

1

Reaktor zur Durchführung einer exothermen Reaktion in der Gasphase

Beschreibung

- 5 Die Erfindung geht aus von einem Reaktor zur Durchführung einer exothermen Reaktion in der Gasphase, umfassend einen Behälter mit einem Mantel aus einem metallischen Werkstoff.

10 Entsprechende Reaktoren finden zum Beispiel Einsatz bei Reaktionen, die bei erhöhten Temperaturen durchgeführt werden. Hierbei muss das Material, aus dem der Reaktor gefertigt wird so ausgewählt sein, dass dieses bei den Temperaturen, die im Inneren des Reaktors herrschen, stabil ist. Insbesondere bei korrosiven Medien ergibt sich zusätzlich das Problem, dass das Material durch die eingesetzten Medien angegriffen wird und aufgrund der hohen Temperaturen, bei denen die Reaktion durchgeführt wird, 15 eine zusätzliche Schwächung eintritt. Hierbei ist insbesondere zu berücksichtigen, dass der Mantel des Reaktors im Allgemeinen ein tragendes Teil ist, auf dem zusätzlich die Masse des Reaktors lastet.

20 Eine Reaktion, die bei erhöhter Temperatur mit korrosiven Medien durchgeführt wird, ist zum Beispiel die Oxidation von Schwefeldioxid zu Schwefeltrioxid.

Die derzeit für diese Oxidation eingesetzten Reaktoren werden üblicherweise aus Edelstahl gefertigt. Hier hat sich jedoch gezeigt, dass das Material aufgrund der bei der Oxidation auftretenden Temperaturen geschädigt wird, was zu einer Verringerung der 25 Zeitstandsfestigkeit und somit auch zu einer geringeren Lebensdauer des Reaktors führt. So unterliegen zum Beispiel die im Allgemeinen eingesetzten Edelstähle mit den Werkstoffnummern 1.4878 oder 1.4541 einer Zeitstandsschädigung bei Temperaturen von mehr als 560°C. Die Schädigung ergibt sich dabei aus einer Veränderung der mechanisch technologischen Werkstoffeigenschaften, die in Abhängigkeit vom Schädigungsfortschritt zum Versagen führen können. 30

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, einen Reaktor bereitzustellen, der gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Reaktoren bei der Durchführung einer exothermen Reaktion in der Gasphase eine erhöhte Standzeit aufweist beziehungsweise höhere Gasphasentemperaturen zulässt. 35

Gelöst wird die Aufgabe durch einen Reaktor zur Durchführung einer exothermen Reaktion in der Gasphase, umfassend einen Behälter mit einem Mantel aus einem metallischen Werkstoff, wobei im Inneren des Reaktors eine Innenhülle aufgenommen ist,

2

wobei die Innenhülle einen Abstand von mindestens 50 mm zur Innenseite des Mantels aufweist.

Durch den Einsatz der Innenhülle wird eine zusätzliche Gasschicht zwischen der Innenhülle und dem Mantel des Reaktors ausgebildet. Die Gasschicht wirkt isolierend, so dass die Temperaturen, die auf den Mantel wirken geringer sind als die Temperaturen im Inneren des Reaktors. Hierdurch wird vermieden, dass der Mantel Temperaturen ausgesetzt wird, die sich negativ auf die Stabilität des Mantels auswirken, so dass die Standzeit des Reaktors erhöht wird. Insbesondere wird durch den Einsatz der Innenhülle vermieden, dass das Material des Mantels aufgrund der Temperaturen innerhalb des Reaktors spröde wird und so die Stabilität und die Festigkeit des Mantels sinken. Eine Versprödung der Innenhülle wirkt sich bei weitem nicht so dramatisch aus, da die Innenhülle keine tragende Funktion aufweist. Anders als eine Versprödung des Mantels führt eine Versprödung der Innenhülle nicht zu einem möglichen Versagen des Reaktors.

Der erfindungsgemäße Reaktor eignet sich insbesondere zur Durchführung von exothermen Reaktionen in der Gasphase, die bei erhöhten Temperaturen, beispielsweise bei Temperaturen von mehr als 300°C, bevorzugt bei Temperaturen von mehr als 500°C durchgeführt werden. Insbesondere ist der Reaktor zur Durchführung von Reaktionen geeignet, die gegenüber dem Material des Mantels aggressive Medien enthalten, beispielsweise zur Umsetzung von Schwefeldioxid mit Sauerstoff zu SO₃. Das so hergestellte SO₃ findet beispielsweise Einsatz in der Herstellung von Schwefelsäure.

In einer Ausführungsform ist die Innenhülle aus dem gleichen Material gefertigt wie der Mantel. Als Material zur Fertigung von Mantel und Innenhülle eignet sich zum Beispiel Edelstahl. Hierbei wird der Edelstahl so gewählt, dass dieser stabil ist gegenüber den im Reaktor enthaltenen Medien. Bei Einsatz des Reaktors zur Herstellung von Schwefeltrioxid durch Oxidation von Schwefeldioxid eignen sich zum Beispiel Edelstähle mit den Werkstoffnummern 1.4878 oder 1.4541. Diese sind gegenüber dem im Reaktor enthaltenen Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid stabil und weisen auch eine hinreichende Langzeitstabilität auf, wenn die Temperatur, der der Edelstahl ausgesetzt ist, kleiner als 560°C gehalten werden kann. Da die Innenhülle im Unterschied zum Mantel keine tragende Funktion hat, führt eine Versprödung und damit verbundene Abnahme der Festigkeit des Materials nicht zu einem Versagen des Reaktors. Und unter üblichen Betriebsbedingungen auch nicht zu einer Beschädigung der Innenhülle.

Ein weiterer Vorteil der Innenhülle ist, dass bei einer Schädigung ein Austausch der Innenhülle möglich ist, ohne den gesamten Reaktor austauschen zu müssen.

Alternativ zur Herstellung von Mantel und Innenhülle aus dem gleichen Material ist es auch möglich, unterschiedliche Materialien für die Herstellung von Mantel und Innenhülle einzusetzen. Hierbei ist es zum Beispiel möglich, verschiedene Stähle einzusetzen. Auch ist es möglich, den Mantel aus einem Stahl zu fertigen und die Innenhülle aus einem gegenüber den im Reaktor enthaltenen Stoffen inerten und temperaturstabilen Material. Als Material für die Innenhülle können zum Beispiel auch Nichtmetalle, beispielsweise eine Keramik oder Glas genutzt werden. Auch ist es möglich, die Innenhülle zu beschichten, um die Wärmestrahlung zu verringern. Als Beschichtungsmaterial für die Innenhülle eignet sich zum Beispiel hochtemperaturbeständige Mineralwolle.

Auch ist es möglich, den Mantel aus einem von Edelstahl verschiedenen Material zu fertigen. Auch hier ist es notwendig, ein Material einzusetzen, das gegenüber den im Reaktor enthaltenen Stoffen stabil ist. Aufgrund der Innenhülle und der Gasphase zwischen Innenhülle und Mantel ist die Temperatur, der der Mantel ausgesetzt ist, kleiner als die Temperatur im Reaktorinneren. Daher kann auch ein Material für den Mantel eingesetzt werden, das weniger temperaturstabil ist als ein Edelstahl. Bevorzugt ist jedoch die Verwendung von Edelstahl als Material für den Mantel. Weiterhin ist es besonders bevorzugt, Mantel und Innenhülle aus dem gleichen Material zu fertigen.

In einer weiter bevorzugten Ausführungsform ist zwischen der Innenhülle und dem Boden und/oder Deckel des Reaktors ein Spalt ausgebildet. Durch den Spalt kann Gas aus dem Reaktor in den Spalt zwischen Innenhülle und Mantel strömen. Hierdurch wird insbesondere gewährleistet, dass im Spalt zwischen Innenhülle und Mantel der gleiche Druck herrscht wie im Reaktor. Hierdurch wird die Innenhülle nicht von innen einseitig mit Druck belastet, sondern der Druck wirkt gleichmäßig von allen Seiten auf die Innenhülle.

Der Spalt zwischen Innenhülle und Boden und/oder Deckel des Reaktors wird so klein gehalten, dass zwar ein Druckausgleich erfolgt, jedoch nur eine geringe Gasströmung durch den Spalt zwischen Innenhülle und Mantel erzeugt wird. Je weniger sich das Gas im Spalt zwischen Innenhülle und Mantel bewegt, umso besser ist die Isolationswirkung durch das Gas. Bei einer gleichmäßigen Gasströmung wird demgegenüber regelmäßig heißes Gas in den Spalt gefördert, so dass die beabsichtigte Wirkung einer Isolierung durch den Spalt nicht eintritt. Bei kälterem zugeführtem Gas ist es möglich, die Innenhülle und den Mantel durch die Gasströmung zu kühlen.

In einer Ausführungsform enthält der Reaktor Einbauten. Als Einbauten werden zum Beispiel Böden, strukturierte oder unstrukturierte Packungen oder Füllkörperschüttun-

4

gen verstanden. Geeignete Böden, die in dem Reaktor aufgenommen sein können, sind zum Beispiel Siebböden, Glockenböden oder jede beliebigen anderen, dem Fachmann bekannte Böden. Besonders bevorzugt ist es, wenn in dem Reaktor als Einbau mindestens ein Boden aufgenommen ist.

5

In einer weiteren Ausführungsform ist in dem Reaktor mindestens ein Katalysatorbett enthalten. Das Katalysatorbett kann zum Beispiel als Festbett oder als Wirbelschicht ausgebildet sein. Wenn das Katalysatorbett eine Wirbelschicht ist, ist in dem Reaktor vorzugsweise mindestens ein Boden aufgenommen, der als Gasverteiler in die Wirbelschicht dient. Zwischen dem Granulat für die Wirbelschicht und dem darüber liegenden als Decke wirkenden Boden wird ein ausreichend großer Abstand gelassen, dass bei Durchströmen des Wirbelschichtgranulates mit einem Gas eine ausreichende Verwirbelung möglich ist. Bevorzugt ist das Katalysatorbett ein Festbett. Hierzu kann der das Festbett bildende Katalysator zum Beispiel auf einem Boden aufliegen. Anders als bei einer Wirbelschicht ist ein Festbett unabhängig von der Strömungsrichtung. So kann dieses zum Beispiel auch von oben nach unten durchströmt werden. Wenn in dem Reaktor ein Katalysatorbett enthalten ist, ist der Boden, auf dem der Katalysator aufliegt, zum Beispiel ein Hordenrost oder ein Auflageblech für den Katalysator.

10

15

20

Bei der Herstellung von SO_3 durch Oxidation von Schwefeldioxid ist ein Katalysatorbett in Form eines Festbetts bevorzugt.

25

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist der Reaktor in mehrere Segmente unterteilt, wobei jedes Segment mindestens einen Zulauf und mindestens einen Ablauf aufweist und jedes Segment ein Katalysatorbett und einen Gasraum oberhalb des Katalysatorbetts enthält. Die Trennung des Reaktors in mehrere Segmente erfolgt dabei vorzugsweise durch Zwischenböden. Der Zulauf befindet sich bei einem als Festbett ausgebildeten Katalysatorbett zum Beispiel oberhalb des Katalysatorbetts in dem Gasraum, so dass über den Zulauf das durch das Katalysatorbett strömende Gas zugeführt werden kann. In einem Gasraum unterhalb des Katalysatorbetts wird das durch das Katalysatorbett strömende Gas gesammelt und kann dann über einen Ablauf aus dem Gasraum unterhalb des Katalysatorbetts entnommen werden.

30

35

Wenn ein Katalysatorbett eingesetzt wird, erfolgt in dem Katalysatorbett üblicherweise die chemische Reaktion. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird der erfindungsgemäße Reaktor eingesetzt zur Oxidation von Schwefeldioxid zu Schwefeltrioxid. Hierzu werden gasförmiges Schwefeldioxid und ein sauerstoffhaltiges Gas zugeführt und das Schwefeldioxid reagiert mit dem Sauerstoff zu Schwefeltrioxid. Als sauerstoffhaltiges Gas kann beispielsweise Sauerstoff oder Luft eingesetzt werden.

40

Wenn Sauerstoff eingesetzt wird, so kann zusätzlich ein Inertgas enthalten sein. Alter-

5

nativ ist es auch möglich, den Sauerstoff in der Luft weiter anzureichern. Besonders bevorzugt ist jedoch die Verwendung von Luft.

Bei der Oxidation von Schwefeldioxid zu Schwefeltrioxid werden die Gase bei einer Temperatur im Bereich von 400 bis 460°C zugegeben. Die Reaktion erfolgt in Gegenwart eines Katalysators bei einem Überdruck von 0,4 bar. Aufgrund der Exothermie der Reaktion hat das den Reaktor verlassende Schwefeltrioxid, Schwefeldioxid und bei Einsatz von Luft Sauerstoff und Stickstoff enthaltende Gas eine Temperatur von 550 bis 650°C. Entsprechend entstehen auch im Reaktor Temperaturen in diesem Bereich. Ab einer Temperatur von 560°C ergibt sich bei Verwendung von Stählen 1.4878 oder 1.4541 eine reduzierte Lebensdauer durch Veränderung der mechanisch technologischen Werkstoffeigenschaften mit Abnahme der Festigkeit. Um einen Ausfall des Reaktors zu vermeiden, wird daher erfindungsgemäß die Innenhülle in den Reaktor aufgenommen. Durch die Innenhülle bildet sich eine isolierende Schicht zwischen Innenhülle und Mantel des Reaktors, so dass die auf den Mantel des Reaktors wirkende Temperatur verringert wird. So ist es zum Beispiel möglich, durch die Innenhülle die Temperatur des Mantels auf eine Temperatur im Bereich zwischen 400 und 560°C einzustellen. Hierdurch wird die Zeitstandsfestigkeit nicht reduziert und damit die Lebensdauer des Reaktors erhöht. Da die Innenhülle im Unterschied zum Reaktormantel keine tragende Funktion aufweist, führt eine Versprödung der Innenhülle nicht zu einer den Betrieb störenden Schädigung des Reaktors.

Wenn die Reaktion, beispielsweise die Oxidation von Schwefeldioxid zu Schwefeltrioxid in Gegenwart eines Katalysators durchgeführt wird und der Reaktor zudem eine Wirbelschicht enthält, ist es insbesondere bevorzugt, wenn das Material der Wirbelschicht katalytisch aktiv ist. Hierzu kann zum einen das gesamte Wirbelschichtgranulat katalytisch aktiv sein oder alternativ kann in der Wirbelschicht zusätzlich zu einem inerten Granulat ein heterogener Katalysator enthalten sein. Dieser kann zum Beispiel ebenfalls in Granulatform dem inerten Wirbelschichtgranulat zugemischt sein. Besonders bevorzugt ist es jedoch, wenn das gesamte Wirbelschichtgranulat katalytisch aktiv ist.

Bei einem Festbett ist es möglich, zum Beispiel eine katalytisch aktive Packung oder katalytisch aktive Füllkörper einzusetzen. Hierbei ist es insbesondere bevorzugt, die Packung oder Füllkörper aus einem Trägermaterial zu fertigen, auf das katalytisch aktives Material aufgebracht wird.

Als Katalysator wird dabei jeweils der für die in dem Reaktor durchzuführende Reaktion geeignete Katalysator eingesetzt.

6

Wenn in dem Reaktor eine von der Oxidation von Schwefeldioxid zu Schwefeltrioxid verschiedene Reaktion durchgeführt wird, ist es auch möglich, dass der Reaktor aus einem von Edelstahl verschiedenen Material gefertigt wird. Das Material, aus dem der Mantel des Reaktors hergestellt wird, ist dabei abhängig von der Reaktion. Üblicherweise wird ein Material eingesetzt, das gegenüber den umzusetzenden Stoffen im Reaktor inert ist. Unabhängig vom Material für den Mantel ist es weiterhin bevorzugt, die Innenhülle aus dem gleichen Material zu fertigen wie den Mantel. Eine solche Innenhülle wird vorzugsweise dann verwendet, wenn die Temperatur, die auf das Material des Mantels wirkt so hoch ist, dass eine Schädigung des Mantels auftreten kann.

Durch die Innenhülle wird eine isolierende Schicht zwischen Innenhülle und Mantel gebildet, so dass die Temperatur, die auf den Mantel des Reaktors wirkt, herabgesetzt werden kann.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 einen Abschnitt eines erfindungsgemäß ausgebildeten Reaktors,

Figur 2 eine Temperaturverteilung ohne Innenhülle,

Figur 3 eine Temperaturverteilung mit Innenhülle.

In Figur 1 ist ein Ausschnitt aus einem Reaktor dargestellt.

Der Ausschnitt zeigt eine rechte Hälfte eines Reaktors 1, der in zwei Segmente 3 geteilt ist. Zusätzlich zu den hier dargestellten zwei Segmenten 3 können auch weitere Segmente 3 enthalten sein. Diese werden dann entsprechend oberhalb bzw. unterhalb angeordnet.

Wenn der Reaktor zur Oxidation von Schwefeldioxid zu Schwefeltrioxid eingesetzt wird, weist üblicherweise jedes Segment 3 einen unteren Gasraum 5, ein Katalysatorbett 7 und einen oberen Gasraum 9 auf. Das Katalysatorbett 7 ist dabei üblicherweise in Form eines Festbetts gestaltet und liegt auf einem Boden 11. In diesem Fall ist der Boden 11 zum Beispiel ein Hordenrost oder ein Auflageblech für den Katalysator.

Im Betrieb wird dem oberen Gasraum 9 ein Gasstrom zugegeben, der die für die Reaktion notwendigen Edukte enthält. Aus dem oberen Gasraum 9 wird der Gasstrom in das Katalysatorbett 7 eingeleitet. Im Katalysatorbett 7 werden die Edukte des

7

Gasstromes zum Produkt umgesetzt. Das das Produkt enthaltende Gas sammelt sich im unteren Gasraum 5 und kann aus diesem entnommen werden. Wenn keine vollständige Umsetzung des Gases stattfindet, enthält auch das das Produkt enthaltende Gas im unteren Gasraum 5 noch Edukte.

5

Bei einer exothermen Reaktion wird bei der Reaktion Wärme freigesetzt, wodurch sich insbesondere das Katalysatorbett 7 erwärmt. Da aus dem Katalysatorbett 7 das heiße Gas austritt, wird auch zumindest der Mantel unterhalb des Katalysatorbettes aufgeheizt.

10

Üblicherweise weist ein Reaktor einen metallischen Mantel 13 auf. Aufgrund der hohen Temperatur im Inneren des Reaktors ist der Mantel 13 an seiner Außenseite mit einer Isolierung 15 versehen.

15

Aufgrund der bei exothermen Reaktionen auftretenden hohen Temperaturen im Inneren des Reaktors wird der Mantel 13 einer entsprechend hohen Temperatur ausgesetzt. Dies kann bei manchen Materialien zu einer Temperaturschädigung des Materials des Mantels 13 führen. So unterliegen zum Beispiel bei der Oxidation von Schwefeldioxid zu Schwefeltrioxid die üblicherweise für den Mantel 13 eingesetzten Stähle 1.4878 oder 1.4541 bei den bei der Reaktion auftretenden Temperaturen einer Zeitstandsschädigung, die zu einer reduzierten Lebensdauer des gesamten Reaktors 1 führt. Die reduzierte Lebensdauer resultiert dabei aus einer Versprödung mit Abnahme der Festigkeit des Mantels 13.

20

25

Erfindungsgemäß wird daher im Inneren des Reaktors 1 eine Innenhülle 17 aufgenommen, die mit einem definierten Abstand zum Mantel 13 positioniert ist. Durch die Innenhülle 17 wird somit ein Spalt zwischen Innenhülle 17 und Mantel 13 ausgebildet. Die Innenhülle 17 wird dabei insbesondere an den Positionen angeordnet, in denen im Reaktor Temperaturen auftreten, die oberhalb der Temperatur liegen, die zu einer Zeitstandsschädigung des Materials des Mantels 13 führen können.

30

Der Spalt 19 zwischen Mantel 13 und Innenhülle 17 ist mit einem Gas gefüllt. Das Gas wirkt isolierend, so dass die auf den Mantel 13 wirkende Temperatur niedriger ist als ohne Verwendung der Innenhülle 17. Hierdurch kann die Temperatur, die auf den Mantel 13 wirkt unterhalb der kritischen Temperatur, die zu einer Zeitstandsschädigung führt, gehalten werden.

35

Die Innenhülle 17 wird dabei vorzugsweise aus dem gleichen Material gefertigt wie der Mantel 13.

40

8

Das Gas, das in dem Spalt 19 zwischen Mantel 13 und Innenhülle 17 enthalten ist, ist vorzugsweise das dem Reaktor zugeführte Gas. Hierzu ist es zum Beispiel möglich, einen Spalt 21 zwischen einem Zwischenboden 23, durch den die Segmente 3 unterteilt werden und der Innenhülle 17 vorzusehen. Durch den Spalt 21 kann dann Gas aus dem Spalt 19 zwischen Innenhülle 17 und Mantel 13 austreten. Auf der entgegengesetzten Seite ist zum Beispiel der Spalt 19 offen zum oberen Gasraum 9. Wenn ein zusätzlicher Boden zwischen oberem Gasraum 9 und Katalysatorbett 7 vorgesehen ist, so ist es bevorzugt, die Innenhülle 17 im Bereich des Katalysatorbettes 7 und dem unteren Gasraum 5 vorzusehen und einen Zulaufspalt zwischen dem das Katalysatorbett 7 zum oberen Gasraum 9 abtrennenden Boden vorzusehen, durch den das Gas in den Spalt 19 zwischen Innenhülle 17 und Mantel 13 eintreten kann. Üblicherweise wird jedoch oberhalb des Katalysatorbettes 7 kein Boden vorgesehen, so dass das Gas unmittelbar aus dem oberen Gasraum 9 in den Spalt 19 zwischen Innenhülle 17 und Mantel 13 eintreten kann.

Wenn kaltes Gas in den Spalt eintritt, so ist es nicht notwendig, die Gasströmung möglichst niedrig zu halten, da dann das Gas selber ebenfalls eine Kühlwirkung aufweist.

Eine Temperaturverteilung ohne Innenhülle ist beispielhaft in Figur 2 dargestellt.

Hierbei ist einmal die Temperatur des Gases im Inneren des Reaktor gezeigt und einmal die Temperatur am Mantel. Der Temperaturverlauf im Inneren ist mit Bezugszeichen 25 bezeichnet und der Temperaturverlauf am Mantel mit Bezugszeichen 27.

Auf der x-Achse ist die Position im Segment 3 vom Eintritt des Gases bis zum Austritt dargestellt und auf der y-Achse die Temperatur.

Das Gas wird mit einer Temperatur von 450°C zugeführt, strömt durch den oberen Gasraum 9 bis zum Erreichen des Katalysatorbetts 7. Im Katalysatorbett 7 beginnt die chemische Reaktion, die aufgrund ihrer Exothermie zu einer Temperaturerhöhung führt. Die Temperatur steigt dabei bis auf 630°C an. Das Gas wird mit einer entsprechenden Temperatur aus dem unteren Gasraum 5 entnommen. Im oberen Gasraum 9 des zweiten Segments erfolgt die Gaszufuhr wieder bei einer Temperatur von 450°C und die Temperatur nimmt im Katalysatorbett wieder zu. Aufgrund des im ersten Segment bereits umgesetzten Schwefeldioxids ist die Maximaltemperatur im zweiten Segment niedriger als im ersten Segment und die Temperatur steigt lediglich auf 560°C an.

Aufgrund der hohen Temperatur des Gasstromes erwärmt sich auch das Metall des Mantels. Durch konvektiven Wärmetransport und Wärmeleitung ist die Maximaltemperatur am Mantel jedoch niedriger als die Temperatur im Inneren des Gasstromes. Zu-

9

dem nimmt die Temperatur im Bereich des unteren Gasraumes 5 bis zum Erreichen des oberen Gasraumes 9 eines darunter liegenden Segmentes wieder ab, da der Mantel im Bereich des oberen Gasraumes 9 des nachfolgenden Segmentes gekühlt wird. Dies führt aufgrund von Wärmeleitung zu einer Temperaturabnahme im unteren Gasraum 5 des darüber liegenden Segmentes 3.

Die aufgrund der Temperatur im Gasstrom auftretende Maximaltemperatur am Mantel liegt jedoch bei einem Stahlmantel bei Einsatz des Reaktors für die Oxidation von Schwefeldioxid zu Schwefeltrioxid oberhalb der kritischen Temperatur, ab der eine Zeitstandsschädigung des Stahls auftritt.

In Figur 3 ist beispielhaft der Temperaturverlauf im Gasstrom und im Mantel bei Einsatz einer Innenhülle dargestellt.

Der Temperaturverlauf im Gasstrom entspricht dabei dem, der auch ohne Einsatz der Innenhülle auftritt. Durch den Einsatz der Innenhülle 17 ist jedoch die auf den Mantel 13 wirkende Temperatur deutlich niedriger. So liegen in diesem Beispiel die Temperaturmaxima jeweils im oberen Segment bei ca. 525°C und im unteren Segment bei etwa 500°C. Hiermit bleiben die Temperaturen unterhalb der kritischen Temperatur, bei der sich die Zeitstandsfestigkeit des Stahls, aus dem der Mantel 13 gefertigt ist, reduziert.

Bezugszeichenliste

	1	Reaktor
5	3	Segment
	5	unterer Gasraum
	7	Katalysatorbett
	9	oberer Gasraum
	11	Boden
10	13	Mantel
	15	Isolierung
	17	Innenhülle
	19	Spalt
	21	Spalt
15	23	Zwischenboden
	25	Temperaturverlauf im Inneren
	27	Temperaturverlauf am Mantel

Patentansprüche

1. Reaktor zur Durchführung einer exothermen Reaktion in der Gasphase, umfassend einen Behälter mit einem Mantel (13) aus einem metallischen Werkstoff, dadurch gekennzeichnet, dass im Inneren des Reaktors (1) eine Innenhülle (17) aufgenommen ist, wobei die Innenhülle (17) einen Abstand von mindestens 50 mm zur Innenseite des Mantels (13) aufweist.
5
2. Reaktor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenhülle (17) aus dem gleichen Material gefertigt ist wie der Mantel (13).
10
3. Reaktor gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Innenhülle (17) und dem Boden und/oder Deckel des Reaktors (1) ein Spalt (19) ausgebildet ist.
- 15 4. Reaktor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Reaktor (1) mindestens ein Boden aufgenommen ist.
5. Reaktor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Reaktor (1) ein Katalysatorbett (7) ausgebildet ist.
20
6. Reaktor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Reaktor (1) in mehrere Segmente (3) unterteilt ist, wobei jedes Segment (3) mindestens einen Zu-
lauf und mindestens einen Ablauf aufweist, und jedes Segment (3) ein Katalysatorbett (7) und einen Gasraum (9) oberhalb des Katalysatorbetts enthält.
25
7. Reaktor gemäß Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Katalysatorbett (7) einen heterogenen Katalysator enthält.
8. Reaktor gemäß Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils zur Untertei-
lung von zwei Segmenten (3) ein Zwischenboden (23) im Reaktor (1) aufgenommen ist.
30
9. Verwendung des Reaktors gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Durchführung einer exothermen Reaktion in der Gasphase, wobei die Reaktion bei einer Temperatur von mehr als 300°C durchgeführt wird.
35
10. Verwendung des Reaktors gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Durchführung einer Reaktion zur Umsetzung von Schwefeldioxid mit Sauerstoff zu SO₃.