leitbleche 6a an ihrer jeweils dem Sammelkanal 8 abgewandten Stirnseite mit einem etwa vertikal verlaufenden Schottblech 6b verbunden sind. Dieses Schottblech 6b reicht bis zum Boden des Abgaskanals 4 hinunter. Auf diese Weise wird von vornherein eine Zwangsausrichtung der Abgasströmung erreicht, da das zwischen zwei unmittelbar benachbarten

Schottblechen 6b einströmende Abgas von der Wandung des Abgaskanals 4 und diesen beiden Schottblechen 6b vollständig eingeschlossen ist und nur durch die zwischen den beiden zugeordneten Leitblechen 6a der beiden Schottwände 6b befindliche axiale Öffnung abströmen kann, also zwangsläufig eine horizontale Strömung annehmen muß. Die Ausführungsform der Fig. 2 bringt gegenüber derjenigen der Fig. 1 jedoch keine nennenswerten Verbesserungen. Als Extremfall der vorliegenden Erfindung wäre es möglich, den Abgaskanal aus einer Vielzahl von Einzelrohrleitungen zusammenzusetzen, die jeweils von einer der Abgasdurchtrittsöffnungen bis zum Sammelkanal führen. Insofern umfaßt der Begriff des Strömungsleitkörpers im Rahmen der Erfindung auch eine solche Ausführungsform, wenngleich diese wegen des damit verbundenen baulichen Aufwandes weniger bevorzugt ist.

Durch die Erfindung wird das bisher bei einer Gestaltung des Abgaskanals 4 wie in Fig. 8 (oder des Abgaskanals 4a in Fig. 9) festgestellte ungleichmäßige Abströmen des Abgases aus dem Inneren des Heizraums 1 beseitigt. Die auftretenden Druckverluste im Abgaskanal 4 bzw. 4a führten bei der bisherigen Gestaltung in dem Teil des Heizraums 1, der dem Sammelkanal 8 näher lag, zu einer deutlich stärkeren Abgasströmung. In den weiter entfernten Bereichen war die Abgasströmung merklich schwächer, so daß es zu den Ungleichmäßigkeiten in der Wärmeverteilung kam.

Wie wirksam die erfindungsgemäße Maßnahme des Einbaus von Strömungsleitkörpern in den Abgaskanal ist, zeigt sich an einer Analyse der Abgasströmung in Form eines Strömungsprofils, wie es in Fig. 3 dargestellt ist. In dieser Grafik sind (als Parameterwerte eingetragen) die vertikalen Komponenten der Abgasströmungsgeschwindigkeit im unmittelbaren Nahbereich einer Wärmetauscherrohrreihe 3 in einem Querschnitt parallel zur Ebene der Wärmetauscherrohrreihe 3 dargestellt. Es sind die Linien gleicher Strömungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Ort L entlang der Länge L1 des Abgaskanals und von der Höhe H vom Boden des Heizraums (Gesamthöhe H1) eingetragen worden.

Die negativen Werte der Strömungsgeschwindigkeit zeigen, daß in der oberen Hälfte des Heizraums in unmittelbarer Nähe der Wärmetauscherrohre die Strömung des Verbrennungsabgases von unten nach oben verläuft, da sich zwischen zwei



- Wärmetauscherrohrreihen walzenförmige Strömungen ausbilden, die in der Mitte (im Bereich einer Brennerebene) nach unten gerichtet sind. Erst in der unteren Hälfte des Heizraums strömt das Verbrennungsabgas an den Wärmetauscherrohren entlang nach unten zu den Durchtrittsöffnungen in der Seitenwand des jeweiligen
- 5 Abgaskanals. Man erkennt deutlich, daß in Richtung des Abgaskanals bei konstanter Höhe über dem Boden des Heizraums nur sehr geringe Unterschiede in der vertikalen Komponente der Strömungsgeschwindigkeit, die ein Maß für die Intensität der stattfindenden Wärmeübertragung durch Konvektion ist, auftreten.
- 10 Dagegen sind diese Unterschiede, wie die Vergleichsdarstellung der Fig. 4 zeigt, die eine entsprechende Auswertung für einen Heizraum mit herkömmlich entsprechend Fig. 8 ausgeführtem Abgaskanal wiedergibt, sehr ausgeprägt. Der untere rechte Teil dieser Grafik stellt den Bereich mit der bei weitem höchsten positiven (d.h. nach unten gerichteten) vertikalen Geschwindigkeitskomponente dar. Das bedeutet, daß an dieser
- 15 Stelle des Heizraumquerschnitts, nämlich in unmittelbarer Nähe des Ausgangs des Abgaskanals aus dem Heizraum der weitaus stärkste Massenfluß des Verbrennungsabgases vorliegt, daß also in diesem Bereich eine deutlich stärkere Erwärmung der Wärmetauscherrohre durch die intensivere Konvektion stattfinden muß als in den übrigen Bereichen.

**Patentansprüche**

1. Anlage zur indirekten Übertragung von Wärme auf ein strömendes
5 Prozeßmedium, insbesondere zur Durchführung der Dampfreformierung von
Kohlenwasserstoffen, mit einem Heizraum (1), der von oben durch zu mehreren
Brennerreihen angeordneten Brennern (2) beheizbar ist und durch den hindurch
in vertikalen Längsebenen mehrere Reihen von Wärmetauscherrohren (3)
10 geführt sind, durch die das Prozeßmedium hindurchleitbar ist, wobei die
Verbrennungsabgase der Brenner (2) durch parallel zueinander und zu den
Reihen der Wärmetauscherrohre (3) auf den Boden des Heizraums (1)
angeordnete Abgaskanäle (4) seitlich aus dem Heizraum (1) herausführbar sind
und wobei die Abgaskanäle (4) aus feuerfestem Material gebildet sind, einen im
15 wesentlichen rechteckigen, in axialer Richtung konstanter Querschnitt
aufweisen und an ihren Längsseiten im bodennahen Bereich mit über die
gesamt axiale Länge verteilten Öffnungen (5) für den Übertritt der Abgase aus
dem Heizraum (1) in das Innere des jeweiligen Abgaskanals (4) versehen sind,
dadurch gekennzeichnet,
20 daß zur Vergleichmäßigung der Strömungsverhältnisse des Abgases im
Bereich des unteren Teils der Reihen der Wärmetauscherrohre (3) im Inneren
der Abgaskanäle (4) Strömungsleitkörper angeordnet sind.
2. Anlage nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
25 daß die Strömungsleitkörper abschnittsweise im wesentlichen horizontal
verlaufende Leitbleche (6, 6a) aufweisen und in einer treppenförmigen
Konfiguration zueinander angeordnet sind, wobei die Treppenform zum
seitlichen Ausgang des Abgaskanals (4) hin abwärts gerichtet ist.
3. Anlage nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
30 daß sich die einzelnen unmittelbar benachbarten Leitbleche (6, 6a) jeweils
teilweise überlappen.



WO 96/29559

PCT/DE96/00458

- 8 -

4. Anlage nach einem der Ansprüche 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Strömungsleitkörper jeweils ein sich im wesentlichen quer zur
Längsrichtung des Abgaskanals (4) vom Boden aus erstreckendes Schottblech
5 (6b) aufweisen, das an der von der Seite des Rauchgasabzugs abgewandten
Seite mit dem jeweiligen Leitblech (6a) verbunden ist.

This Sheet Has Been Replaced



1/7

Fig. 1

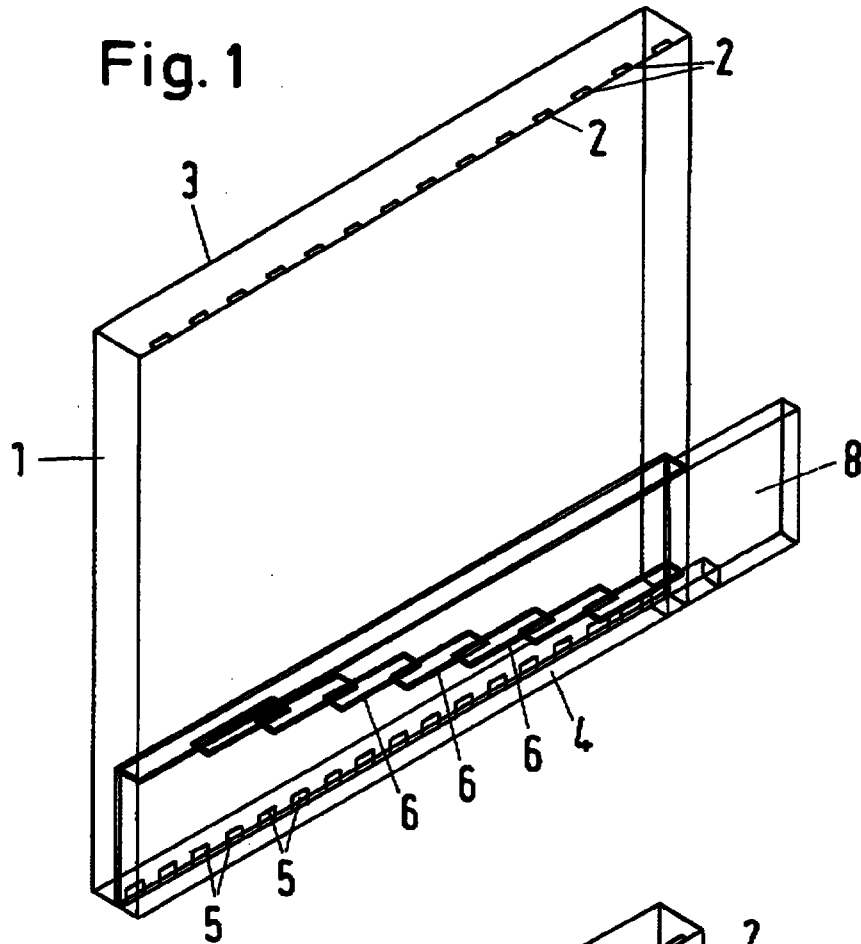
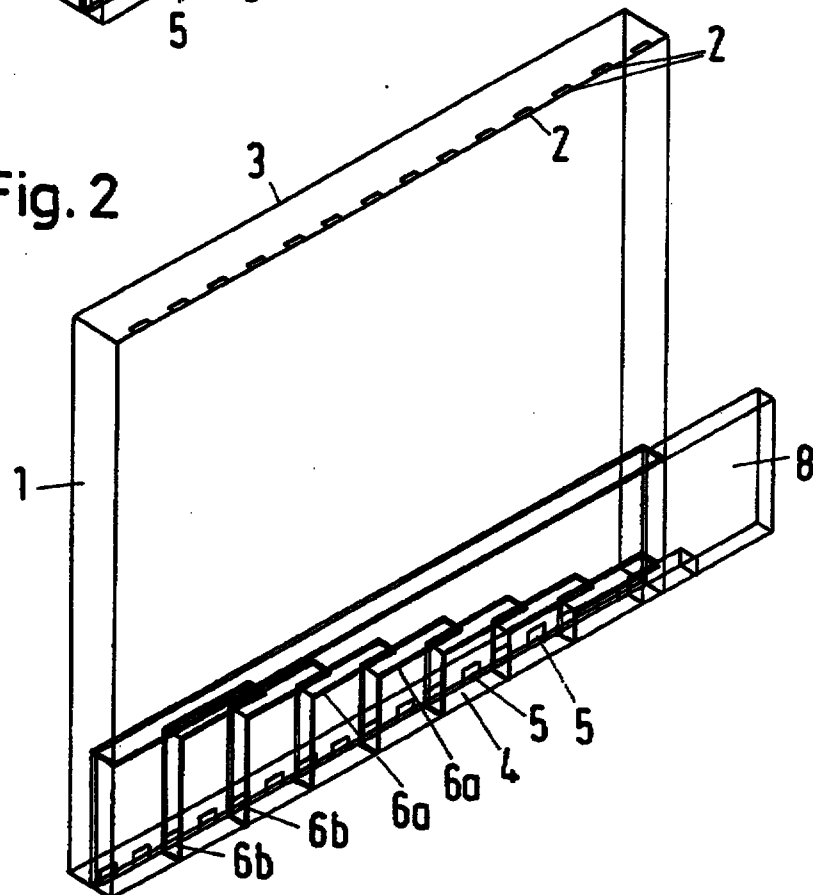
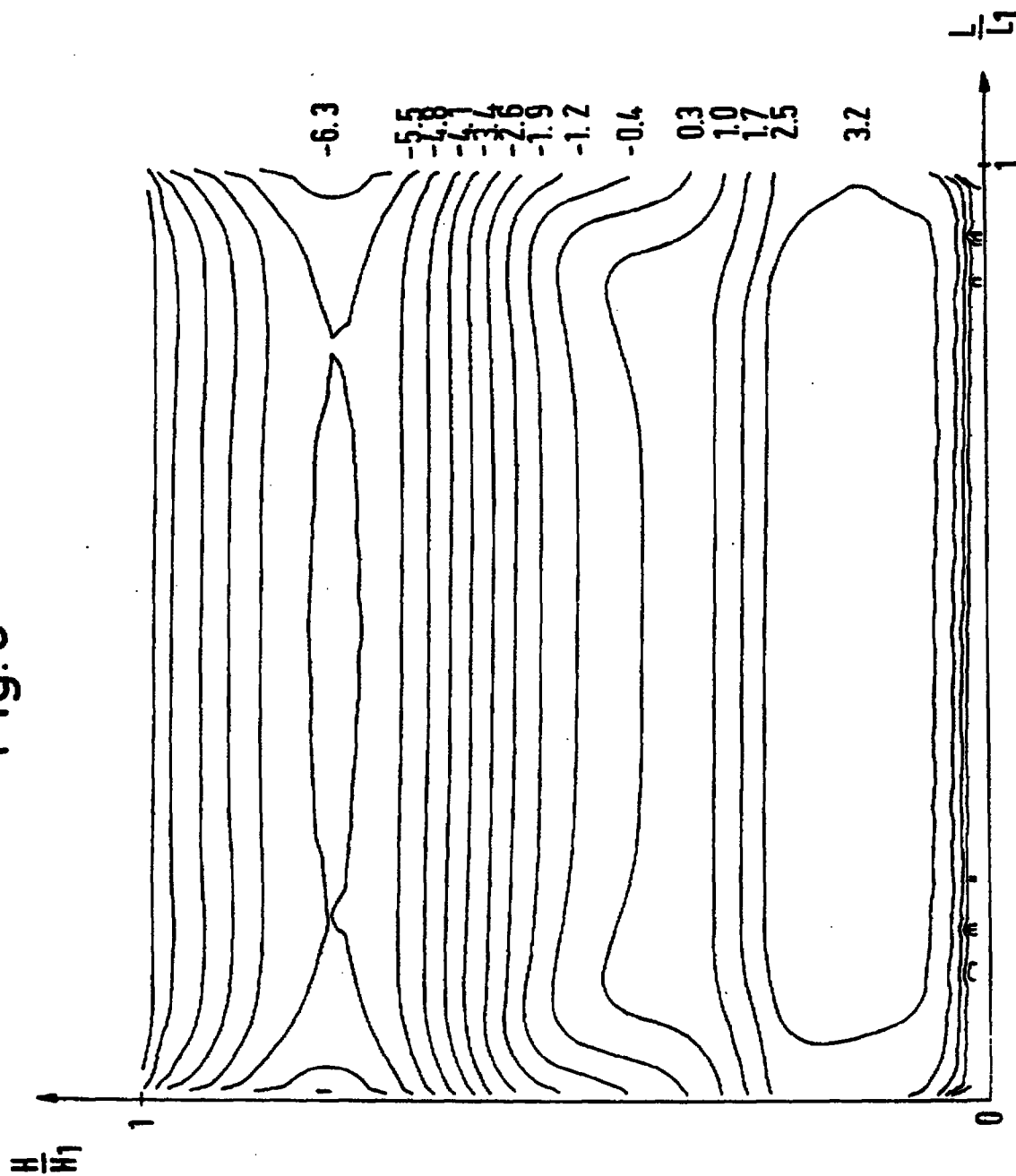


Fig. 2

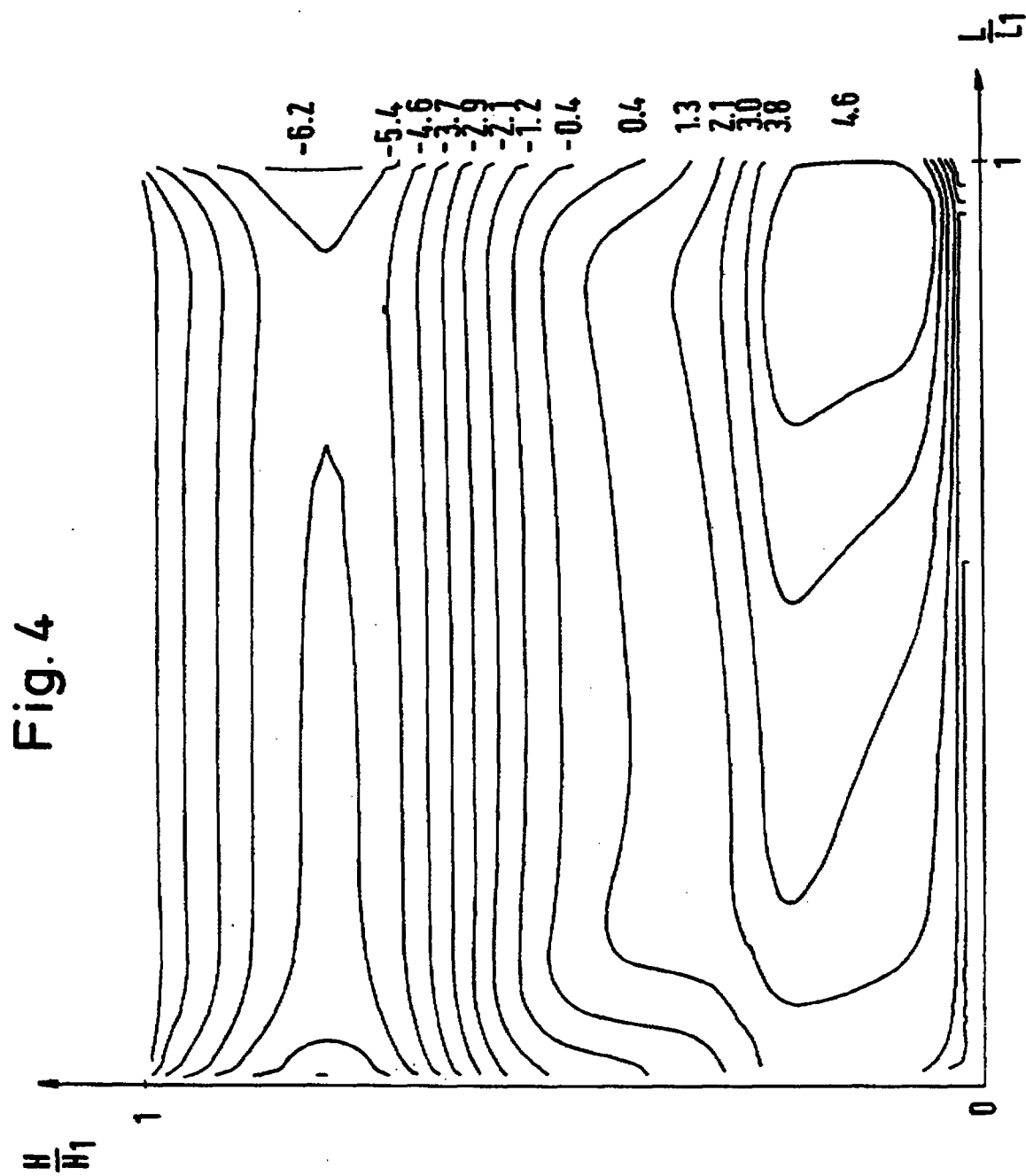


ERSATZBLATT (REGEL 26)

Fig. 3

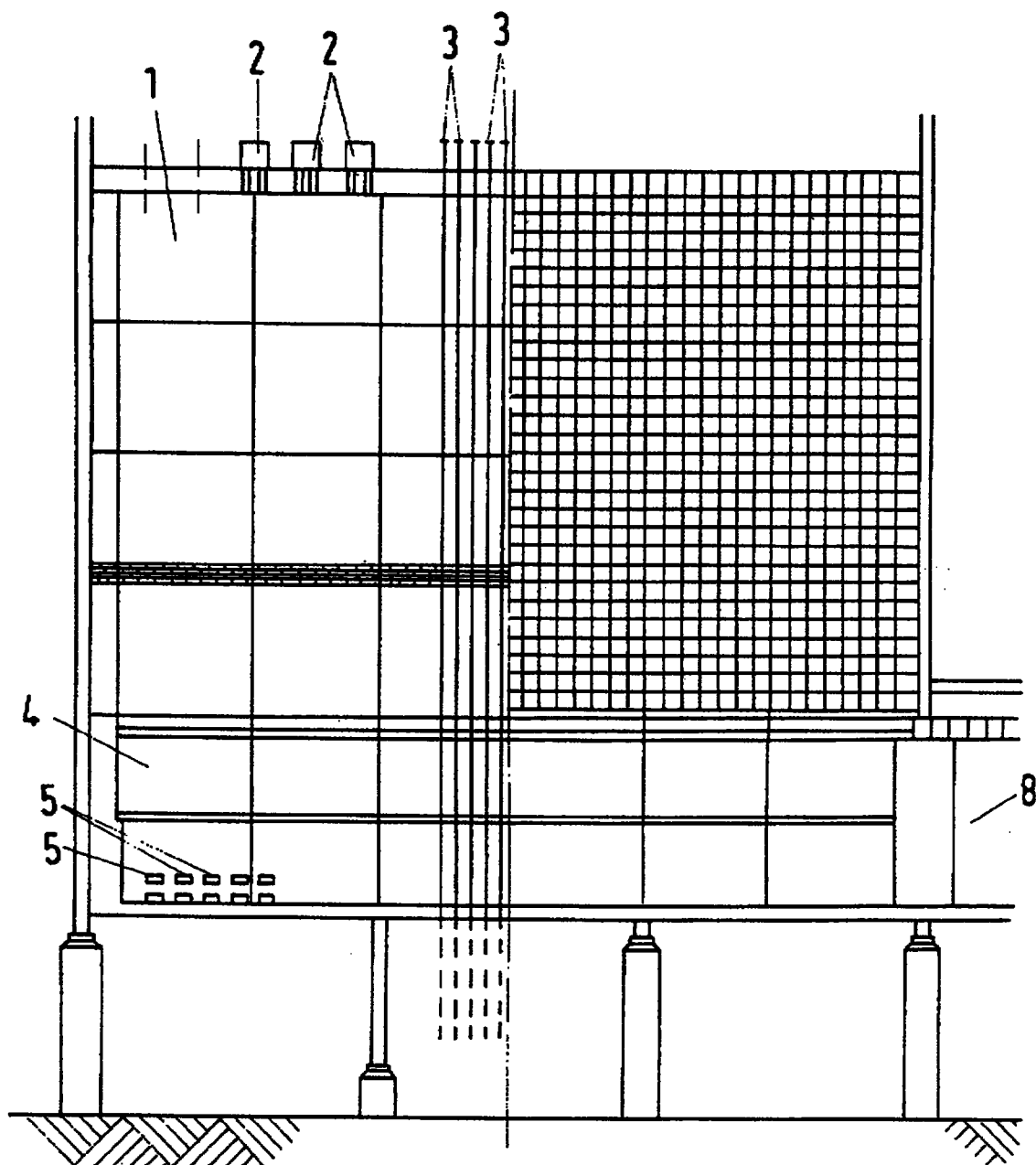


3/7



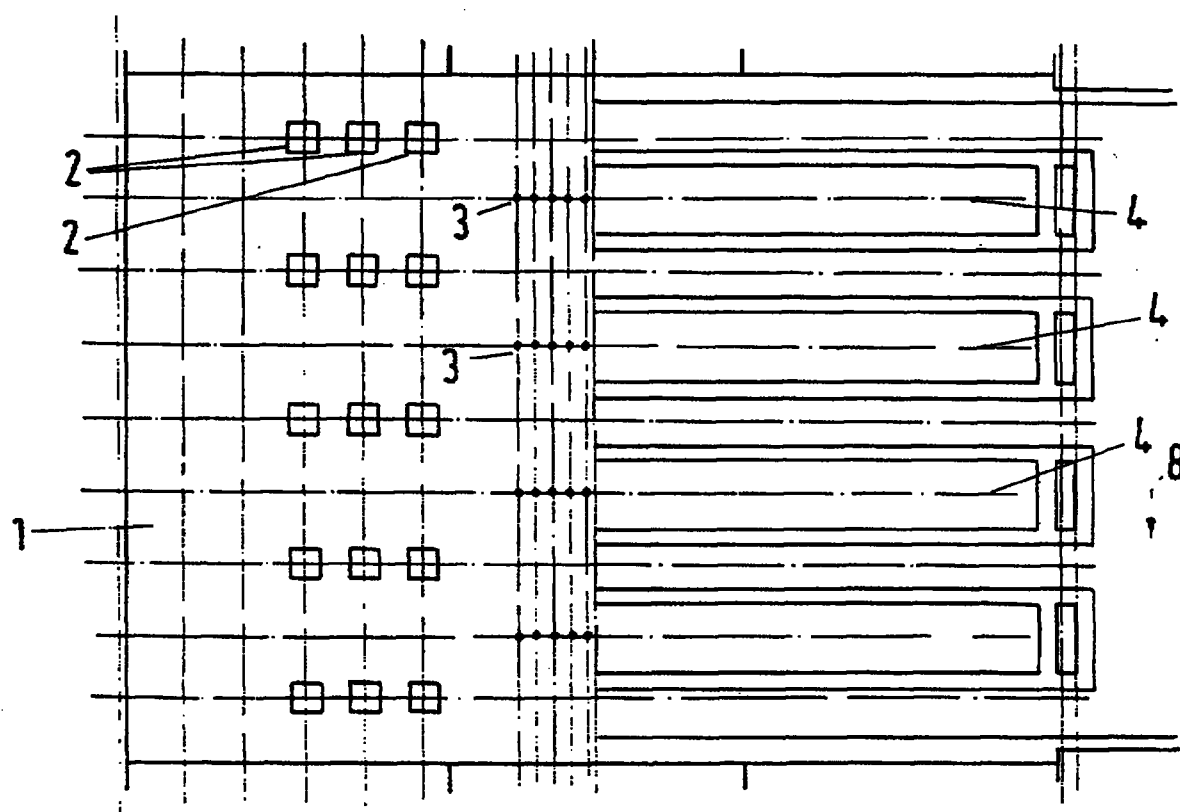
4/7

Fig. 5



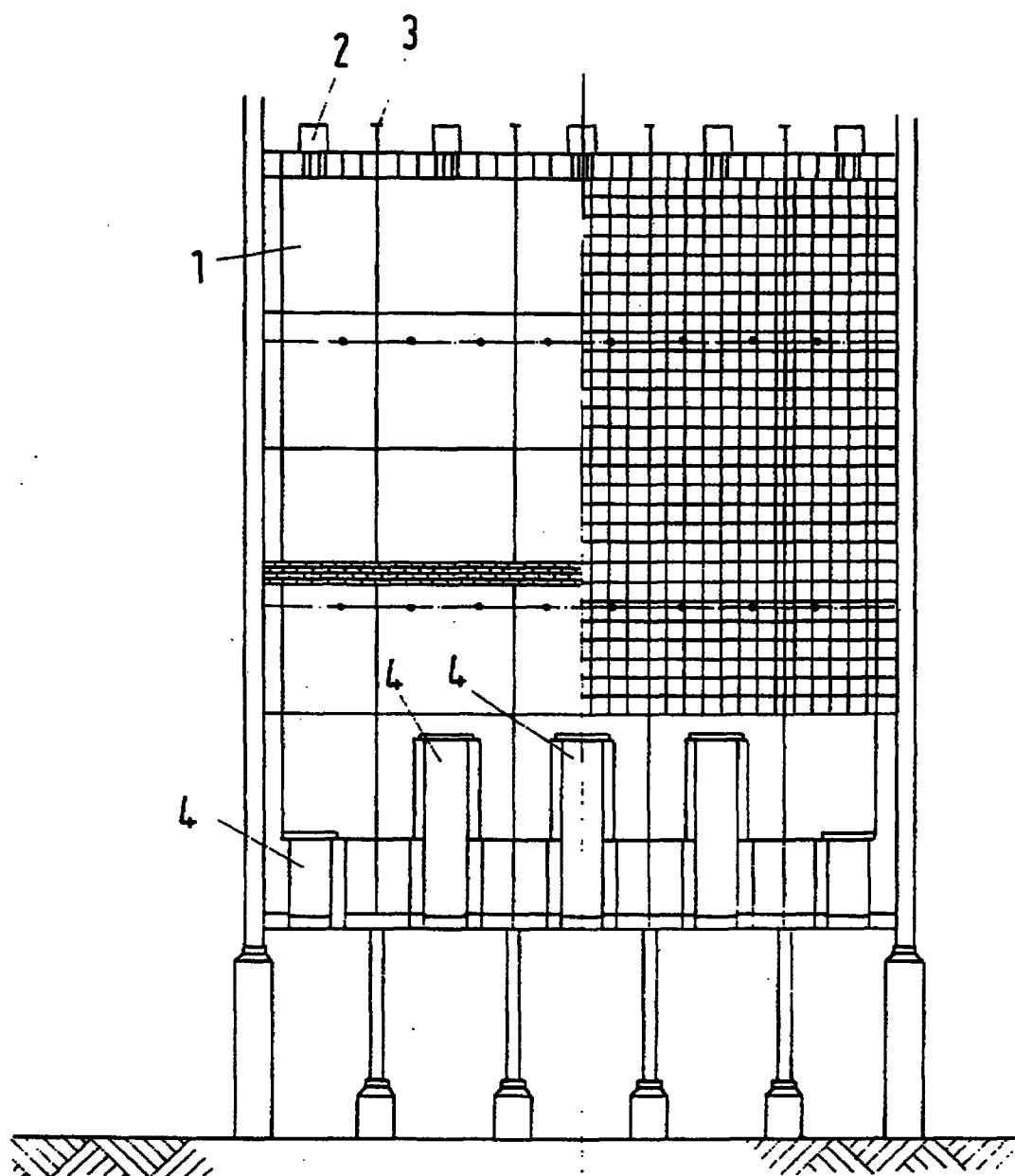
5/7

Fig. 6



6/7

Fig. 7



7/7

Fig. 8

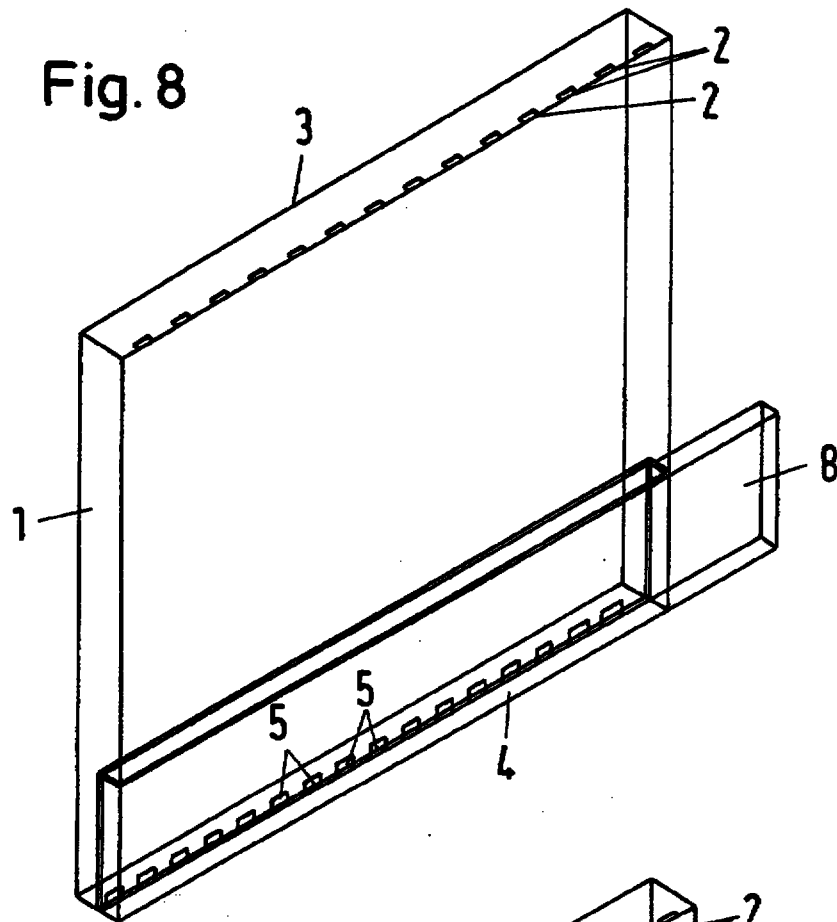
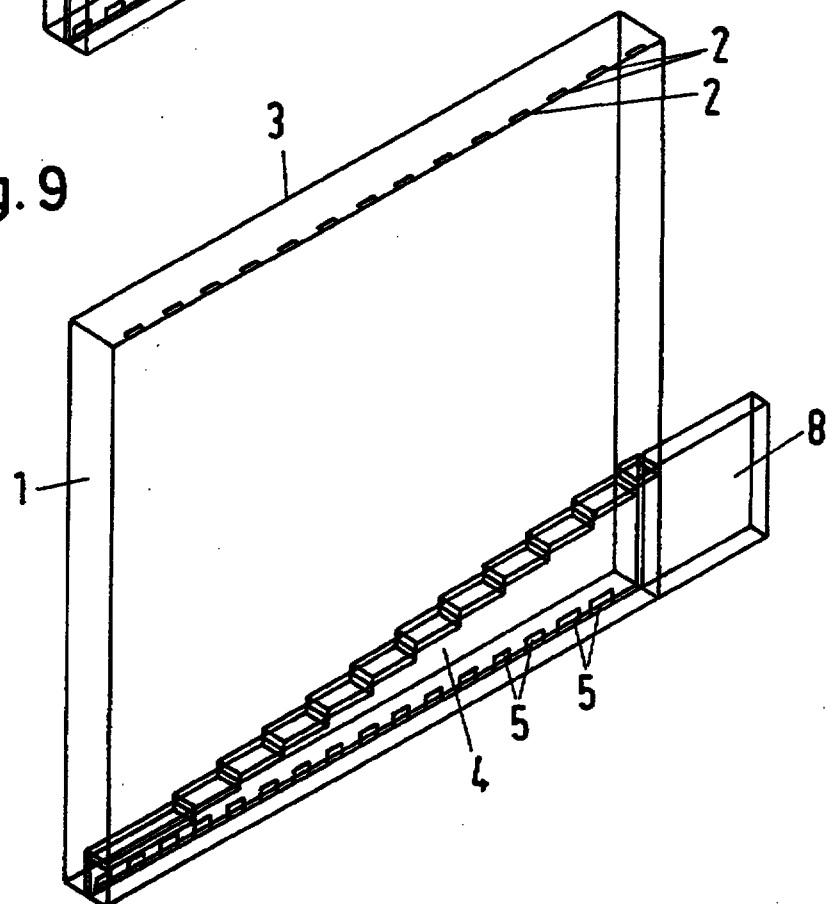


Fig. 9



ERSATZBLATT (REGEL 26)

Mannesmann Aktiengesellschaft
Mannesmannufer 2
40213 Düsseldorf

70 363

5 KTI Group B.V.
Bredewater 26
NL - 2700 AB Zoetermeer

"Anlage zur indirekten Übertragung von Wärme auf ein Prozeßmedium"

10

Die Erfindung betrifft eine Anlage zur indirekten Übertragung von Wärme auf ein Prozeßmedium, insbesondere zur Durchführung der Dampfreformierung von Kohlenwasserstoffen, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

15

Aus der DE-PS 919 657 ist eine Vorrichtung zur Umlenkung von Gasen bekannt, die durch lange Kanäle strömen. Diese Vorrichtung dient zur gleichmäßigen Verteilung auf Austrittsöffnungen in den Seitenwänden der Kanäle und besteht aus hakenförmig gebogenen Schaufeln, die quer zur Strömungsrichtung in den Kanal hineinragen.

20

Für die Dampfreformierung von Kohlenwasserstoffen werden vielfach Anlagen eingesetzt, die wie das in den Fig. 5 bis 7 in verschiedenen Ansichten und Teilschnitten dargestellte Beispiel ausgeführt sind. Die Anlage weist einen im wesentlichen quaderförmigen Heizraum 1 auf, der durch eine Vielzahl von Brennern 2 beheizbar ist, die zu Brennerreihen zusammengefaßt im Dach des Quaders angeordnet und mit ihrer Flammrichtung vertikal nach unten gerichtet sind. Zwischen den Brennerreihen sind jeweils in einer vertikalen Ebene Reihen von Wärmetauscherrohren 3 angeordnet, durch die das Prozeßmedium für die endotherme chemische Reaktion hindurchleitbar ist. Die Erwärmung des Prozeßmediums erfolgt überwiegend durch die in der Verbrennung erzeugte Strahlungswärme, teilweise aber auch durch Konvektion. Um die Verbrennungsgase aus dem Heizraum 1 abführen zu können, sind am Boden des Heizraums 1 parallel zu den Reihen der Wärmetauscherrohre 3 und den Brennerreihen 2 verlaufende, oben geschlossene Abgaskanäle 4 angeordnet. Diese Abgaskanäle 4 weisen eine im

35

wesentlichen rechteckige Querschnittsform auf. Sie sind aus einem feuerfesten Material (z.B. aus Feuerfeststeinen gemauert) hergestellt. Im unteren Teil der Seitenwände der Rauchgaskanäle 4 sind verteilt über deren axiale Länge zahlreiche Öffnungen 5 angeordnet, durch die das Abgas vom Heizraum 1 in das Innere der Abgaskanäle 4 gelangen kann. Es strömt dann durch die Abgaskanäle 4 seitlich aus dem Heizraum 1 heraus, gelangt in einen Sammelkanal 8, in dem alle Abgaskanäle 4 münden, und wird

Schottblech 6b verbunden sind. Dieses Schottblech 6b reicht bis zum Boden des Abgaskanals 4 hinunter. Auf diese Weise wird von vornherein eine Zwangsausrichtung der Abgasströmung erreicht, da das zwischen zwei unmittelbar benachbarten Schottblechen 6b einströmende Abgas von der Wandung des

5 Abgaskanals 4 und diesen beiden Schottblechen 6b vollständig eingeschlossen ist und nur durch die zwischen den beiden zugeordneten Leitblechen 6a der beiden Schottwände 6b befindliche axiale Öffnung abströmen kann, also zwangsläufig eine horizontale Strömung annehmen muß. Die Ausführungsform der Fig. 2 bringt gegenüber derjenigen der Fig. 1 jedoch keine nennenswerten Verbesserungen.

Durch die Erfindung wird das bisher bei einer Gestaltung des Abgaskanals 4 wie in Fig. 8 (oder des Abgaskanals 4a in Fig. 9) festgestellte ungleichmäßige Abströmen

15 des Abgases aus dem Inneren des Heizraums 1 beseitigt. Die auftretenden Druckverluste im Abgaskanal 4 bzw. 4a führten bei der bisherigen Gestaltung in dem Teil des Heizraums 1, der dem Sammelkanal 8 näher lag, zu einer deutlich stärkeren Abgasströmung. In den weiter entfernten Bereichen war die Abgasströmung merklich schwächer, so daß es zu den Ungleichmäßigkeiten in der Wärmeverteilung kam.

Wie wirksam die erfindungsgemäße Maßnahme des Einbaus von Strömungsleitkörpern in den Abgaskanal ist, zeigt sich an einer Analyse der Abgasströmung in Form eines Strömungsprofils, wie es in Fig. 3 dargestellt ist. In dieser Grafik sind (als Parameterwerte eingetragen) die vertikalen Komponenten der

25 Abgasströmungsgeschwindigkeit im unmittelbaren Nahbereich einer Wärmetauscherrohrreihe 3 in einem Querschnitt parallel zur Ebene der Wärmetauscherrohrreihe 3 dargestellt. Es sind die Linien gleicher Strömungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Ort L entlang der Länge L1 des Abgaskanals und von der Höhe H vom Boden des Heizraums (Gesamthöhe H1) eingetragen worden.

30

Die negativen Werte der Strömungsgeschwindigkeit zeigen, daß in der oberen Hälfte des Heizraums in unmittelbarer Nähe der Wärmetauscherrohre die Strömung des

35 Verbrennungsabgases von unten nach oben verläuft, da sich zwischen zwei



Patentansprüche

1. Anlage zur indirekten Übertragung von Wärme auf ein strömendes
5 Prozeßmedium, insbesondere zur Durchführung der Dampfreformierung von
Kohlenwasserstoffen, mit einem Heizraum (1), der von oben durch zu
mehreren Brennerreihen angeordneten Brennern (2) beheizbar ist und durch
den hindurch in vertikalen Längsebenen mehrere Reihen von
Wärmetauscherrohren (3) geführt sind, durch die das Prozeßmedium
10 hindurchleitbar ist, wobei die Verbrennungsabgase der Brenner (2) durch
parallel zueinander und zu den Reihen der Wärmetauscherrohre (3) auf den
Boden des Heizraums (1) angeordnete Abgaskanäle (4) seitlich aus dem
Heizraum (1) herausführbar sind und wobei die Abgaskanäle (4) aus
feuerfestem Material gebildet sind, einen im wesentlichen rechteckigen, in
15 axialer Richtung konstanten Querschnitt aufweisen und an ihren Längsseiten
im bodennahen Bereich mit über die gesamt axiale Länge verteilten Öffnungen
(5) für den Übertritt der Abgase aus dem Heizraum (1) in das Innere des
jeweiligen Abgaskanals (4) versehen sind,
dadurch gekennzeichnet,
20 daß zur Vergleichmäßigung der Strömungsverhältnisse des Abgases im
Bereich des unteren Teils der Reihen der Wärmetauscherrohre (3) im Inneren
der Abgaskanäle (4) in Axialrichtung der Abgaskanäle (4) verlaufende
Strömungsleitkörper angeordnet sind,
die abschnittsweise im wesentlichen horizontal verlaufende Leitbleche (6, 6a)
25 aufweisen und in einer treppenförmigen Konfiguration zueinander angeordnet
sind, wobei die Treppenform zum seitlichen Ausgang des Abgaskanals (4) hin
abwärts gerichtet ist.
2. Anlage nach Anspruch 1,
30 dadurch gekennzeichnet,
daß sich die einzelnen unmittelbar benachbarten Leitbleche (6, 6a) jeweils
teilweise überlappen.
3. Anlage nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
35 dadurch gekennzeichnet,



daß die Strömungskörper jeweils ein sich im wesentlichen quer zur Längsrichtung des Abgaskanals (4) vom Boden aus erstreckendes Schottblech (6b) aufweisen, das an der von der Seite des Rauchgasabzugs abgewandten Seite mit dem jeweiligen Leitblech (6a) verbunden ist.