(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2012 009 265 B4** 2013.12.05

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 009 265.2**
(22) Anmeldetag: **11.05.2012**
(43) Offenlegungstag: **14.11.2013**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **05.12.2013**

(51) Int Cl.: ***C10J 3/30*** (2012.01)
C10J 3/16 (2013.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
L'Air Liquide, Société Anonyme pour l'Etude et l'Exploitation des Procédés Georges Claude, Paris, FR

(74) Vertreter:
Keil & Schaafhausen Patent- und Rechtsanwälte, 60322, Frankfurt, DE

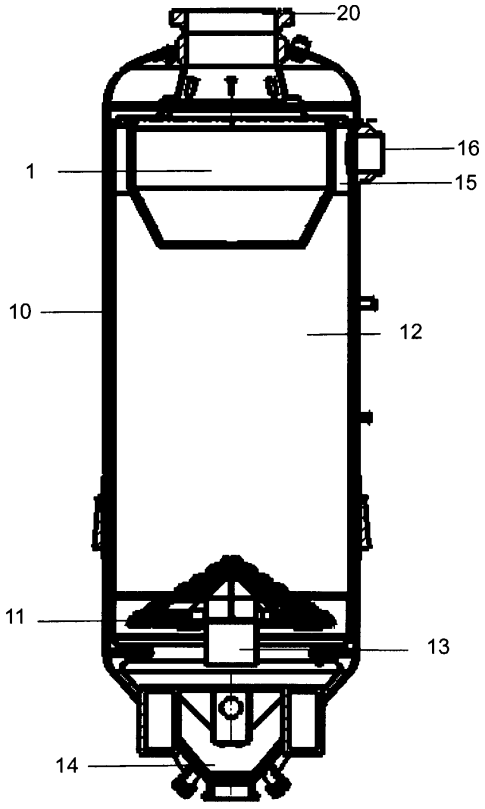
(72) Erfinder:
Turna, Osman, 60322, Frankfurt, DE; Judas, Frédéric, 61440, Oberursel, DE; Kress, Michael, 63755, Alzenau, DE; Kumar, Mukesh, 60318, Frankfurt, DE; Bettner, Jörg, 63150, Heusenstamm, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 10 2011 014 349 A1
DE 11 2005 002 983 T5

(54) Bezeichnung: **Gekühlter Ringgassammler**

(57) Zusammenfassung: Bei der Vergasung eines kohlenstoffhaltigen Feststoffes mit Sauerstoff und/oder Dampf im Festbett muss der unter Druck betriebene Reaktor (10) kontinuierlich mit dem Feststoff beschickt werden. Dieser Feststoff wird über eine oben und unten offene, ringförmige Schürze (1) aus einer Schleuse dem Festbett (12) zugeführt. Diese Schürze (1) weist einen Innen- und einen Außenmantel auf, so dass sich ein Kühlspalt mit wenigstens einem Zu- und/oder Abfluss für ein Kühlmedium ausbildet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Beschicken eines unter Druck betriebenen Reaktors mit kohlenstoffhaltigem Feststoff, in dem der Feststoff im Festbett mit Sauerstoff und/oder Dampf vergast wird, wobei die Vorrichtung eine oben und unten offene, ringförmige Schürze aufweist, welcher der Feststoff durch eine Schleuse zugeführt wird, sowie weiterhin einen Reaktor zur Festbettvergasung mit dieser Vorrichtung und ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Reaktors.

[0002] Unter Vergasung versteht man die Umsetzung eines kohlenstoffhaltigen, festen oder flüssigen Stoffes (z. B. Kohle, Biomasse oder Erdöl) mit einem Vergasungsmittel (Sauerstoff/Luft, Dampf) in sogenanntes Synthesegas. Dieses Synthesegas enthält als Hauptkomponenten Wasserstoff (H_2), Wasser (H_2O), Kohlenmonoxid (CO), Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Methan (CH_4). CO und H_2 sind die Ausgangsstoffe für eine Vielzahl chemischer Synthesen, auf denen aufbauend dann längerkettige Produkte, wie etwa Benzin und Diesel als sog. CtL-Kraftstoff (Coal to Liquids), oder andere Wertstoffe („SNG" = Substitute Natural Gas, H_2 für Ammoniak/Düngemittel/Urea, Methanol, etc.) erzeugt werden können.

[0003] Das Synthesegas enthält jedoch auch Schwefelwasserstoff (H_2S), Kohlenoxidsulfid (COS), Salzsäure (HCl), Ammoniak (NH_3), Blausäure (HCN), teilweise Fluorwasserstoff (HF) und ggf. auch höhere Kohlenwasserstoffe und Teeröle. Die Zusammensetzung des Gases ist abhängig von der Zusammensetzung des Einsatzstoffes, der Art und Menge der verwendeten Vergasungsmittel, den Reaktionsbedingungen sowie den durch das gewählte Vergasungsverfahren vorgegebenen kinetischen Randbedingungen der ablaufenden Reaktionen.

[0004] Grundsätzlich sind drei verschiedene Verfahrenstypen zur Vergasung von Feststoffen bekannt: Die Vergasung in Wirbelschichten, die Vergasung in einem aus dem Feststoff gebildeten Festbett und schließlich die Vergasung in einem Flugstromreaktor. Die verschiedenen Vergasungstechnologien stellen unterschiedliche Anforderungen an den Brennstoff, die bei der Brennstoffwahl bzw. der Konzeption der Brennstoffaufbereitung entsprechend berücksichtigt werden müssen.

[0005] Ist der eigentliche Reaktor als Festbettreaktor ausgestaltet, so weist er einen im Wesentlichen zylindrischen Vertikalreaktor mit äußerem Wassermantel auf. Der feste kohlenstoffhaltige Brennstoff, in der Regel Kohle oder Biomasse, wird von oben durch eine Schleuse in den sich im Inneren des Reaktors befindlichen Kohleverteiler eingebracht, wobei sich ein Festbett bildet, welches auf einem im unteren Bereich des Reaktor angeordneten Drehrost ruht. Aus diesem unteren Bereich wird Sauerstoff und Dampf in das Festbett eingeblasen.

[0006] Diese heißen Gase durchströmen das Festbett von unten nach oben, während der Feststoff von oben durch das Schleusensystem nachgefüllt wird. Man spricht deshalb auch von einer Festbettvergasung im Gegenstrom. Da der nachgefüllte Feststoff eine Temperatur von etwa 40°C aufweist, hat das gesamte Festbett ein Temperaturprofil, bei dem der heißeste Teil in der Nähe des Drehrostes angesiedelt ist und die Temperatur nach oben zur Feststoffzufuhr abnimmt. Entsprechend diesem Temperaturprofil finden innerhalb des Festbettes unterschiedliche Reaktionen statt. Man spricht daher oft auch von Reaktionszonen, wobei keine klare Trennung in einzelne Bereiche vorliegt, sondern die einzelnen Zonen ineinander übergehen. Im oberen Teil des Vergasers in der Nähe des nachkommenden Feststoffes erfolgt eine Trocknung und Desorption von physisorbierten Gasen. Unterhalb der Trocknungszone befindet sich die sogenannte Reaktionszone, in deren oberen Teil eine Entgasung des Feststoffes erfolgt. An die Entgasung schließt sich die eigentliche Vergasung des Feststoffes gemäß der Boudouard-Reaktion sowie die Wassergas- und Wassergas-Shift-Reaktionen an. In der darauffolgenden Zone erfolgt die Verbrennung des Feststoffes.

[0007] Die insbesondere bei der Verbrennung entstehende Asche fällt durch den Drehrost und wird von dort weiter ausgetragen. Die nicht umgesetzten Gasanteile der Reaktanten hauptsächlich Dampf, Stickstoff und Argon werden zusammen mit dem gebildeten Synthesegas über einen oberhalb des Festbettes vorgesehenen Gasabzug abgezogen.

[0008] Das Schleusensystem zum Zuführen des Brennstoffs in den Reaktor ist notwendig, da der Reaktor bei einem Druck von bis zu 100 bar, bevorzugt bis zu 60 bar, besonders bevorzugt ein Arbeitsdruck von mind. 50 bar, betrieben wird und folglich der Feststoff unter Druck eingebracht werden muss. Ein Einbringen über ein Schleusensystem erfolgt diskontinuierlich, wobei der Brennstoff zunächst unter Atmosphärenbedingungen in die vom Reaktor abgeschlossene Schleuse eingebracht, dann in dem Schleusensystem unter Druck gesetzt und unter diesem Druck in den Reaktor eingefüllt wird. Anschließend wird wieder der Reaktor gegen das Schleusensystem verschlossen. Um dennoch den Prozess unter gleichbleibenden Bedingungen im stationären Zustand fahren zu können, muss deshalb innerhalb des Reaktor ein weiteres Feststoffreservoir vorgesehen sein, das gewährleistet, dass das Festbett immer die gleiche Höhe aufweist. Dazu sind verschiedene Einbauten, beispielsweise von Lurgi® oder VEB PKM Anlagenbau Leipzig wie etwa sogenannte Kohleverteiler bekannt. Durch verschiedene Ausführungen dieser Vorrichtungen wollte man die natürliche Entmi-

schung des Kohle-Kornspektrums gezielt beeinflussen. Die Ergebnisse waren nur bedingt tauglich, um eine verbesserte Vergasung zu erzielen. Kornspektrum und Zerfallsverhalten sind sehr abhängig vom Typ bzw. den Eigenschaften der Kohlen.

[0009] Eine solche Vorrichtung wird beispielsweise in der DE 11 2005 002 983 T5 beschrieben. Es handelt sich um eine zylindrische oder nach innen zulaufende, d. h. hohle umgekehrt kegelstumpfförmige Schürze mit offenem Ende, die vom Kopf des Reaktors herabhängt, so dass Kohle, die von der Kohleschleuse abgelassen wird, sich entlang der Innenseite der Schürze bewegt, um im Feststoffbett verteilt zu werden. Das untere Ende der Schürze befindet sich typischerweise innerhalb des Festbettes. Zwischen Schürze und Wand des Gaserzeugers wird eine ringförmige Gassammelzone gebildet, aus welcher das sich dort sammelnde Rohgas durch einen Gasauslass seitlich abgezogen wird.

[0010] Weiterhin sind auch Beschickungsvorrichtungen bekannt, welche durch ein Kühlmedium gekühlt werden. So offenbart die DE 10 2011 014 349 A1 einen Wanderbettreaktor zur thermischen Spaltung von kohlenstoffreichen Substanzen mit einer zur Beschickung verwendeten gekühlten Schüttgutsäule. Die kohlenstoffhaltigen Substanzen werden zusammen mit einem feuerfesten Schüttgut über die Schüttgutsäule dem Reaktor zugeführt. Der Rohrmantel der Schüttgutsäule wird dabei ganz oder teilweise mit einem Kühlmedium gekühlt.

[0011] In den größten derzeit betriebenen Anlagen werden meist Kohlen in einem Festbettvergasungsverfahren zu Synthesegas überführt, bei denen die Austritts- und Reaktionsendtemperaturen im Durchschnitt so niedrig liegen, dass das gewonnene Synthesegas mit Temperaturen zwischen 200 und 300°C (für feuchte Braunkohlen), oder zwischen 400 und 450°C (für junge Steinkohlen), aus dem Reaktor abgezogen wird. Hier ist zwischen Durchschnittstemperatur und Temperaturspitzen, verursacht durch Inhomogenitäten des Feststoffbettes, zu unterscheiden. Die Durchschnittstemperatur ist entscheidend für die Korrosion und somit die Standzeit des Bauteils. Die Temperaturspitzen bestimmen die thermische und mechanische Belastung und dürfen daher Grenzwerte nicht überschreiten.

[0012] Die Grenzwerte einer Anlage zur Kohlevergasung im Festbett mussten bisher so festgelegt werden, dass bei Temperaturspitzen von 650 bzw. 670°C Leistungseinsenkungen oder gar Abschaltungen des Reaktors notwendig wurden, um die thermische Belastung des Rohgasauslasses zu begrenzen. Schlechte Kohlequalitäten oder Eigenschaften und hohe Lasten erhöhen die Amplitude und Häufigkeit solcher Temperaturspitzen.

[0013] Durch die zunehmende Verknappung von fossilen Rohstoffen sollen Feststoffvergaser zukünftig so ausgelegt werden, dass nicht nur etwa feuchte Braunkohle oder jüngere Steinkohlen sondern auch andere Kohlen mit höheren Reaktionsendtemperaturen und schlechteren Eigenschaften vergast werden können. Zudem gewinnt die Festbettvergasung von nachwachsenden Rohstoffen oder Sekundärrohstoffen an Bedeutung, die meist in Bezug auf die Festbettvergasung schlechtere Eigenschaften aufweisen. Die hieraus resultierenden Temperaturen können jedoch zu Gasauslasstemperaturen von mindestens 700°C, bevorzugt bis zu 800°C teilweise sogar bis zu 1000°C führen. Unter diesen Temperaturen ist die verwendete Schürze einer deutlich größeren Materialbelastung ausgesetzt.

[0014] Zudem werden zunehmend Kohlen vergast, die hohe Anteile an Schwefel oder Halogenen erhalten. Wie bereits angesprochen, führt dies im entstehenden Rohsynthesegas zu Verbindungen wie H_2S, COS, HCl und HF. Zusammen mit Temperaturen, die über den bisher typischer Weise verwendeten Temperaturen liegen (z. B. feuchte Braunkohle ca. 250°C, junge Steinkohle ca. 450°C, im Vergleich hierzu ältere STK 450–550°C, Anthrazit 550–600°C)), führt dies zu starker Korrosion an der Schürze. Auf diese typischen Betriebstemperaturen, sind noch die Temperaturspitzen aufzuschlagen, die von der Güte und dem Kornspektrum der Kohlen abhängen. Stark zerfallende Braunkohlen z. B. verursachen aufgrund der hohen Feinkornanteile Kanalbildung, was zu CO_2- und Temperaturspitzen führt. Zum Wechsel der Schürze muss die Anlage stillgelegt werden, so dass es zu Produktionsausfällen kommt. Andererseits ist die Schürze so groß, dass die Verwendung von hochtemperaturbeständigen Materialien einen erheblichen Anstieg der Investitionskosten verursachen würde und daher unwirtschaftlich ist, zumal auch die Verwendung hochtemperaturbeständiger Materialien der Korrosion durch z. B. Halogenwasserstoffe nur bedingt vorbeugen würde.

[0015] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, die auch als Ringgassammler bezeichnete Schürze so auszugestalten, dass auch bei Vergasungstemperaturen oberhalb von 450°C und/oder dem Einsatz von Schwefel und/oder Halogene enthaltenden Brennstoffen lange Standzeiten der Anlage ermöglicht werden. Gleichzeitig sollen häufige Temperaturspitzen toleriert werden, ohne eine Lasteinsenkung oder kurz- bzw. längere Abschaltung des Reaktors zu erzwingen.

[0016] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einer Beschickungsvorrichtung gemäß Anspruch 1 gelöst. Die Schürze wird gekühlt und weist hierzu einen Innenmantel und einen Außenmantel auf, zwischen denen ein Kühlspalt mit wenigstens einem Zu- und

Abfluss für die Zufuhr und Abfuhr eines Kühlmediums ausgebildet ist.

[0017] In Weiterbildung des Erfindungsgedankens ist die Schürze rotationssymmetrisch, insbesondere zylindrisch, konisch oder teilweise konisch ausgebildet. Eine zylindrische Form hat den Vorteil, dass der durch das Schleusensystem eingebrachte Brennstoff über den gesamten Querschnitt der Brennstoffschüttung verteilt wird. Außerdem kann so das Volumen des Kohlefüllschachtes maximiert werden, so dass dieser bei gleichem Füllvolumen eine vergleichsweise kurze Länge aufweist und die effektive Reaktorhöhe nicht entscheidend vermindert wird. Dennoch kann die Kohlemenge aufgenommen werden, die erforderlich ist, um die Zeit zwischen zwei Kohleschleusungen und möglicher zusätzlicher Unregelmäßigkeiten von Vergasung und Beschickung zu überbrücken.

[0018] Ist die Schürze Mantel konisch ausgebildet, so sollte sich die Beschickungsvorrichtung zum Festbett hin verjüngen. Dies hat den Vorteil, dass die freie Austrittsfläche für das Rohgas aus dem Festbett möglichst groß ist. Durch eine möglichst große Austrittsfläche kann die jeweilige Gasgeschwindigkeit und damit zusammenhängend die mitgerissene Staubmenge minimiert werden. Zudem weist der so entstehende Gassammelraum ein möglichst großes Volumen auf, so dass auch in dem Gassammelraum die Strömungsgeschwindigkeit des Rohgases sinkt und die Staubrückhaltung verbessert wird. Schließlich muss die Austrittsfläche möglichst groß gestaltet sein, damit das Rohgas gleichmäßiger über den gesamten Querschnitt der Brennstoffschüttung strömen kann und der Mitriss von Kohlepartikeln minimiert wird. Querströmungen sollten reduziert werden, um homogene Reaktionsbedingungen im gesamten Festbett sicherzustellen.

[0019] Eine teilweise konische Ausbildung, die auf einem zylindrischen Teil aufsetzt, vereint die Vorteile beider Ausführungsarten.

[0020] Der Kühlspalt wird im laufenden Betrieb mit Kühlmittel, vorzugsweise Kessel-Speise-Wasser, beschickt. Wird Wasser verwendet, muss das Wasser den Richtlinien für Dampferzeuger genügen, um Karbonat- oder Kesselsteinansätze zu verhindern. Der Kühlspalt grundsätzlich so gestaltet sein, dass der Zufluss des Kühlmittels an einem und der Abfluss des Kühlmittels an dem gegenüberliegenden Rand vorgesehen sind. Bevorzugt wird jedoch der Kühlspalt an einem Rand flüssigkeitsundurchlässig gestaltet, indem hier Innen- und Außenmantel flüssigkeitsdicht verbunden sind. Vorzugsweise ist dieser Rand dem Festbett zugewandt, also im Reaktor unten angeordnet. Die Beschickung des Kühlspaltes mit Kühlmittel kann über eine gemeinsame Zu- und Abfuhrleitung erfolgen, oder es sind wenigstens ein Zu- und ein Abfluss vorgesehen.

[0021] An dem dem Festbett abgewandten, also oberen Rand der Schürze wird der Kühlspalt über eine vorzugsweise ringförmige Abdeckung verschlossen, in welcher zahlreiche Öffnungen zum Einführen und Abführen des Kühlmediums vorgesehen sind. So kann Kühlmittel über den gesamten Umfang der Schürze in den Kühlspalt eingebracht werden. Wird das Kühlmedium, bspw. Wasser, durch das an der Außenseite der Schürze vorbei aufsteigende heiße Synthesegas erhitzt, so verdampft es und steigt nach oben, um durch die Öffnungen der Abdeckung aus dem Kühlspalt dampfförmig zu entweichen.

[0022] Vorzugsweise verlaufen Innen- und Außenmantel parallel, da so die Vorrichtung einfach zu fertigen ist und der entstehende Kühlspalt an jeder Stelle die gleiche Breite aufweist. In gleicher Weise ist es hier auch denkbar, den Kühlspalt so auszubilden, dass er an denjenigen Stellen, an denen der Volumenstrom des Gases entlang der Schürze und somit die abzuführende Wärmemenge besonders hoch ist, eine größere Breite als an wenig durchströmten Stellen aufweist. Stark belastet ist beispielsweise der dem Gasauslass zugewandte Bereich. Damit kann sichergestellt werden, dass tatsächlich die ganze Schürze ausreichend gekühlt ist.

[0023] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist zwischen Innen- und Außenmantel der Schürze eine Schottwand vorgesehen, die bevorzugt parallel zu Innen- und Außenmantel verläuft, um ein gleichmäßige Beschickung mit Kühlflüssigkeit zu ermöglichen. Durch die Schottwand entsteht ein innerer und ein äußerer Kühlspalt, die an wenigstens einer Stelle, vorzugsweise über den gesamten Umfang der Schürze miteinander in Verbindung stehen.

[0024] Die Verbindung zwischen dem inneren und dem äußeren Kühlspalt wird besonders einfach dadurch hergestellt, dass zwischen der Schottwand und einem den Innenmantel mit dem Außenmantel verbindenden Mantelabschnitt ein Freiraum vorgesehen ist, d. h. dass sich die Schottwand nicht bis zum Boden der Schürze erstreckt. Durch diese Ausgestaltung kann erreicht werden, dass das Kühlmittel die Schürze durchströmt, ohne dass eine Pumpe benötigt wird: Der Außenkühlspalt grenzt an den Außenmantel der Schürze, der in direktem Kontakt mit dem Gassammelraum steht und der Temperatur des aufsteigenden heißen rohen Synthesegases ausgesetzt ist, so dass er sich entsprechend aufheizt. Das Kühlmittel im Innenkühlspalt ist über den Innenmantel mit dem nachgefüllten Feststoff verbunden, welcher nur eine Temperatur von etwa 40°C hat. Das Kühlmittel im Außenkühlspalt ist daher einem deutlich höherem Wärmeübergang ausgesetzt als das Kühlmittel im Innenkühlspalt, so dass es durch Konvektion zu einer gerichteten Durchströmung des Kühlspaltes kommt.

[0025] Wird nun Wasser als Kühlflüssigkeit verwendet, so liegt der Siedepunkt des Wassers unterhalb der Temperatur des heißen rohen Synthesegases. Dies ist auch dann der Fall, wenn das Kühlsystem unter Druck betrieben wird (30 bar: Siedepunkt 234°C; 51 bar: 265°C). Der entstehende Wasserdampf wird immer nach oben zum Ausfluss strömen. In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung wird das Kühlmittel dem inneren Kühlspalt zugeführt und von dem Außenkühlspalt abgezogen. Somit durchläuft das eingeführte Kühlwasser den inneren Kühlspalt, wird dabei durch den Kontakt mit der Schottwand geringfügig aufgeheizt und gibt diese Wärme an den nachgeführten Feststoff im Innern der Schürze weiter, was geringfügig sogar zu einem Absinken der Kühlwassertemperatur führt, und gelangt dann in den Außenkühlspalt. Dort verdampft das Wasser in Folge des Kontaktes mit dem heißen Außenmantel der Schürze und entzieht so dem System Wärme. Der entstehende Dampf strömt aus dem im Außenkühlspalt vorgesehenen Dampfauslass. Durch das Entweichen des Dampfes wird kontinuierlich neues Kühlwasser von dem Innenkühlspalt in den Außenkühlspalt gefördert. In diesem System werden also Innen- und Außenkühlspalt durch natürliche Konvektion durchströmt. Die natürliche Konvektion definiert sich dabei aus dem Dichteunterschied der Wassersäule im Zulauf und der Dampf-Wassersäule im Ablauf. Daraus ergibt sich eine sogenannte Umlaufzahl als Quotient aus Dampferzeugung und Wasserumlauf, die durch den Druckverlust bei gegebener Geometrie begrenzt wird. Die Vorrichtung arbeitet besonders effektiv, wenn Ein- und Ausfluss des Kühlwassers an dem bei vertikaler Bauweise des Reaktors oberen Rand der Schürze erfolgen.

[0026] Bevorzugt ist die Schottwand so auszugestalten, dass der innere Kühlspalt eine kleinere Breite als der äußere Kühlspalt aufweist. Dies hat den Vorteil, dass im äußeren Kühlspalt bei Verwendung von Wasser als Kühlmittel der entstehende Dampf ausreichend Volumen zur Verfügung gestellt wird. So kann eine optimale Umlaufzahl von Wasser/Dampf ermöglicht und der Druckverlust minimiert werden.

[0027] Gegenstand der Erfindung ist auch ein Reaktor zur Vergasung eines kohlenstoffhaltigen Feststoffes mit Sauerstoff und Dampf mit den Merkmalen des Anspruchs 7. Ein solcher Reaktor weist in Bodennähe einen Drehrost auf und am Kopf des Reaktors eine Feststoffschleuse, an welche sich die oben beschriebene Schürze anschließt.

[0028] Vorteilhafterweise ist der Reaktor so ausgebildet, dass der Zu- und/oder der Ablauf des Kühlspaltes der Schürze mit einem Kühlsystem des Reaktors selbst verbunden ist. Dies hat den Vorteil, dass zur Kühlung der Schürze kein eigener Kühlkreislauf installiert werden muss und so Investitionskosten gesenkt werden können, zudem werden Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit des Kühlsystems erhöht. Bevorzugt weist der Reaktor selbst ebenfalls einen Kühlmantel auf, in den der Kühlmantel der Schürze integriert ist.

[0029] Weiterhin sind Schürze und Reaktor vorzugsweise miteinander verschweißt. Dies ist dadurch möglich, dass durch die Kühlung der Vorrichtung die Temperatur von Innen- und Außenmantel im Vergleich zu einer ungekühlten Schürze deutlich abgesenkt werden kann. Wird Wasser unter 51 bar als Kühlflüssigkeit verwendet, so liegt die Siedetemperatur bei etwa 265°C und somit deutlich unter der kritischen Temperatur von 300°C, ab der es progressiv für C-Stahl zu Heißgaskorrosionen kommt. Indem durch die Kühlung die Schürze vor Korrosion aber auch Erosion infolge der sich nach unten bewegenden Kohle geschützt ist, muss sie nicht mehr regelmäßig ausgetauscht werden, so dass aufwändige, lösbare Verbindungen nicht notwendig sind.

[0030] Schließlich erstreckt sich der erfindungsgemäße Gedanke auch auf ein Verfahren zur Vergasung eines kohlenstoffhaltigen Feststoffes mit Sauerstoff und Dampf mit den Merkmalen des Anspruchs 9. Dabei wird die Vergasung im Festbett durchgeführt, wobei der Feststoff diskontinuierlich über eine Schleuse und dann kontinuierlich durch die erfindungsgemäße Beschickungsvorrichtung in das Festbett eines Reaktors eingebracht wird. In den Mantel wird ein Kühlmedium flüssig eingebracht und wenigstens teilweise dampfförmig abgezogen. Durch diese Kühlung kann die Vorrichtung effektiv vor Korrosion geschützt werden und gleichzeitig eine leichte erste Kühlung des heißen rohen Synthesegases erfolgen, so dass auch die nachfolgenden Bauteile weniger belastet sind.

[0031] Besonders vorteilhaft ist diese Kühlung, wenn der abgezogene Dampf innerhalb des Prozesses als energetisch als Reaktant/Vergasungsmittel wieder verwendet werden kann. Der Dampf wirkt innerhalb der Festbettvergasung als „Moderator", um die Verbrennungstemperatur so zu begrenzen, dass die Kohleasche nicht geschmolzen wird. Der Dampf muss im Überschuss zugegeben werden.

[0032] Ganz besonders vorteilhaft gestaltet sich die Verwendung des Dampfes, wenn als Kühlflüssigkeit Wasser verwendet wird und das dampfförmig abgezogene Kühlwasser selbst als Reaktant eingesetzt werden kann, d. h., derjenige Dampfstrom, der zur Vergasung des Feststoffes im Festbett benötigt wird, wird teilweise mit dem in der Kühlung erzeugten Dampf gespeist. Dadurch kann der Dampfbedarf des Verfahrens abgesenkt werden, was die Betriebskosten senkt. Wenn auch der Reaktor selbst einen wassergekühlten Mantel aufweist und auch hier Dampf entsteht, können durch die gesammelte Rückführung des Dampfes aus allen gekühlten Bauteilen etwa 20

Vol.-% der benötigten Gesamt-Dampfmenge eingespart werden.

[0033] Weitere Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels und den Zeichnungen. Dabei bilden alle beschriebenen oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbezügen.

[0034] Es zeigen:

[0035] Fig. 1 schematisch einen im Gegenstrom betriebenen Festbettreaktor,

[0036] Fig. 2 einen Ringgassammler gemäß der Erfindung,

[0037] Fig. 3 eine Abdeckung des Ringgassammlers gemäß der Erfindung

[0038] In Fig. 1 ist schematisch der Reaktor **10** dargestellt. Es handelt sich um einen im Gegenstrom betriebenen vertikalen Festbettreaktor, der in Bodennähe einen Drehrost **11** aufweist. Auf diesem Drehrost **11** baut sich im Betrieb ein Feststoffbett **12** auf. Über eine Einspeisung **13** wird Dampf und/oder ein sauerstoffhaltiges Medium, wie etwa Luft, sauerstoffangereicherte Luft oder auch reiner Sauerstoff, eingebracht und gleichmäßig verteilt von unten in das Bett **12** eingedüst. Asche, die durch Reaktionen im Festbett **12** entsteht, wird durch den Drehrost **11** ausgetragen und wird über einen Ascheabzug **14** mit nachfolgender Ascheschleuse ausgeschleust. Der Reaktor **10** ist wassergekühlt und weist einen Kühlspalt **17** zwischen einem Außenmantel **18** und einem Innenmantel **19** auf (Fig. 2).

[0039] Oberhalb des Reaktors **10** ist eine Schleuse **20** vorgesehen, über welche Kohle oder anderer kohlenstoffhaltiger Feststoff zugeführt wird. An die Schleuse **20** schließt sich eine darunter angeordnete Schürze **30** an (Fig. 2), die als Feststoffreservoir dient, so dass das Festbett **12** im Reaktor **10** einen gleichmäßigen und ausreichenden Füllstand aufweist, obwohl die Kohlebeschickung durch die Schleuse **20** diskontinuierlich erfolgt. Oberhalb des Festbettes **12** ist rund um die Schürze **30** ein freier Raum vorgesehen, in dem sich Reaktionsgase sowie unverbrauchter Dampf ansammeln. Die in diesem Gassammelraum **15** gesammelten Gase werden über einen Gasabzug **16** abgezogen.

[0040] Fig. 2 zeigt schematisch und im Schnitt die rechte Hälfte der erfindungsgemäßen Beschickungsvorrichtung **1**. Der Gasabzug **16** ist meist nur an einer Seite des Reaktors vorgesehen.

[0041] Die Beschickungsvorrichtung **1** weist eine doppelwandige Schürze **30** mit einem Innenmantel **31** und einem Außenmantel **32** auf, zwischen denen ein Kühlspalt **33** ausgebildet ist. Am unteren, dem Festbett **12** zugewandten Ende der Schürze **30** sind der Innenmantel **31** und der Außenmantel **32** durch einen Mantelabschnitt **35** flüssigkeitsdicht verbunden. Innerhalb der Schürze **30** ist zwischen dem Innenmantel **31** und dem Außenmantel **32** eine Schottwand **34** vorgesehen. Diese Schottwand **34** teilt den zwischen Innenmantel **31** und Außenmantel **32** entstehenden Kühlspalt **33** in einen inneren Kühlspalt **33i** und einen äußeren Kühlspalt **33a**. Der Innenkühlspalt **33i** grenzt im laufenden Betrieb über den Innenmantel **31** an den in der Schürze **30** gehaltenen Feststoff, während der Außenkühlspalt **33a** über den Außenmantel **32** an den Gassammelraum **15** und an das Festbett **12** grenzt.

[0042] Zwischen der Schottwand **34** und dem den Innenmantel **31** und den Außenmantel **32** verbindenden Mantelabschnitt **35** ist ein Freiraum **36** vorgesehen, durch welchen der innere Kühlspalt **33i** und der äußere Kühlspalt **33a** am unteren Ende der Schürze **30** miteinander verbunden werden.

[0043] Die Kühlflüssigkeit, vorzugsweise Wasser, wird zwischen Schottwand **34** und Innenmantel **31** eingebracht, strömt durch die Schwerkraft nach unten und steht im Wärmeaustausch mit der innerhalb der Schürze vorgesehenen kalten Kohle (ca. 40°C). Da die Schottwand **34** nicht bündig mit dem Mantelabschnitt **35** abschließt, kann das Wasser am unteren Rand der Schürze **30** in den Außenkühlspalt **33a** eintreten. In dem Außenmantel **32** steht die Kühlflüssigkeit in direktem Wärmeaustausch mit dem heißen Gas im Gassammelraum **15**. Durch die Temperatur des Gases von bis zu 700°C, bevorzugt bis zu 800°C, wird das Wasser auf Temperaturen des jeweiligen Siedepunktes (bei einem Betriebsdruck von 51 bar ca. 265°C) erhitzt und verdampft. Der Dampf steigt aufgrund seiner deutlich geringeren Dichte im Außenkühlspalt **33a** nach oben (Konvektion) und kann am oberen Ende des Kühlspaltes **33a** abgezogen werden. Die Oberflächentemperatur des Außenmantels **32** wird bis zu 30° höher (abhängig von Gastemperatur und Last) sein als die Kühlwassertemperatur, da der Wärmeübergang auf der Gasseite hoch ist. Am Außenmantel **32** stellt sich damit immer noch eine Temperatur knapp unterhalb von 300°C ein, die deutlich unterhalb der sich bei einem ungekühlten Ringgassammler ergebenden, im Wesentlichen der Gastemperatur entsprechenden Temperatur liegt. Eine Heißgaskorrosion von C-Stahl kann vermieden oder zumindest stark reduziert werden.

[0044] Umfasst der Reaktor **10** selbst ebenfalls einen wassergekühlten Mantel, so wird der Kühlspalt **33** der Schürze **30** vorzugsweise derart mit dem Kühlsystem des Reaktors **10** verbunden, dass das Kühl-

wasser aus dem Kühlspalt **17** zwischen Außenmantel **18** und Innenmantel **19** des Reaktors **10** auch zur Beschickung des Kühlspaltes **33** der Schürze **30** genutzt werden kann.

[0045] Fig. 3 zeigt eine ringförmige Abdeckung **40**, die auf der Beschickungsvorrichtung **1** angebracht, vorzugsweise mit dieser verschweißt ist und gleichzeitig den Zu- und Ablauf des Kühlmittels sowie die Verbindung zum Reaktor **10** darstellt.

[0046] Im Zentrum der Abdeckung **40** ist eine kreisförmige Öffnung **41** vorgesehen, durch die der Feststoff aus dem Schleusensystem **20** in die Beschickungsvorrichtung **1** gelangen kann. Nach außen versetzt und dem Mantel der Schürze **30** zugeordnet sind auf konzentrischen Kreisen zwei Reihen von Öffnungen **42**, **43** vorgesehen, über welche das Kühlmittel in den inneren Kühlspalt **33i** eingebracht bzw. aus dem äußeren Kühlspalt **33a** abgezogen wird. Über eine umlaufende Auskragung **44** kann die Abdeckung **40** mit dem Innenmantel **19** des Reaktors **10** verbunden, bspw. verschweißt werden (vgl. Fig. 2).

[0047] Bei dem erfindungsgemäßen gekühlten Ringgassammler wird durch die geringere Wandtemperatur der Abrieb am Innenmantel durch die ständig vorbeigeführte Kohle stark reduziert und die mögliche Standzeit auch hierdurch verlängert. Am Außenmantel werden durch die geringere Temperatur Heißgaskorrosionen abhängig von den Konzentrationen der korrosiven Komponenten im Rohgas vermieden oder stark reduziert. Die korrosiven Komponenten im Rohgas sind bestimmt durch die Kohlezusammensetzung.

[0048] Zudem wird das Gas am Außenmantel des Ringgassammlers etwas abgekühlt, woraus eine niedrigere Temperaturbelastung der darauffolgenden Anlagenteile folgt. Indem das Gas am Ringgassammler gekühlt wird, wird dem Prozess an einer Stelle Wärme entzogen und das Kühlmittel verdampft.

[0049] Wird Wasser als Kühlmittel verwendet, kann der gebildete Dampf anschließend als Dampf für die Vergasung in das System eingespeist werden, wodurch die Kosten für die bereitzustellenden Reaktanten abgesenkt werden können.

Bezugszeichenliste

1	Beschickungsvorrichtung
10	Reaktor
11	Drehrost
12	Festbett
13	Einspeisung von sauerstoffhaltigem Gas und/oder Dampf
14	Ascheabzug
15	Gassammelraum
16	Gasabzug
17	Kühlspalt
18	Außenmantel des Reaktors
19	Innenmantel des Reaktors
20	Schleuse
30	Schürze
31	Innenmantel
32	Außenmantel
33	Kühlspalt
33a	äußerer Kühlspalt
33i	innerer Kühlspalt
34	Schottwand
35	Mantelabschnitt
36	Freiraum
40	Abdeckung
41	Öffnung
42	Öffnungen
43	Öffnungen
44	Auskragung

Patentansprüche

1. Vorrichtung (**1**) zum Beschicken eines unter Druck betriebenen Reaktors (**10**) mit kohlenstoffhaltigem Feststoff, in dem der Feststoff im Festbett (**12**) mit Sauerstoff und/oder Dampf vergast wird, wobei die Vorrichtung eine oben und unten offene, ringförmige Schürze (**30**) aufweist, welcher der Feststoff durch eine Schleuse (**20**) zugeführt wird, wobei die Schürze (**30**) einen Innenmantel (**31**) und einen Außenmantel (**32**) aufweist, zwischen denen ein Kühlspalt (**33**) mit wenigstens einem Zu- und Abfluss für die Zufuhr und Abfuhr eines Kühlmediums ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem Innenmantel (**31**) und Außenmantel (**32**) der Schürze (**30**) eine Schottwand (**34**) vorgesehen ist, so dass ein innerer und ein äußerer Kühlspalt (**33i**, **33a**) entstehen, wobei der innere und der äußere Kühlspalt (**33i**, **33a**) an wenigstens einer Stelle miteinander in Verbindung stehen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schürze (**30**) rotationssymmetrisch, insbesondere zylindrisch, konisch oder teilweise konisch ausgebildet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenmantel (**31**) und der Außenmantel (**32**) der Schürze (**30**) an der im Reaktor (**10**) dem Festbett (**12**) zugewandten Unterseite miteinander verbunden sind.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kühlspalt (**33**) am dem Festbett (**12**) abgewandten oberen Rand der Schürze (**30**) über eine Abdeckung (**40**) verschlossen ist, die eine Vielzahl von Öffnungen (**42**, **43**) zum Zuführen und Abführen des Kühlmediums aufweist.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der innere und der äußere Kühlspalt (**33i**, **33a**) über den gesamten Umfang der Schürze (**30**) miteinander in Verbindung stehen.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Schottwand (**34**) und einem den Innenmantel (**31**) mit dem Außenmantel (**32**) verbindenden Mantelabschnitt (**35**) ein Freiraum (**36**) vorgesehen ist.

7. Reaktor (**10**) zur Vergasung eines kohlenstoffhaltigen Feststoffes im Festbett mit Sauerstoff und/oder Dampf umfassend eine Beschickungsvorrichtung (**1**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

8. Reaktor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Zu- und/oder Ablauf des Kühlspaltes (**33**) der Beschickungsvorrichtung (**1**) mit einem Kühlspalt (**17**) zwischen einem Innenmantel (**19**) und einem Außenmantel (**18**) des Reaktors (**10**) verbunden ist.

9. Verfahren zur Vergasung eines kohlenstoffhaltigen Feststoffes mit Sauerstoff und Dampf, wobei die Vergasung in einem unter Druck betriebenen Festbettreaktor durchgeführt wird und der Feststoff über eine Schleuse durch eine Beschickungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 in das Festbett eingebracht wird, dadurch gekennzeichnet, dass in einen Kühlspalt der Beschickungsvorrichtung ein Kühlmedium in flüssiger Form eingebracht und dass das Kühlmedium wenigstens teilweise dampfförmig aus dem Kühlspalt abgezogen wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

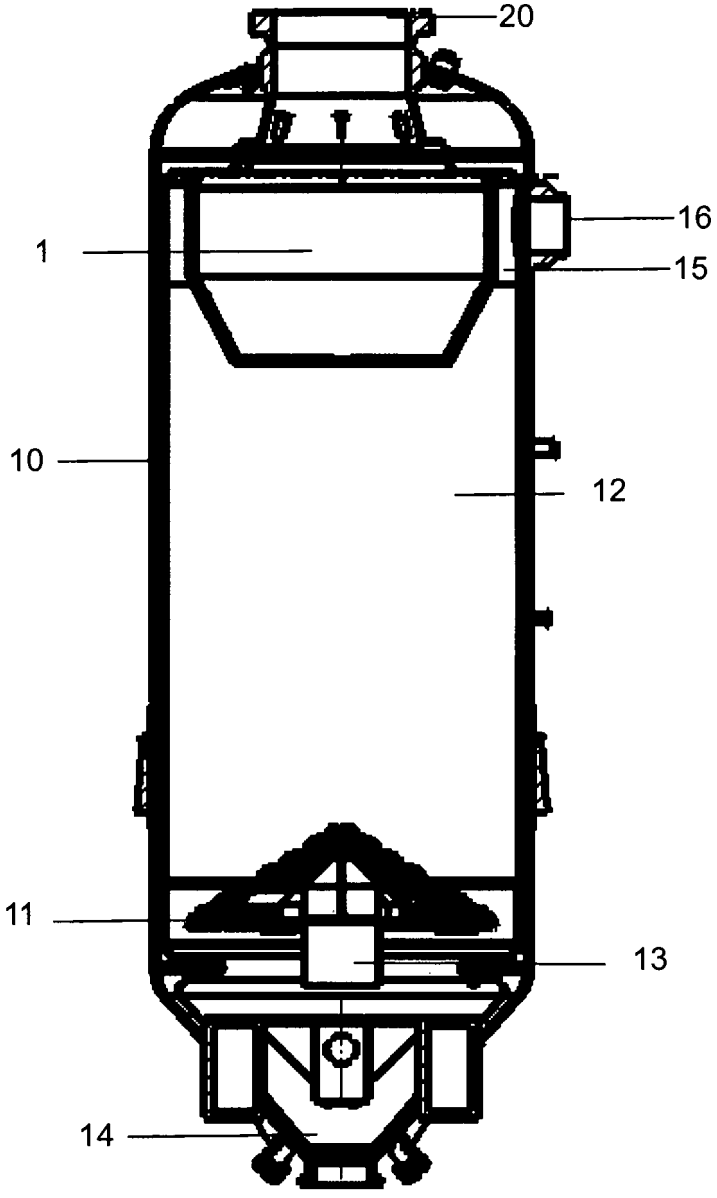


Fig. 1

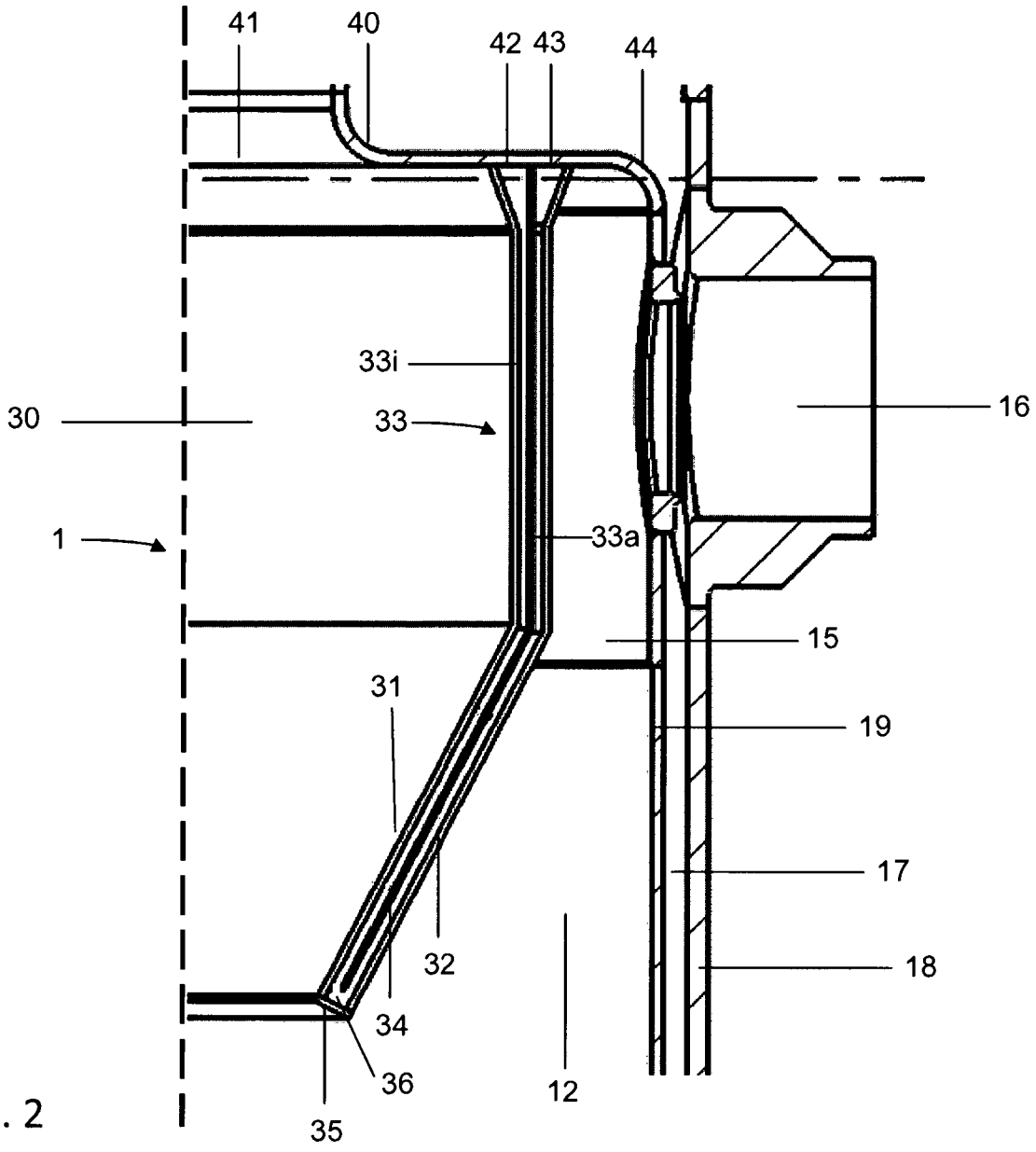


Fig. 2

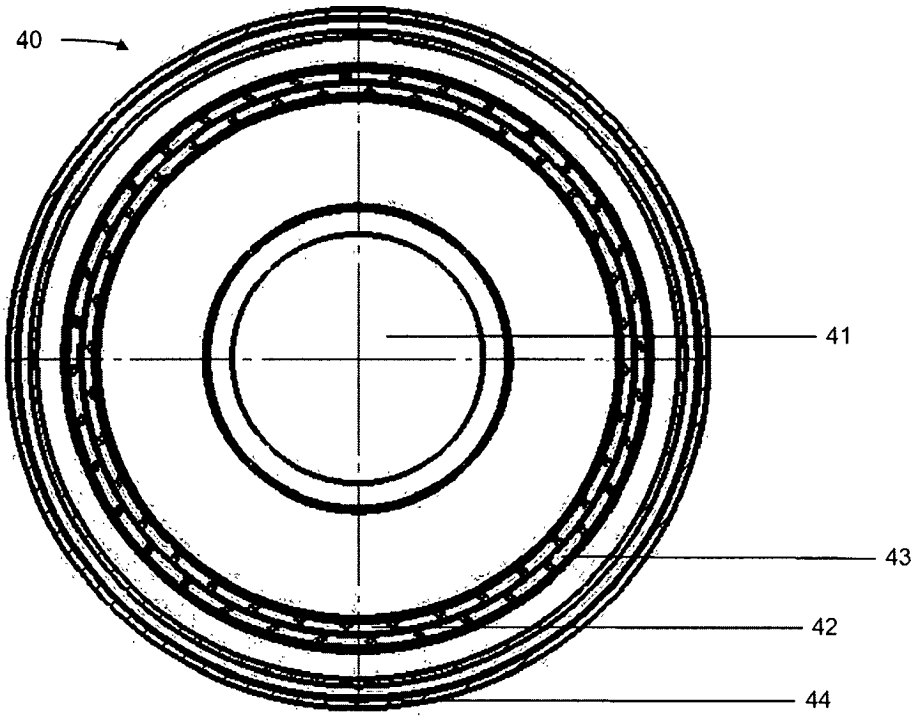


Fig. 3