

DEUTSCHES REICH



AUSGEGEBEN AM
12. MÄRZ 1941

2061

REICHSPATENTAMT
PATENTSCHRIFT

Nr 703561

KLASSE 12g GRUPPE I 02

K 151433 IVb/12g

* Willy Linder in Essen *

ist als Erfinder genannt worden.

Heinrich Koppers G. m. b. H. in Essen

Einrichtung und Verfahren zur Durchführung endothermer Gasreaktionen
bei hohen Temperaturen

Patentiert im Deutschen Reich vom 29. Juli 1938 an
Patenterteilung bekanntgemacht am 6. Februar 1941

Die Erfindung bezieht sich auf die Durchführung endothermer Gasreaktionen bei hohen Temperaturen, beispielsweise auf die Umsetzung von Methan oder methanhaltigen Gasen mit Wasserdampf in Kohlenoxyd und Wasserstoff oder ähnliche wärmebindende Vorgänge, wobei das Gas oder Gas-Dampf-Gemisch in regenerativen Gaserhitzern auf die Reaktionstemperatur erhitzt wird und das Gitterwerk der Gaserhitzer durch heiße Verbrennungsgase periodisch aufgeheizt wird.

Die Durchführung derartiger endothermer Gasreaktionen bei hohen Temperaturen wird dadurch erschwert, daß zum Aufheizen der Wärmespeicher, in welchen die zu behandelnden Gase auf die Reaktionstemperatur erhitzt werden, große Wärmemengen hoher Temperaturlage erforderlich sind, um den durch die endotherme Reaktion bedingten Wärmeverlust in der Hochtemperaturzone des Wärmespeichers zu decken. Infolgedessen werden

die Zonen niedrigerer Temperatur des Wärmespeichers von zu großen Gasmengen niedriger Temperaturlage durchströmt, deren fühlbare Wärme in dem Gitterwerk nicht ausgenutzt werden kann, so daß Abgase sehr hoher Temperatur entstehen. Der thermische Wirkungsgrad einer solchen Anlage ist wegen der hohen Abgastemperatur nur gering.

Um die im vorstehenden erörterten Schwierigkeiten bei der Durchführung endothermer Gasreaktionen auf hoher Temperaturstufe zu beseitigen, ist vorgeschlagen worden, aus dem Wärmespeicher, in dem die zu behandelnden Gase auf die Reaktionstemperatur erhitzt werden, aus einer Zone höherer Temperatur einen Teil der heißen Aufheizgase abzuziehen und die fühlbare Wärme dieses Teilstromes heißer Aufheizgase in besonderen Einrichtungen, beispielsweise Dampfkesseln, auszunutzen. Auf diese Weise kann man erreichen, daß die am kalten Ende der Wärmespeicher abziehenden Abgase eine vorteilhaft niedrige

Temperatur aufweisen. Indessen ist dieser Vorschlag nur anwendbar in solchen Fällen, in denen eine Verwertung der aus dem Teilstrom heißer Aufheizgase gewinnbaren Wärme zu anderen Zwecken möglich ist.

Es ist auch schon bekannt, ein System von drei Regeneratoren vorzusehen, wobei der mittlere Regenerator von den beiden angrenzenden Regeneratoren durch Verbrennungskammern getrennt ist, in denen die für die Aufheizung der beiden der Gasumsetzung dienenden Regeneratoren erforderliche Wärme durch Verbrennen von Gas erzeugt wird. Diese Einrichtung ist liegend angeordnet, so daß die Gase die Einrichtung in waagerechter Richtung durchströmen. Diese Art der Beaufschlagung der Regeneratoren hat den Nachteil, daß sich beim Aufheizen der Gase der Auftrieb der immer heißer werdenden Gasmassen derart auswirkt, daß die Gasmassen in der Hauptsache durch die oberen Lagen des Regeneratorgitterwerks strömen, so daß diesen Gitterwerkslagen mehr Wärme als den unteren Lagen entzogen wird. Es ist bei dieser Einrichtung also nicht möglich, alle Teile des Gases mit möglichst konstanter Geschwindigkeit auf die Reaktionstemperatur zu bringen, so daß das Zeitelement der Umsetzung für alle Gasteilchen gleich ist. Diese Erscheinung wirkt sich nachteilig auf den Ablauf der durchzuführenden Reaktionen aus, so daß beispielsweise bei der Umsetzung von Methan sich Kohlenstoff abscheidet, der der Umsetzung mit Wasserdampf entzogen wird.

Es ist weiterhin bekannt, ein System von zwei Regeneratoren mit dazwischengeschalteter Reaktionskammer, die mit Koks gefüllt ist, vorzusehen, wobei die Reaktionskammer von den angrenzenden Regeneratoren durch Verbrennungsräume getrennt ist. Bei dieser Einrichtung sind jedoch stets zwei von drei Wärmespeichern, wenn man die mit Koks gefüllte Reaktionskammer auch als Wärmespeicher betrachtet, falsch in dem Sinne beaufschlagt, daß die vorzuwärmenden Medien von oben nach unten und die wärmeabgebenden Medien von unten nach oben strömen.

Die vorliegende Erfindung löst die Aufgabe, eine Einrichtung für die Durchführung endothermer Gasreaktionen zu schaffen, bei der einmal die zu behandelnden Gase bzw. das Gas-Wasserdampf-Gemisch gleichmäßig auf den freien Querschnitt der Wärmespeicher verteilt werden und bei der außerdem der Grundregel der Beaufschlagung von Regeneratoren Rechnung getragen wird, wonach wärmeaufnehmende Gase den Regenerator von unten nach oben und wärmeabgebende Gase den Regenerator von oben nach unten

durchströmen, so daß die Strömung ausgeglichen ist. Die erfindungsgemäße Einrichtung besteht aus drei miteinander verbundenen Wärmespeichern (Regeneratoren), von denen jeweils einer zum Vorwärmen der Heizmittel dient, durch deren Verbrennung die beiden anderen Wärmespeicher aufgeheizt werden, während danach das zu behandelnde Gas in entgegengesetzter Richtung wie das Heizmittel durch die Wärmespeicher strömt.

Zur Lösung vorstehender Aufgabe werden die gemäß der Erfindung als Verbrennungskammern ausgebildeten Kuppeln zweier turmartiger Wärmespeicher miteinander durch einen dritten Wärmespeicher verbunden, der aus zwei senkrecht beaufschlagten Kammern besteht, die unten miteinander und oben mit je einer der beiden Kuppeln in Verbindung stehen. Die Höhe dieses mittleren, aus zwei Kammern bestehenden Wärmespeichers ist weiterhin wesentlich geringer als die der beiden angrenzenden Wärmespeicher. Durch diese Anordnung wird erreicht, daß die Strömungsrichtung stets in dreien der aus vier Kammern bestehenden Gasspeichergruppe der obengenannten Grundregel entspricht und nur in einer der kleineren mittleren Kammern entgegengesetzt ist. Nachteile sind jedoch hiermit nicht verknüpft, da die Höhe der mittleren Kammern vergleichsweise gering ist, so daß ins Gewicht fallende Druck- bzw. Zugverluste nicht auftreten können. Infolge dieser Anordnung ist der technische Wirkungsgrad der erfindungsgemäßen Einrichtung bedeutend höher als der der bekannten älteren Einrichtungen. Weiterhin erstreckt sich die Erfindung auf ein besonderes Verfahren zum Betrieb dieser Einrichtung. Nach der Erfindung werden nach dem Aufheizen der Wärmespeicher durch Verbrennen von Gas die zur Reaktion zu bringenden Gase zunächst im Gegenstrom zu den Aufheizgasen durch die beiden aufgeheizten Wärmespeicher und zwecks Speicherung der Wärme der heißen Reaktionsgase durch den dritten Wärmespeicher geleitet, worauf nach einer gewissen Zeit die Strömungsrichtung der zu behandelnden Gase umgekehrt wird, so daß die Reaktionsgase die Einrichtung im Gleichstrom mit den vor der Reaktion durchgeleiteten Aufheizgasen durchströmen, während in der darauffolgenden Aufheizperiode die Aufheizgase in der der ersten Aufheizperiode entgegengesetzten Richtung durch die Einrichtung geleitet werden. Durch geeignete Bemessung der Zeit, in welcher die zu behandelnden Gase in der einen oder der anderen Richtung durch die Einrichtung strömen, gelingt es, die gesamte Einrichtung in ein Wärmegleichgewicht zu bringen, so daß die von den Heizmitteln gelieferte

Wärme mit dem besten erreichbaren Wirkungsgrad für die durchzuführende Reaktion ausgenutzt wird.

Hierdurch wird erreicht, daß der thermische Wirkungsgrad der erfindungsgemäßen Einrichtung zur Durchführung endothermer Reaktionen bei hoher Temperatur so verbessert wird, daß er im wesentlichen dem normalen, lediglich dem Wärmeaustausch dienender regenerativer Wärmespeicher entspricht, was sich in entsprechend niedrigeren Abgastemperaturen auswirkt.

Auf der Zeichnung ist eine zur Durchführung der Erfindung geeignete Einrichtung in einem senkrechten Längsschnitt schematisch wiedergegeben. Die Einrichtung besteht aus den beiden Wärmespeichern 1 und 2, zwischen denen ein erfindungsgemäß in die Teile 3 und 4 unterteilter dritter Wärmespeicher angeordnet ist. Die Wärmespeicher können beispielsweise die bei Hochofenwind-erhitzern bewährte Bauart haben. Oberhalb des Gitterwerks in den Wärmespeichern sind Kuppelräume 5, 6, 7, 8 vorgesehen. Die Kuppelräume 5 und 6 und die Kuppelräume 7 und 8 stehen miteinander durch je einen horizontalen Kanal 9, 10 in Verbindung. Die Wärmespeicherhälften 3 und 4 sind miteinander durch einen Kanal 11 verbunden.

Die Kuppelräume 5 und 8 dienen als Verbrennungskammern. Seitlich in die Räume 5 und 8 mündet eine Reihe von Gasdüsen 12, die von einer Gasleitung 13 aus mit Brenngas, beispielsweise Koksogas, versorgt werden. Der Betrieb der Einrichtung gestaltet sich etwa folgendermaßen:

Es sei angenommen, daß der Wärmespeicher 1 zum Aufheizen der Heizmittel dient und in ihm in einer vorhergehenden Betriebsperiode Wärme aufgespeichert wurde. Die Ventile 14, 21 in dem Ventilgehäuse 15, das einerseits durch 16 mit dem Wärmespeicher und andererseits durch die Leitung 17 mit dem Kamin 18 verbunden ist, werden so eingestellt, daß die Verbindungsleitung 17 zum Fuchs 18 unterbrochen wird und Luft in das Gehäuse 15 einströmen kann. Die heiße Luft steigt in dem Wärmespeicher 1 hoch und erhitzt sich dabei auf eine gewünschte hohe Temperatur, beispielsweise 950 bis 1000°. In dem Kuppelraum 5 trifft die Luft mit Brenngas zusammen, welches durch die Düsen 12 eingeleitet wurde. Gas und Luft verbrennen und ziehen durch den Kanal 9 in den Kuppelraum 6 des mittleren Wärmespeichers 3, 4. Die heißen Abgase geben dort einen Teil ihrer Wärme an das Gitterwerk ab und gelangen schließlich aus dem Kuppelraum 7 der Speicherhälfte 4 durch die Leitung 10 in den Kuppelraum 8 des Wärmespeichers 2. In dem letzteren strömen

die heißen Aufheizgase abwärts, indem sie den Rest ihrer Wärme an das Gitterwerk im Speicher 2 abgeben. Vom Fuße des Wärmespeichers 2 gelangen die abgekühlten Aufheizgase dann durch das andere Ventilgehäuse 19 in den Kaminkanal 20.

Sobald die Temperatur in dem Wärmespeicher 1 so weit gesunken ist, daß die Verbrennungstemperatur im Kuppelraum 5 unter den gewünschten Wert sinkt, wird der Aufheizvorgang unterbrochen. Es werden darauf die Ventile 21, 31, welche an den Gehäusen 15 und 19 vorgesehen sind, geschlossen, wodurch die Verbindung der Regeneratoren 1 und 2 mit dem Kaminkanal und der Außenluft unterbrochen wird. Darauf wird am Wärmespeicher 2 das Ventil 23 geöffnet, welches die am Fuße des Wärmespeichers 2 einmündende Leitung 24 für das umzuwandelnde Gas bzw. Gas-Dampf-Gemisch beherrscht. Ferner geht vom Fuße des Wärmespeichers 2 eine Leitung 25 aus, die von einem Ventil 26 beherrscht wird. Die Leitung 25 dient zum Abziehen von umgesetztem Gas.

In entsprechender Weise ist der Wärmespeicher 1 mit dem Ventil 27 versehen, welches die Gaszuleitung 28 beherrscht, und mit dem Ventil 29, welches eine Ableitung 30 für umgesetztes Gas beherrscht.

Sobald das Ventil 23 am Wärmespeicher 2 geöffnet wird, wird auch das Ventil 29 am Wärmespeicher 1 geöffnet. In den Wärmespeicher 2 strömt dann das umzusetzende Gas oder Gas-Dampf-Gemisch ein. Es steigt im Wärmespeicher 2 aufwärts und erhitzt sich dabei an dessen Gitterwerk, tritt dann nacheinander in die Wärmespeicher 3 und 4 über, wo das Gas seine höchste Temperatur erreicht. Beispielsweise mag im Falle der Umsetzung von Methan mit Wasserdampf die Temperatur der aus dem Wärmespeicher 3 abziehenden Gase 1300° betragen. Bei dieser Temperatur hat sich das Methan praktisch vollständig mit Wasserdampf umgesetzt.

Die heißen Reaktionsgase ziehen dann im Wärmespeicher 1 abwärts und treten durch das geöffnete Ventil 29 in die Leitung 30 für umgewandeltes Reaktionsgas über.

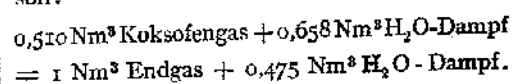
Um das Wärmegleichgewicht in der erfindungsgemäßen Einrichtung herzustellen, wird nun nach einer bestimmten Betriebsperiode die Gaszufuhr zu dem Wärmespeicher 2 durch Schließen des Ventils 23 unterbrochen. Gleichzeitig wird das Ventil 26 des Wärmespeichers 2 geöffnet und das Ventil 29 im Wärmespeicher 1 geschlossen. Hierauf wird das Ventil 27 am Wärmespeicher 1 geöffnet, so daß das umzuwandelnde Gas oder Gas-Dampf-Gemisch in den Wärmespeicher 1 eintritt und von dort die Einrichtung in einer

Richtung durchströmt, die der Richtung des Gases bzw. Gas-Dampf-Gemisches in der vorhergehenden Betriebsperiode entgegengesetzt ist. Das Gasen durch Einleiten von Gas oder Gas-Dampf-Gemisch in den Wärmespeicher 1 wird so lange fortgesetzt, bis die Temperatur in dem Wärmespeicher 4 unter die zulässige Reaktionstemperatur gesunken ist. Darauf wird die Zuführung von Gas oder Gas-Dampf-Gemisch durch Schließen des Ventils 27 unterbrochen. Ferner wird auch das Ventil 26 am Wärmespeicher 2 geschlossen, nachdem gegebenenfalls vorher das in dem System enthaltene wertvolle Gas durch Wasserdampf oder in sonst geeigneter Weise verdrängt worden ist. Übrigens kann man in gleicher Weise auch aus dem System die Rauchgase verdrängen, bevor wertvolles Gas oder Gas-Dampf-Gemisch einströmt. Nachdem die Ventile 23, 26, 27 und 29 geschlossen sind, kann das Wärmespeichersystem wieder aufgeheizt werden. Nach der

Erfindung wird jetzt Heizgas und Luft in dem Verbrennungsraum 8 des rechten Wärmespeichers 2 verbrannt, d. h. die Beheizungsrichtung ist jetzt umgekehrt zu der Beheizungsrichtung in der vorhergehenden Aufheizperiode.

Die beschriebene Arbeitsweise läßt sich beispielsweise durch folgende Zahlenangaben bei der Umsetzung von Koksofengas mit Wasserdampf verdeutlichen:

Es sei angenommen, daß folgende Reaktion in der Einrichtung durchgeführt werden soll:



Die in einzelnen Teilen der Wärmespeicheranlage abgegebenen und aufgenommenen Wärmemengen ergeben sich aus nachfolgender Tabelle, deren Zahlenangaben kcal je Nm³ Endgas bedeuten:

Abhitze	Wärmespeicher 1	Gas	Wärmespeicher 3, 4	Gas	Wärmespeicher 2	Abhitze
Aufheizen	- 1060	+ 630	+ 542		+ 870	278
(630 kcal ist die chemisch gebundene Wärme des eingeführten Heizgases, 278 kcal die fühlbare Wärme der austretenden Rauchgase)						
Gasen 24	+ 218		- 185		- 150	
(24 kcal ist die fühlbare Wärme des austretenden Reaktionsgasgemisches)						
Gasen	- 290		- 357		+ 412	58
(58 kcal ist die fühlbare Wärme des austretenden Reaktionsgasgemisches)						
Gesamtvorgang	± 0		± 0		+ 1132	
Aufheizen 278	+ 870		+ 542	+ 630	- 1060	
Gasen	- 150		- 185		+ 218	24
Gasen 58	+ 412		- 357		- 290	
Gesamtvorgang	+ 1132		± 0		± 0	

Wärmeverbrauch beim Heizen $1060 + 630 = 1690 = 542 + 870 + 278 \text{ kcal/Nm}^3 \text{ Endgas}$

Wärmebilanz $42 + 630 = 312 + 278 + 24 + 58 = 672 \text{ kcal}$

(42 kcal ist die fühlbare Wärme des eintretenden Gas-Wasserdampf-Gemisches, 312 kcal ist die Reaktionswärme).

Die Strahlungsverluste sind wegen ihrer Geringfügigkeit vorstehend nicht berücksichtigt.

Aus der vorstehenden Tabelle und der Wärmebilanz ist ersichtlich, daß man durch geeignete Bemessung der Dauer der beiden

Gasperioden die in das System durch Verbrennen von Heizgas und Luft eingeführte Wärme weitgehend entsprechend dem Wirkungsgrad als Regenerativprinzip ausnutzen kann. Namentlich bleiben die Abhitzetemperaturen dauernd unter beispielsweise 300°, woraus die günstige Arbeitsweise der Anlage ohne weiteres erfolgt.

Im vorstehenden ist die Erfindung in Verbindung mit einer Anlage beschrieben, bei welcher zur Aufheizung der Wärmespeicher Koksofengas dient. Statt dessen ist es auch möglich, ein weniger heizkräftiges Gas, beispielsweise Generatorgas, zu verwenden. In diesem Falle werden besondere Wärmespeicher für die Vorwärmung des weniger heizkräftigen Brenngases vorgesehen. Man kann auch die Wärmespeicher 1, 2 durch geeignete Zwischenwände in zwei Räume zur getrennten Vorwärmung von Gas und Luft unterteilen, wobei die Ein- und Ausströmventile an den Wärmespeichern entsprechend zu ergänzen sind.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Einrichtung zur Durchführung endothermer Gasreaktionen bei hoher Temperatur, bei welcher drei miteinander verbundene Wärmespeicher (Regeneratoren) vorgesehen sind, von denen jeweils der eine zum Vorwärmen der Heizmittel dient,

durch deren Verbrennung die beiden anderen Wärmespeicher aufgeheizt werden und bei der das zu behandelnde Gas zunächst in entgegengesetzter Richtung zum Heizmittel durch die Wärmespeicher strömt, dadurch gekennzeichnet, daß die als Verbrennungskammern ausgebildeten Kuppeln zweier turmartiger Wärmespeicher miteinander durch einen Wärmespeicher verbunden sind, der aus zwei senkrecht beaufschlagten Kammern besteht, die unten miteinander und oben mit je einer der beiden Kuppeln in Verbindung stehen und deren Höhe wesentlich geringer als diejenige der beiden anderen Wärmespeicher ist.

2. Verfahren zum Betriebe der Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Aufheizen der Wärmespeicher das zu behandelnde Gas oder Gas-Dampf-Gemisch zunächst im Gegenstrom zu den Aufheizgasen zwecks Reaktion durch die beiden aufgeheizten Wärmespeicher und zwecks Speicherung der Wärme der heißen Reaktionsgase durch den dritten Wärmespeicher und danach in umgekehrter Richtung im Gleichstrom mit den Aufheizgasen durch die Einrichtung geleitet wird, und daß für jede Aufheizperiode die Strömungsrichtung der Aufheizgase gewechselt wird.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

Zu der Patentschrift 703 561
Kl. 12 g Gr. 1 a

Zu der Patentschrift 703 561
Kl. 12 g Gr. 1 a

