



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 044 726 A1** 2009.03.19

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 044 726.6**

(22) Anmeldetag: **18.09.2007**

(43) Offenlegungstag: **19.03.2009**

(51) Int Cl.⁸: **C10J 3/46** (2006.01)

C10J 3/48 (2006.01)

C10J 3/08 (2006.01)

(71) Anmelder:

Uhde GmbH, 44141 Dortmund, DE

(72) Erfinder:

Kowoll, Johannes, Dr., 44799 Bochum, DE; Kuske, Eberhard, Dr., 59494 Soest, DE; Abraham, Ralf, 59192 Bergkamen, DE; Heinritz-Adrian, Max, 48155 Münster, DE

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

DE10 2005 043212 A1

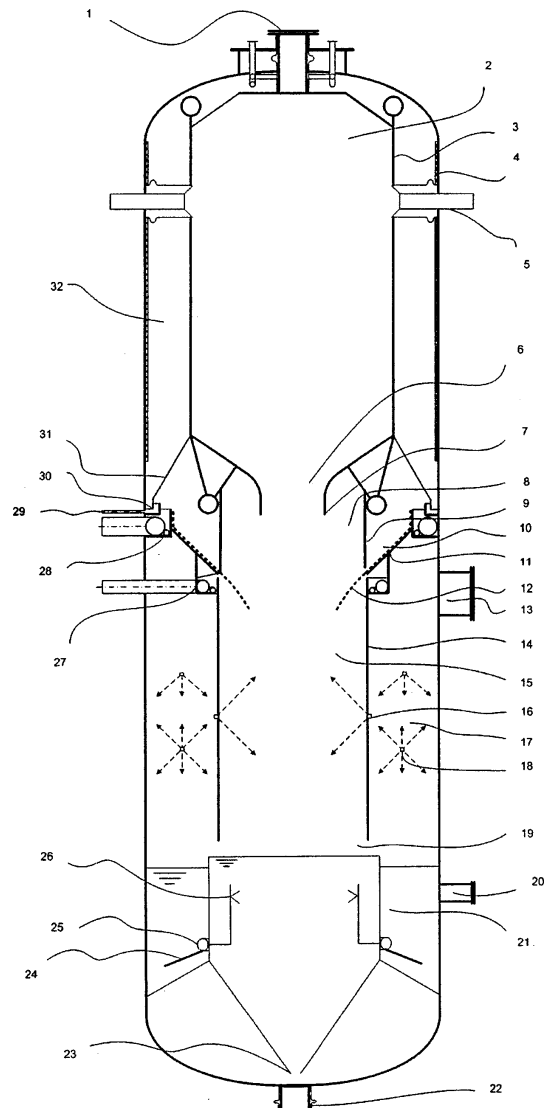
EP 01 27 878 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Vergasungsreaktor und Verfahren zur Flugstromvergasung**

(57) Zusammenfassung: Verfahren und Vorrichtung zur Gewinnung von Synthesegas durch Vergasung von flüssigen oder fein zerteilten, festen Brennstoffen unter einem Druck von 0,3 bis 8 MPa bei einer Temperatur im Bereich von 1200 bis 2000°C mit sauerstoffhaltigen, gasförmigen Vergasungsmitteln in einem gekühlten Reaktor, an dessen Wänden flüssige Schlacke abgeschieden wird und der sich in einem Druckbehälter befindet, wobei das erzeugte Synthesegas in einem ersten oben im Reaktor angeordneten Reaktionsraum erzeugt wird, in dessen oberem Bereich die Einsatzstoffe zugeführt werden, an dessen Seitenwänden flüssige Schlacke niedergeschlagen wird, die frei ablaufen kann, ohne dass die Oberfläche der Schlacke dabei erstarrt, und an dessen Unterseite sich eine Öffnung mit einer Abtropfkante befindet, aus der sowohl das gewonnene Synthesegas nach unten abgezogen wird als auch die flüssig herablaufende Schlacke abtropfen kann, sich unten an die Öffnung ein zweiter Raum anschließt, in dem das Synthesegas trocken gehalten und abgekühlt wird, und der zweite Raum durch einen Wasserfilm begrenzt wird, der durch geeignete Vorrichtungen erzeugt ist und frei fällt, sich unten an den zweiten Raum ein dritter Raum anschließt, in dem durch Zufuhr von Wasser in das Synthesegas eine Abkühlung vorgenommen wird, sich unten an den dritten Raum ein Wasserbad anschließt, in welches die abgetropften und bereits erstarrten oder noch flüssigen Schlacketeilchen hineinfallen, und unten oder seitlich des dritten Raums, jedoch ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung für die Vergasung von sowohl fein zerteilten Brennstoffen, z. B. staubförmigen Brennstoffen aus Kohle, Petrolkoks, biologischen Abfällen bzw. Brennstoffen, als auch flüssigen Brennstoffen, wie Öl, Teer, Raffinerie-Rückständen und anderen flüssigen Rückständen, die im Vergaser zerstäubt werden können, zur Erzeugung von Synthesegas.

[0002] Verfahren und Vorrichtungen dieser Art sind in großer Zahl bekannt. Beispielsweise bekannt sind Bauformen mit Schlackeablauf im Boden und Gasaustritt oben. Die US 3,963,457 beschreibt einen Koppers-Totzek-Vergaser mit waagerechten, gegenüberliegenden Brennern, Schlackeabfluss unten, Gasaustritt und Gasquench oben und ein Verfahren mit zurückgeführtem, gekühltem Gas. Die EP 0 400 740 B1 beschreibt einen Shell-Vergaser mit waagerechtem Brenner, Schlackeabfluss unten, Gasaustritt oben und Gasquench aufwärts, ausgestattet mit vertikalem Mischrohr. Die US 4,936,871 beschreibt einen Koppers-Vergaser mit Gasaustritt oben und aufwärts gerichtetem Gasquench, ausgestattet ebenfalls mit vertikalem Mischrohr. Die US 5,441,547 beschreibt einen PRENFLO-Vergaser mit ebenfalls einem Gasaustritt oben und aufwärts gerichtetem Gasquench, ausgestattet ebenfalls mit vertikalem Mischrohr, ferner einer Umlenkung und Wärmetauscher abwärts. Die US 4,950,308 beschreibt einen Krupp-Koppers-Vergaser mit waagerechtem Brenner, Schlackeabfluß unten, Gasaustritt oben, weiterhin ausgestattet mit Strahlungskühler und Gasquench. Die meisten Koppers-Totzek Vergaser hatten einen Wasserquench, der eine Abkühlung bis ca. 1000°C bewirkte, was weit vom Taupunkt des erzeugten Gases entfernt war, wobei mit Düsen ein Wasserspray erzeugt wurde.

[0003] Nachteilig an diesen Technologien waren die hohe Bauform sowie die mangelnde Eignung für weitergehende Abkühlung des erzeugten Synthesegases. Hätte man einen Wasserquench mit Wasserüberschuss verwenden wollen, um eine Abkühlung des Synthesegases bis zum Taupunkt zu erreichen, hätte die Gefahr bestanden, dass Wasser in die unten befindliche Brennebene hätte gelangen können, was sicherheitstechnisch sehr riskant gewesen wäre. Ferner wären thermodynamische Nachteile aufgetreten, wenn Quenchwasser in die Reaktionszone des Vergasers gelangt wäre.

[0004] Bekannt sind auch Bauformen mit Vergaser, bei denen der Austritt des Synthesegases und der Schlacke durch ein Loch im Boden erfolgen und die mit einem Wasserquench mit Tauchrohr ausgestattet sind. Beispielsweise beschreibt die US 4,247,302 einen Texaco-Vergaser mit oben gelegenen Brenner und unten angeordnetem gemeinsamen Austritt von

Gas und Schlacke. Unter dem Vergaser ist ein Trennbehälter, aus dem Schlacke abwärts in Schlackebad fällt, während das Synthesegas seitwärts in einen Gasquenchbehälter strömt. Nachteilig ist, dass mehrere Behälter erforderlich sind und eine Neigung zur Verstopfung besteht, da heiße, noch nicht erstarrte Schlackepartikel gefördert werden müssen, insbesondere in der Rohrleitung vom Trennbehälter zum Quenchbehälter.

[0005] In der US 4,494,963 wird ein Texaco-Vergaser beschrieben mit oben angeordnetem Brenner und gemeinsamem Austritt von Gas und Schlacke unten. Unter dem Vergaser befindet sich ein Flüssig-Quench bestehend im Wesentlichen aus einem mit Kühlflüssigkeit, z. B. Wasser, benetzten und im Bad eingetauchten Rohr. Ein ähnliches Verfahren wird auch in der EP 0 278 063 A2 beschrieben. In der EP 0 374 324 A1 wird beschrieben, wie ein solches Tauchrohr zusätzlich innen mit Flüssigkeit benetzt wird. Weitere Beispiele für ähnliche Ausführungsformen werden in den Schriften US 4,992,081 und US 5,744,067 dargestellt.

[0006] Durch den Einsatz eines mit einem Flüssigkeitsfilm benetzten Tauchrohres werden Ablagerungen verhindert. Dieser Flüssigkeitsfilm haftet an der Wand, bewegt sich vertikal, kühlt und verhindert Bildung von Ablagerungen. Nachteilig ist bei diesen Konzepten aber, dass die Quenchaustrittstemperatur von der Größe und der Verweilzeit der Gasblasen im Wasserbad abhängt, die wiederum durch mehrere Faktoren beeinflusst werden, z. B. Gasdurchsatz, Druck, Feststoffgehalt im Wasserbad, wodurch sich Schwankungen der Austrittstemperatur ergeben und sich keine effiziente Ausscheidung der Flugasche erreichen lässt. Ferner ist das untere Ende des eingetauchten Rohres abwechselnd mit sehr heißem Gas und mit Wasser in Kontakt, was zu schneller Materialermüdung und Bildung von Ablagerungen führt.

[0007] Bekannt sind auch Vergaserbauformen bei denen sowohl das erzeugte Synthesegas als auch die Schlacke abwärts geführt werden und zur Abkühlung ein Sprühquench vorgesehen wird. Beispielsweise beschreibt die DE 40 01 739 A1 einen solchen Vergaser. Unter dem Vergaser wird Wasser in unterschiedlichen Niveaus in Form von Sprühkegeln auf das heiße Gas gesprüht. Das abgekühlte Gas verlässt die Quenchzone seitwärts und die Schlacke fällt in ein Wasserbad. Eine ähnliche Technologie wird auch in der WO 98/45388 A2 beschrieben.

[0008] Die DE 10 2005 048 488 A1 beschreibt ein System mit mehreren, symmetrisch angeordneten Brennern am Reaktorkopf; wobei erzeugtes Synthesegas und Schlacke gemeinsam in einem Quenchkühler durch Wassereinspritzung bis zum Taupunkt, der zwischen 180°C und 240°C liegt, oder durch Teilkühlung mit Abhitzenutzung behandelt werden. In der

DE 10 2005 041 930 A1 wird beschrieben, wie Schlacke und Rohgas gemeinsam unten ausgeschleust werden, wobei eine oder mehrere ringförmig angeordnete Düsenreihen Kondensat-Wasser einspritzen; die Schlacke wird über ein Wasserbad ausgetragen. Die Staubabscheidung wird am Ende der Quenchkammer vorgenommen. In der DE 10 2005 041 931 A1 wird ferner ein Teilquenchen durch im Mantel angeordnete Düsen mit Kondensat-Wasser mit Abkühlung auf ca. 700–1100°C beschrieben; dem schließt sich ein Abhitzekegel an.

[0009] Die DE 197 51 889 C1 beschreibt ein Vergasungsverfahren, bei dem den Vergaser verlassende, heiße Rohgase über eine Quenhdüse abgekühlt werden. Asche verlässt den Reaktor über einen intensiv gekühlten Schlackeablaufkörper und wird in der Quenhdüse gekühlt und gewaschen. Die Quenhdüse besitzt eine Ablaufkante für Schlacke; eine intensive Durchmischung wird durch eine Einschnürung in der Quenhdüse erreicht. Die Schlacke wird anschließend ausgeschleust und von Ruß gereinigt. In der EP 0 084 343 A1 wird ein abwärts gegen ein Wasserbad wirkender Kohlevergaser mit zweistufigem Quench beschrieben, der erste Quench ist direkt nach dem Vergaser angeordnet. Die US 2007 006 2117 A1 beschreibt ein ähnliches Verfahren.

[0010] Nachteilig ist bei diesen Verfahren, dass der abwärtsströmende heiße Gasstrahl und die Wassertropfenstrahlen aus Düsen im Quenchraum intensive Zirkulation erzeugen, wodurch Wassertropfen im gesamten Raum verteilt werden. Die Wassertropfen in der Umgebung des Schlackeloches kühlen die Schlacke dabei so intensiv, dass ihre Oberfläche erstarrt und Stalaktite gebildet werden. Die feinen Schlackepartikel und Wassertropfen bilden Ablagerungen an den Wänden, die nicht mit einem Wasserfilm benetzt werden, also trockene Wände, Decke, Düsen, insbesondere an den Stellen, die abwechselnd feucht und trocken sind. Immer wenn Wasser an der Wand verdunstet, werden Ablagerungen aus Verunreinigungen gebildet. Die Stalaktite und Ablagerungen führen in der Folge zu erheblichen betrieblichen Problemen.

[0011] Es werden auch Vergasungsverfahren beschrieben, bei denen das erzeugte Synthesegas und die Schlacke separat voneinander abwärts geführt werden. Beispielsweise beschreibt die DE 197 18 131 A1, wie entstehendes Vergasungsgas und Schmelze, speziell eine Salzsäuremelze als Sonderform einer Schlacke, getrennt abgeführt werden. Das Synthesegas wird dabei in einer Abfuhrvorrichtung durch Einspritzen von Wasser bzw. Salzlösung über Düsen gekühlt. Die Schmelze wird in ein eigenes Bad geführt und entsprechend behandelt.

[0012] Die Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein einfaches und wirtschaftliches Vergasungsverfahren

sowie eine hierzu passende Vorrichtung zur Gewinnung von Synthesegas durch Vergasung von flüssigen oder fein zerteilten, festen Brennstoffen unter einem Druck von 0,3 bis 8 MPa bei einer Temperatur im Bereich von 1200 bis 2000°C mit sauerstoffhaltigen, gasförmigen Vergasungsmitteln in einem gekühlten Reaktor, an dessen Wänden flüssige Schlacke abgeschieden wird und der sich in einem Druckbehälter befindet, bereitzustellen, welches die beschriebenen Nachteile nicht mehr aufweist.

[0013] Die Erfindung löst die Aufgabe, indem

- das erzeugte Synthesegas in einem ersten, oben im Reaktor angeordneten Reaktionsraum erzeugt wird,
- in dessen oberen Bereich die Einsatzstoffe zugeführt werden,
- an dessen Seitenwänden flüssige Schlacke niedergeschlagen wird, die frei ablaufen kann, ohne dass die Oberfläche dieser Schlacke dabei erstarrt,
- und an dessen Unterseite sich eine Öffnung mit einer Abtropfkante befindet, aus der sowohl das gewonnene Synthesegas nach unten abgezogen wird als auch die flüssig herablaufende Schlacke abtropfen kann,
- sich unten an die Öffnung ein zweiter Raum anschließt, in dem das Synthesegas trocken gehalten und abgekühlt wird, und
- der zweite Raum durch einen Wasserfilm begrenzt wird, der durch geeignete Vorrichtungen erzeugt ist und frei fällt,
- sich unten an den zweiten Raum ein dritter Raum anschließt, in dem durch Zufuhr von Wasser in das Synthesegas eine Abkühlung vorgenommen wird,
- sich unten an den dritten Raum ein Wasserbad anschließt, in welches die abgetropften und bereits erstarrten oder noch flüssigen Schlacketeilchen hineinfallen,
- und unten oder seitlich des dritten Raums, jedoch oberhalb des Wasserbades das erzeugte und abgekühlte Synthesegas aus dem Druckbehälter abgezogen wird.

[0014] Die Vergasung erfolgt dabei vorzugsweise in der Schwebe bei einer geringen Partikelbeladung von kleiner 50 kg/m³ – nicht in einer Wirbelschicht – mit sauerstoffhaltigen Vergasungsmitteln und unter erhöhtem Druck bei Temperaturen oberhalb des Schlackeschmelzpunktes, wobei das erzeugte Gas und die an Wänden ausgeschiedene Schlacke den Vergaser durch eine Öffnung im Boden verlassen. Unterhalb des Vergaserbodens strömen die Vergasungsprodukte durch eine heiße, trockene Zone, die mit Hilfe von einem frei fallenden Wasserfilm von der Quenchzone getrennt wird, um eine Zirkulation des tropfenhaltigen kalten Gases aus der Quenchzone in die Umgebung der Schlackeabtropfkante zu verhindern.

[0015] In Ausgestaltungen der Erfindung ist vorgesehen, dass als feste Brennstoffe Kohle, Petrolkoks, biologische Abfälle, biologische Brennstoffe oder Kunststoffe in zerkleinerter Form eingesetzt werden. Die Durchmesser der festen Brennstoffe sollten 0,5 mm nicht übersteigen. Zuerst werden Feststoffe in einer oder mehreren parallelen Schleusvorrichtungen mit Hilfe eines nicht kondensierbaren Gases wie N_2 oder CO_2 auf Druck gebracht, der 2 bis 10 bar über dem Vergaserdruck liegt. Dann werden die Feststoffe pneumatisch aus einem oder mehreren Einspeisebehälter in den Vergaser gefördert, bevorzugt als Dichtstromförderung. Als flüssige Brennstoffe können Öl, Teer, Raffinerierückstände oder wässrige Suspensionen eingesetzt werden. Die meisten flüssigen Brennstoffe können in den Vergaser gepumpt werden, nur bei abrasiven Flüssigkeiten ist Schleusung und Druckerhöhung mit einem komprimierten Gas vorzuziehen. Eine Mischung fester und flüssiger Brennstoffe ist ebenfalls möglich. Auch brennbare oder schadstoffhaltige Gase können in den Vergaser eingespeist werden. Bei den hohen Vergasungstemperaturen werden Schadstoffe thermisch zerlegt, wobei die festen Reaktionsprodukte in die glasige Schlacke eingebettet werden und die gasförmigen Produkte den Vergaser als einfache Moleküle wie H_2 , CO , N_2 , HCl oder H_2S verlassen.

[0016] In weiteren Ausgestaltungen der Erfindung ist vorgesehen, dass die Vergasungsreaktion in einer Staub- oder Tropfenwolke durchgeführt wird. Die Zufuhr des Brennstoffs und der Vergasungsmittel in den Vergaser kann durch mindestens zwei auf der Seitenwand des ersten Reaktionsraumes mit separaten Befestigungen angebrachten Brennern erfolgen, alternativ oder zusätzlich kann die Zufuhr des Brennstoffs und der Vergasungsmittel in den Vergaser auch durch mindestens einen an der Decke des Vergasungsreaktors befindlichen Brenner erfolgen. Die Vergasungsmittel können vor Eintritt in den Reaktor durch Leitbleche oder eine spezielle Gestaltung der Brenner mit einem Drall versehen werden.

[0017] In weiteren Ausgestaltungen der Erfindung ist vorgesehen, dass der zweite Raum nach unten durch einen trichterförmigen Wasserfilm begrenzt wird, der frei fällt und erst durch den nach unten gerichteten Strahl des gewonnenen Synthesegases zerrissen wird. Vorzugsweise wird der Wasserfilm, der den zweiten Raum von dem dritten Raum trennt, mittels einer konisch ausgeführten Wasserrampe beschleunigt. Hierzu sollte vorgesehen werden, dass die Wasserrampe mittels einer Abschirmung vor Wärme- und Staubbelastung geschützt wird. Diese Abschirmung kann eine gekühlte Vorrichtung sein, die den zweiten Raum von einem Außenraum abteilt und von diesem Außenraum aus durch ein gasförmiges Kühlmedium oder durch eine Wasserbenetzung beaufschlagt wird.

[0018] Aus einem geschlossenen Film entweichen keine Wassertropfen und die Oberfläche des Wasserfilms ist um mehrere Größenordnungen kleiner als die eines durch Düsen erzeugten Tropfenspektrums, wodurch der überwiegend durch Verdunstung verursachte Kühleffekt schwach ist. Die Umgebung der Schlackeabtropfkante bleibt damit Wassertropfenfrei und heiß, so dass Erstarrung der Schlacke direkt an der Abtropfkante ausgeschlossen werden kann, was ein Vorteil der Erfindung ist. Da die Gasatmosphäre im zweiten Raum auf diese Weise trocken bleibt, werden dort auch keine Ablagerungen durch Wasserverdunstung an der Wand gebildet.

[0019] In weiteren Ausgestaltungen der Erfindung ist vorgesehen, dass der dritte Raum mit einer vertikalen Trennwand versehen wird und das gewonnene Synthesegas zunächst im durch die Trennwand gebildeten inneren Bereich abwärts strömt, dann umgelenkt wird und im durch die Trennwand gebildeten äußeren Bereich aufwärts strömt, bevor es den Druckbehälter verlässt. Die Trennwand sollte von innen und außen mit Wasser benetzt werden.

[0020] In weiteren Ausgestaltungen der Erfindung ist vorgesehen, dass im unten angeordneten Wasserbad eine Zirkulationsströmung erzeugt wird. Vorzugsweise sollte das gesamte verwendete Wasser angesäuert werden.

[0021] Die Erfindung betrifft auch den Vergasungsreaktor zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens, aufweisend

- einen ersten, oben im Reaktor angeordneten Reaktionsraum,
- in dessen oberen Bereich eine Zuführvorrichtung für Einsatzstoffe angeordnet ist,
- dessen Seitenwände mit Rohrschlangen ausgestattet sind, an denen flüssige Schlacke frei ablaufen kann, ohne dass die Oberfläche dieser Schlacke dabei erstarrt,
- und an dessen Unterseite eine Öffnung mit einer Abtropfkante vorgesehen wird,
- sich unten an die Öffnung ein zweiter Raum anschließt, in dem das Synthesegas trocken gehalten und durch Strahlungskühlung abgekühlt wird, und
- eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Wasserfilms vorgesehen wird,
- sich unten an den zweiten Raum ein dritter Raum anschließt, in dem Zuführvorrichtungen für Wasser vorgesehen sind,
- sich unten an den dritten Raum eine Aufnahmeeinrichtung für ein Wasserbad anschließt, welches auch eine Abzugsvorrichtung für eine Wasser-Schlacke-Gemisch aufweist,
- und unten oder seitlich des dritten Raums eine Abzugsvorrichtung für Synthesegas aus dem Reaktor vorgesehen ist.

[0022] In weiteren Ausgestaltungen der Erfindung ist vorgesehen, dass mindestens zwei Brenner auf der Seitenwand des ersten Reaktionsraumes mit separaten Befestigungen angebracht sind. Die Brenner werden vorzugsweise in den Raum sektantial mit einem horizontalen Winkel bis 20° und einem vertikalen Winkel bis 45° ausgerichtet. Ferner kann vorgesehen werden, dass mindestens ein Brenner an der Decke des Vergasungsreaktors angebracht ist.

[0023] In weiteren Ausgestaltungen der Erfindung ist eine konisch ausgeführte Wasserrampe zwischen dem zweiten und dritten Raum vorgesehen, wobei zwischen dem zweiten Reaktionsraum und der Wasserrampe eine Vorrichtung zur Abschirmung angebracht ist.

[0024] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass im dritten Raum eine vertikale Trennwand angebracht ist.

[0025] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Aufnahmevorrichtung für das Wasserbad einen zentralen Schlackesammelbehälter und einen Ringraum für feinstaubbeladenes Wasser aufweist.

[0026] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von 2 Beispielen näher erläutert.

[0027] [Fig. 1](#) zeigt einen erfindungsgemäßen Vergasungsreaktor schematisch im Längsschnitt

[0028] [Fig. 2](#) zeigt eine alternative Bauform des unteren Teils des erfindungsgemäßen Vergasungsreaktors

[0029] Die Erfindung ist jedoch nicht auf diese beiden Ausführungsbeispiele beschränkt.

[0030] Die Vergasung des Brennstoffs erfolgt mit einem sauerstoffhaltigen Vergasungsmittel im Reaktionsraum **2** unter Druck (0,3–8 MPa) und oberhalb des Ascheschmelzpunktes bei Temperaturen von 1200–2500°C. Das gekühlte Reaktionsgefäß **3** schützt den Druckbehälter **4** vor hohen Temperaturen. In den Ringraum **32** wird im Dauerbetrieb ein kleiner Strom eines kalten Gases, z. B. Stickstoff, eingespeist. Der Raum ist vor Eindringen des heißen Gases durch ein Wasserschloss **30** geschützt. Bei schneller Druckerhöhung im Reaktionsraum **2** kann jedoch auch das heiße Gas in den Ringraum **32** eindringen. Um den Druckbehälter **4** vor Erwärmung bei einer vorübergehenden oder störfallbedingten Einstromung des heißen Gases zu schützen, ist seine Innenwand thermisch isoliert. Brennstoff, Reaktionsmittel und optional zu entsorgende Abfälle werden über mindestens zwei seitlich angeordnete Brenner **5** zugeführt.

[0031] Flüssige, an den Wänden des Reaktionsgefäßes **3** abgeschiedene Schlacke fließt entlang der Wand zu der Austrittsöffnung **6**, löst sich von der Abtropfkante **7** und fällt als Tropfen oder Strahl in das Wasserbad **21**. Das erzeugte, staubhaltige Gas strömt aus dem Reaktionsraum ebenfalls durch die Öffnung **6** zuerst durch einen heißen und trockenen Raum **8** in den feuchten Quenchraum **15**. Um eine Rückströmung des kalten, tropfenhaltigen Gases aus dem Quenchraum **15** in den heißen Raum **8** zu vermeiden, wird ein Wasserfilm **12** mit dem Wasserverteiler **28** und der konischen Rampe **11** erzeugt, der konzentrisch in den Gasraum einfließt. Dieser Film wird erst durch den aus der Öffnung **6** abwärts ausströmenden heißen Gas- bzw. Schlackestrahls zerrissen.

[0032] Mit der intern mit einem Kühlmedium oder extern durch einen anhaftenden Wasserfilm gekühlten und optional mit Klopfern gereinigten Abschirmung **9** wird die Rampe **11** und der darüber befindliche Raum **10** vor hoher thermischer Belastung und vor Staub geschützt, womit die Bildung von Ablagerungen in diesem Raum weitgehend vermieden wird. Der einige Millimeter starke Wasserfilm zerfällt in Tropfen, die verdunsten bzw. verdampft werden und das heiße Gas intensiv kühlen. Der Wasserzufluss, der den Wasserfilm bildet, ist immer größer als die durch Verdunstung bzw. Verdampfung verbrauchte Wassermenge. Der Wasserüberschuss hilft die Trennwand **14** des Quenchraums **15** zu befeuchten und Feststoffpartikel aus dem Gas auszuwaschen.

[0033] Die vertikalen Wände in diesem Bereich können zusätzlich durch Wasser aus der Wasserzuleitung **27** über einen Überlauf sowie mit den Düsen **16** benetzt werden. Mit Düsen, die ein feines Tropfenspektrum erzeugen, kann auch die Abkühlung des Gases und das Auswaschen der Flugasche intensiviert werden. Um keine Stützfläche für Ablagerungen im Quenchraum **15** mit hoher Staubbeladung anzubieten, werden dort Düsen **16** in die Wand **14** integriert. Durch den Spalt **19** wird das abgekühlte Gas in den Ringraum **17** geleitet. Die Gasumlenkung um 180° und niedrige Aufwärtsgeschwindigkeit im Ringraum begünstigen die Abscheidung von groben Flugaschepartikeln und Wassertropfen. Auch in diesem Raum wird Wasserspray mittels der Düsen **18** eingedüst, vorwiegend um den Staub auszuwaschen.

[0034] Aufgrund des Gasaustritts **13** bzw. den Stützen wird die Gasströmung im Quench- und Ringraum asymmetrisch, was lokal erhöhte Geschwindigkeiten im Ringraum und einen erhöhten Austrag der Flugasche verursacht. Bei gleichmäßiger Eindüsung des Wassersprays in den Ringraum verursachen die schwebenden Wassertropfen annähernd gleichen Druckverlust im gesamten Ringquerschnitt, was zur Vergleichmäßigung der Gasströmung im Ringraum beiträgt.

[0035] Unterhalb der Strömungsumlenkung durch den Spalt **19** ist im Wasserbad **21** ein Schlackesammelbehälter **23** installiert. Dieser ist mit konzentrisch angeordneten Düsen **26** ausgestattet, so dass größere Schlackepartikeln zusätzlich intensiv gekühlt werden können. Diese Düsen werden über einen Ringverteiler **25** mit Wasser versorgt, welcher außerhalb des Schlackesammelbehälters angeordnet ist und in das Wasserbad **21** mit Hilfe weiterer Düsen **24** eine Strömung induziert, so dass Ablagerungen vermieden werden.

[0036] Über den Schlackeaustrag **22** wird die Schlacke über einen Schlackebrecher in eine Schlackeschleuse überführt, in dieser wird sie mit Hilfe von Prozesswasser auf ca. 60°C abgekühlt und anschließend über einen Schlackeextraktor aus dem Prozess ausgeschleust.

[0037] In einem typischen Betriebsfall werden 50 kg/s getrocknete und gemahlene Braunkohle bei 40 bar und 1500°C vergast, was einem chemischen Umsatz von 1 GW entspricht. Hierbei werden 85 kg/s Synthesegas gewonnen, wobei 1 kg/s Flugasche und 3 kg/s flüssige Schlacke anfallen. Zum Quenchen werden 70 kg/s Wasser verdampft, in den Wasserfilm werden 140 kg/s Wasser eingespeist, wobei das nicht verdampfte Wasser zusammen mit dem Wasser für die Benetzungen der nass zu haltenden Flächen in das Wasserbad abläuft und zusammen mit der Schlacke ausgeschleust wird. Zur Abscheidung der Flugasche werden im Ringraum **17** insgesamt 24 Vollkegeldüsen **18** in zwei Ebenen mit einem Wassergesamtdurchsatz von 160 kg/s eingebaut. Das Wasser läuft ebenfalls in das Wasserbad, wo die Flugasche mit der Schlacke abgezogen werden kann.

[0038] [Fig. 2](#) zeigt eine alternative Bauform des zweiten und dritten Raumes. Hierbei wird eine besonders steile Beschleunigungsrampe **11** vorgesehen. Eine Abschirmung der Beschleunigungsrampe kann daher entfallen ebenso wie die Trennwand im dritten Raum. Der frei fallende Wasserfilm trennt den heißen und tropfenfreien zentralen Raum **8** vom kalten, feuchten Raum **15**, wodurch eine Zirkulation des tropfenhaltigen Synthesegases in die Umgebung der Schlackeabtropfkante und damit eine zu intensive Abkühlung der an der Schlackeabtropfkante hängenden Schlacke vermieden wird. Die ovalen, gestrichelten Linien in [Fig. 2](#) zeigen die separaten Zirkulationen im heißen und im feuchten Raum. Der fallende Wasserfilm hat nur eine vernachlässigende radiale Geschwindigkeitskomponente, daher wird der heiße, trockene Raum **8** nur durch Ausbreitung des aus der Austrittsöffnung **6** ausströmenden Gasstrahls geschlossen, wodurch dieser Raum länger als bei radial eingespeistem Wasserfilm ist. Optional kann Wasser eingesprüht werden durch Düsen, die zwischen der Fallfläche des Wasserfilms und dem Druckbehälter

montiert sind. Intensive radiale Eindüsung des Quenchwassers soll erst unterhalb der Schnittlinie der Fallfläche des Wasserfilms mit der Mantelfläche des durch Ausbreitung des aus der Austrittsöffnung **6** ausströmenden Gasstrahls erfolgen.

Bezugszeichenliste

1	Mannloch
2	Reaktionsraum des Vergasers
3	Reaktorgefäß
4	Druckbehälter
5	Brenner
6	Austrittsöffnung für Vergasungsprodukte
7	Schlackeabtropfkante
8	Raum mit heißem trockenem Gas
9	Abschirmung
10	Raum mit kaltem Gas
11	Konische Beschleunigungsrampe für Wasserfilm
12	Wasserfilm im freien Fall
13	Gasaustritt
14	Mit Wasser benetzte Trennwand
15	Quenchaum
16	Düse integriert in der Trennwand
17	Ringraum (unten)
18	Düsen
19	Spalt
20	Wasserabfluss
21	Wasserbad
22	Schlackeaustrag
23	Schlackesammelbehälter
24	Initiator Umlaufströmung
25	Ringverteiler
26	Konzentrisch angeordnete Düsen
27	Wasserzuleitung für Wandfilm
28	Wasserzuleitung für Wasserfilm
29	Wasserzuleitung für Wasserschloss
30	Wasserschloss
31	Trennblech
32	Ringraum (oben)

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 3963457 [0002]
- EP 0400740 B1 [0002]
- US 4936871 [0002]
- US 5441547 [0002]
- US 4950308 [0002]
- US 4247302 [0004]
- US 4494963 [0005]
- EP 0278063 A2 [0005]
- EP 0374324 A1 [0005]
- US 4992081 [0005]
- US 5744067 [0005]
- DE 4001739 A1 [0007]
- WO 98/45388 A2 [0007]
- DE 102005048488 A1 [0008]
- DE 102005041930 A1 [0008]
- DE 102005041931 A1 [0008]
- DE 19751889 C1 [0009]
- EP 0084343 A1 [0009]
- US 20070062117 A1 [0009]
- DE 19718131 A1 [0011]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung von Synthesegas durch Vergasung von flüssigen oder fein zerteilten, festen Brennstoffen unter einem Druck von 0,3 bis 8 MPa bei einer Temperatur im Bereich von 1200 bis 2000°C mit sauerstoffhaltigen, gasförmigen Vergasungsmitteln in einem gekühlten Reaktor, an dessen Wänden flüssige Schlacke abgeschieden wird und der sich in einem Druckbehälter befindet, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- das erzeugte Synthesegas in einem ersten, oben im Reaktor angeordneten Reaktionsraum erzeugt wird,
- in dessen oberen Bereich die Einsatzstoffe zugeführt werden,
- an dessen Seitenwänden flüssige Schlacke niedergeschlagen wird, die frei ablaufen kann, ohne dass die Oberfläche dieser Schlacke dabei erstarrt,
- und an dessen Unterseite sich eine Öffnung mit einer Abtropfkante befindet, aus der sowohl das gewonnene Synthesegas nach unten abgezogen wird als auch die flüssig herablaufende Schlacke abtropfen kann,
- sich unten an die Öffnung ein zweiter Raum anschließt, in dem das Synthesegas trocken gehalten und abgekühlt wird, und
- der zweite Raum durch einen Wasserfilm begrenzt wird, der durch geeignete Vorrichtungen erzeugt ist und frei fällt,
- sich unten an den zweiten Raum ein dritter Raum anschließt, in dem durch Zufuhr von Wasser in das Synthesegas eine Abkühlung vorgenommen wird,
- sich unten an den dritten Raum ein Wasserbad anschließt, in welches die abgetropften und bereits erstarrten oder noch flüssigen Schlacketeilchen hineinfallen,
- und unten oder seitlich des dritten Raums, jedoch oberhalb des Wasserbades das erzeugte und abgekühlte Synthesegas aus dem Druckbehälter abgezogen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als feste Brennstoffe Kohle, Petrolkoks, biologische Abfälle, biologische Brennstoffe oder Kunststoffe in zerkleinerter Form eingesetzt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchmesser der festen Brennstoffe 0,5 mm nicht übersteigen.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als flüssige Brennstoffe Öl, Teer, Raffinerierückstände oder wässrige Suspensionen eingesetzt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Vergasungsreaktion in einer Staub- oder Tropfenwolke durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Zufuhr des Brennstoffs und der Vergasungsmittel in den Vergaser durch mindestens zwei auf der Seitenwand des ersten Reaktionsraumes mit separaten Befestigungen angebrachten Brennern erfolgt, wobei die Brenner in einer oder mehreren Ebenen angeordnet werden

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Zufuhr des Brennstoffs und der Vergasungsmittel in den Vergaser durch mindestens einen an der Decke des Vergasungsreaktors befindlichen Brenner erfolgt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Vergasungsmittel vor Eintritt in den Reaktor durch Leitbleche oder eine spezielle Gestaltung des Brenners mit einem Drall versehen werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Raum nach unten durch einen trichterförmigen oder zylindrischen Wasserfilm begrenzt wird, der frei fällt und erst durch den nach unten gerichteten Strahl des gewonnenen Synthesegases zerrissen wird

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Wasserfilm, der den zweiten Raum von dem dritten Raum trennt, mittels einer konisch ausgeführten Wasserrampe beschleunigt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasserrampe mittels einer Abschirmung vor Wärme- und Staubbelastung geschützt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Abschirmung eine gekühlte Vorrichtung ist, die den zweiten Raum von einem Außenraum abteilt und von diesem Außenraum aus durch ein gasförmiges Kühlmedium oder durch eine Wasserbenetzung beaufschlagt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Raum mit einer vertikalen Trennwand versehen wird und das gewonnene Synthesegas zunächst im durch die Trennwand gebildeten inneren Bereich abwärts strömt, dann umgelenkt wird und im durch die Trennwand gebildeten äußeren Bereich aufwärts strömt, bevor es den Druckbehälter verlässt.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennwand von innen und außen mit Wasser benetzt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im unten angeordneten Wasserbad

eine Zirkulationsströmung erzeugt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das verwendete Wasser angesäuert wird.

17. Vergasungsreaktor zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 16, gekennzeichnet durch

- einen ersten, oben im Reaktor angeordneten Reaktionsraum,
- in dessen oberem Bereich eine Zuführvorrichtung für Einsatzstoffe angeordnet ist,
- dessen Seitenwände mit Rohren mit Innenkühlung als Membranwand oder Rohrschlangen ausgestattet sind, an denen flüssige Schlacke frei ablaufen kann, ohne dass die Oberfläche dieser Schlacke dabei erstarrt,
- und an dessen Unterseite eine Öffnung mit einer Abtropfkante vorgesehen wird,
- sich unten an die Öffnung ein zweiter Raum anschließt, in dem das Synthesegas trocken gehalten und durch Strahlungskühlung abgekühlt wird, und
- eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Wasserfilms vorgesehen wird,
- sich unten an den zweiten Raum ein dritter Raum anschließt, in dem Zuführeinrichtungen für Wasser vorgesehen sind,
- sich unten an den dritten Raum eine Aufnahmeeinrichtung für ein Wasserbad anschließt, welches auch eine Abzugsvorrichtung für eine Wasser-Schlacke-Gemisch aufweist,
- und unten oder seitlich des dritten Raums eine Abzugsvorrichtung für Synthesegas aus dem Reaktor vorgesehen ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Brenner auf der Seitenwand des ersten Reaktionsraumes mit separaten Befestigungen angebracht sind.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Brenner ausgerichtet sind in den Raum sektantial mit einem horizontalen Winkel bis 20° und einem vertikalen Winkel bis 45°

20. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Brenner an der Decke des Vergasungsreaktors angebracht ist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass eine konisch ausgeführte Wasserrampe zwischen dem zweiten und dritten Raum vorgesehen ist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem zweiten Reaktionsraum und der Wasserrampe eine Vorrichtung zur Abschirmung angebracht ist.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass im dritten Raum eine vertikale Trennwand angebracht ist.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmeeinrichtung für das Wasserbad einen zentralen Schlackesammelbehälter und einen Ringraum für feinstaubbeladenes Wasser aufweist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

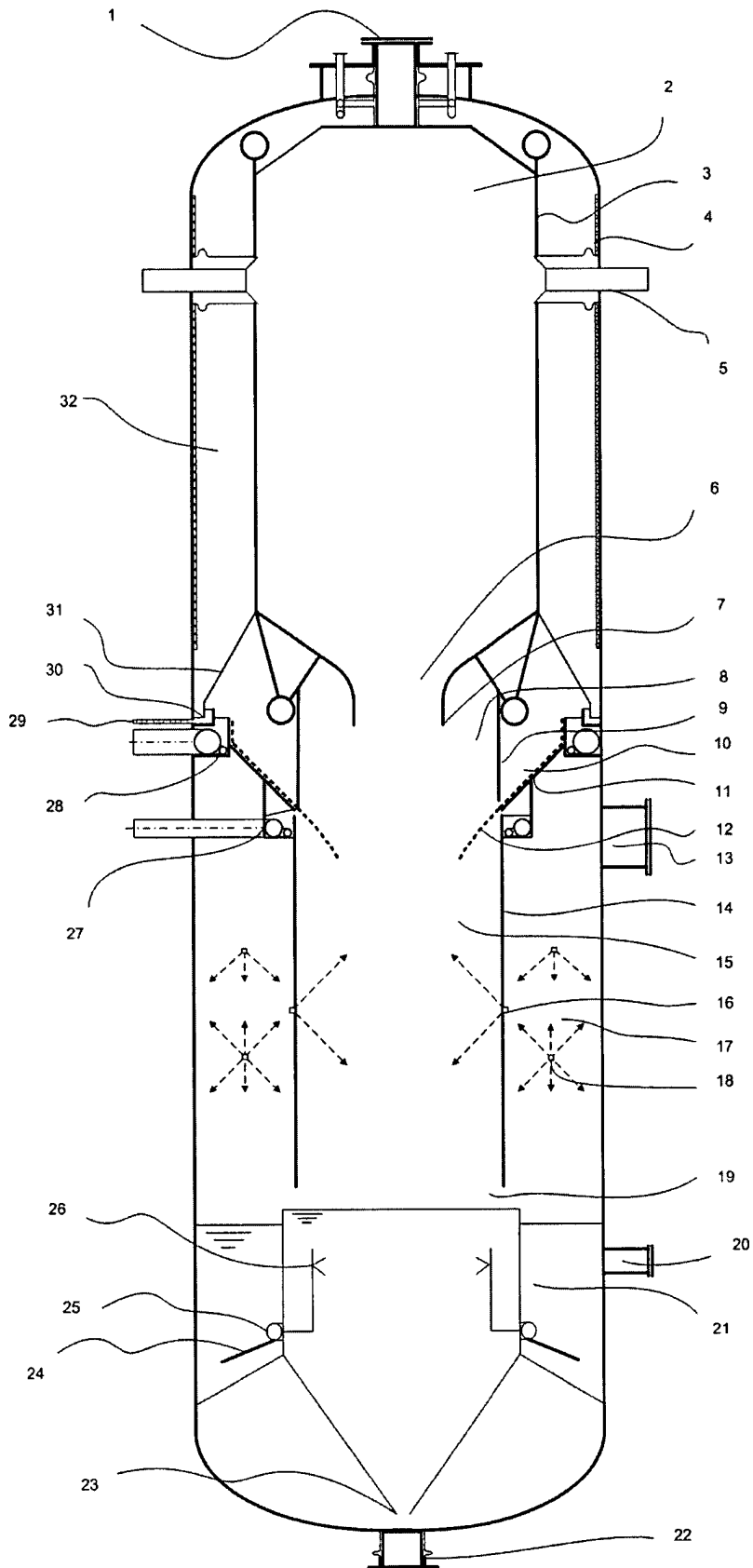


Fig. 2

