



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 293 704 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) H 05 H 1/26
C 10 J 3/70
C 10 G 9/42
B 01 J 19/26

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) DD H 05 H / 339 695 0 (22) 12. 04. 90 (44) 05. 09. 91

(71) siehe (73)

(72) Dummersdorf, Hans-Ulrich, Dr. Dipl. Ing., DE

(73) VEB Chemieanlagenbaukombinat Leipzig, Bahnhofstraße 3-5, O - 7240 Grimma, DE

(54) Verfahren zur Quenchung von heißen reaktiven Plasmen

(55) Plasmapyrolyse; Plasmareaktor; Quench; Lavaldüse; Kompression; Entspannung; Abkühlung; Kreislaufgas; Überschallgeschwindigkeit

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Quenchung von heißen reaktiven Plasmen. Das Verfahren bezieht sich auf die Intensivquenchung von heißen reaktiven Plasmen aus Plasmapyrolyseprozessen zur Verhinderung des Zerfalls der als Zielprodukte im Plasmareaktor gebildeten Kohlenwasserstoffe. Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Lösung wird der Quenchprozeß wesentlich intensiviert und dadurch insbesondere der Acetylenzerfall beim Quench stark reduziert. Erfindungsgemäß wird in einem separaten Kreislauf umlaufendes prozeßeigenes Pyrolysegas in einer Kompressionsstufe auf einen Druck von mindestens 0,2 MPa verdichtet, anschließend in einer Lavaldüse entspannt und auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt. Das durch die Entspannung beschleunigte und unterkühlte Kreislaufgas wird in einer Quenchstufe mit dem heißen reaktiven Plasma vermischt. Die Effekte bestehen in einer hohen Einmischgeschwindigkeit des Kreislaufgases, die in der Größenordnung der des Plasmas liegt, in der durch die Unterkühlung verminderten Viskosität des Pyrolysegases sowie in der Erhöhung des thermischen Gradienten zwischen Quench- und Pyrolysegas. Durch die kombinierten Wirkungen aller Effekte wird die Quenchgeschwindigkeit erhöht und der Acetylenzerfall reduziert.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Quenchung von heißen reaktiven Plasmen aus Plasmapyrolyseprozessen durch ein in einem separaten Kreislauf umlaufendes prozeßeigenes Pyrolysegas, dadurch gekennzeichnet, daß unter Verwendung einer Lavalldüse das Kreislaufgas auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt und auf eine Temperatur unterhalb der Umgebungstemperatur abgekühlt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Kreislaufgas vor Eintritt in die Lavalldüse auf mindestens 0,2 MPa verdichtet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das heiße Plasma in das die Lavalldüse verlassende Kreislaufgas eingedüst wird.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung kann in der Plasmachemie, speziell bei Plasmapyrolyseprozessen, zur Quenchung von heißen Plasmen angewendet werden.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Hochendotherme Zielprodukte aus Plasmapyrolyseprozessen verschiedener fossiler Rohstoffe, wie Acetylen und Ethylen, sind als kinetisch determinierte Zwischenprodukte eines radikalisch ablaufenden Reaktionsprozesses im Plasmapyrolysereaktor aufzufassen, die ein zeitliches Maximum ihrer Konzentration im Verlauf des Reaktionsprozesses besitzen, bei welchem die Bildungs- und Zerfallsprozesse sich kurzzeitig im Gleichgewicht befinden. Kohlenwasserstoffe, die im Pyrolyseplasma zunächst gebildet worden sind, zerfallen bei Aufrechterhaltung der hohen Plasmatemperaturen im weiteren Prozeßverlauf in Ruß und Wasserstoff. Zur Verhinderung dieses Prozesses muß das im Plasma vorliegende chemische Hochtemperaturgleichgewicht möglichst schlagartig eingefroren werden, indem das Plasma einem Hochgeschwindigkeitsquenchprozeß am Konzentrationsmaximum der Zielprodukte unterzogen wird.

Je kürzer die Quenchzeit ist, um so weniger Kohlenwasserstoffe zerfallen dabei in Ruß und Wasserstoff.

Die derzeit höchsten Quenchgeschwindigkeiten lassen sich durch Eindüsen von Kaltgas in den Plasmastrahl erzielen.

In DD-WP 260621 wird ein Verfahren zur Gasquenchung von Pyrolyseplasmen vorgestellt, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß statt Fremdgasen, wie Wasserstoff, prozeßeigenes Pyrolysegas verwendet wird, welches in den heißen Plasmastrahl geblasen wird.

Die mit diesem Verfahren erreichbare Quenchgeschwindigkeit ist endlich und nach oben begrenzt, da die thermische Triebkraft zwischen Plasma und Pyrolysequenchgas infolge des bei Umgebungstemperatur bzw. leicht erhöhter Temperatur vorliegenden Pyrolysequenchgases festliegt. Zum zweiten liegt die Geschwindigkeit des den Plasmareaktor verlassenden Plasmas meist unter der des eingedüsten Quenchgases. Dadurch wird in Verbindung mit der hohen Viskosität des Plasmas eine schnelle Vermischung erschwert.

Im DD-WP 240841 wird die Hydrodynamik des Gasquenchprozesses durch mechanische Mittel, wie Einbauten im Quenchapparat, verbessert und insbesondere ein intensiver Quench des heißen Plasmastrahlzentrums erreicht. Dadurch läßt sich die Quenchgeschwindigkeit weiter steigern.

Jedoch ist auch bei dieser Lösung die maximale Quenchgeschwindigkeit infolge der unverändert festliegenden thermischen Triebkraft zwischen Plasma und Quenchgas, der gleichen Strömungsgeschwindigkeitsrelationen und der relativ hohen Viskositäten der beiden Komponenten nach oben begrenzt.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist es, die Quenchzeit bei der Plasmapyrolyse zu minimieren, um somit eine Effektivitätserhöhung des Gesamtprozesses herbeizuführen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die die Quenchgeschwindigkeit bei der Plasmapyrolyse nach oben begrenzenden Faktoren, wie die Viskosität des Plasmas und des Kreislaufgases als Quenchmittel, zu vermindern, gleichzeitig den Impuls des einzumischenden Quenchgases zu erhöhen und damit die Vermischungsgeschwindigkeit. Das thermische Triebkraftgefälle zwischen Plasma und Kreislaufgas soll dabei ebenfalls vergrößert werden.

Des weiteren gilt es, eine Verbesserung der hydrodynamischen Bedingungen der Vermischung hervorzurufen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ein Verfahren zur Quenchung von heißen reaktiven Plasmen aus Plasmapyrolyseprozessen durch ein im separaten Kreislauf umlaufendes prozeßeigenes Pyrolysegas, welches unter Verwendung einer Lavalldüse auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt und auf eine Temperatur unterhalb der Umgebungstemperatur abgekühlt wird, zum Einsatz kommt.

Das Kreislaufgas wird vor Eintritt in die Lavalldüse auf mindestens 0,2 MPa verdichtet. Unmittelbar nach dem Verlassen der Lavalldüse wird das Kreislaufgas in das heiße Plasma eingedüst.

Die Wirkungsweise der Erfindung besteht darin, daß das im Kreislauf umlaufende Pyrolysegas, welches eine Temperatur oberhalb und nahe der Umgebungstemperatur besitzt, auf mindestens 0,2 MPa verdichtet wird und durch die anschließende

Entspannung in einer Lavaldüse eine Abkühlung auf eine Temperatur unterhalb der Umgebungstemperatur erreicht. Die Strömungsgeschwindigkeit beim Verlassen der Lavaldüse liegt oberhalb der Schallgeschwindigkeit, womit der Impuls des unterkühlten Kreislaufgases sehr hoch ist. Dieses schnellströmende, unterkühlte Kreislaufgas wird erfindungsgemäß mit dem den Plasmareaktor verlassenden heißen reaktiven Plasma vermischt.

Infolge des hohen Impulses des unterkühlten Kreislaufgases kommt es zu einem Zerreißen des Plasmastrahles, verbunden mit einer hohen Vermischungsgeschwindigkeit.

Der zweite Effekt, der durch die erfindungsgemäße Lösung erzielt wird, besteht darin, daß durch Unterkühlung des Kreislaufgases durch die Entspannung in der Lavaldüse die thermische Triebkraft zwischen Kreislaufgas und Plasma vergrößert wird, was zu einem schnelleren und intensiveren Temperatúrausgleich zwischen beiden Medien führt.

Ein weiterer Effekt besteht in einer erhöhten Wärmekapazität des umlaufenden Pyrolysegases und damit einer niedrigeren Temperatur der Gasmischung nach dem Quench. Infolge der niedrigen Temperatur der Überschallkreislaufgasströmung wird eine gegenüber der Umgebungstemperatur reduzierte Viskosität erreicht, was sich positiv auf die Vermischung von Plasma und Kreislaufgas auswirkt.

Ausführungsbeispiel

In einer Plasmaanlage zur Plasmapyrolyse von Kohle im H₂-Plasma zur Erzeugung von 300 000 t/a Acetylen, sowie Wasserstoff, Ethylen und Pyrolysekoks, besteht aus fünfzig 10-MW-Plasmatrons mit Plasmareaktor.

Das aus Braunkohle gewonnene Pyrolysegas weist folgende Zusammensetzung auf:

C₂H₂: 10 Vol.-%
 C₂H₄: 5 Vol.-%
 CO: 20 Vol.-%
 H₂: 65 Vol.-%.

Die Pyrolysekoksbeladung des Pyrolysegases beträgt 1 ... 1,5 kg/Nm³. Innerhalb dieser Plasmaanlage wird erfindungsgemäß ein Pyrolysegaskreislauf realisiert, in welchem eine Menge von 300 000 Nm³/h Kreislaufgas umläuft. In einer zentralen Kompressorstation wird innerhalb des Kreislaufes das umlaufende Pyrolysegas durch zweistufige Verdichtung mit Zwischenkühlung auf einen Druck von 0,3 MPa verdichtet und in der Nachkühlung auf eine Temperatur von 325 K abgekühlt. Der Adiabatenexponent im Pyrolysegasstrom ist $\chi = 1,36$, die Schallgeschwindigkeit im Pyrolysegas im Ruhezustand beträgt 532 m/s.

Der verdichtete Kreislaufgasstrom wird nunmehr auf 50 Plasmareaktoren aufgeteilt und in einer Menge von 6000 Nm³/h je Plasmareaktor jeweils in einer Lavaldüse auf einen Druck von 0,12 MPa adiabatisch entspannt.

Dadurch liegen die Pyrolyseparameter in folgender Weise verändert nach der Entspannung vor:

Schallgeschwindigkeit im Kreislaufgas: 443 m/s
 Kreislaufgeschwindigkeit: 695 m/s
 Temperatur: 225 K.

Weiterhin wird die Viskosität des Kreislaufgases auf etwa 20% gegenüber dem Wert bei Normalbedingungen abgesenkt. In diesen unterkühlten, mit Überschallgeschwindigkeit strömenden Kreislaufstrom werden je Plasmareaktor 6000 Nm³/h reaktives heißes Plasma aus dem Plasmapyrolysereaktor mit einer Temperatur von 2200 K eingedüst.

Infolge der größenordnungsmäßig vergleichbaren hohen Geschwindigkeiten von Plasma und Überschallkreislaufgasströmung sowie der gegenüber dem Umgebungszustand stark abgesenkten Viskosität des Kreislaufgases kommt es zu einer intensiven Vermischung beider Ströme.

Durch die größere thermische Triebkraft zwischen Plasma und Kreislaufgas wird der Quench verbessert und der Temperatúrausgleich besonders in der Anfangsphase des Kontaktes beschleunigt.

Eine weitere positive Wirkung besteht im höheren Energieaufnahmevermögen der kalten Überschallkreislaufgasströmung und damit eine Absenkung der Mischtemperatur, die sich bei ca. 900 K einstellt.

Der Quenchprozeß wird insgesamt durch die um 10 ... 20% gesteigerte Quenchgeschwindigkeit wesentlich effektiver und der Acetylenzerfall bezogen auf die Produktionskapazität der Anlage gegenüber herkömmlichen Quencharten um ca. 3000 t/a gesenkt.

Nach dem Quenchprozeß wird das Pyrolysegas (900 K; 0,12 MPa; 600 000 Nm³/h) durch rekuperative Abwärmenutzung abgekühlt, über Zykclone und weitere geeignete Feststoffabscheider von Pyrolysekoks befreit und aus dem Pyrolysegasstrom 300 000 Nm³/h in die Weiterverarbeitung ausgekreist.

Die anderen 300 000 Nm³/h als zweiter Teilstrom werden im Kreislauf über die schon erwähnte Kompression wieder der Lavaldüse zugeführt.

Es ist jedoch auch möglich, die Auskreisung des Teilstromes zur Weiterverarbeitung nach der Kompressionsstufe durchzuführen.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, daß der apparative Aufwand zur Durchführung des Verfahrens mit einfachen Mitteln sehr gering ist und einen sicheren Betrieb der Quenchstufe garantiert.