

19



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Économie

11

N° de publication :

LU103102

12

BREVET D'INVENTION

B1

21

N° de dépôt: LU103102

51

Int. Cl.:
B01J 8/04, C01C 1/04

22

Date de dépôt: 20/04/2023

30

Priorité:

72

Inventeur(s):
PFUDEL Klaus – Allemagne

43

Date de mise à disposition du public: 21/10/2024

74

Mandataire(s):
THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PROPERTY GMBH –
45143 Essen (Allemagne)

47

Date de délivrance: 21/10/2024

73

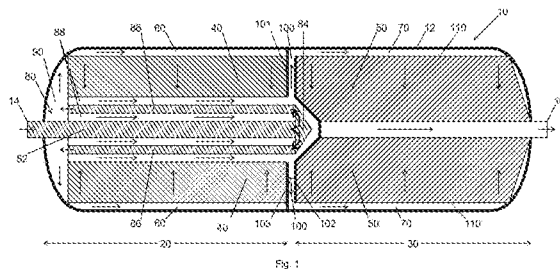
Titulaire(s):
thyssenkrupp Industrial Solutions AG –
45143 Essen (Allemagne), THYSSENKRUPP AG – 45143
Essen (Allemagne)

54

Konverter für die Ammoniaksynthese.

57

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Konverter 10 mit
einer möglichst hohen Katalysatorbeladung.



Konverter für die Ammoniaksynthese

Die Erfindung betrifft einen Konverter für die Ammoniaksynthese.

Die Ammoniaksynthese wird prinzipiell seit etwa einem Jahrhundert nach dem Haber-Bosch-Verfahren durchgeführt. Hierbei werden bei hohem Druck und hoher Temperatur Stickstoff und Wasserstoff an einem Katalysator zu Ammoniak umgesetzt. Da es sich um eine Gleichgewichtsreaktion handelt, verschiebt der hohe Druck das Gleichgewicht zu Produkt Ammoniak. Da die Reaktion aber exotherm ist, verschiebt eine hohe Temperatur das Gleichgewicht zu den Edukten Wasserstoff und Stickstoff. Es wird jedoch eine hohe Temperatur benötigt, um eine ausreichende Reaktionsgeschwindigkeit zu haben. Durch die bei der Reaktion entstehende Wärme heizt sich das Reaktionsgemisch jedoch weiter auf. Daher wird die Ammoniaksynthese oftmals in zwei oder mehr Stufen durchgeführt, wobei zwischen den Stufen die entstehende Wärme über einen Wärmetauscher abgeführt wird. Dadurch wird die für die Kinetik notwendige Temperatur gehalten, eine zu hohe Temperatur und damit die Verschiebung des Gleichgewichts zu den Edukten jedoch vermieden.

Heutige Reaktoren zur Ammoniaksynthese, auch Konverter genannt, sind derart aufgebaut, dass diese einen drucktragenden Behälter aufweisen. In dem drucktragenden Behälter, auch Konvertergehäuse genannt, befindet sich eine sogenannte Cartridge, in welcher der Katalysator angeordnet ist. Somit findet die genannte Reaktion in der Cartridge statt. Die Cartridge kann insbesondere wärmeisoliert sein. Weiter kann in einer Cartridge auch ein Wärmetauscher angeordnet sein. Innerhalb eines Konvertergehäuses können auch zwei oder mehr Cartridges angeordnet sein. Weist der Konverter zwei Cartridges auf, so ist beispielsweise eine erste Cartridge in einem ersten Bereich und eine zweite Cartridge in einem zweiten Bereich angeordnet, wobei der erste Bereich meist oberhalb des zweiten Bereichs angeordnet ist. Hierbei weist die erste Cartridge im ersten Bereich üblicherweise einen Wärmetauscher auf, um die bei der Reaktion entstandene Reaktionswärme abzuführen. In dem oberen ersten Bereich ist mittig in Längsrichtung, sich über die Länge des ersten Bereichs erstreckend, ein Wärmetauscher angeordnet, in den das aus den Katalysatorbetten ausströmende Gasgemisch das in die Katalysatorbetten eintretende Gasgemisch erwärmt. Somit wird die bei der Reaktion

entstehende Wärme genutzt, um neues Gasgemisch aus die Reaktionstemperatur zu bringen. Am Ende des Wärmetauschers des ersten Bereichs wird das Eduktgasgemisch in Richtung des Einlasses des ersten Bereichs verbracht, während das Produktgasgemisch am Ende des Wärmetauschers des ersten Bereichs zum Eingang des zweiten Bereichs geführt wird. Innerhalb eines Bereichs wird das Eduktgasgemisch an der Außenseite geführt und somit an der Außenseite des Konverters über die Länge des ersten Bereichs verteilt. Von dort gelangt das Eduktgas durch einen radial angeordneten Katalysator zum ersten Wärmetauscher, welcher in der Mitte angeordnet ist. Im ersten Wärmetauscher gibt das teilumgesetzte Halbproduktgasgemisch die durch die Reaktion entstandene Wärme an das kühlere Eduktgasgemisch ab. Das Halbproduktgasgemisch wird am Ende des ersten Bereichs radial nach außen geführt und an der Außenseite des Konverters über die Länge des zweiten Bereichs verteilt. Von dort wird das Produktgasgemisch durch einen radial verlaufenden Katalysator geführt. Um eine zu schnelle Strömung an dem ersten Bereich entgegengesetzten Ende des zweiten Bereichs zu vermeiden, ist im Inneren beispielsweise ein Förster-Rohr angeordnet, einfach ein Rohr, dass die Produktgasströmung wieder an das dem ersten Bereich angrenzende Ende des zweiten Bereichs führt und dann durch das Förster-Rohr hinaus. Es ergibt sich somit im Mittel eine Z-förmige Strömung im zweiten Bereich. Alternativ kann das Halbproduktgasgemisch beispielsweise durch geeignete Lochplatten geführt werden, sodass die Durchströmung des Katalysatorbetts im zweiten Bereich über die Länge möglichst homogen erfolgt, so Bereiche mit zu hohen Gasgeschwindigkeiten (und damit zu geringen Umsatzzeiten) vermeiden werden.

Es besteht der Wunsch, möglichst viel Katalysator in einen vorhandenen Konverter- und Cartridge-Raum einzubringen, um so eine optimale Umsetzung zu erhalten. Gleichzeitig sollte aber auch möglichst gewährleistet sein, dass die Verweilzeit am Katalysator möglichst homogen verteilt ist, also insbesondere keine Bereiche besonders schneller Durchströmung auftreten.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Konverter mit einer möglichst hohen Katalysatorbeladung bereit zu stellen.

Gelöst wird diese Aufgabe durch den Konverter mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung sowie der Zeichnung.

Der erfindungsgemäße Konverter dient zur Synthese von Ammoniak aus Stickstoff und Wasserstoff. Der Konverter weist ein Konvertergehäuse auf. Das Konvertergehäuse weist einen Einlass für das Eduktgasgemisch auf. Über diesen wird Wasserstoff und Stickstoff üblicherweise im Verhältnis 3:1 zugeführt. Das Konvertergehäuse weist weiter einen Auslass für das Produktgasgemisch auf. Hier wird das Gemisch aus Stickstoff, Wasserstoff und Ammoniak abgeführt. Der Konverter weist einen ersten Bereich und einen zweiten Bereich im Inneren des Konvertergehäuses auf. Im ersten Bereich ist ein erstes Katalysatorbett angeordnet und im zweiten Bereich ist ein zweites Katalysatorbett angeordnet. Das erste Katalysatorbett und das zweite Katalysatorbett sind jeweils radial in Form eines Hohlzylinders ausgeführt und so angeordnet, dass diese von außen nach innen durchströmt werden können. Zwischen dem Konvertergehäuse und dem ersten Katalysatorbett ist eine Eduktgasgemischverteilung angeordnet und zwischen dem Konvertergehäuse und dem zweiten Katalysatorbett ist eine Halbproduktgasgemischverteilung angeordnet. Die Eduktgasgemischverteilung und die Halbproduktgasgemischverteilung können einfach als radial die Katalysatorbetten umgebende Spalte zwischen dem Konvertergehäuse und den Katalysatorbetten ausgeführt sein. Im Inneren des ersten Katalysatorbetts, genauer im Inneren, welches nicht mit Katalysator gefüllt ist (Kern des Hohlzylinders), ist ein Wärmetauscher angeordnet. Alternativ könnten man auch sagen, dass der Wärmetauscher im vom ersten Katalysatorbett umgebenen Innenbereich angeordnet ist. Der Wärmetauscher weist eine erste Seite für das Eduktgasgemisch auf. Entsprechend ist die erste Seite des Wärmetauschers an Anfang mit dem Einlass verbunden. Somit gelangt das dem Konverter frisch zugeführte Gemisch aus Stickstoff und Wasserstoff zuerst direkt in den Wärmetauscher. Hierbei wird Wärme von der zweiten Seite auf die in der ersten Seite befindlichen Edukte übertragen. Die erste Seite des Wärmetauschers ist am Ende mit einer ersten Umlenkeinrichtung verbunden und die erste Umlenkeinrichtung verbindet das Ende der ersten Seite des Wärmetauschers mit der Eduktgasverteilung. Der Wärmetauscher weist eine zweite Seite auf. Die zweite Seite ist derart angeordnet, dass die zweite Seite vom aus dem ersten Katalysator austretendem Halbproduktgasgemisch

durchströmt wird. Hierdurch kann die durch die chemische Reaktion freigesetzte Wärme auf die einströmenden Edukte übertragen werden und diese erwärmen. Gleichzeitig wird das Halbproduktgasgemisch für die zweite Reaktionsstufe im zweiten Bereich wieder abgekühlt und so das Gleichgewicht zum Produkt Ammoniak verschoben, wobei jedoch eine ausreichend hohe Temperatur für eine gute Kinetik gehalten wird. Die zweite Seite ist mit einer zweiten Umlenkvorrichtung verbunden und die zweite Umlenkvorrichtung verbindet die zweite Seite mit der Halbproduktgasgemischverteilung.

Erfindungsgemäß weist der Wärmetauscher eine Primärleitung auf. Die Primärleitung verläuft mittig von Einlass bis zu dem zweiten Bereich benachbarten Ende des ersten Bereichs. Am dem zweiten Bereich benachbarten Ende der Primärleitung ist ein Verteilerkopf angeordnet. Weiter weist der Wärmetauscher eine Mehrzahl an Sekundärleitungen auf. Die Sekundärleitungen sind mit dem Verteilerkopf und der ersten Umlenkeinrichtung verbunden. Die Sekundärleitungen verlaufen parallel zur Primärleitung und sind um die Primärleitung herum angeordnet. Dieses führt dazu, dass der Hauptteil des Wärmeübergangs im Wärmetauscher durch die Sekundärleitung erfolgt. Der Verteilerkopf ragt in den zweiten Bereich hinein. Hierdurch wird ein unnötig großer Zwischenraum zwischen dem ersten Bereich und dem zweiten Bereich zur Aufnahme des Verteilerkopfes vermieden und somit kann mehr Katalysator im dem Konverter angeordnet werden, was wiederum einen höheren Durchsatz ermöglicht.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der zweite Bereich eine kegelförmige Ausnehmung zur Aufnahme des Verteilerkopfs auf. Insbesondere kann die kegelförmige Ausnehmung auch die Form eines Kegelstumpfes haben, wobei insbesondere die Deckfläche des Kegelstumpfes dem katalysatorfreien Innenbereich des zweiten Bereichs entspricht. Weiter kann der Kegelstumpf zusätzlich am breiten Ende einen zylinderförmigen Fortsatz aufweisen. Durch diese Kegelförmige Ausnehmung ist es zum einen gut möglich, diesen zu fertigen und auf der anderen Seite kann der Verteilerkopf so sehr gut platzsparend aufgenommen werden.

In einer weiteren Ausführungsform der weist der erste Bereich einen ersten Boden auf. Der zweite Bereich weist einen zweiten Boden auf. Zwischen den ersten Boden und dem zweiten Boden ist die zweite Umlenkvorrichtung angeordnet. Zwischen dem ersten

Boden und dem zweiten Boden ist ein Abstandselement angeordnet. Der Abstandssensor dient dazu ein zu starkes Durchbiegen insbesondere des zweiten Bodens. Dieses ist insbesondere durch die unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten zwischen Katalysator und dem Material der Struktur. Das Abstandselement kann beispielsweise als Schraubelement ausgeführt sein, um beim Einbau die Länge in einfacher Weise anpassen zu können.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Verteilerkopf die Form eines Kugelsegments auf.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das zweite Katalysatorbett eine Gasflussverteilvorrichtung in Form einer die Oberfläche verschließenden Schicht mit Ausnehmungen auf. Die Ausnehmungen der Gasflussverteilvorrichtung weisen unterschiedliche Größen auf, wobei die Größe der Ausnehmungen der Gasflussverteilvorrichtung in Abhängigkeit von der Entfernung zum ersten Bereich gewählt ist. Die Ausnehmungen sind angrenzend zum ersten Bereich am größten und werden mit zunehmender Entfernung zum ersten Bereich kleiner. Hierdurch wird der Fluss des Halbproduktgasgemisches gezielt verleichmäßig, sodass der aus dem zweiten Katalysatorbett austretende Produktgasstrom direkt zum Auslass geführt wird. Daher kann auf ein Förster-Rohr im Inneren des zweiten Katalysatorbetts verzichtet werden, wodurch der Innenbereich, der nicht mit Katalysator gefüllt ist, kleiner ausfallen kann, sodass mehr Katalysator in den Konverter eingebracht werden kann.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist die Größe der Ausnehmungen der Gasflussverteilvorrichtung linear mit dem Abstand zum ersten Bereich geändert.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist die Gasflussverteilvorrichtung auf der Innenseite des zweiten Katalysatorbetts angeordnet. Alternativ ist in einer weiteren Ausführungsform der Erfindung die Gasflussverteilvorrichtung auf der Außenseite des zweiten Katalysatorbetts angeordnet. Die Ausführungsform auf der Außenseite ist bevorzugt, da hierdurch die Strömung schon vor dem zweiten Katalysatorbett verleichmäßig ist.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Wärmetauscher eine Primärleitung auf. Die Primärleitung verläuft mittig von Einlass bis zu dem zweiten Bereich benachbarten Ende des ersten Bereichs. Am dem zweiten Bereich benachbarten Ende der Primärleitung ist ein Verteilerkopf angeordnet. Weiter weist der Wärmetauscher eine Mehrzahl an Sekundärleitungen auf. Die Sekundärleitungen sind mit dem Verteilerkopf und der ersten Umlenkeinrichtung verbunden. Die Sekundärleitungen verlaufen parallel zur Primärleitung und sind um die Primärleitung herum angeordnet. Entsprechend weisen die Sekundärleitungen in Summe eine sehr viel größere Oberfläche auf und tragen somit sehr viel mehr zum Wärmeübertrag im Wärmetauscher bei. Hierdurch wird die Gasführung im Inneren des ersten Katalysatorbetts vereinfacht. Gleichzeitig wird in einfacher und vor allem kompakter Bauweise ein Gegenstromwärmetauscher erreicht.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Wärmetauscher auf der zweiten Seite Leitbleche für das Halbproduktgasgemisch auf. Hierdurch kann die Führung des Halbproduktgasgemischs für den Wärmeübertrag optimiert werden, was wiederum eine kompaktere Bauweise und damit mehr Katalysator ermöglicht.

Nachfolgend ist der erfindungsgemäße Konverter anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Fig. 1 Konverter

In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßer Konverter 10 gezeugt. Die Pfeile zeigen jeweils die Strömung des Gasgemisches grob an. Der Konverter 10 weist ein Konvertergehäuse 12 auf, welches alles umschließt und entsprechend der Betriebsbedingungen druckfest ausgeführt ist. Durch den Einlass 14 wird ein Eduktgasgemisch aus Stickstoff und Wasserstoff zugeführt und durch die Primärleitung 82 des Wärmetauschers 80 bis zum Verteilerkopf 84 des Wärmetauschers 80 geführt. Im Verteilerkopf 84 wird der Eduktgasstrom auf mehrere Sekundärleitungen 86 verteilt und umgelenkt. Insbesondere in den Sekundärleitungen 86 kann das Eduktgasgemisch Wärme von dem Halbproduktgasgemisch auf der zweiten Seite 88 des Wärmetauschers 80 aufnehmen. Das so erwärmte Eduktgasgemisch wird aus den Sekundärleitungen 86 über die erste

Umlenkvorrichtung 90 in die Eduktgasgemischverteilung 60 geführt, die das erste Katalysatorbett 40 radial umgibt und diesem somit vollflächig Eduktgasgemisch zuführt. Das Eduktgasgemisch geragiert im dem ersten Katalysatorbett 40 anteilig zu Ammoniak und erwärmt sich durch die frei werdende Reaktionswärme. Das so erzeugte Halbproduktgasgemisch gelangt aus dem ersten Katalysatorbett 40 in den zweiten Bereich 88 des Wärmetauschers 80 und gibt dort die erzeugte Wärme an des Eduktgasgemisch ab. Das so abgekühlte Halbproduktgasgemisch wird aus der zweiten Seite 88 des Wärmetauschers 80 durch die zweite Umlenkvorrichtung 100 der Halbproduktgasgemischverteilung 70 zugeführt und damit aus dem ersten Bereich 20 in den zweiten Bereich 30 überführt. Die zweite Umlenkvorrichtung 100 wird durch den ersten Boden 101 und den zweiten Boden 102 seitlich begrenzt. Zusätzlich ist zwischen dem ersten Boden 101 und dem zweiten Boden 102 ein Abstandselement 103 angeordnet. Zwischen der Halbproduktgasgemischverteilung 70 und dem zweiten Katalysatorbett 50 ist auf der äußeren Oberfläche des zweiten Katalysatorbetts 50 die Gasflussverteilverrichtung 110 angeordnet. Die Gasflussverteilverrichtung 110 ist beispielsweise ein Blech mit Löchern, wobei die Löcher auf linken Seite, der dem ersten Bereich 20 zugewandten Seite größer sind als auf der rechten, der dem ersten Bereich abgewandten Seite. Das Halbproduktgasgemisch durchströmt dann in gleichmäßiger Weise über den gesamten zweiten Bereich 30 das zweite Katalysatorbett 50 und wird im Inneren des zweiten Katalysatorbetts 50 direkt und ohne Umlenkung, insbesondere ohne ein Förster-Rohr, direkt zum Auslass 16 geführt. Hierbei ragt der Verteilerkopf 84 in eine entsprechende Ausnehmung des zweiten Bereichs 30, sodass der Abstand zwischen dem ersten Bereich 20 und dem zweiten Bereich 30 minimal wird und somit die Gesamtmenge an Katalysator innerhalb des Konvertergehäuses 12 weiter maximiert werden kann.

Bezugszeichen

- 10 Konverter
- 12 Konvertergehäuse
- 14 Einlass
- 16 Auslass
- 20 erster Bereich
- 30 zweiter Bereich

- 40 erstes Katalysatorbett
- 50 zweites Katalysatorbett
- 60 Eduktgasgemischverteilung
- 70 Halbproduktgasgemischverteilung
- 80 Wärmetauscher
- 82 Primärleitung
- 84 Verteilerkopf
- 86 Sekundärleitung
- 88 zweite Seite
- 90 erste Umlenkvorrichtung
- 100 zweite Umlenkvorrichtung
- 101 erster Boden
- 102 zweiter Boden
- 103 Abstandselement
- 110 Gasflussverteilverrichtung

Patentansprüche

1. Konverter (10) zur Synthese von Ammoniak aus Stickstoff und Wasserstoff, wobei der Konverter (10) ein Konvertergehäuse (12) aufweist, wobei das Konvertergehäuse (12) einen Einlass (14) für das Eduktgasgemisch aufweist, wobei das Konvertergehäuse (12) einen Auslass (16) für das Produktgasgemisch aufweist, wobei der Konverter (10) einen ersten Bereich (20) und einen zweiten Bereich (30) im Inneren des Konvertergehäuses (12) aufweist, wobei im ersten Bereich (20) ein erstes Katalysatorbett (40) angeordnet ist, wobei im zweiten Bereich (30) ein zweites Katalysatorbett (50) angeordnet ist, wobei das erste Katalysatorbett (40) und das zweite Katalysatorbett (50) jeweils radial in Form eines Hohlzylinders ausgeführt sind und so angeordnet sind, dass diese von außen nach innen durchströmt werden, wobei zwischen dem Konvertergehäuse (12) und dem ersten Katalysatorbett (40) eine Eduktgasgemischverteilung (60) angeordnet ist, wobei zwischen dem Konvertergehäuse (12) und dem zweiten Katalysatorbett (50) eine Halbproduktgasgemischverteilung (70) angeordnet ist, wobei im Inneren des ersten Katalysatorbetts (40) ein Wärmetauscher (80) angeordnet ist, wobei der Wärmetauscher (80) eine erste Seite für das Eduktgasgemisch aufweist, wobei die erste Seite des Wärmetauschers (80) an Anfang mit dem Einlass (14) verbunden ist, wobei die erste Seite des Wärmetauschers (80) am Ende mit einer ersten Umlenkeinrichtung verbunden ist, wobei die erste Umlenkeinrichtung das Ende der ersten Seite des Wärmetauschers (80) mit der Eduktgasverteilung verbindet, wobei der Wärmetauscher (80) eine zweite Seite (88) aufweist, wobei die zweite Seite (88) derart angeordnet ist, dass die zweite Seite (88) vom aus dem ersten Katalysator austretendem Halbproduktgasgemisch durchströmt wird, wobei die zweite Seite (88) mit einer zweiten Umlenkvorrichtung (100) verbunden ist, wobei die zweite Umlenkvorrichtung (100) die zweite Seite (88) mit der Halbproduktgasgemischverteilung (70) verbindet, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmetauscher (80) eine Primärleitung (82) aufweist, wobei die Primärleitung (82) mittig von Einlass (14) bis zu dem zweiten Bereich (30) benachbarten Ende des ersten Bereichs (20) verläuft, wobei am dem zweiten

Bereich (30) benachbarten Ende der Primärleitung (82) ein Verteilerkopf (84) angeordnet ist, wobei der Wärmetauscher (80) eine Mehrzahl an Sekundärleitungen (86) aufweist, wobei die Sekundärleitungen (86) mit dem Verteilerkopf (84) und der ersten Umlenkeinrichtung (100) verbunden sind, wobei die Sekundärleitungen (86) parallel zur Primärleitung (82) verlaufen und um die Primärleitung (82) herum angeordnet sind, wobei der Verteilerkopf (84) in den zweiten Bereich (30) hineinragt.

2. Konverter (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmetauscher (80) auf der zweiten Seite (88) Leitbleche für das Halbproduktgasgemisch aufweist.
3. Konverter (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Katalysatorbett (50) eine Gasflussverteilvorrichtung (110) in Form einer die Oberfläche verschließenden Schicht mit Ausnehmungen aufweist, wobei die Ausnehmungen der Gasflussverteilvorrichtung (110) unterschiedliche Größen aufweisen, wobei die Größe der Ausnehmungen der Gasflussverteilvorrichtung (110) in Abhängigkeit von der Entfernung zum ersten Bereich (20) gewählt ist, wobei die Ausnehmungen angrenzend zum ersten Bereich (20) am größten sind und mit zunehmender Entfernung zum ersten Bereich (20) kleiner werden, wobei der aus dem zweiten Katalysatorbett (50) austretende Produktgasstrom direkt zum Auslass (16) geführt wird.
4. Konverter (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Bereich (30) eine kegelförmige Ausnehmung zur Aufnahme des Verteilerkopfs (84) aufweist.
5. Konverter (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Bereich (20) einen ersten Boden (101) aufweist, wobei der zweite Bereich (30) einen zweiten Boden (102) aufweist, wobei zwischen dem ersten Boden (101) und dem zweiten Boden (102) die zweite Umlenkvorrichtung (100) angeordnet ist, wobei zwischen dem ersten Boden (101) und dem zweiten Boden (102) ein Abstandselement (103) angeordnet ist.

6. Konverter (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verteilerkopf (84) die Form eines Kugelsegments aufweist.

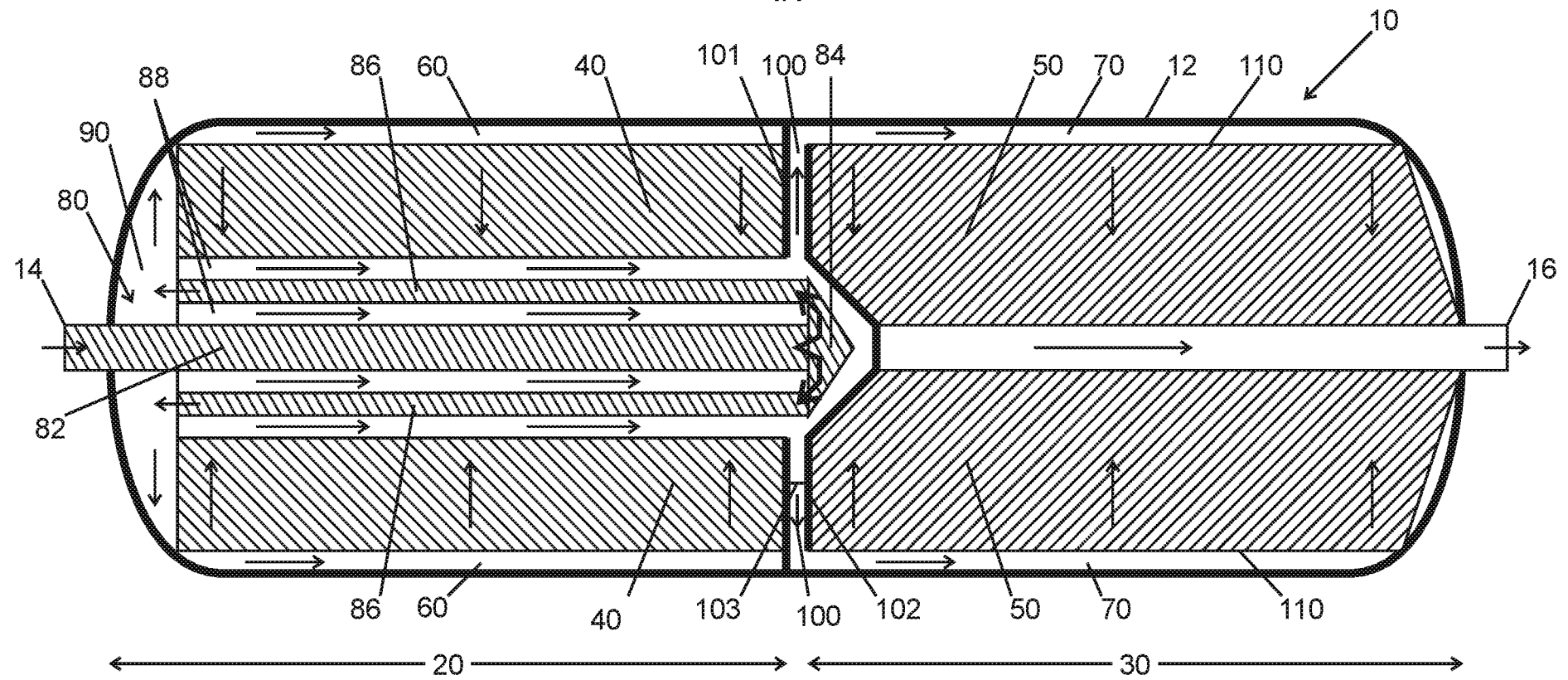


Fig. 1