

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. März 2008 (27.03.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/034836 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/059870

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. September 2007 (19.09.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
06120886.4 19. September 2006 (19.09.2006) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **BASF AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];
67056 Ludwigshafen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SEIDEMANN,**

Lothar [DE/DE]; Gartenfeldstr. 10, 68169 Mannheim
(DE). **KARCHES, Martin** [DE/DE]; Erfensteinstr. 12,
67434 Neustadt (DE). **STÜTZER, Dieter** [DE/DE];
Carl-Zimmermann-Str. 21, 67373 Dudenhofen (DE).
SESING, Martin [DE/DE]; Ostpreussenstr. 7, 67165
Waldsee (DE). **SCHUBERT, Olga** [RU/DE]; Alwin-Mit-
tasch-Platz 11, 67063 Ludwigshafen (DE). **URTEL,**
Heiko [DE/DE]; Mollstr. 49A, 68165 Mannheim (DE).

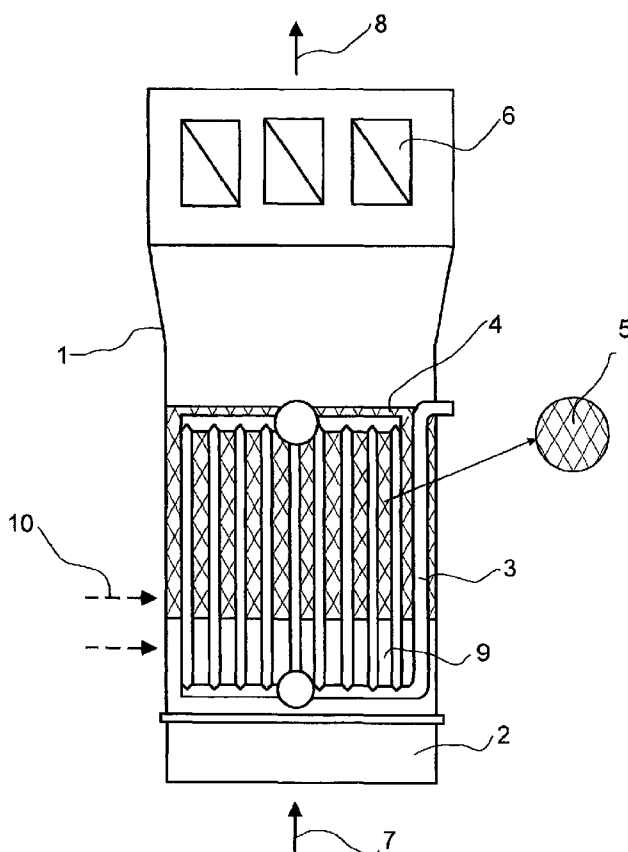
(74) **Anwalt: ISENBRUCK, Günter; ISENBRUCK BÖSL**
HÖRSCHLER WICHMANN HUHNTheodor-Heuss-An-
lage 12, 68165 Mannheim (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für**
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE,
EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID,
IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING CHLORINE IN A FLUIDIZED BED REACTOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON CHLOR IN EINEM WIRBELSCHICHTREAKTOR



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing chlorine in a fluidized bed reactor, a gaseous reaction mixture containing hydrogen chloride and oxygen flowing from the bottom to the top of a heterogeneous particulate catalyst that forms a fluidized bed. The invention is characterized in that said fluidized bed comprises insertion elements which divide the fluidized bed into a plurality of horizontal and vertical cells arranged in the fluidized bed reactor, the walls of said cells being permeable to gas and having openings for ensuring the exchange of particles of the heterogeneous particulate catalyst in the vertical direction in the range of between 1 and 100 liter(s)/hour per liter of reactor volume.

(57) **Zusammenfassung:** Vorgeschlagen wird ein Verfahren zur Herstellung von Chlor in einem Wirbelschichtreaktor, wobei ein gasförmiges Reaktionsgemisch, enthaltend Chlorwasserstoff und Sauerstoff, einen heterogenen partikelförmigen, die Wirbelschicht ausbildenden Katalysator von unten nach oben durchströmt, das dadurch gekennzeichnet ist, dass in der Wirbelschicht Einbauten angeordnet sind, die die Wirbelschicht in eine Mehrzahl von horizontal sowie eine Mehrzahl von vertikal im Wirbelschichtreaktor angeordneten Zellen aufteilen, mit Zellwänden, die gasdurchlässig sind und die Öffnungen aufweisen, die eine Austauschzahl des heterogenen, partikelförmigen Katalysators in vertikaler Richtung im Bereich von 1 bis 100 Litern/Stunde pro Liter Reaktorvolumen gewährleisten.

WO 2008/034836 A2



LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Verfahren zur Herstellung von Chlor in einem Wirbelschichtreaktor

Beschreibung

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Chlor nach dem Deacon-Verfahren in einem Wirbelschichtreaktor, wobei ein gasförmiges Reaktionsgemisch, enthaltend Chlorwasserstoff und Sauerstoff, über einen heterogenen, partikelförmigen, eine Wirbelschicht ausbildenden Katalysator von unten nach oben geleitet wird.
- 10 Als Deacon-Verfahren bezeichnet man in bekannter Weise das vom englischen Chemiker Henry Deacon im Jahre 1868 zum Patent angemeldete Verfahren zur Herstellung von Chlor durch Oxidation von Chlorwasserstoff mit Sauerstoff. Die Reaktion ist exotherm, mit einer Reaktionsenthalpie von -114,8 kJ/mol, und ist eine Gleichgewichtsreaktion, d. h. die Umsetzung verläuft nicht vollständig, wobei der Gleichgewichtsumsatz mit steigender Temperatur abnimmt. Um eine für industrielle Anwendungen ausreichend hohe Reaktionsgeschwindigkeit zu gewährleisten, ist es jedoch erforderlich, die Reaktionstemperatur auf mindestens 450 °C zu erhöhen. Bei diesen Temperaturen sind die von Deacon gefundenen Katalysatoren auf der Basis von Kupfer jedoch nicht stabil.
- 20 Es gab daher zahlreiche Weiterentwicklungen, insbesondere für Katalysatoren mit hoher Aktivität bei möglichst niedriger Temperatur. Hierzu zählen beispielsweise Katalysatoren auf der Basis von Chrom, erhalten durch Kalzinieren einer Verbindung, die ihrerseits durch Reaktion von Chromnitrat, Chromchlorid und dem Chromsalz einer organischen Säure mit Ammoniak oder durch Kalzinieren der Mischung der Verbindung und einer Siliziumverbindung, vorzugsweise bei einer Temperatur unterhalb von 800 °C, erhalten wird, wie in US 4,828,815 beschrieben.
- 30 Andere, bei niedrigen Temperaturen effektive Katalysatoren basieren auf Rutheniumverbindungen, insbesondere Rutheniumchlorid, bevorzugt aus einem Träger, wie beispielsweise in GB-B 1,046,313 beschrieben. Weitere Ruthenium-basierte Katalysatoren für das Deacon-Verfahren sind Rutheniumoxid-Trägerkatalysatoren oder Trägerkatalysatoren des Rutheniummischoxid-Typs, wobei der Gehalt an Rutheniumoxid 0,1 bis 20 Gew.-% beträgt und der mittlere Teilchendurchmesser von Rutheniumoxid 1,0 bis 35 10,0 nm, entsprechend der DE-A 197 48 299.
- Der Einsatz eines Wirbelschichtreaktors zur Durchführung der Deacon-Reaktion unter Verwendung von geträgerten Kupferverbindungen als Katalysator ist in J.T. Quant et al.: The Shell Chlorine Process, erschienen in The Chemical Engineer, July/August 40 1963, pages CE 224 – CE 232, beschrieben.

Es war demgegenüber Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Durchführung des Deacon-Verfahrens in einem Wirbelschichtreaktor zur Verfügung zu stellen, wonach eine verbesserte Ausbeute und Selektivität erreicht werden kann.

5

Die Lösung besteht in einem Verfahren zur Herstellung von Chlor in einem Wirbelschichtreaktor, wobei ein gasförmiges Reaktionsgemisch, enthaltend Chlorwasserstoff und Sauerstoff, einen heterogenen partikelförmigen, eine Wirbelschicht ausbildenden Katalysator von unten nach oben durchströmt, das dadurch gekennzeichnet ist, dass in
10 der Wirbelschicht Einbauten angeordnet sind, die die Wirbelschicht in eine Mehrzahl von horizontal sowie eine Mehrzahl von vertikal im Wirbelschichtreaktor angeordneten Zellen aufteilen, mit Zellwänden, die gasdurchlässig sind und die Öffnungen aufweisen, die eine Austauschzahl des heterogenen, partikelförmigen Katalysators in vertikaler Richtung im Bereich von 1 bis 100 Litern/Stunde pro Liter Reaktorvolumen gewährleisten.
15 ten.

Der erfindungsgemäß eingesetzte Wirbelschichtreaktor weist, insbesondere bezüglich der Verweilzeit-Eigenschaften verbesserte Einbauten auf, wobei der heterogene partikelförmige Katalysator deutlich länger, um ca. 2 Zehnerpotenzen oder länger im Vergleich zur Gasströmung lokal verweilt. Dadurch wird der Stoffübergang verbessert und somit der Umsatz erhöht.
20

Es wurde gefunden, dass es wesentlich ist, die Wirbelschicht mittels Einbauten sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung in Zellen aufzuteilen, das heißt in von
25 Zellwänden umschlossene Hohlräume, wobei die Zellwände gasdurchlässig sind und Öffnungen aufweisen, die in vertikaler Richtung im Wirbelschichtreaktor einen Feststoffaustausch erlauben. Darüber hinaus können in den Zellwänden Öffnungen vorgesehen sein, die einen Feststoffaustausch in horizontaler Richtung erlauben. Der heterogene partikelförmige Katalysator kann sich somit zwar in vertikaler Richtung und gegebenenfalls auch in horizontaler Richtung durch den Wirbelschichtreaktor bewegen,
30 er wird aber in den einzelnen Zellen im Vergleich zu einer Wirbelschicht ohne dieselben zurückgehalten, wobei die oben definierten Austauschzahlen gewährleistet werden.

Die Austauschzahl wird durch den Einsatz von radioaktiv markierten Feststoff-Tracer-Partikeln bestimmt, die in das wirbelnde Reaktionssystem eingegeben werden, wie beispielsweise in: G. Reed "Radioisotope techniques for problem-solving in industrial process plants", Chapter 9 ("Measurement of residence times and residence-time distribution"), p. 112-137, (J.S. Charlton, ed.), Leonard Hill, Glasgow and London 1986,
35 (ISBN 0-249-44171-3), beschrieben. Über die Aufnahme von Zeit und Ort dieser radioaktiv markierten Partikel kann die Feststoffbewegung lokal bestimmt und die Aus-
40

tauschzahl abgeleitet werden (G. Reed in: "Radioisotope techniques for problem-solving in industrial process plants", Chapter 11 ("Miscellaneous radiotracer applications", 11.1. "Mixing and blending studies"), p. 167-176, (J. S. Charlton, ed.), Leonard Hill, Glasgow and London 1986, (ISBN 0-249-44171-3).

5

Durch die gezielte Auswahl der Geometrie der Zellen kann die Verweilzeit des heterogenen partikelförmigen Katalysators in denselben an die Charakteristik der jeweils durchzuführenden Reaktion angepasst werden.

- 10 Durch die Reihenschaltung einer Mehrzahl, das heißt insbesondere von 0 bis 100 Zellen oder auch von 10 bis 50 Zellen pro Meter Betthöhe, das heißt in vertikaler Richtung, in Richtung der Gasströmung von unten nach oben durch den Reaktor, wird die Rückvermischung begrenzt und damit die Selektivität und der Umsatz verbessert. Durch die zusätzliche Anordnung einer Mehrzahl von, das heißt von 10 bis 100 Zellen
15 oder auch von 10 bis 50 Zellen pro Meter in horizontaler Richtung im Wirbelschichtreaktor, das heißt von Zellen, die parallel oder in Serie vom Reaktionsgemisch durchströmt werden, kann die Kapazität des Reaktors nach Bedarf angepasst werden. Die Kapazität des erfindungsgemäßen Reaktors ist somit nicht begrenzt und kann dem konkreten Bedarf angepasst werden, beispielsweise auch für Reaktionen im großtech-
20 nischen Maßstab.

- Indem die Zellen Hohlräume umschließen, die den partikelförmigen heterogenen Katalysator aufnehmen, nimmt das Zellmaterial selbst nur einen begrenzten Teil des Querschnitts des Wirbelbettreaktors ein, insbesondere von nur etwa 1 bis 10 % der Querschnittsfläche des Wirbelschichtreaktors, und führt daher nicht zu den bei den Einbauten aus dem Stand der Technik bekannten, mit einer erhöhten Querschnittsbelegung verbundenen Nachteilen.
- 25

- Der im erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzte Wirbelschichtreaktor wird, wie üblich, von unten über einen Gasverteiler mit den gasförmigen Einsatzstoffen beaufschlagt. Beim Passieren der Reaktionszone werden die gasförmigen Einsatzstoffe an dem heterogenen partikelförmigen Katalysator, der durch die Gasströmung zum Wirbeln angeregt wird, partiell umgesetzt. Die partiell umgesetzten Einsatzstoffe strömen in die nächste Zelle, wo dieselben weiter partiell umgesetzt werden.
- 30

35

Oberhalb der Reaktionszone ist eine Feststoffabscheidevorrichtung vorgesehen, die mitgeführten Katalysator von der Gasphase trennt. Das umgesetzte Produkt verlässt den erfindungsgemäßen Wirbelschichtreaktor am oberen Ende desselben feststofffrei.

- 40 Darüber hinaus kann der erfindungsgemäß eingesetzte Wirbelschichtreaktor sowohl von unten als auch von der Seite zusätzlich mit flüssigen Edukten beaufschlagt wer-

den. Diese müssen jedoch direkt an ihrer Zugabestelle verdampfen können, um die Wirbelfähigkeit des Katalysators zu gewährleisten.

5 Als Katalysatoren können die bekannten heterogenen, partikelförmigen, geträgerten oder ungeträgerten Katalysatoren für das Deacon-Verfahren eingesetzt werden, insbesondere Katalysatoren enthaltend eine oder mehrere Ruthenium-, Kupfer- oder Chromverbindungen.

10 Die Zellen sind in ihrer Geometrie nicht eingeschränkt; es kann sich beispielsweise um Zellen mit runden Wänden, insbesondere Hohlkugeln, oder auch um Zellen mit eckigen Wänden handeln. Bei einer eckigen Ausbildung der Wände ist bevorzugt, dass die Zelle nicht mehr als 50 Ecken aufweisen, vorzugsweise nicht mehr als 30 und insbesondere nicht mehr als 10 Ecken.

15 Die Zellwände in den Zellen der Einbauten sind gasdurchlässig ausgebildet, um durch ein Durchströmen der Gasphase durch die Zellen das Wirbeln des heterogenen partikelförmigen Katalysators zu gewährleisten. Hierzu können die Zellwände aus einem Siebgewebe gebildet sein oder auch aus flächenförmigen Materialien, die beispielsweise runde oder auch anders geformte Löcher aufweisen.

20 Hierbei beträgt die mittlere Maschenweite der eingesetzten Siebgewebe oder die bevorzugte Weite der Löcher in den Zellwänden insbesondere zwischen 50 und 1 mm, weiter bevorzugt zwischen 10 und 1 mm und besonders bevorzugt zwischen 5 und 1 mm.

25 Besonders bevorzugt werden als Einbauten in die Wirbelschicht Kreuzkanalpackungen eingesetzt, das heißt Packungen mit in vertikaler Richtung im Wirbelbettreaktor parallel zueinander angeordneten geknickten gasdurchlässigen Metallblechen, Streckmetall- oder Gewebelagen, mit Knickkanten, die Knickflächen mit einem von Null verschiedenen Neigungswinkel zur Vertikalen ausbilden, und wobei die Knickflächen aufeinander
30 folgender Metallbleche, Streckmetall- oder Gewebelagen den gleichen Neigungswinkel, jedoch mit umgekehrtem Vorzeichen aufweisen und dadurch Zellen ausbilden, die in vertikaler Richtung durch Engstellen zwischen den Knickkanten begrenzt werden.

35 Beispiele für Kreuzkanalpackungen sind die Packungen der Typen Mellpack®, CY oder BX der Fa. Sulzer AG, CH-8404 Winterthur oder die Typen A3, BSH, B1 oder M der Fa. Monz GmbH, D-40723 Hilden.

40 In den Kreuzkanalpackungen bilden sich in vertikaler Richtung zwischen zwei jeweils aufeinander folgenden Metallblechen, Streckmetall- oder Gewebelagen, durch die ge-

knickte Strukturierung derselben, Hohlräume, das heißt Zellen aus, die durch Engstellen zwischen den Knickkanten begrenzt werden.

5 Der mittlere hydraulische Durchmesser der Zellen, bestimmt mittels radioaktiver Tracertechnik, und die beispielsweise vorstehend in Verbindung mit der Bestimmung der Austauschzahl angegebenen Literaturstelle beschrieben ist, liegt bevorzugt im Bereich zwischen 500 und 1 mm, weiter bevorzugt zwischen 100 und 5 mm und besonders bevorzugt zwischen 50 und 5 mm.

10 Hierbei wird als hydraulischer Durchmesser in bekannter Weise die vierfache horizontale Querschnittsfläche der Zelle, dividiert durch den von oben betrachteten Umfang der Zelle, definiert.

15 Die mittlere Höhe der Zellen, gemessen in vertikaler Richtung im Wirbelbettreaktor mittels radioaktiver Tracertechnik, beträgt vorzugsweise zwischen 100 und 1 mm, weiter bevorzugt zwischen 100 und 3 mm und besonders bevorzugt zwischen 40 und 5 mm.

20 Die obigen Kreuzkanalpackungen belegen nur einen geringen Teil der Querschnittsfläche des Wirbelschichtreaktors, insbesondere einen Anteil von etwa 1 bis 10 % derselben.

25 Bevorzugt liegen die Neigungswinkel der Knickflächen zur Vertikalen im Bereich von 10 bis 80°, insbesondere zwischen 20 und 70°, besonders bevorzugt zwischen 30 und 60°.

30 Die Knickflächen in den Metallblechen, Streckmetall- oder Gewebelagen weisen bevorzugt eine Knickhöhe im Bereich zwischen 100 und 3 mm, besonders bevorzugt zwischen 40 und 5 mm, und einen Abstand der Engstellen zwischen den Knickkanten im Bereich zwischen 50 und 2 mm, besonders bevorzugt zwischen 20 und 3 mm, auf.

35 In die Zellen bildenden Einbauten können für eine gezielte Steuerung der Reaktionstemperatur Wärmeübertrager zwecks Zuführung von Wärme bei endothermen Reaktionen oder Abfuhr von Wärme bei exothermen Reaktionen eingebaut werden. Die Wärmeübertrager können beispielsweise plattenförmig oder rohrförmig ausgebildet sein und im Wirbelschichtreaktor vertikal, horizontal oder geneigt angeordnet sein.

40 Die Wärmeübertragungsflächen können auf die konkrete Reaktion abgestimmt werden; dadurch kann jede Reaktion wärmetechnisch mit dem erfindungsgemäßen Reaktorkonzept realisiert werden.

Die Zellen bildenden Einbauten werden bevorzugt aus Werkstoffen mit sehr guter Wärmeleitfähigkeit hergestellt, so dass der Wärmetransport über die Zellwände nicht behindert wird. Somit entsprechen die Wärmeübergangseigenschaften des erfindungsgemäßen Reaktors denjenigen eines herkömmlichen Wirbelschichtreaktors.

5

Die Werkstoffe für die Zellen bildenden Einbauten sollen darüber hinaus eine ausreichende Stabilität unter Reaktionsbedingungen aufweisen; insbesondere ist neben der Beständigkeit gegenüber chemischen und thermischen Belastungen auch die Beständigkeit des Werkstoffs gegenüber mechanischem Angriff durch den wirbelnden Katalysator zu beachten.

10

Aufgrund der einfachen Bearbeitbarkeit derselben sind Metall-, Keramik-, Polymer- oder Glaswerkstoffe besonders geeignet.

15 Die Einbauten sind bevorzugt dergestalt ausgebildet, dass sie 10 bis 90 Vol.-% der Wirbelschicht in Zellen unterteilen.

Hierbei ist bevorzugt der untere Bereich der Wirbelschicht in Durchströmungsrichtung des gasförmigen Reaktionsgemisches von Einbauten frei.

20

Besonders bevorzugt sind die Einbauten, die die Wirbelschicht in Zellen aufteilen, oberhalb der Wärmeübertrager angeordnet. Dadurch kann insbesondere der Restumsatz erhöht werden.

25 Durch die begrenzte Querschnittsbelegung durch die Zellen bildenden Einbauten weist der erfindungsgemäße Reaktor keine Nachteile hinsichtlich Entmischung und Austragsneigung des wirbelnden partikelförmigen Katalysators auf.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand einer Zeichnung näher erläutert.

30

Es zeigen im Einzelnen:

Figur 1 die schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäß eingesetzten Wirbelschichtreaktors, und

35

Figur 2 die schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform von erfindungsgemäß eingesetzten Einbauten.

40 Der in Figur 1 dargestellte Wirbelschichtreaktor 1 umfasst eine feststofffreie Gasverteilerzone 2, Einbauten 3, die Zellen 4 ausbilden, mit einem Wärmeübertrager 5 im Bereich der Einbauten 3.

Oberhalb der Reaktionszone erweitert sich der Reaktor und weist mindestens einen Feststoffabscheider 6 auf. Der Pfeil 7 gibt die Zuführung der gasförmigen Einsatzstoffe und der Pfeil 8 die Abführung des gasförmigen Produktstromes an. Zusätzliche flüssigphasige Edukte können seitlich, über die gestrichelten Pfeile 9, zugegeben werden.

Figur 2 stellt eine bevorzugte Ausführungsform von erfindungsgemäßen Einbauten 3 in Form einer Kreuzkanalpackung dar, mit geknickten Metallblechen 10, die parallel zueinander in Längsrichtung angeordnet sind, mit Knickkanten 11, die das Metallblech 10 in Knickflächen 12 unterteilen und wobei zwei aufeinander folgende Metallbleche so angeordnet sind, dass sie den gleichen Neigungswinkel, jedoch mit umgekehrten Vorzeichen aufweisen und dabei Zellen 4 ausbilden, die in vertikaler Richtung durch Engstellen 13 begrenzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Chlor in einem Wirbelschichtreaktor, wobei ein gasförmiges Reaktionsgemisch, enthaltend Chlorwasserstoff und Sauerstoff, einen heterogenen partikelförmigen, die Wirbelschicht ausbildenden Katalysator von unten nach oben durchströmt, dadurch gekennzeichnet, dass in der Wirbelschicht Einbauten angeordnet sind, die die Wirbelschicht in eine Mehrzahl von horizontal sowie eine Mehrzahl von vertikal im Wirbelschichtreaktor angeordneten Zellen aufteilen, mit Zellwänden, die gasdurchlässig sind und die Öffnungen aufweisen, die eine Austauschzahl des heterogenen, partikelförmigen Katalysators in vertikaler Richtung im Bereich von 1 bis 100 Litern/Stunde pro Liter Reaktorvolumen gewährleisten.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als heterogener partikelförmiger Katalysator ein geträgerter oder ungeträgerter Katalysator, enthaltend eine oder mehrere Ruthenium-, Kupfer- oder Chromverbindungen, eingesetzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnungen in den Zellwänden der im Wirbelschichtreaktor angeordneten Zellen eine Austauschzahl des heterogenen partikelförmigen Katalysators in horizontaler Richtung im Bereich von 100 Litern/Stunde pro Liter Reaktorvolumen gewährleisten.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnungen in den Zellwänden der im Wirbelschichtreaktor angeordneten Zellen eine Austauschzahl des heterogenen partikelförmigen Katalysators in vertikaler Richtung im Bereich von 10 bis 50 Litern/Stunde pro Liter Reaktorvolumen und in horizontaler Richtung von 0 oder im Bereich von 10 bis 50 Litern/Stunde pro Liter Reaktorvolumen, gewährleisten.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Einbauten als Kreuzkanalpackung ausgebildet sind, mit in vertikaler Richtung im Wirbelbettreaktor parallel zueinander angeordneten geknickten gasdurchlässigen Metallblechen, Streckmetall- oder Gewebelagen, mit Knickkanten, die Knickflächen mit einem von Null verschiedenen Neigungswinkel zur Vertikalen ausbilden, und wobei die Knickflächen aufeinander folgender Metallbleche, Streckmetall- oder Gewebelagen den gleichen Neigungswinkel, jedoch mit umgekehrten Vorzeichen aufweisen und dadurch Zellen ausbilden, die in vertikaler Richtung durch Engstellen zwischen den Knickkanten begrenzt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Neigungswinkel der Knickflächen zur Vertikalen im Bereich von 10 bis 80°, bevorzugt zwischen 20 und 70°, besonders bevorzugt zwischen 30 und 60°, liegen.
- 5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Einbauten aus einer Schüttung von Hohlkugeln gebildet sind.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Zellen der Einbauten einen hydraulischen Durchmesser, gemessen mittels radioaktiver Tracertechnik, zwischen 100 und 5 mm, bevorzugt zwischen 50 und 5 mm, aufweisen.
- 10 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Zellen der Einbauten eine mittlere Höhe, gemessen in vertikaler Richtung im Wirbelbettreaktor mittels radioaktiver Tracertechnik, zwischen 100 und 3 mm, bevorzugt zwischen 40 und 5 mm, aufweisen.
- 15 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Knickflächen in den Metallblechen, Streckmetall- oder Gewebelagen eine Knickhöhe im Bereich zwischen 100 und 3 mm, besonders bevorzugt zwischen 40 und 5 mm, und der Abstand der Engstellen zwischen den Knickkanten Werte im Bereich zwischen 50 und 2 mm, besonders bevorzugt zwischen 20 und 3 mm, aufweist.
- 20 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass in die Einbauten Wärmeübertrager eingebracht sind.
12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeübertrager platten- oder rohrförmig ausgebildet sind.
- 30 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Einbauten aus Metall-, Keramik-, Polymer- oder Glaswerkstoffen gebildet sind.
- 35 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Einbauten 10 bis 90 Volumenprozent der Wirbelschicht in Zellen unterteilen.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der untere Bereich der Wirbelschicht in Durchströmungsrichtung des gasförmigen Reaktionsgemisches von Einbauten frei ist.
- 40

16. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Einbauten, die die Wirbelschicht in Zellen aufteilen, oberhalb der Wärmeübertrager angeordnet sind.

FIG.1

1/2

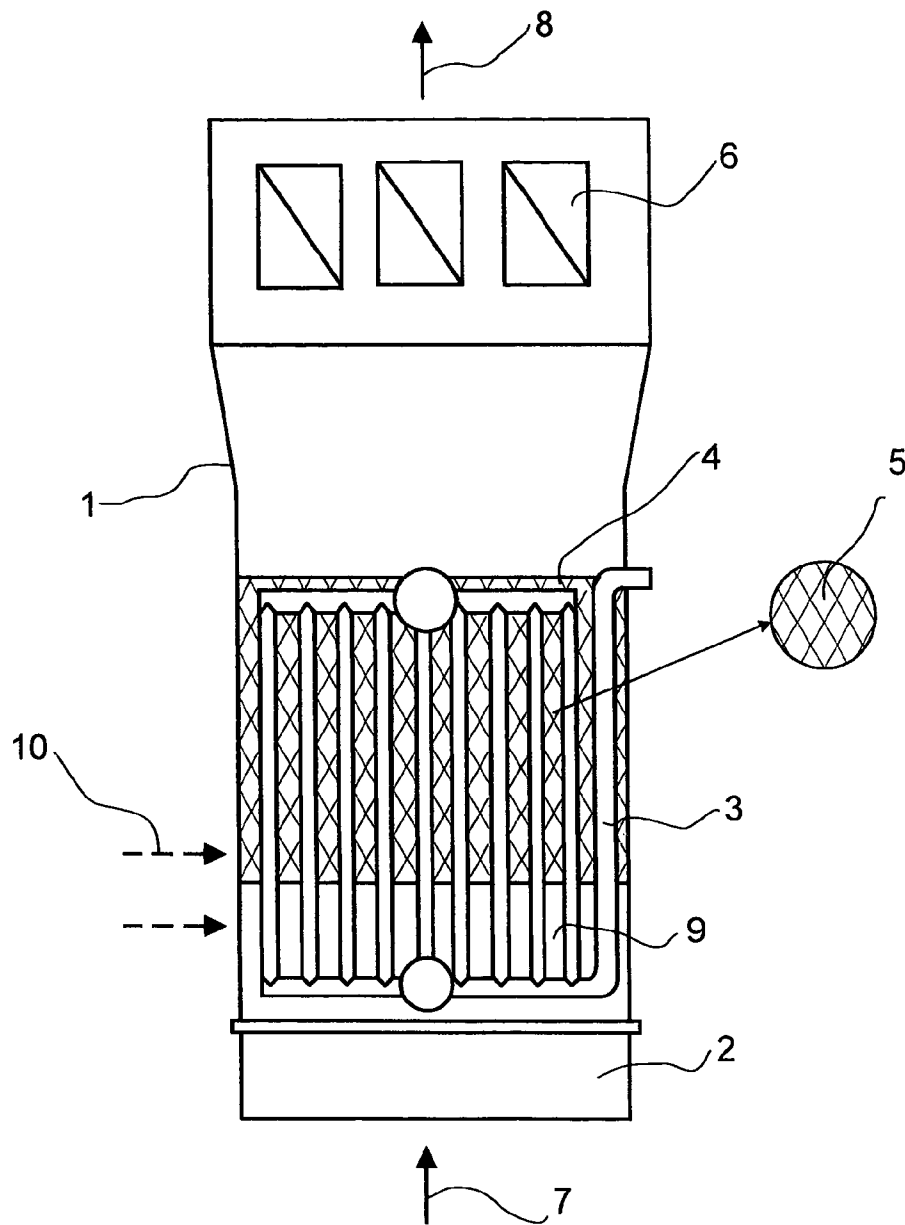


FIG.2

2/2

