



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 657 281 A5

⑤① Int. Cl.4: B 01 F 3/04

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳① Gesuchsnummer: 7470/82

㉔② Anmeldungsdatum: 21.12.1982

㉔③ Priorität(en): 22.12.1981 HU 3901/81

㉔④ Patent erteilt: 29.08.1986

㉔⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 29.08.1986

㉔⑦③ Inhaber:
Központi Valto- és Hitelbank Rt., Budapest X
(HU)

㉔⑦② Erfinder:
Kenyeres, Istvan, Budapest (HU)
Koch, Lehel, Budapest (HU)

㉔⑦④ Vertreter:
Patentanwälte, Schaad, Balass, Sandmeier, Alder,
Zürich

⑤④ Verfahren zum Inberührungbringen von Flüssigkeiten mit Gasen.

⑤⑦ Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zum Inberührungbringen von Flüssigkeiten mit Gasen durch Einleiten eines kohärenten Flüssigkeitsstrahles mit hoher Geschwindigkeit über eine Düse durch die Gas-schicht in die Flüssigkeit, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass das Herausleiten des Flüssigkeitsstrahles aus der Düse mit einer Geschwindigkeit von 20 bis 38 m/Sekunde und einer Reynoldsen Zahl von mindestens 400 000 durchgeführt wird und die freie Weglänge des Flüssigkeitsstrahles auf einem Wert von mindestens dem 15-fachen des Durchmessers des Flüssigkeitsstrahles gehalten wird.

Dieses Verfahren ermöglicht einfach und mit geringem Aufwand das Inberührungbringen von Flüssigkeiten mit Gasen bei erhöhter Stofftransportgeschwindigkeit und wenig Energie.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Inberührungbringen von Flüssigkeiten mit Gasen durch Einleiten eines kohärenten Flüssigkeitsstrahles mit hoher Geschwindigkeit über eine Düse durch die Gasschicht in die Flüssigkeit, dadurch gekennzeichnet, dass man das Herausleiten des Flüssigkeitsstrahles aus der Düse mit einer Geschwindigkeit von 20 bis 38 m/sek und einer Reynoldsschen Zahl von mindestens 400 000 durchführt und die freie Weglänge des Flüssigkeitsstrahles auf einem Wert von mindestens dem 15-fachen des Durchmessers des Flüssigkeitsstrahles hält.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man das Herausleiten des Flüssigkeitsstrahles aus der Düse mit einer Geschwindigkeit von 24 bis 28 m/sek durchführt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass man die freie Weglänge des Flüssigkeitsstrahles auf einem Wert vom 20-fachen bis 25-fachen des Durchmessers des Flüssigkeitsstrahles hält.

Die Erfindung betrifft ein neues Verfahren zum Inberührungbringen von Flüssigkeiten mit Gasen durch Einleiten eines kohärenten Flüssigkeitsstrahles mit hoher Geschwindigkeit über eine Düse durch die Gasschicht in die Flüssigkeit.

In den letzten Jahren nahm, in erster Linie infolge der zunehmenden Abwasserreinigungsaufgaben und der Entwicklung der biologischen Verfahrenstechnik beziehungsweise Technologie, die Nachfrage nach solchen neuen Verfahren zum Inberührungbringen von Gasen und Flüssigkeiten, welche im Gegensatz zur früher allgemeinen Verwendung von Mischreaktionsvorrichtungen die Anforderungen an die Zunahme des Volumens der für sie verwendeten Einrichtungen sowie die Verringerung des spezifischen Einrichtungs- und Energieaufwandes und der Reaktions- beziehungsweise Verweilzeit wirtschaftlich erfüllen, ausserordentlich zu. Diese Anforderung erfüllt in der Praxis kein einziges bekanntes Verfahren.

Von Schügerl K. [Chem.-Ing. Tech. 52 (1980), 951 bis 965] wurde ein guter Überblick über die bekannten Lösungen gegeben. Danach können die bekannten Einrichtungen zum Inberührungbringen von Gasen und Flüssigkeiten nach der Art der Energiezufuhr in folgende Gruppen unterteilt werden: Mechanische Systeme, Kompressorsysteme und Pumpensysteme sowie deren Kombinationen.

Der Vergleich der verschiedenen Systeme zum Inberührungbringen von Gasen und Flüssigkeiten erfolgt in der Praxis aufgrund der Stofftransportgeschwindigkeit, des spezifischen Energiebedarfes der Materialabgabe und der Viskositätsabhängigkeit dieser beiden Faktoren. Über die bekannten Systeme kann allgemein gesagt werden, dass sie bei Flüssigkeiten hoher Viskosität nicht dafür geeignet sind, den Anforderungen an eine hohe Stofftransportgeschwindigkeit und an einen minimalen Energiebedarf gleichzeitig zu genügen.

Bei den meisten der auf dem Inberührungbringen von Gasen und Flüssigkeiten beruhenden Systeme ist die Geschwindigkeit des Stofftransportes zwischen der Gasphase und der Flüssigkeitsphase der langsamste Vorgang und von diesem wird auch die Zeitdauer der übrigen Reaktion bestimmt. Die Erhöhung der Stofftransportgeschwindigkeit ermöglicht ein bedeutendes Verringern der Reaktionszeit, in zahlreichen Fällen zusammen mit einem Vermindern des Betriebsvolumens. Wenn die durch das Erhöhen der Stofftransportgeschwindigkeit ermöglichte Konzentrationserhöhung mit einer Viskositätsvergrößerung einhergeht ist es sehr wichtig, dass der Betrieb des Systemes nur in geringem Masse von der Viskosität der Flüssigkeitsphase abhängt. Dieser Anforderung genügen die bekannten Systeme im allgemeinen nicht.

Innerhalb der mit einer Pumpe arbeitenden bekannten Systeme wird immer häufiger ein eintauchender Flüssigkeits-

strahl (Tauchstrahl) oder auftreffender Flüssigkeitsstrahl eingesetzt. Charakteristisch für die Systeme, bei welchen diese Lösung angewandt wird, ist, dass das Gas mit Hilfe eines von oben in die Flüssigkeit eintretenden Flüssigkeitsstrahles durch das Zirkulieren beziehungsweise Umlaufen der Flüssigkeit eingebracht wird. Es sind 2 Arten von solchen Systemen bekannt:

a) Das Einsaugen des Gases erfolgt mit einer Flüssigkeitsstrahlpumpe; in diesem Falle wird das Gas im Flüssigkeitsstrahl noch vor dem Auftreffen auf die Flüssigkeit dispergiert (DDR-Patentschrift 56 763).

b) Das Gas wird infolge der Oberflächenrauigkeit des durch die Gasschicht geleiteten freien kohärenten Flüssigkeitsstrahles auf mechanischem Weg in die Flüssigkeit eingebracht; in diesem Falle erfolgt das primäre Dispergieren des Gases nach dem Auftreffen auf die Flüssigkeit [Schügerl K., Chem.-Ing. Tech. 52 (1980), 956].

Der grundlegende Mangel der das letzte Prinzip anwendenden bekannten Verfahren besteht darin, dass durch das Steigen der Geschwindigkeit des Flüssigkeitsstrahles die Menge des mit 1 Energieeinheit in der Flüssigkeit lösbaren Gases stark abnimmt [van de Sande, E. und Smith, J. M.: Chem. Eng. J. 10 (1975), 225 bis 233, Abbildung 6], die Eindringtiefe des Flüssigkeitsstrahles im Bereich der energetisch günstigen niedrigen Flüssigkeitsstrahlgeschwindigkeiten (unter 5 m/sek) hingegen so klein ist, dass dadurch die praktische, insbesondere grosstechnische beziehungsweise grossindustrielle, Verwendung stark eingeschränkt wird [Chem. Eng. J. 10 (1975), 231]. Dieser Tatsache ist zuzuschreiben, dass der Wirkungsgrad solcher in der Praxis verwirklichten Verfahren niedriger als der mit Einrichtungen zum Inberührungbringen von Gasen und Flüssigkeiten von anderem Typ arbeitenden ist [Chem. Ing. Tech. 52 (1980), 951 bis 965, Tabelle 11].

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, unter Behebung der Nachteile der Verfahren des Standes der Technik ein Verfahren zum Inberührungbringen von Flüssigkeiten mit Gasen durch Einleiten eines kohärenten Flüssigkeitsstrahles mit hoher Geschwindigkeit über eine Düse durch die Gasschicht in die Flüssigkeit, durch welches das Inberührungbringen von Gasen und Flüssigkeiten einfach und mit wenig Aufwand mit erhöhter Stofftransportgeschwindigkeit und weniger Energie als bisher erzielt werden kann, zu schaffen.

Die Erfindung beruht auf der überraschenden Feststellung, dass sich der Wirkungsgrad und die Eigenschaften des Systemes sprunghaft bessern, wenn die Flüssigkeitsstrahlgeschwindigkeit den Wert von 20 m/sek erreicht oder übersteigt und die Reynoldssche Zahl des Flüssigkeitsstrahles beim Austritt aus der Düse den Wert von 400 000 erreicht oder übersteigt. Diese Feststellung ist überraschend, weil aufgrund des bekannten Zusammenhanges zwischen der Flüssigkeitsstrahlgeschwindigkeit und dem spezifischen Gaslösen zu erwarten war, dass bei solchen Werten der Flüssigkeitsstrahlgeschwindigkeit die Menge des lösbaren Gases nicht zunehmen, sondern abnehmen würde.

Ferner beruht die Erfindung auf der überraschenden Feststellung, dass die Menge des je Energieeinheit lösbaren Gases weiter erhöht werden kann, wenn die freie Weglänge des kohärenten Flüssigkeitsstrahles das 15-fache des Durchmessers des Flüssigkeitsstrahles erreicht oder übersteigt.

Gegenstand der Erfindung ist daher ein Verfahren zum Inberührungbringen von Flüssigkeiten mit Gasen durch Einleiten eines kohärenten Flüssigkeitsstrahles mit hoher Geschwindigkeit über eine Düse durch die Gasschicht in die Flüssigkeit, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass das Herausleiten des Flüssigkeitsstrahles aus der Düse mit einer Geschwindigkeit von 20 bis 38 m/sek und einer Reynoldsschen Zahl von mindestens 400 000 durchgeführt wird und die freie Weglänge des Flüssigkeitsstrahles auf einem Wert von mindestens dem 15-fachen des Durchmessers des Flüssigkeitsstrahles gehalten wird.

Vorteilhaft wird das Herausleiten des Flüssigkeitsstrahles aus der Düse mit einer Geschwindigkeit von 24 bis 28 m/sek durchgeführt.

Ferner ist es vorteilhaft, die freie Weglänge des Flüssigkeitsstrahles auf einem Wert vom 20-fachen bis 25-fachen des Durchmessers des Flüssigkeitsstrahles zu halten.

Das erfindungsgemässe Verfahren kann in einem ausserordentlich weiten Bereich zum intensiven Inberührungbringen der unterschiedlichsten Flüssigkeiten, zum Beispiel Lösungen oder Suspensionen, und Gase oder Gasgemische angewandt werden. Als Beispiele seien die Anwendung bei der aeroben Gärung beziehungsweise Fermentation, bei der aeroben biologischen Abwasserreinigung, beim Belüften von Fischteichen, bei katalytischen Gas/Flüssigkeits-Reaktionen, wie bei der katalytischen Hydrierung sowie bei der Reinigung durch Gasabsorption erwähnt.

Die wichtigsten Vorteile des erfindungsgemässen Verfahrens sind wie folgt:

A) Im Vergleich zu den bekannten Verfahren kann eine bedeutende Erhöhung der Stofftransportgeschwindigkeit erzielt werden. Aus der Luft wird das Lösen einer Gasmenge von 50 bis 55 kg O₂/m³·Stunde ermöglicht, was das Mehrfache der Sauerstoffmenge, die mit den bisherigen Verfahren gelöst werden konnte, ist.

B) Die hohe Stofftransportgeschwindigkeit ermöglicht eine bedeutende Verringerung des Volumens der Reaktionsvorrichtung und eine proportionale Erhöhung der Konzentration des Produktes.

C) Ein vorteilhafter spezifischer Energieverbrauch wird ermöglicht; zum Lösen von 1 kg O₂ sind 0,17 bis 0,38 kWh Energie erforderlich.

D) Der Stofftransport ist in einem weiten Bereich von der Viskosität der Flüssigkeit praktisch unabhängig.

E) Eine ausserordentlich gute Gasausnutzung wird ermöglicht, wodurch die gleiche Stofftransportgeschwindigkeit mit wesentlich geringerem Gasrückhalten und dementsprechend besserer Volumenausnutzung erreicht werden kann.

F) Das erfindungsgemässe Verfahren kann in einer ausserordentlich einfachen Einrichtung mit niedrigem Investitions- und Wartungsaufwand durchgeführt werden. Eine Vergrösserung der Abmessungen der Einrichtung kann durch gleichzeitiges Senken des spezifischen Energieverbrauchs der Materialabgabe gelöst werden.

Im erfindungsgemässen Verfahren kann jeder für die Herstellung eines kohärenten Flüssigkeitsstrahles geeignete bekannte Düsentyp verwendet werden. Um die Strömungsverluste zu senken, ist es vorteilhaft, ein bei Pelton-Turbinen angewandtes sogenanntes «Strahlrohr» mit Paraboloid/Hyperboloid-Profil zu verwenden.

Die Erfindung wird anhand der folgenden Beispiele näher erläutert.

Beispiel 1

Es wurde in einen 2,5 m hohen Behälter mit einem Durchmesser von 0,45 m 0,2 m³ einer 0,5 m Natriumsulfitlösung eingeleitet und in Gegenwart von 0,001 Mol/l Kobaltsulfat-Katalysator durch eine Düse mit einem Durchmesser von 0,02 m zirkulieren gelassen. Mit Hilfe eines Flüssigkeitsstrahles mit einer Geschwindigkeit von 22,5 m/sek (Reynoldssche Zahl: 450 000) und einer freien Weglänge von 0,4 m ergab sich für die Lösungsgeschwindigkeit des Sauerstoffes aus Luft unter Atmosphärendruck mit der auf der Oxydation von Natriumsulfit beruhenden Messverfahrensweise [Linek V. und Vacek V., Chem. Eng. Sci. 36 (1981), 1747 bis 1768] ein Wert von 49,2 kg O₂/m³·Stunde. Dies entspricht einem spezifischen Energiebedarf von 0,18 kWh/kg O₂.

Beispiel 2

Es wurde wie im Beispiel 1 beschrieben vorgegangen, jedoch mit dem Unterschied, dass ein Flüssigkeitsstrahl mit einer Geschwindigkeit von 34,8 m/sek (Reynoldssche Zahl: 556 000) und eine Düse mit einem Durchmesser von 0,016 m verwendet wurde. Die Geschwindigkeit des Sauerstofflösens betrug 55,0 kg O₂/m³·Stunde, was einem spezifischen Energiebedarf von 0,38 kWh/kg O₂ entspricht.

Beispiel 3

Es wurden 2,5 m³ einer 0,5 m Natriumsulfitlösung, die sich in einem 6,5 m hohen Behälter mit einem Durchmesser von 1 m befand, in Gegenwart von 0,001 Mol/l Kobaltsulfat-Katalysator wie im Beispiel 1 durch eine Düse mit einem Durchmesser von 0,06 m zirkulieren gelassen. Die freie Weglänge des Flüssigkeitsstrahles betrug 0,9 m und seine Geschwindigkeit war 25,4 m/sek (Reynoldssche Zahl: 1 524 000). Die Geschwindigkeit des Sauerstofflösens betrug 54,5 kg O₂/m³·Stunde, was einem spezifischen Energiebedarf von 0,17 kWh/kg O₂ entspricht.

POOR QUALITY