



Ausschliessungspatent

Erteilt gemäÙ § 5 Absatz 1 des Aenderungsgesetzes zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

2006 772

Int.Cl.³

3(51) C 10 G 9/20

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP C 10 G/ 2315 300
(31) 166,880

(22) 07.07.80
(32) 08.07.80

(44) 01.06.83
(33) US

(71) siehe (73)

(72) PARIZOT, WILLIAM D.; O'LENICK, PAUL D.; FRALEY, LOWELL D.; US;

(73) THE M.W. KELLOGG COMPANY, HOUSTON, US

(74) INTERNATIONALES PATENTBUERO BERLIN, 1020 BERLIN, WALLSTR. 23/24

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ERHITZEN VON KOHLENWASSERSTOFFEN
IN ROEHRENOEFEN

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erhitzen von Kohlenwasserstoffen in Röhrenöfen und die zur Durchführung des Verfahrens erforderliche Vorrichtung. Die Erfindung wird in der Erdöl- und in der chemischen Industrie angewendet. Ziel ist es, den Ofenwirkungsgrad zu verbessern und die Lebensdauer der Röhren zu erhöhen sowie Koksablagerungen zu vermeiden. Die Aufgabe besteht darin, ein Verfahren zu schaffen, das unter Beibehaltung der hohen thermischen Leistungsfähigkeit des Ofens eine Steuerung des Temperaturprofils der Röhrenwand ermöglicht. Als Lösung wird vorgeschlagen, daß durch indirekten Wärmeaustausch mit einem Heizgas in der Wärmestrahlungskammer einer Heizvorrichtung, die aus einer Vielzahl von geraden, vertikalen, röhrenförmigen Wärmeaustauschvorrichtungen besteht, die in einem einfachen Strömungs-Wärmeaustausch mit dem Heizgas stehen, die Kohlenwasserstoffe erhitzt werden. Das Heizgas, das über die unteren Teile der röhrenförmigen Wärmeaustauscher strömt, befindet sich in einem vorwiegend rückvermischten Strömungszustand und das über die oberen Teile strömende in einem vorwiegend idealen Strömungszustand.



Ausschliessungspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

2006 772

Int.Cl.³

3(51) C 10 G 9/20

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP C 10 G/ 2315 300
(31) 166,880

(22) 07.07.80
(32) 08.07.80

(44) 01.06.83
(33) US

- (71) siehe (73)
(72) PARIZOT, WILLIAM D.; O'LENICK, PAUL D.; FRALEY, LOWELL D.; US;
(73) THE M.W. KELLOGG COMPANY, HOUSTON, US
(74) INTERNATIONALES PATENTBUERO BERLIN, 1020 BERLIN, WALLSTR. 23/24

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ERHITZEN VON KOHLENWASSERSTOFFEN IN ROEHRENOEFEN

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erhitzen von Kohlenwasserstoffen in Röhrenöfen und die zur Durchführung des Verfahrens erforderliche Vorrichtung. Die Erfindung wird in der Erdöl- und in der chemischen Industrie angewendet. Ziel ist es, den Ofenwirkungsgrad zu verbessern und die Lebensdauer der Röhren zu erhöhen sowie Koksablagerungen zu vermeiden. Die Aufgabe besteht darin, ein Verfahren zu schaffen, das unter Beibehaltung der hohen thermischen Leistungsfähigkeit des Ofens eine Steuerung des Temperaturprofils der Röhrenwand ermöglicht. Als Lösung wird vorgeschlagen, daß durch indirekten Wärmeaustausch mit einem Heizgas in der Wärmestrahlungskammer einer Heizvorrichtung, die aus einer Vielzahl von geraden, vertikalen, röhrenförmigen Wärmeaustauschvorrichtungen besteht, die in einem einfachen Strömungs-Wärmeaustausch mit dem Heizgas stehen, die Kohlenwasserstoffe erhitzt werden. Das Heizgas, das über die unteren Teile der röhrenförmigen Wärmeaustauscher strömt, befindet sich in einem vorwiegend rückvermischten Strömungszustand und das über die oberen Teile strömende in einem vorwiegend idealen Strömungszustand

Zur PS Nr. 8.000.677.....

ist eine Zweitschrift erschienen

(Korrigiert gemäß § 23 Abs. 2 Anordn.ü.d. Verfahren v.d. Patentamt)

231530 0

- 1 -

Berlin, den 2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

Verfahren und Vorrichtung zum Erhitzen von Kohlenwasserstoffen in Röhrenöfen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft Verfahren zum Erhitzen von Kohlenwasserstoffen in Röhrenöfen, in denen das Heizgas aufwärts durch die Wärmestrahlungskammer der Heizvorrichtung oder des Ofens geleitet wird, und die zur Durchführung des Verfahrens erforderliche Vorrichtung.

Die Erfindung wird in der Erdöl- und chemischen Industrie angewendet.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Befeuerte, vertikale Röhrenöfen sind gut bekannt und werden zum Erhitzen von Kohlenwasserstoff-Ausgangsmaterialien in einer Vielzahl von Verfahren verwendet, wie z. B. bei der Destillation, thermischem Cracken, visbreaking, und, was insbesondere hier interessant ist, beim Dampfcracken und Dampfreformieren.

Die Ausgestaltung der Heizvorrichtung wird durch das Ziel des speziellen Verfahrens bestimmt, und durch das allgemeine Ziel eines hohen Wirkungsgrades des Ofens, d. h. Menge an durch das Verfahrensmedium (process fluid) absorbierter Wärme dividiert durch den Heizwert des eingesetzten

231530 0

-2-

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

Heizmaterials. Für eine allgemeine Erörterung der Ausgestaltung von Prozeßöfen, vgl. Perry und Chilton, "Chemical Engineers Handbook", 5. Auflage, McGraw-Hill Book Company, Seiten 9 bis 34 bzw. 9 bis 38.

Im allgemeinen erfordert ein spezieller Prozeß eine spezifische Temperatur des Verfahrensmediums am Auslaß des Röhrenofens und ein definiertes Temperaturprofil des Mediums entlang der Länge des Rohrs. Dampfreformierungs- und Dampfcrack-Öfen sind dafür typisch.

Zum Beispiel wird in einem Dampfcrack-Ofen, der eine doppelbefeuerte, einreihige, vertikale, gewundene Röhrenschlange in einer konventionellen Wärmestrahlungskammer verwendet, ein sehr hoher, gleichmäßiger Wärmefluß vom Verbrennungsgas zum Verfahrensmedium verwendet, um das Medium rasch auf eine Cracktemperatur im Bereich von ca. 815 °C bis ca. 925 °C zu bringen. Der hohe, gleichmäßige Wärmefluß wird normalerweise durch Anwendung von Bedingungen, in denen das Heizgas innerhalb der Wärmestrahlungskammer rückvermischt (back-mixed) ist, erreicht, d. h. in Annäherung an einen gut gerührten Reaktor. Der rückvermischte Zustand des Heizgases wird durch eine turbulente Wärmeeingabe aus einer Vielzahl von Brennern, die in der Um-mantelung der Wärmestrahlungskammer angebracht sind, erreicht. Um dies zu erreichen, verwendet eine konventionelle Anordnung Seitenwandbrenner, gegebenenfalls in Kombination mit Bodenbrennern, in einer schachtelartigen Wärmestrahlungskammer, wobei das Heizgas aufwärts durch die Wärmestrahlungskammer in einen Konvektionsabschnitt strömt.

Bedauerlicherweise verstärkt ein hoher Wärmefluß durch die Wärmestrahlungskammer die bekannte Tendenz von Dampfcrack-

231530 0

-3-

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

Ausgangsmaterialien, Koks in der Röhrenschlange abzusetzen, insbesondere in Nachbarschaft zum Auslaß der Röhrenschlange, wo das Verfahrensmedium die Grenze der Konvertierung erreicht und eine geringe verbleibende Kapazität zur Aufnahme von Wärme besitzt. In dieser Zone verursacht ein hoher Wärmefluß übermäßig hohe Temperaturen der Röhrenwand, die zu einer Beschädigung der Röhre und beschleunigter Koksablagerung führen. Darüber hinaus hat eine geringe Nutzung von verfügbarer Wärme einen entsprechend geringen Ofenwirkungsgrad zur Folge.

Analoge Probleme treten bei anderen Anlagen, in denen Kohlenwasserstoffe auf hohe Temperaturen erhitzt werden, auf. Zum Beispiel führt in Dampfreformierungs-Öfen eine Röhrenüberhitzung durch Anwendung eines hohen Wärmestroms in der Wärmestrahlungskammer zu einer Schädigung des Katalysators, was zu einer geringen Konvertierung des Ausgangsmaterials und schließlich zu einer Schädigung des Rohrs führt.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, den Wirkungsgrad des Ofens zu verbessern und die Lebensdauer der Röhren zu erhöhen sowie beschleunigte Koksablagerungen zu vermeiden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Erhitzen von Kohlenwasserstoffen in Röhrenöfen mit durch indirekten Wärmeaustausch mit einem Heizgas in einer befeuerten, röhrenförmigen Heizvorrichtung, die eine Wärme-

231530 0

-4-

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

strahlungskammer und eine Vielzahl von darin angeordneten, geraden, vertikalen, röhrenförmigen Wärmeaustauschvorrichtungen besitzt, wobei jede der Vorrichtungen in einem einfachen Strömungs-Wärmeaustausch mit dem Heizgas steht, zu schaffen, das unter Beibehaltung der hohen thermischen Leistungsfähigkeit des Ofens eine Steuerung des Temperaturprofils der Röhrenwand ermöglicht. Ferner ist es Aufgabe der Erfindung, die zur Durchführung des Verfahrens erforderliche Vorrichtung zu schaffen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß das Heizgas über die unteren Teile der röhrenförmigen Wärmeaustauschvorrichtungen innerhalb der Wärmestrahlungskammer vorwiegend in einem rückvermischten (back-mixed) Strömungszustand fließt, und dann über die oberen Teile der röhrenförmigen Wärmeaustauschvorrichtungen innerhalb der Wärmestrahlungskammer in einem vorwiegend idealen Strömungszustand fließt.

Die röhrenförmigen Wärmeaustauschvorrichtungen sind einzelne Röhren mit Einlaßvorrichtungen an ihren unteren Enden und Auslaßvorrichtungen an ihren oberen Enden, wobei der Kohlenwasserstoff aufwärts durch die Röhren geführt wird.

Die röhrenförmigen Wärmeaustauscher können auch als bajonettartige Austauscher ausgebildet sein, die Ein- und Auslaßvorrichtungen an ihren unteren Enden, ein äußeres Rohr und mindestens ein inneres Rohr besitzen, wobei der Kohlenwasserstoff zwischen den inneren und äußeren Röhren in indirektem Wärmeaustausch mit dem Heizgas aufwärts und dann abwärts durch ein inneres Rohr strömt.

231530 0

-5-

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

Das Heizgas wird in dem unteren Teil der Wärmestrahlungskammer in benachbarten Brennern erzeugt.

Das Heizgas, das über die unteren Teile der Röhren strömt, besitzt eine im wesentlichen gleichmäßige Temperatur. Bei dem bajonettartigen Wärmeaustauschern enthält mindestens das äußere Rohr einen Dampfreformierungs-Katalysator, und der Kohlenwasserstoff wird mit Dampf zu Wasserstoff enthaltenden Spaltgasen reformiert.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch zur Dampfpyrolyse von Kohlenwasserstoffen zu niederen Olefinen eingesetzt werden.

Bei der zur Durchführung des Verfahrens erforderlichen Vorrichtung besteht die röhrenförmige Heizvorrichtung aus

- a) einer Wärmestrahlungskammer zum Durchfluß von Heizgas mit einem Boden, gegenüberliegenden vertikalen, an den Boden angrenzenden Grenzwänden, gegenüberliegenden vertikalen, an den Boden und die Grenzwände angrenzenden unteren Seitenwänden, gegenüberliegenden, an die Grenzwände und die unteren Seitenwände angrenzenden zwischenliegenden Seitenwänden, wobei die zwischenliegenden Seitenwände von den unteren Seitenwänden schräg nach innen gerichtet sind, und einer Heizgas-Auslaßvorrichtung, die an die Grenzwände und die zwischenliegenden Seitenwände angrenzt, und wobei die Grenzwände, die unteren Seitenwände, die zwischenliegenden Seitenwände und die Heizgas-Auslaßvorrichtung keine Brenner besitzen;
- b) einer Vielzahl von geraden, vertikalen, röhrenförmigen

231530 0

-6-

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

Wärmeaustauschervorrichtungen, die in einem einfachen Strömungs-Wärmeaustausch mit dem Heizgas stehen und die innerhalb der Wärmestrahlungskammer zentrisch und parallel zu den unteren Seitenwänden angeordnet sind und sich durch die Wärmestrahlungskammer erstrecken und mit ihren oberen Enden die benachbarte Heizgas-Auslaßvorrichtung begrenzen; und

- c) einer Vielzahl von dem Boden benachbarten Brennern, die so angeordnet sind, daß sie das Heizgas aufwärts in die Wärmestrahlungskammer führen.

Gemäß einer weiteren Variante, insbesondere zur Dampfpyrolyse von Kohlenwasserstoffen, besteht die rohrförmige Heizvorrichtung aus

- a) einer Wärmestrahlungskammer zum Durchfluß von Heizgas mit einem Boden, gegenüberliegenden vertikalen, an den Boden angrenzenden Grenzwänden, gegenüberliegenden, vertikalen, an den Boden und die Grenzwände angrenzenden unteren Seitenwänden, gegenüberliegenden, an die Grenzwände und die unteren Seitenwände angrenzenden zwischenliegenden Seitenwänden, wobei die zwischenliegenden Seitenwände von den unteren Seitenwänden schräg nach innen gerichtet sind, und einer Heizgas-Auslaßvorrichtung, die an die Grenzwände und die zwischenliegenden Seitenwände angrenzt, und wobei die Grenzwände, die unteren Seitenwände, die zwischenliegenden Seitenwände und die Heizgas-Auslaßvorrichtung keine Brenner besitzen.
- b) einer Vielzahl von geraden, vertikalen, einfach durchströmten Röhren, die innerhalb der Wärmestrahlungskammer

231530 0

-7-

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

zentrisch und parallel zu den unteren Seitenwänden angeordnet sind und sich durch die Wärmestrahlungskammer erstrecken, wobei jede der Röhren eine dem Boden benachbarte Einlaßvorrichtung für das Verfahrensmedium (fluid inlet) und eine der Heizgas-Auslaßvorrichtung benachbarte Auslaßvorrichtung (fluid outlet) besitzt; und

- c) einer Vielzahl von dem Boden benachbarten Brennern, die so angeordnet sind, daß sie das Heizgas aufwärts in die Wärmestrahlungskammer leiten.

Bei diesen beiden Varianten der erfindungsgemäßen Vorrichtung besitzen die unteren Seitenwände eine Länge L und eine Höhe H und stehen voneinander im Abstand W, und das Verhältnis von L, H und W wird definiert durch die Beziehung

$$\frac{H}{2} \left(\frac{1}{W} + \frac{1}{L} \right) \leq 2,5$$

Es ist auch möglich, daß die Heizgas-Auslaßvorrichtung von vertikal sich erstreckenden Grenzwänden, einer oberen Seitenwand, die an die sich vertikal erstreckenden Grenzwände und eine der zwischenliegenden Seitenwände angrenzt, und einem im wesentlichen horizontalen Dach, das an die sich vertikal erstreckenden Grenzwände und die obere Seitenwand angrenzt, begrenzt wird.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel

231530 0

-8-

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

näher erläutert werden. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

Fig. 1: einen Querschnitt einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, die einfach durchströmte vertikale Röhren in Kombination mit einer Brenneranordnung und einer Geometrie der Wärmestrahlungskammer verwendet, die zu rückvermischten (back-mixed) Strömungszuständen des Gases im unteren Teil der Wärmestrahlungskammer führen, und zu idealen (plug-flow) Strömungszuständen im oberen Teil davon;

Fig. 2: eine Seitenansicht der Fig. 1, wobei insbesondere die einfach durchströmten, vertikalen Röhren gezeigt werden;

Fig. 3: eine Darstellung gemäß der Fig. 1, mit der Ausnahme, daß der obere Teil der Wärmestrahlungskammer zwei parallele, gegenüberliegende obere Seitenwände besitzt;

Fig. 4: einen Querschnitt durch eine andere erfindungsgemäße Vorrichtung, in der bajonettartige röhrenförmige Wärmeaustauscher verwendet werden, d. h. zwei konzentrische Röhren, die mit dem Heizgas nur im einfachen Strömungs-Wärmeaustausch stehen, aber in zweifachem an der Seite des Verfahrensmediums.

Wie in den Fig. 1 und 3 führt die Brenneranordnung und die räumliche Anordnung der Wärmestrahlungskammer zu vorwiegend rückvermischten Strömungszuständen des Gases im unteren Teil

231530 0

-9-

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

der Wärmestrahlungskammer, und zu vorwiegend idealen Strömungszuständen im oberen Teil davon.

In Fig. 1 wird eine befeuerte, röhrenförmige Heizvorrichtung gezeigt, die insbesondere zur Dampfpyrolyse von Kohlenwasserstoffen einschließlich Äthan, Propan, Naphthan und leichten bis schweren Gasölen unter Bildung niedriger Olefine und Nebenprodukten geeignet ist. Die Wärmestrahlungskammer (radiant chamber) 201 wird aus einem horizontalen Boden 202, gegenüberliegenden vertikalen Grenzwänden 203 (siehe Fig. 2), die an den Boden angrenzen, gegenüberliegenden vertikalen unteren Seitenwänden 204, die an den Boden 202 und die Grenzwände 203 angrenzen, gegenüberliegenden Seitenwänden 205, die an die Grenzwände 203 und die unteren Seitenwände 204 angrenzen und die unter einem Winkel θ von ca. 10 bis ca. 30°, vorzugsweise von ca. 10 bis ca. 20°, von einer durch Verlängerung der unteren Seitenwände nach oben gebildeten Ebene nach innen gerichtet sind, gebildet. Der obere Teil der Wärmestrahlungskammer hat eine Heizgas-Auslaßvorrichtung 206, die an die Grenzwände 203 und die zwischenliegenden Seitenwände 205 angrenzt. In Fig. 1 wird die Heizgas-Auslaßvorrichtung 206 durch eine Verlängerung der Seitenwände 203, einer einzelnen oberen Seitenwand 207 und dem Dach 209 gebildet. Die Heizgas-Auslaßvorrichtung 206 ist ein Durchlaß, der so konstruiert ist, daß das Heizgas über Konvektionsspiralen 210 geleitet wird, die sich in der Konvektionskammer 211 befinden, wo relativ wenig Wärme aus dem Abgas zurückgewonnen wird. In Fig. 1 ist dieser Durchlaß eine Öffnung mit rechteckigem Querschnitt.

Die Wärmestrahlungskammer 201 umfaßt eine Vielzahl von geraden, vertikalen, röhrenförmigen Wärmeaustauschern 212, die

231530 0

-10-

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

zentral innerhalb der Wärmestrahlungskammer 201 parallel zu den unteren Seitenwänden 204 angeordnet sind, sich durch den Boden 202 und das Dach 209 erstrecken, und an ihrem oberen Ende den benachbarten Heizgas-Auslaß 206 begrenzen. In Fig. 1 sind die röhrenförmigen Wärmeaustauscher einzelne Rohre mit einer einfachen Durchströmung auf der Seite des Verfahrensmediums (process fluid) und auf der Seite des Heizgases. Bei der Anwendung zur Dampfpyrolyse besitzen diese Rohre vorzugsweise einen Innendurchmesser von ca. 1,8 bis ca. 5,1 cm, was geeignet ist für hochgradiges Cracken (high severity cracking) bei sehr kurzen Verweilzeiten. Unabhängig von der Anwendung wird das Kohlenwasserstoff-Ausgangsmaterial in die unteren, dem Boden 202 benachbarten Teile der Rohre durch Einlaßröhren 213 eingebracht, die ihrerseits von der Einlaß-Sammelleitung 214 über Einlaßanschlüsse (nicht gezeigt) gespeist werden. Abhängig von der besonderen Anwendung können die Einlaßrohre 213 und die Einlaß-Sammelleitung 214 innerhalb der Wärmestrahlungskammer 201 liegen. Das Verfahrensmedium (process fluid) wird während seines Aufwärtsströmens durch die Röhren erhitzt und an ihren oberen Enden durch dem Heizgasauslaß 206 benachbarte Röhrenauslässe 215 abgeführt. In vielen Anwendungen wird das erhitzte Verfahrensmedium in einer Auslaß-Sammelleitung, ähnlich der Einlaß-Sammelleitung 214, gesammelt. Bei der Dampfpyrolyse sind die Röhrenauslässe 215 eng verbunden mit Crackgas-Kühlvorrichtungen auf Basis direkter oder indirekter Kühlung. Vorzugsweise führen ein bis vier Röhrenauslässe in eine einzige Kühlvorrichtung (quench exchanger). Ohne sich aus dem Rahmen der Erfindung zu entfernen, können die Wärmeaustauscher 212 innerhalb der Wärmestrahlungskammer 201 verzweigt sein. Zum Beispiel können zwei Röhren im ersten

231530 0

-11-

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

Drittel der Höhe der Wärmestrahlungskammer verbunden sein, und im zweiten Drittel der Höhe der Wärmestrahlungskammer dann mit einem anderen Röhrenpaar, wodurch sich für jeweils vier Röhreneinlässe ein Röhrenauslaß ergibt.

Der Erhitzer ist so ausgestaltet, daß heißes Heizgas, das den unteren Teilen der röhrenförmigen Wärmeaustauscher 212 benachbart ist und über diese strömt, in einem vorwiegend rückvermischten (back-mixed) Strömungszustand 217 und auf einer im wesentlichen gleichmäßigen Temperatur ist. Wenn das Heizgas durch die Wärmestrahlungskammer aufwärts strömt, kanalisieren die zwischenliegenden Seitenwände 205 das Gas in einen vorwiegend idealen (plug-flow) Strömungszustand 218, wenn es den oberen Teilen der röhrenförmigen Wärmeaustauscher 212 benachbart ist und über diese strömt, und das Heizgas verliert an Temperatur, wenn es nach oben strömt.

Vorzugsweise werden die räumlichen Abmessungen der Wärmestrahlungskammer so gewählt, daß

$$\frac{H}{2} \left(\frac{1}{W} + \frac{1}{L} \right) \leq 2,5 \quad ,$$

worin L die Länge der unteren Seitenwände zwischen den Begrenzungswänden ist (siehe Fig. 2), H die Höhe der unteren Seitenwände ist und W die Breite der Wärmestrahlungskammer zwischen den unteren Seitenwänden. Die Größenbegrenzungen von W und L im vorstehenden Verhältnis bewirken eine Gleichmäßigkeit in den rückvermischten (back-mixed) Strömungszuständen des Gases im unteren Teil der Wärmestrahlungskammer

231530 0

-12-

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

und vermeiden dadurch einen unausgeglichene Wärme flu ß in dieser Zone.

Ein Brennstoff/Luft-Gemisch wird in eine Vielzahl von Brennern 216 eingespeist, die sich im unteren Teil der Wärmestrahlungskammer und benachbart zum Boden 202 befinden, und die so angeordnet sind, daß sie das Heizgas von dort aufwärts in indirektem Wärmeaustausch mit den röhrenförmigen Wärmeaustauschern 212 und dem darin befindlichen Verfahrensmedium in die Kammer einleiten. Vorzugsweise sind in den Grenzwänden 203, den unteren Seitenwänden 204, den zwischenliegenden Seitenwänden 205 und dem Heizgas-Auslaß 206 keine Brenner angebracht, da ein großer Teil des Heizgases, das in die Wärmestrahlungskammer an anderen Stellen als benachbart zum Boden eingeführt wird, dazu tendiert, sich über die Zone der rückvermischten Gasströmung aufwärts in die Zone der gewünschten idealen Strömungszustände auszudehnen. Trotz dieser bevorzugten Maßnahme können kleine Wandbrenner im oberen Teil der Wärmestrahlungskammer unter der Voraussetzung verwendet werden, daß ihr Heizgas-Abfluß den idealen Strömungszustand des Heizgases im oberen Teil nicht nennenswert zerstört.

Bei der Anwendung der Heizvorrichtung von Fig. 1 als Dampfcrack-Ofen zur selektiven Herstellung von Äthylen aus Kohlenwasserstoffen ergibt die rückvermischte Strömung der heißen Heizgase in den unteren Teilen der Röhren 212, die relativ kühles Verfahrensmedium enthalten, ein gleichmäßiges Strahlungsmuster und einen hohen Wärme flu ß von ca. 6800 bis ca. 16000 Kalorien/Stunde/cm². Diese Bedingungen sind erwünscht, um dem Wärmeabsorptionsbedarf von hochgradigem

231530 0

-13-

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

Cracken (high severity cracking) bei kurzer Verweilzeit gerecht zu werden.

Wie bereits erwähnt, führt die Verwendung von hohem Wärme-
fluß, wenn das Verfahrensmedium die Konvertierungsgrenzen
erreicht, zu einer Überhitzung des Rohrs und Ablagerung
von Koks in den Crackrohren. Dieses Problem wird erfindungs-
gemäß im wesentlichen dadurch überwunden, daß die oberen Teil-
le der Röhren, die relativ heißes Verfahrensmedium enthalten,
einem geringeren Wärme fluß im Bereich von ca. 1300 bis ca.
4100 Kalorien/Stunde/cm² unterworfen werden. Der geringere
Wärme fluß wird durch Anwendung von überwiegend idealen
(plug-flow) Strömungszuständen des Heizgases im oberen
Teil der Wärmestrahlungskammer erreicht. Da die Verbrennung
des Heizmaterials im wesentlichen vollständig ist, wenn das
Gas den oberen Teil der Kammer erreicht, wird Wärme vom
Gas abgeführt, wenn es im idealen Strömungszustand aufwärts
strömt, und der Wärme fluß nimmt entsprechend ab.

In der oben beschriebenen Ausführung beträgt das Verhältnis
des Wärme flusses zwischen den unteren und oberen, dem Boden
202 bzw. dem Dach 209 benachbarten Enden der Crackröhren
ca. 3 bis ca. 7.

Demgemäß erlaubt die Einführung von Wärme in Nachbarschaft
der Röhreneinlässe an ihren unteren Enden unter rückver-
mischten (back-mixed) Strömungszuständen des Heizgases in
Kombination mit Wärmeabsorption in Nachbarschaft zu den
Röhrenausslässen an ihren oberen Enden unter vorwiegend idea-
len (plug-flow) Strömungsbedingungen des Heizgases die Steue-

231530 0

-14-

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

zung des Temperaturprofils über die Röhrenlänge, während die hohe thermische Leistungsfähigkeit des Ofens erhalten bleibt.

Fig. 3 ist die gleiche wie Fig. 1, mit der Ausnahme, daß der Heizgas-Auslaß 306 zusätzlich zu den Verlängerungen der Begrenzungswand, dem Dach 309 und der oberen Seitenwand 307, die parallel zur oberen Seitenwand 308 ist und dieser gegenüberliegt, durch die obere Seitenwand 308 begrenzt wird. Diese Anordnung erweitert wirksam die Zone des idealen Strömungszustands des Heizgases und ergibt außerdem ein höheres Verhältnis von Konvektions- zu Strahlungswärmeübertragung im oberen Teil der Wärmestrahlungskammer.

Fig. 4 veranschaulicht eine Ausführungsform der Erfindung mit bajonettartigen röhrenförmigen Wärmeaustauschvorrichtungen 420, die unter anderem zweckmäßig sind für die katalytische Dampfreformierung von Kohlenwasserstoffen, von Methan bis schwerem Gasöl, unter Bildung von Wasserstoff enthaltendem Gas, z. B. von Synthesegas. Wie bereits erwähnt, ist die Steuerung des Temperaturprofils über den Weg des Verfahrensmediums (process fluid route) innerhalb der Reformieroröhren ziemlich kritisch. Die vorliegende Erfindung ist gut geeignet, dieses Erfordernis zu erfüllen.

Die röhrenförmigen Wärmeaustauschvorrichtungen 420 werden aus einer äußeren Röhre 421 und einer oder mehreren inneren Röhren 422 aufgebaut, und bilden einen Raum zur Aufnahme eines Katalysators 423, der durch den Verschluß 426 eingebracht wird. Zur Entfernung des Katalysators sind geeignete Vorrichtungen (nicht gezeigt) am Boden des Katalysatorraums vorhanden. Das äußere Rohr 421 ist am unteren Ende mit einem

231530 0

-15-

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

Einlaß 424 für die Ausgangskohlenwasserstoffe versehen, und das innere Rohr (die inneren Röhren) 422 sind an ihren unteren Enden in fließender Verbindung mit einem Spaltgas-Auslaß 425. Die oberen Enden der inneren Röhren 422 sind in fließender Verbindung mit dem Katalysatorraum, so daß das Verfahrensmedium aufwärts durch das Katalysatorbett im einfachen Strömungs-Wärmeaustausch mit dem Heizgas in die Wärmestrahlungskammer 401 strömt, und dann abwärts innerhalb der inneren Röhren 422 im Wärmeaustausch mit dem aufwärts strömenden Medium im Katalysatorraum.

Die Bajonett-Austauschervorrichtungen 420 erstrecken sich durch die Wärmestrahlungskammer 401 und außerhalb der Wärmestrahlungskammer abwärts, wo sie, in Abwesenheit von heißem Heizgas, als Zulauf/Ablauf-Wärmeaustauscher fungieren.

231530 0

16
~~A~~

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zum Erhitzen von Kohlenwasserstoffen in Röhren-
öfen durch indirekten Wärmeaustausch mit einem Heizgas
in einer befeuerten, röhrenförmigen Heizvorrichtung, die
eine Wärmestrahlungskammer und eine Vielzahl von darin
angeordneten, geraden, vertikalen, röhrenförmigen Wärme-
austauschvorrichtungen besitzt, wobei jede der Vor-
richtungen in einem einfachen Strömungs-Wärmeaustausch
mit dem Heizgas steht, gekennzeichnet dadurch, daß das
Heizgas über die unteren Teile der röhrenförmigen Wärme-
austauschvorrichtungen innerhalb der Wärmestrahlungsk-
ammer vorwiegend in einem rückvermischten (back-mixed)
Strömungszustand fließt, und dann über die oberen Teile
der röhrenförmigen Wärmeaustauschvorrichtungen inner-
halb der Wärmestrahlungskammer in einem vorwiegend idea-
len Strömungszustand fließt.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß
die röhrenförmigen Wärmeaustauschvorrichtungen einzelne
Röhren mit Einlaßvorrichtungen an ihren unteren Enden
und Auslaßvorrichtungen an ihren oberen Enden sind,
und der Kohlenwasserstoff aufwärts durch die Röhren
geführt wird.
3. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die
röhrenförmigen Wärmeaustauschvorrichtungen bajonettartige
Austauscher sind, die Einlaß- und Auslaßvorrichtungen

231530 0

~~2~~¹⁷

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

an ihren unteren Enden, ein äußeres Rohr und mindestens ein inneres Rohr besitzen, und Kohlenwasserstoff zwischen den inneren und äußeren Röhren in indirektem Wärmeaustausch mit dem Heizgas aufwärts und dann abwärts durch ein inneres Rohr strömt.

4. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß das Heizgas in dem unteren Teil der Wärmestrahlungskammer in benachbarten Brennern erzeugt wird.
5. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß das Heizgas, das über die unteren Teile der Röhren strömt, eine im wesentlichen gleichmäßige Temperatur besitzt.
6. Verfahren nach Punkt 3, gekennzeichnet dadurch, daß mindestens das äußere Rohr einen Dampfreformierungs-Katalysator enthält, und der Kohlenwasserstoff mit Dampf zu Wasserstoff enthaltenden Spaltgasen reformiert wird.
7. Verfahren nach den Punkten 1, 2, 4 und 5, gekennzeichnet dadurch, daß dieses zur Dampfpyrolyse von Kohlenwasserstoffen zu niederen Olefinen geeignet ist.
8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß den Punkten 1 bis 6, gekennzeichnet dadurch, daß die röhrenförmige Heizvorrichtung aus
 - a) einer Wärmestrahlungskammer (201; 401) zum Durchfluß von Heizgas mit einem Boden (202; 402), gegenüberliegenden vertikalen, an den Boden angrenzenden Grenzänden (203), gegenüberliegenden vertikalen, an den Boden und die Grenzände angrenzenden unteren Seiten-

231530 0

18
-3-

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

wänden (204; 404), gegenüberliegenden, an die Grenz-
wände und die unteren Seitenwände angrenzenden zwi-
schenliegenden Seitenwänden (205; 405), wobei die
zwischenliegenden Seitenwände von den unteren Seiten-
wänden schräg nach innen gerichtet sind, und einer
Heizgas-Auslaßvorrichtung (206; 406), die an die
Grenzwände (203) und die zwischenliegenden Seiten-
wände (205; 405) angrenzt, und wobei die Grenz-
wände, die unteren Seitenwände, die zwischenliegenden Seiten-
wände und die Heizgas-Auslaßvorrichtung keine Brenner
besitzen;

b) einer Vielzahl von geraden, vertikalen, röhrenförmigen
Wärmeaustauschervorrichtungen (212; 420), die in einem
einfachen Strömungs-Wärmeaustausch mit dem Heizgas
stehen und die innerhalb der Wärmestrahlungskammer
(201; 401) zentrisch und parallel zu den unteren
Seitenwänden (204; 404) angeordnet sind und sich durch
die Wärmestrahlungskammer (201; 401) erstrecken, und
mit ihren oberen Enden die benachbarte Heizgas-Auslaß-
vorrichtung (206; 406) begrenzen; und

c) einer Vielzahl von dem Boden (202; 402) benachbarten
Brennern (216; 416), die so angeordnet sind, daß sie
das Heizgas aufwärts in die Wärmestrahlungskammer
(201; 401) führen, besteht.

9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß Punkt 7,
gekennzeichnet dadurch, daß die röhrenförmige Heizvor-
richtung aus

231530 0

~~19~~
~~4~~

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

- a) einer Wärmestrahlungskammer (201; 401) zum Durchfluß von Heizgas mit einem Boden (202; 402), gegenüberliegenden vertikalen, an den Boden angrenzenden Grenzwänden (203), gegenüberliegenden, vertikalen, an den Boden und die Grenzwände angrenzenden unteren Seitenwänden (204; 404), gegenüberliegenden, an die Grenzwände und die unteren Seitenwände angrenzenden zwischenliegenden Seitenwänden (205; 405), wobei die zwischenliegenden Seitenwände von den unteren Seitenwänden schräg nach innen gerichtet sind, und einer Heizgas-Auslaßvorrichtung (206; 406), die an die Grenzwände (203) und die zwischenliegenden Seitenwände (205; 405) angrenzt, und wobei die Grenzwände, die unteren Seitenwände, die zwischenliegenden Seitenwände und die Heizgas-Auslaßvorrichtung keine Brenner besitzen;
- b) einer Vielzahl von geraden, vertikalen, einfach durchströmten Röhren, die innerhalb der Wärmestrahlungskammer (201; 401) zentrisch und parallel zu den unteren Seitenwänden (204; 404) angeordnet sind und sich durch die Wärmestrahlungskammer (201; 401) erstrecken, wobei jede der Röhren eine am Boden (202; 402) benachbarte Einlaßvorrichtung für das Verfahrensmedium (fluid inlet) und eine der Heizgas-Auslaßvorrichtung (206; 406) benachbarte Auslaßvorrichtung (fluid outlet) besitzt; und
- c) einer Vielzahl von dem Boden (202; 402) benachbarten Brennern (216; 416), die so angeordnet sind, daß sie das Heizgas aufwärts in die Wärmestrahlungskammer (201; 401) leiten, besteht.

231530 0

~~5~~²⁰

2.9.1981

AP C 10 B/231 530/0

59 501 / 24

10. Vorrichtung nach Punkt 8 oder 9, gekennzeichnet dadurch, daß die unteren Seitenwände (204; 404) eine Länge L und eine Höhe H besitzen und voneinander im Abstand W stehen, und das Verhältnis von L, H und W definiert wird durch:

$$\frac{H}{2} \left(\frac{1}{W} + \frac{1}{L} \right) \leq 2,5.$$

11. Vorrichtung nach Punkt 8 oder 9, gekennzeichnet dadurch, daß die Heizgas-Auslaßvorrichtung (306) von vertikal sich erstreckenden Grenzwänden, einer oberen Seitenwand, die an die sich vertikal erstreckenden Grenzwände und eine der zwischenliegenden Seitenwände angrenzt, und einem im wesentlichen horizontalen Dach (309), das an die sich vertikal erstreckenden Grenzwände und die obere Seitenwand angrenzt, begrenzt wird.