



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 29 Absatz 1 des Patentgesetzes

ISSN 0433-6461

(11)

1579 54

Int.Cl.³

3(51) B 01 J 19/22

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

21) WP B 01 J/ 2234 35

(22) 21.08.80

(45) 22.12.82

71) siehe (72)

72) PIPPEL, WINFRIED, PROF. DR. SC. NAT. DIPL.-CHEM. DR.-ING.;
 OELMANN, HANSJOERG, DR. RER. NAT. DIPL.-CHEM.; LOESCHAU, SIEGBERT, DR.-ING. DIPL.-CHEM.;
 WETTER, HEINZ; DD;
 KAISER, REINHARD, DIPL.-CHEM.; TRUEMLER, GUENTER, DIPL.-CHEM.; DD;

73) siehe (72)

74) TECHNISCHE UNIVERSITAET DRESDEN, DIREKT. F. FORSCH., BFSN, 8027 DRESDEN,
 MOMMSENSTR. 13

54) VORRICHTUNG FUER FLUESSIGPHASENREAKTIONEN IM KONTINUIERLICHEN FLUSS

57)

Die Erfindung ist insbesondere für solche Flüssigphasenreaktionen geeignet, bei denen die Qualität des Endzustandes maßgeblich von der Einheitlichkeit der Verweilzeit alle Volumenelemente im Reaktor abhängt. Aufgabe der Erfindung ist es, eine möglichst enge Verweilzeitverteilung der Reaktionsmasse in einem Rohr zu erreichen. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß in dem Rohr ein drehbares Wendelband angeordnet ist, wobei die Drehgeschwindigkeit des Wendelbandes näherungsweise dem Quotienten aus mittlerer linearer Strömungsgeschwindigkeit der Reaktionsmasse und Wendelgangweite entspricht. Für Reaktionen, die unter Abgabe oder Aufnahme von Wärme ablaufen, ist das Material des Wendelbandes im Querschnitt hohl ausgebildet und wird von Kühl- bzw. Heizflüssigkeit durchströmt. Zur weiteren Verbesserung des Wärmetransportes wird in dem Rohr zusätzlich eine zentrisch gelagerte, unabhängig vom Wendelband drehbare Welle mit quer zur Strömungsrichtung aufgebrachten Rotationskörpern angeordnet.

Vorrichtung für Flüssigphasenreaktionen im kontinuierlichen Fluß

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung für Flüssigphasenreaktionen im kontinuierlichen Fluß. Sie ist insbesondere für solche Flüssigphasenreaktionen geeignet, die mit mittlerer bis langsamer chemischer Reaktionsgeschwindigkeit ablaufen und bei denen die Qualität des Endzustandes (z. B. Umsatz der Reaktionspartner, Eigenschaften der Reaktionsprodukte) maßgeblich von der Einheitlichkeit der Verweilzeit aller Volumenelemente im Reaktor abhängt.

Unter Flüssigphasenreaktionen sind auch Systeme mit quasiflüssigen Eigenschaften zu verstehen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Chemische Reaktionen werden unter industriellen Bedingungen vielfach im kontinuierlichen Fluß durchgeführt, d. h. die Reaktionsmasse durchströmt den Reaktorraum, wobei die chemische Reaktion abläuft.

Zur Charakterisierung der Strömungsverhältnisse der Reaktionsmasse lassen sich die kontinuierlich betriebenen Reaktoren zwischen zwei idealisierten Extremfällen einordnen:

- Reaktor, der von der Reaktionsmasse in Form eines Pfropfens durchströmt wird (einheitliche Verweilzeit aller Volumenelemente); sog. Pfropfenströmungsreaktor

- Reaktor mit momentaner vollständiger Durchmischung der gesamten im Reaktorrinneren befindlichen Reaktionsmasse (extrem uneinheitliche Verweilzeit); sog. Durchflußmischreaktor.

Da die Strömungsverhältnisse eines realen Reaktors stets zwischen den beiden Extremfällen einzuordnen sind, wurde zur quantitativen Erfassung ein Verfahren beschrieben [PIPPel, W.: Chem. Techn. 17 (1965), 729], das die Berechnung sog. Äquivalentrührstufen $n_{\text{äqu}}$ aus der gemessenen Verweilzeitverteilung der Reaktionsmasse im Reaktor gestattet. Beim Pfropfenströmungsreaktor ist $n_{\text{äqu}}$ unendlich groß, beim Durchflußmischreaktor gleich 1.

Bei bestimmten Klassen chemischer Reaktionen ist es erstrebenswert, die Umsetzung in einem Pfropfenströmungsreaktor durchzuführen. So bewirkt bei irreversiblen, isotherm geführten homogenen Reaktionen mit der Ordnung größer Null jede Abweichung von der Pfropfenströmung einen Effektivitätsverlust. Würde man z. B. eine irreversible homogene Reaktion 2. Ordnung bei einem erwünschten Umsetzungsgrad der Reaktionspartner von 99 % in einem Durchflußmischreaktor durchführen, so müßte dieser das hundertfache Volumen im Vergleich zu einem Pfropfenströmungsreaktor haben.

Die technische Realisierung der anzustrebenden Pfropfenströmung der Reaktionsmasse im Reaktor ist mit naturgesetzlich bedingten Schwierigkeiten verbunden. So strömen bekanntlich NEWTONsche Flüssigkeiten in Rohren je nach Größe der REYNOLDS-Zahl und somit in Abhängigkeit von Strömungsgeschwindigkeit, Viskosität und Rohrdurchmesser laminar oder turbulent. Keine der beiden Strömungsarten entspricht der Pfropfenströmung, obgleich die turbulente Strömung hinsichtlich der Verweilzeit der Reaktionsmasse einer solchen Strömungsart nahekommt.

Bei laminarer Strömung im Rohr bewegen sich die Volumenelemente der Reaktionsmasse je nach Abstand von der Rohrwandung mit einer Geschwindigkeitsverteilung, die der eines Rotationsparaboloids entspricht. Die Reaktionsmasse in der Rohrmitte

erreicht dadurch in einer wesentlich kürzeren Zeit den Rohrausgang als diejenige in Nähe der Rohrwandung. Dieser Sachverhalt bewirkt eine breite Verweilzeitverteilung ($n_{\text{äqu}}$ klein), wobei insbesondere hohe Zeitwerte (im Vergleich zum Mittelwert) stark ins Gewicht fallen. Die Verteilungskurve zeigt eine sog. Schweifbildung. Bei turbulenter Strömung werden durch die Verwirbelung die Volumenelemente der Reaktionsmasse entlang und quer zur Strömungsrichtung regellos bewegt. Daraus resultiert ein gewisser Ausgleich der Geschwindigkeit der Volumenelemente. Verweilzeituntersuchungen zeigen eine enge Verweilzeitverteilung ($n_{\text{äqu}}$ groß) und damit Annäherung an die Pfropfenströmung.

Die zur Erreichung der turbulenten Strömung notwendige hohe Strömungsgeschwindigkeit der Reaktionsmasse würde jedoch bei Reaktionen mit langsamer chemischer Reaktionsgeschwindigkeit extrem lange Rohrreaktoren erfordern. Deshalb sind Rohrreaktoren ohne Einbauten vorzugsweise für Reaktionen mit hoher chemischer Reaktionsgeschwindigkeit geeignet.

Zur Durchführung von Reaktionen mit mittlerer und langsamer Reaktionsgeschwindigkeit im kontinuierlichen Fluß wird zur Erreichung einheitlicher Verweilzeiten aller Volumenelemente der Reaktionsmasse im Reaktor eine erzwungene Turbulenz und damit Durchmischung vorzugsweise quer zur Strömungsrichtung erzeugt. Zur technischen Realisierung gibt es hierfür verschiedene Varianten:

- Verwendung von Rohrreaktoren mit statischen Einbauten (Schikanen)
- Verwendung von Rohrreaktoren mit dynamischen Mischelementen (Zellarreaktor)
- Zusätzliche Anbringung von Trennwänden mit Durchlaßöffnungen zwischen den dynamischen Mischelementen bis hin zur separaten Anordnung der einzelnen Mischzonen in Form der Serienschaltung von Durchflußmischreaktoren.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, bei chemischen Reaktionen, die im kontinuierlichen Fluß durchgeführt werden, den Reaktor so zu gestalten, daß im Vergleich zum bekannten Stand der Technik

- eine Steigerung des Umsetzungsgrades der Reaktionspartner bzw. der Ausbeute an gewünschtem Reaktionsprodukt oder eine Erhöhung der durchgesetzten Reaktionsmasse je Zeiteinheit ohne Änderung des Umsetzungsgrades
- eine Qualitätsverbesserung des Reaktionsproduktes

erzielt wird.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, bei der Durchführung von chemischen Reaktionen im kontinuierlichen Fluß in einem Rohrreaktor eine möglichst enge Verweilzeitverteilung der Reaktionsmasse zu erreichen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß in dem Rohr ein drehbares Wendelband, dessen Außenradius nur wenig kleiner als der Innenradius des Rohres ist, angeordnet ist, wobei die Drehgeschwindigkeit des Wendelbandes w näherungsweise dem Quotienten aus mittlerer linearer Strömungsgeschwindigkeit der Reaktionsmasse u und Wendelgangweite λ entspricht:

$$w \approx \frac{u}{\lambda}$$

Dabei wird u ermittelt nach

$$u = \frac{l \cdot v}{v_R}$$

bzw. bei vollständig mit Reaktionsmasse gefülltem Reaktionsrohr

$$u = \frac{\dot{v}}{\pi r_R^2}$$

l = Länge der Reaktionsmasse im Rohr

$\dot{v}$ = Durchsatz an Reaktionsmasse

v_R = Volumen der Reaktionsmasse im Rohr

r_R = Innenradius des Rohres

Der genaue Wert für w ist durch Aufnahme von Verweilzeitspektren nach den üblichen Methoden zu ermitteln. Die Drehzahl des Wendelbandes ist dann optimal, wenn das Spektrum eine minimale Streuung um den Mittelwert aufweist.

Bei stark exo- bzw. endothermen Reaktionen ist das Material, aus dem das Wendelband gefertigt ist, im Querschnitt hohl ausgebildet und wird von Kühl- bzw. Heizflüssigkeit durchströmt. Vorzugsweise ist zusätzlich zum Wendelband eine zentrisch gelagerte, unabhängig von dem Wendelband drehbare Welle mit quer zur Strömungsrichtung aufgebraachten Scheiben oder konvex ausgebildeten Rotationskörpern in dem Rohr angeordnet, um den Wärmetransport von bzw. zur Rohrwandung weiter zu verbessern.

Es wird vorgeschlagen, das Rohr mit dem in bestimmter Geschwindigkeit zu drehenden Wendelband als Wendelbandreaktor zu bezeichnen.

Ausführungsbeispiel

Die Vorrichtung besteht aus einem an den Stirnseiten verschlossenen Rohr, das zwecks Temperierung mit Heiz- bzw. Kühlflüssigkeit von einem Mantel umgeben ist. Das Länge/Durchmesser-Verhältnis des Rohres ist durch das Wirkprinzip zwar nicht begrenzt, sollte aber zwischen 10 und 20 liegen.

Wie in der Zeichnung dargestellt, befindet sich im Rohr ein Wendelband (1), das über ein Schneckengetriebe von außen mechanisch in Drehbewegung versetzt wird. Die Gangweite λ des Wendelbandes sollte nicht größer als der Innendurchmesser des Rohres und nicht kleiner als der zehnte Teil desselben sein.

Bei stark exo- oder endothermen Reaktionen ist im Rohr zentrisch eine Welle mit Scheiben (2) angeordnet. Diese Welle hat einen von der Wendel unabhängigen mechanischen Antrieb von außen. Welle und Wendelband haben im Rohr keine Berührungspunkte. Die Drehzahl der Welle ist größer als die des Wendelbandes.

Die Stirnseiten des Rohres enthalten die Wendel- und Wellenführung, die Ein- bzw. Austrittsöffnungen für die flüssige Reaktionsmasse und Möglichkeiten zur Temperaturmessung.

Das zur Umsetzung zu bringende flüssige Stoffsystem wird vor dem Eintritt in die Vorrichtung kurz und intensiv durchmischt, durchströmt die gefüllte Vorrichtung und verläßt sie auf der anderen Seite. Steht die Vorrichtung senkrecht und erfolgt der Stofffluß von unten nach oben, so ist das Wendelband rechtsdrehend entsprechend der vorgeschriebenen Geschwindigkeit zu betreiben, wenn das Wendelband in Form eines Rechtsgewindes ausgelegt ist. Der kontinuierliche Stofffluß wird durch Dosierpumpen oder andere geeignete Vorrichtungen realisiert.

Erfindungsanspruch

1. Vorrichtung für Flüssigphasenreaktionen im kontinuierlichen Fluß in einem Rohr, gekennzeichnet dadurch, daß in dem Rohr ein drehbares Wendelband, dessen Außenradius nur wenig kleiner als der Innenradius des Rohres ist, angeordnet ist, wobei die Drehgeschwindigkeit des Wendelbandes näherungsweise dem Quotienten aus mittlerer linearer Strömungsgeschwindigkeit der Reaktionsmasse und Wendelgangweite entspricht.
2. Vorrichtung nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß das Material, aus dem das Wendelband gefertigt ist, im Querschnitt hohl ausgebildet ist und von Kühl- oder Heizflüssigkeit durchströmt wird.
3. Vorrichtung nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß zusätzlich zum Wendelband eine zentrisch gelagerte, unabhängig von dem Wendelband drehbare Welle mit quer zur Strömungsrichtung aufgebrachten Rotationskörpern in dem Rohr angeordnet ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen



