

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
Situation steht man vor der Wahl, entweder alle Wärmetauscherrohre einschließlich
10 derjenigen, 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
10 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.

5 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
10 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
15 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
20 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.

30 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
35 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

5 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

10 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

15 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

20 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

25 dieser Grafik sind (als Parameterwerte eingetragen) die vertikalen Komponenten der Abgasströmungsgeschwindigkeit im unmittelbaren Nahbereich einer Wärmetauscherrohrreihe 3 in einem Querschnitt parallel zur Ebene der

30 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

35 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)
geführt sind, durch die das Prozeßmedium hindurchleitbar ist, wobei die
10 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 axialer Richtung konstanter Querschnitt
15 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,
daß zur Vergleichmäßigung der Strömungsverhältnisse des Abgases im
20 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

