



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 29 Absatz 1 des Patentgesetzes

ISSN 0433-6461

(11)

206 462

Int.Cl.³

3(51) B 01 J 8/28

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP B 01 J/ 2332 857

(22) 15.09.81

(45) 25.01.84

(71) VEB PETROLCHEMISCHES KOMBINAT SCHWEDT-DD;

(72) KILIAN, RICHARD, DIPL.-ING.; KNAACK, KARL-ERNST, DIPL.-ING.; WEHNER, JOACHIM, DR.-ING.;

MARSCHNER, ROLF, DIPL.-ING.; DD;

DAMSCHE, GERT, DIPL.-ING.; HEBISCH, HEINZ, DIPL.-CHEM.; SCHUETZE, WINFRIET, DR. RER. NAT.; DD;

(73) siehe (72)

(74) EBERHARD WILLE, VEB PCK SCHWEDT, ABT. SR U. LIZENZEN, 1330 SCHWEDT

(54) MEHRSTUFENWIRBELSCHICHTREAKTOR FÜR GAS-FESTSTOFFREAKTIONEN

(57) Die Erfindung bezieht sich auf Wirbelschichtreaktoren zur Durchführung von Gas-Feststoffreaktionen, bei denen Bestandteile des Feststoffes und Gase miteinander als Reaktionspartner in der Wirbelschicht reagieren und dabei feste und gasförmige Reaktionsprodukte liefern. Dabei sollen durch die Vorrichtung hohe Umsätze an Feststoffreaktionspartnerbestandteilen bei höheren Raumzeitausbauten, abgesenkten Reaktionstemperaturen sowie ein minimaler Druckverlust erreicht werden. Das Wesen der Erfindung besteht in einem Wirbelschichtreaktor aus mehreren, durch senkrechte Rohre verbundenen, übereinander angeordneten Stufen bzw. Einzelwirbelschichten, wobei die Verbindungsrohrleitungen so angeordnet und mit Zusatzvorrichtungen versehen sind, daß eine gleichmäßige Feststoffbeaufschlagung der einzelnen Stufen nacheinander mit hoher Wirbelschichtdichte und minimalen Feststoffrücktransport zu vorhergehenden Stufen erreicht wird. Die Erfindung findet insbesondere Anwendung bei dem Regenerieren von gebrauchten kohlenstoffhaltenden Katalysatoren und Oxydationskatalysatoren chemischer Synthesen, bei denen zum Aufbau der katalytischen Aktivität Feststoffreaktionen mit Gasen in der Wirbelschicht notwendig sind.

Titel der Erfindung

Mehrstufenwirbelschichtreaktor für Gas-Feststoffreaktionen

IPK: B 01 J 8/28

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf Wirbelschichtreaktoren als Vorrichtung zur Durchführung von Gas-Feststoffreaktionen, in denen der Feststoff auf Grund gewollter starker Gasturbulenz regellosen Vermischungsbewegungen unterliegt und in Schwebelage gehalten wird.

Anwendungsgebiet der Erfindung sind allgemein Vorrichtungen zur Durchführung von Gas-Feststoffreaktionen bei denen Bestandteile des Feststoffes und Gase miteinander als Reaktionspartner in der Wirbelschicht reagieren und dabei feste und gasförmige Reaktionsprodukte liefern. Insbesondere das Regenerieren von gebrachten kohlenstoffenthaltenden Katalysatoren und von Oxydationskatalysatoren chemischer Synthesen, bei denen zum Aufbau der katalytischen Aktivität Feststoffreaktionen mit Gasen in der Wirbelschicht notwendig sind, gehören zum Hauptanwendungsgebiet der Erfindung.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Wirbelschichtreaktoren zur Durchführung chemischer Reaktionen zwischen Feststoffen und Gasen bestehen gewöhnlich aus einem aufrechtstehenden zylindrischen Behälter, über dessen Boden Gasverteilereinrichtungen zur Reaktantengaszuführung, am Kopf Zyklonabscheider zur Zurückhaltung des Feststoffes von Reaktorabgasstrom und am Umfang oder am Boden bzw. Kopf Zu- und Abführungsleitungen für den

Feststoff angeordnet sind. Wird der Feststoff bzw. feste Bestandteile als Reaktionspartner verwendet und beträgt die auf das Leerraumvolumen bezogene Lineargasgeschwindigkeit mindestens das 3 - 5 fache der minimalen Fluidisationsgeschwindigkeit der Feststoffpartikel, so unterliegen die Feststoffpartikel einer intensiven Rückvermischung. Die starke Rückvermischung verringert die Reaktionsgeschwindigkeit bzw. fordert bei festgelegtem Umsatz größere Reaktorräume oder Verweilzeiten. Deswegen verwendet man teilweise auch Siebeinbauten oder Füllkörperpackungen zur Unterdrückung der Rückvermischung in Wirbelschichtreaktoren.

Aus Tracermessungen zur Ermittlung von quantitativen Meßgrößen für die Partikelrückvermischung ist aber bekannt, daß Wirbelschichtreaktoren ohne Einbauten äquivalente Rührkesselzahlen von 1,1 - 1,5 und Wirbelschichtreaktoren mit geringen Raumanteil von Einbauten je nach Einbautentyp auch nur äquivalente Rührkesselzahlen von 1,2 - 2 erreichen. Außerdem gibt es in der industriellen Praxis hauptsächlich Offenbettreaktoren bzw. Wirbelschichtreaktoren mit nur geringer Wirkung von Einbauten, da Einbauten neben den positiven Eigenschaften der Verminderung der Rückvermischung und Erhöhung des Stoffaustausches oft auch andere negative Eigenschaften wie z. B. Versetzungen mitsichbringen. Auch FCC-Regeneratoren enthalten keine die Rückvermischung hemmende Einbauten, obwohl der geforderte Kohlenstoffumsatz während der Regeneration des Katalysators 90 % übersteigt.

Durch diese intensive Rückvermischung des Reaktionspartners Feststoff im Wirbelschichtreaktor sind für geforderte hohe Umsätze nur niedrige Belastungen bzw. Raumzeitausbeuten möglich, d. h. die Verweilzeit muß sehr groß sein. Zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit dieser Reaktoren kann die Reaktionstemperatur erhöht werden.

Bei geforderten extrem hohen Umsätzen sind starke Temperaturerhöhungen notwendig, die wiederum Konkurrenzreaktionen oder erst bei höheren Temperaturen aktivierte unerwünschte Feststoffreaktionen ermöglichen.

Oder man verwendet weiterhin zur Unterbindung der Feststoffrückvermischung, wie in der DE-OS 2813227 offenbart senkrechte Trennbleche und 2 übereinander angeordnete Stufen von Einzelwirbelschichten mit seitlichem Überlauf von der oberen zur unteren Wirbelschichtstufe. Nachteilig ist hierbei jedoch, daß der Gasdurchbruch durch den Feststoffüberlauf durch eine Art Zellrad-schleuse unterbunden werden muß und die senkrechten Trennbleche innerhalb einer horizontalen Stufe bei breiter Korngrößenverteilung der Feststoffpartikel zur Feststoffsedimentation und damit zur uneinheitlichen Produktqualität der ausgeführten chemischen Reaktion auf dem Feststoff führen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es ein Wirbelschichtreaktor für Gas-Feststoffreaktionen zu entwickeln, der vergleichbar hohe Umsätze an Feststoffreaktionspartnerbestandteilen bei höheren Raumzeitausbeuten und deutlich abgesenkten Reaktionstemperaturen als mit Mitteln des Standes der Technik erreicht.

Die Vorrichtung zur Durchführung von Gas-Feststoffreaktionen zeichnet sich aus durch eine minimale hydrostatische Wirbelschichthöhe, d. h. die Einstellung eines minimalen Druckverlustes für die gasförmigen Reaktionspartner, um z. B. bei der Anwendung als Katalysatorregenerator technologisch günstige Parallelschaltungen mit dem Wirbelschichtsynthesereaktor zu erreichen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Das Wesen der Erfindung besteht in einem Wirbelschichtreaktor aus mehreren, durch senkrechte Rohre verbundenen, übereinander angeordneten Stufen bzw. Einzelwirbelschichten in einem aufrechtstehenden zylindrischen Apparat, wobei die Verbindungsrohrleitungen so angeordnet und mit Zusatzvorrichtungen versehen sind, daß eine gleichmäßige Feststoffbeaufschlagung der einzelnen Stufen nacheinander mit hoher Wirbelschichtdichte und minimalen Feststoffrücktransport zu vorhergehenden Stufen erreicht und die Ansammlung grober Feststoffpartikel am Boden jeder Stufe durch Sedimentation vermieden wird. Es ist weiterhin möglich durch Zugabe der gasförmigen Reaktanten in jede Stufe der Gas-Feststoffwirbelschicht und geeingete Abgasentnahme aus jeder Stufe eine weitere Erhöhung der Raumzeitausbeute bei vergleichbarem Umsatz gegenüber der Verwendung von Mitteln des Standes der Technik zu erreichen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung bewirkt, daß aus einer apparativen Reihenschaltung der übereinander angeordneten Stufen hinsichtlich des Gas- und Feststoffstromes jedoch strömungsmäßig eine Parallelschaltung entsteht. Das heißt, der Gasströmungswiderstand als auch der äquivalente Druckverlust der hydrostatischen Wirbelschichthöhe beträgt für den ganzen Apparat nur den Wert einer Stufe. Die Figur 1 dient zur deutlicheren Erläuterung des Wesens der Erfindung in einer dreistufigen Ausführung. Dabei gelangt der Feststoffreaktionspartner über Leitung 3 in die erste obere Reaktionsstufe und wird durch Reaktantengasaufgabe über Verteiler 1 in Schwebe gehalten. Durch das Standrohr 8 kommt der Feststoff bereits teilweise umgesetzt in die jeweils darunterliegende Reaktionsstufe und verläßt schließlich über Leitung 5 der letzten Stufe seitlich oder am Boden den Reaktionsapparat. Das Standrohr 8 ist am unteren Ende so in die darunterliegende Wirbelschicht einzutauchen und abzuschließen, daß ein Rücktransport von Feststoff in die nächsthöhere Stufe durch Gasdurchbruch weitgehend unterdrückt wird.

Die Standrohre 8 jeder Stufe ermöglichen stromabwärts

Die Ausbildung der gewünschten Wirbelbetthöhe und tauchen am unteren Ende in die Wirbelschicht der darunter liegenden Stufe ein. Das untere Ende des Standrohres 8 besitzt eine Strömungsumlenkung um $\alpha = 20$ bis 90° . Dazu können entweder gerade Rohrstücke wie in Figur 2 unter dem Winkel α oder Rohrkrümmer mit dem Krümmungswinkel α wie in Figur 3 am unteren senkrechten Rohrende des Standrohres 8 angesetzt werden. Über die Abgasrohre 7 jeder Stufe werden die gasförmigen Reaktionsprodukte ohne Durchströmen der darüber liegenden Wirbelschichtstufen, schließlich dem Zyklon 6 und damit der Abgasleitung 4 des Mehrstufenwirbelschichtreaktors zugeführt.

Zur Unterbindung des Mitreißens von Feststoff in darüberliegende Stufen durch den Abgasstrom in Rohr 7, d.h. im Sinne der Verringerung von Feststoffrücktransport, soll Abgasrohr 7 höher als Standrohr 8 jeder Stufe enden. Abgasrohr 7 kann an seinem unteren Ende, d.h. am Kopf jeder Wirbelbettstufe einen Gasaufnahme diffusor, Multidiffusor oder Blechsegmentverteiler zur Erreichung einer gleichmäßigeren Durchströmung des Wirbelbettes enthalten. Da zum Erreichen hoher Raumzeitausbeuten in Wirbelschichten hohe Wirbeldichten notwendig sind, muß die damit verbundene Feststoffsedimentation auf jedem Zwischenboden 2 durch definierte Bohrungen 9 oder Kurzschlußrohrleitungen 10 verhindert werden.

Der Durchmesser der Bohrungen bzw. der Kurzschlußleitung soll je nach ausgeführter Wirbelbettdichte 2 bis 4 mal so groß wie der nach der Torricelli'schen Ausflußformel berechnete gewählt werden. Keinesfalls handelt es sich bei den Zwischenböden 2 um perforierte, gelochte, geschlitzte oder anders regelmäßig durchbro-

chene Böden mit freiem Querschnitt ≥ 10 %.

Für Reaktionen 0. Ordnung bietet der Mehrstufenwirbelschichtreaktor keine Vorteile gegenüber dem einstufigen Apparat des Standes der Technik. Der Vorteil der Erfindung wächst besonders mit steigender Reaktionsordnung und mit steigendem geforderten Umsatz an Feststoffreaktionspartner. Für Reaktionen 1. Ordnung sind generell 2 Stufen und für Reaktionen 2. Ordnung mindestens 2 Stufen notwendige Voraussetzung für eine maximale Ausnutzung der positiven Effekte der Erfindung bereits bei nur mäßigen geforderten Umsätzen von 50 bis 70 %.

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit wird die Stufenzahl auf 2 bis 5 beschränkt bleiben.

Die Erfindung soll anhand eines Ausführungsbeispieles und Zeichnungen näher erläutert werden.

Ausführungsbeispiel

Fig. 1 zeigt einen dreistufigen Mehrstufenwirbelschichtreaktor

Fig. 2 zeigt das Ende des Standrohres 8 mit geraden Rohrstück

Fig. 3 zeigt das Ende des Standrohres 8 mit Rohrkrümmern

Ein Mehrstufenwirbelschichtreaktor analog der Figur 1 wurde in zweistufiger Ausführung zur Reoxidation eines handelsüblichen Multikomponentenoxidationskatalysators der Acrylnitrilsynthese verwendet. Dazu wurde über Leitung 3 reduktiv geschädigter Katalysator aus dem Synthesereaktor der 1. Stufe zugeführt und nach Passieren von Rohr 8 und der zweiten unteren Stufe über Rohr 5

mit einem Umsatz von 71 % abgezogen.

Der Umsatz bezieht sich auf die Reoxydation ausgewählter Metalloxide des Acrylnitrilsynthesekatalysators und wird durch Reaktion mit Luftsauerstoff über Verteiler 1 bei 700 bis 1000 K erreicht. Die Durchführung der Reoxydation in der erfindungsgemäßen zweistufigen Wirbelschichtreaktorvorrichtung erlaubte bei gleichem Umsatz von 71 % eine Erhöhung der Raumzeitausbeute auf das 1,5 fache gegenüber der Anwendung einer einstufigen Ausführung mit Mitteln des Standes der Technik. Die Durchführung der Reoxydationsreaktion des Multikomponentenoxydationskatalysators der Acrylnitrilsynthese bei gleicher Raumzeitausbeute in einer einstufigen Wirbelschichtreaktorausführung wäre nur durch eine Erhöhung der Reoxydationstemperatur um ca. 40 K möglich. Dabei erhöht sich dann aber die unerwünschte Reaktionsgeschwindigkeit der Verflüchtigung des Molybdänoxids aus dem Katalysator auf den 1,9 fachen Wert. Das schränkt die Langzeitanwendung der Reoxydation bei höheren Temperaturen ein.

Erfindungsanspruch

1. Mehrstufenwirbelschichtreaktor für Gas-Feststoffreaktionen mit gasundurchlässigen Trennböden und separater Gaszuführung in jeder Stufe, gekennzeichnet dadurch, daß in einem zylindrischen Apparat 2-5, übereinander angeordnete Stufen durch Zwischenböden (2) mit Standrohren (8), Bohrungen (9) und oder Kurzschlußleitungen (10) gebildet werden und die parallele Führung des Gas und Feststoffstromes dadurch realisiert wird, daß Abgasrohre (7) durch die Zwischenböden (2) führen und oberhalb der Standrohre (8) enden.
2. Mehrstufenwirbelschichtreaktor nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Abgasrohre (7) an ihren unteren Enden mit einem Diffusor bzw. Multidiffusor oder Blechsegmentverteiler versehen sind.
3. Mehrstufenwirbelschichtreaktor nach den Punkten 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Standrohre (8) am unteren Ende mit Rohrkrümmern oder geraden Rohrstücken, die einen Winkel zwischen $20 - 90^{\circ}$ aufweisen, ausgerüstet sind.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

