



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.07.2003 Patentblatt 2003/27

(51) Int Cl.7: **C10J 3/26, C10J 3/22**

(21) Anmeldenummer: **02027458.5**

(22) Anmeldetag: **10.12.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO

• **Schulz Manfred**
04299 Leipzig (DE)
• **Flick Thomas**
09599 Freiberg (DE)

(30) Priorität: **14.12.2001 DE 20120189 U**

(74) Vertreter:
von Kirschbaum, Alexander, Dipl.-Ing. et al
Patentanwälte
von Kreisler Selting Werner
Deichmannhaus am Dom
Postfach 10 22 41
50462 Köln (DE)

(71) Anmelder: **Umweltkontor Renewable Energy AG**
04448 Leipzig (DE)

(72) Erfinder:
• **Möser Jürgen**
06846 Dessau (DE)

(54) **Gleichstrom-Schacht-Reaktor**

(57) Ein Gleichstrom-Schacht-Reaktor zum Schmelzen und Vergasen von Einsatzmaterial weist einen vertikalen Schachtkörper (10) mit einer Schleusen-anordnung (12) auf. In dem Schachtkörper wird das Einsatzmaterial getrocknet, erwärmt und vergast. An den Schachtkörper (10) schließt sich ein Aufnahmekörper (20) zur Aufnahme von geschmolzenem Einsatzmaterial an. Mit dem Schachtkörper (10) und/oder dem Aufnahmekörper (20) ist eine Gas-Abführeinrichtung (26) zum Abführen entstehender Gase verbunden. Mit dem Schachtkörper (10) ist eine Gas-Zuführeinrichtung (36) verbunden, durch die Gas zum Trocknen des in dem Schachtkörper (10) vorhandenen Einsatzmaterials zugeführt wird. Die Gas-Zuführeinrichtung (36), durch die vorzugsweise heiße Luft dem Schachtkörper (10) zugeführt wird, ist zum Erwärmen des Gases mit der Gas-Abführeinrichtung (26) verbunden. Erfindungsgemäß ist im Bereich der Schleusen-anordnung (12) zumindest ein Teil der Gas-Zuführeinrichtung (36) mit dem Schachtkörper (10) verbunden. Dadurch wird das Einsatzgut bereits in der Schleusen-anordnung (12) einer ersten Trocknung unterzogen.

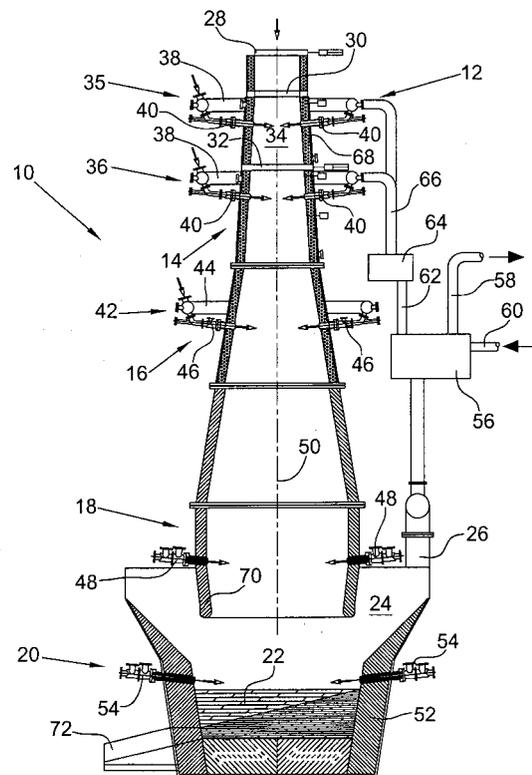


Fig.1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Gleichstrom-Schacht-Reaktor zum Schmelzen und Vergasen von Einsatzstoffen unterschiedlicher Art und Konsistenz, wie schadstofffreie und/oder schadstoffbelastete Hölzer, Haus- und Sperrmüll, Ersatzbrennstoffe, pelletierte Stäube bzw. Tiermehl, Kunststoffe, Industrie- und Gewerbeabfallstoffe.

[0002] In Schacht-Reaktoren kann ein Synthesegas, welches zur Erzeugung von elektrischer Energie sowie Wärme geeignet ist und/oder als Basis für Syntheseprozesse Verwendung findet, erzeugt werden. Als festes Produkt entsteht eine nichtauslaugbare Schlacke und eine stofflich weiterverarbeitbare Metallphase oder eine nichtteluierbare flüssige Phase, welche für eine weitergehende Verarbeitung zur Verfügung steht.

[0003] DE 43 17 145 C1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Entgasung von Abfallmaterialien auf Basis eines koksbeheizten Gegenstrom-Schachtofens. Hierbei wird das entstehende staubhaltige Gas vollständig abgezogen und in der darunter befindlichen Schmelz- und Überhitzungszone mit Sauerstoff bei hohen Temperaturen verbrannt. Die Gegenstromführung des Gases durch die sich nach unten bewegende Schüttung und die Absaugung zwischen der Kreislaufgasabsaugung und der Kreislaufgaszuführung ergeben eine Vielzahl von praktischen Problemen. Folge sind Kurzschlussströmungen im Schacht und ungenügende Wärmeübertragung in den oberen Schachtbereich, wodurch ein schadstoffbelastetes Gas mit Teer- und Staubbestandteilen entsteht. Hierdurch wird eine aufwendige Gasaufbereitung und -reinigung notwendig. Ferner besteht die Gefahr, dass durch Teer- und Staubablagerungen der kontinuierliche Betrieb gestört wird. Eine weitere permanente Gefahr für einen stabilen Betrieb ist die Führung von Pyrolyse- und Entgasungsgas mit Teer- und Staubanteilen in Leitungen. Stellenweise oder vollständige Versetzung der Leitungen mit Teer- und Staubablagerungen haben eine ungleichmäßige Kreislaufgasführung und damit eine ungleichmäßige Prozessführung im Schachtofen zur Folge.

[0004] In der DE 196 40 497 C2 wird ein koksbeheizter Kreislaufgaskupolofen zur stofflichen und/oder energetischen Verwertung von Abfallmaterialien beschrieben. Er besteht aus einem senkrechten Ofenschacht mit unterhalb der Begichtung liegenden großvolumigen Kreislaufgasabsaugöffnungen, die durch Kanäle und Düsen mit der Schmelz- und Überhitzungszone verbunden sind, oberhalb welcher eine großvolumige Überschussgasabsaugebene das entstehende Gas aus dem Prozess führt. Hierbei ist der Ofenschachtteil zwischen Kreislaufgas- und Überschussgasabsaugöffnung querschnittsverjüngt. Die Wärmeübertragung erfolgt wie auch in DE 43 17 145 C1 durch die im Gegenstromprinzip zum Einsatzmaterial nach oben steigenden Prozessgase. Auch die mehrfache Gegenstromführung des Gases durch die sich nach unten bewegende

Schüttung ermöglicht trotz einiger Modifizierungen durch Querschnittsverengung im Schacht und Querschnittserweiterung im Gasabgang nicht die Verarbeitung eines breiten Spektrums an Einsatzmaterial.

[0005] Weiterführend ist in DE 198 16 864 A1 ein Kreislaufgaskupolofen beschrieben, bei welchem eine Überschussgasabsaugung unterhalb der Schmelz- und Überhitzungszone angeordnet ist. Hierdurch ergibt sich eine Gegenstromvergasung und Wärmeübertragung im oberen Ofenschachtbereich, wo das Gas mittels großvolumiger Öffnungen abgesaugt wird und durch Kanäle/ Düsen in die Schmelz- und Überhitzungszone geleitet wird. In der anschließenden Gleichstromvergasung wird das Gas bei hohen Temperaturen reduziert und länger-kettige Kohlenwasserstoffe gespalten. Durch diese gewählte Anordnung wird der negative Einfluss von Kurzschlussströmungen verringert. Die räumliche Nähe der endothermen Prozesse zum Herdbereich und die großvolumige Überschussgasabsaugung entzieht der Schmelze notwendige Wärme, um unter allen Betriebsbedingungen den notwendigen flüssigen Austrag von Schmelze sicher zu stellen.

[0006] In DE 100 07 115 A1 ist ein Reaktor zum Vergasen und/ oder Schmelzen von Einsatzstoffen mit einem Zuführ-, Pyrolyse-, Schmelz- und Überhitzungsabschnitt beschrieben. Der Pyrolyseabschnitt weist eine Querschnittserweiterung als Gaszuführraum auf, in den mindestens eine Brennkammer mit mindestens einem Brenner mündet, durch welche heiße Verbrennungsgase einem sich ausbildenden Schüttkegel zugeführt werden. Des Weiteren werden energiereiche Medien mittels oberen und unteren Eindüsungsmitteln im Bereich der Schmelz- und Überhitzungszone sowie oberhalb der Schmelze mittels Sauerstoffanlagen und/ oder Düsen eingebracht. Nachteilig ist bei dieser Vorrichtung die durch den Schüttkegel vergrößerte Reaktoroberfläche im Bereich der Querschnittserweiterung der Pyrolyse, da Wärmeverluste auftreten. Ferner rollen bei dem Schüttkegel die größeren Stücke der Einsatzstoffe an die Reaktorwand, wodurch eine nachteilige Entmischung auftritt. Die Folge ist eine stark einseitige Abschmelzung der Ofenausmauerung, die zu einer kürzeren Standzeit des Reaktors führt. Durch die Entmischung bilden sich in der Schüttung bevorzugte Strömungskanäle für die eintretenden Gase aus. Dies hat zur Folge, dass sich verschiedenartige inhomogene Reaktionszonen ausbilden, die zu schwankenden Gasqualitäten führen.

[0007] Generell kann davon ausgegangen werden, dass bei Einsatzstoffen mit hohen Zündpunkten bei schlechter Wärmeleitung und bei Stoffen mit hoher Feuchte die zugeführte Wärme im Pyrolyseabschnitt nicht zu einer ausreichenden Erwärmung und Pyrolyse bzw. Entgasung der Stoffe führt. Die Prozesse der Ent- und Vergasung verschieben sich in den Bereich des Schmelz- und Überhitzungsabschnittes und verringern so die Reaktionszeit zur Zerstörung aller sich bildenden Teere und Öle in Form länger-kettiger Kohlenwasserstoff-

fe.

[0008] Sämtliche vorstehende beschriebene Schacht-Reaktoren sind nur für einen geringen Bereich an Einsatzstoffen einsetzbar. Ferner muss zum Vergasen der Einsatzstoffe eine erhebliche Menge an Energie zugeführt werden. Dies erfolgt durch unterschiedliche Düsensysteme, die in den vertikalen Schachtkörpern angeordnet sind, sowie über zusammen mit dem Schüttgut in den Schachtkörper eingebrachtes Brennmaterial, wie Koks oder dergleichen. Ferner besteht bei bekannten Schacht-Reaktoren unabhängig davon, ob sie im Gleichstrom- oder Gegenstromprinzip arbeiten, das Problem, dass das entnommene Gas stark partikelbelastet ist und somit vor einer Weiterverarbeitung beispielsweise gefiltert werden muss.

[0009] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Gleichstrom-Schacht-Reaktor zu schaffen, mit dem auch beim Einsatz unterschiedlicher Einsatzstoffe Nutzgase, insbesondere brennbare Nutzgase mit einer geringen Partikelbelastung, erzeugt werden können, deren Energieinhalt für den Gleichstrom-Schacht-Reaktor genutzt werden kann.

[0010] Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1.

[0011] Der erfindungsgemäße Gleichstrom-Schacht-Reaktor zum Schmelzen und Vergasen von Einsatzmaterial, weist einen vertikalen Schachtkörper auf. Innerhalb des Schachtkörpers wird das Einsatzmaterial getrocknet, erwärmt und vergast. Der Schachtkörper lässt sich somit üblicherweise in die Bereiche Trockenzone, Entgasungszone und Vergasungszone unterteilen. An den Schachtkörper schließt sich ein Aufnahmekörper an, der zur Aufnahme von geschmolzenem Einsatzmaterial dient. Innerhalb dieses Körpers ist die Schmelzzone des Reaktors ausgebildet. Der Schachtkörper und/oder der Aufnahmekörper sind mit einer Gas-Abführeinrichtung zum Abführen der innerhalb des Reaktors erzeugten Nutzgase verbunden. Insbesondere ist die Abführeinrichtung im Bereich zwischen dem Schachtkörper und dem Aufnahmekörper angeordnet und als Rohr ausgebildet. Ferner weist der vertikal ausgerichtete Schachtkörper eine Zuführeinrichtung auf, durch die das Einsatzmaterial dem Schacht-Reaktor zugeführt wird.

[0012] Erfindungsgemäß ist mit dem Schachtkörper eine Gas-Zuführeinrichtung zum Zuführen von Gas in den Schachtkörper verbunden. Das zugeführte Gas, bei dem es sich vorzugsweise um Luft oder mit Sauerstoff angereicherte Luft handelt, dient zum Trocknen des Einsatzmaterials. Um eine gute und effektive Trocknung des Einsatzmaterials zu erzielen, ist das zugeführte Gas erfindungsgemäß vorgewärmt. Zum Vorwärmen des Gases ist erfindungsgemäß die Gas-Zuführeinrichtung mit der Gas-Abführeinrichtung verbunden. Das aus dem Reaktor abgeführte heiße Gas wird erfindungsgemäß somit zum Vorwärmen des dem Schachtkörper zugeführten Gases genutzt. Der Zuführöffnung des Reaktors ist eine Schleusenordnung nachgeordnet, die das

Einbringen des Einsatzmaterials steuert. Im Bereich der Schleusenordnung ist zumindest ein Teil der Gaszuführeinrichtung mit der Schleusenordnung verbunden. Die erfindungsgemäße Nutzung des abgeführten Gases als Energieträger führt dazu, dass zum Vorwärmen des Gases keine zusätzliche Energie erforderlich ist und das Einsatzmaterial bereits in der Schleusenordnung eine erste Trocknung erfährt. Die Schleusenordnung wird dadurch zusätzlich zum Trocknen des Einsatzmaterials genutzt. Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Erfindung besteht darin, dass dem abgeführten Gas Wärme entzogen wird. Hierdurch ist die Weiterverarbeitung bzw. Nutzung dieses Gases vereinfacht.

[0013] Aufgrund des Vorwärmens des Einsatzmaterials, was erfindungsgemäß bereits unmittelbar nach dem Zuführen des Einsatzmaterials in der Schleusenordnung erfolgt, kann eine größere Produktpalette an Einsatzmaterial in dem Schachtreaktor verarbeitet werden, da das Einsatzmaterial während seines Aufenthalts im Schachtreaktor stärker erwärmt wird und somit auch bei schlechter verarbeitbaren Materialien eine Ent- und Vergasung erzielt werden kann. Insbesondere ist hierdurch auch erreicht, dass innerhalb des Reaktors eine bessere Ent- und Vergasung stattfindet, so dass das Nutzgas weniger Partikel aufweist. Insbesondere ist es aufgrund der erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Gleichstrom-Schacht-Reaktors möglich, Nutzgase zu erzeugen, die einen erheblich geringeren Öl- und Teeranteil sowie einen erheblich geringeren Schadstoffgehalt aufweisen.

[0014] Das Einbringen von Einsatzmaterial in den Schachtkörper erfolgt über die Schleusenordnung. Mit Hilfe der Schleusenordnung kann sichergestellt werden, dass beispielsweise nur eine begrenzte Menge an Umgebungsluft in den Schachtreaktor über die Zuführöffnung gelangt. Hierdurch kann der Prozess innerhalb des Schachtreaktors besser gesteuert werden. Die Schleusenordnung weist vorzugsweise mindestens eine Schleusenordnung auf. Es wird somit ein erstes Schleusentor geöffnet, um das Einsatzmaterial in die Schleusenordnung einzubringen. Sodann wird dieses erste Schleusentor geschlossen, so dass die Schleusenordnung verschlossen ist. In diesem Zustand kann ggf. enthaltene Luft aus der Schleusenordnung abgesaugt und/oder durch anderes Gas ersetzt werden. Anschließend wird das zweite Schleusentor, die in Richtung des Innenraums des Schachtreaktors führt, geöffnet und das Einsatzmaterial gelangt aus der Schleusenordnung in den Reaktor.

[0015] In vorteilhafter Weise ist die Schleusenordnung so gestaltet, dass das Einbringen von Einsatzmaterial in den Gleichstrom-Schacht-Reaktor nahezu schüttkegelfrei bzw. schüttkegelarm erfolgt. Dadurch wird die Gefahr verringert, dass größere Stücke der Einsatzstoffe an die Reaktorwand rollen und eine Entmischung des Einsatzmaterials stattfindet. Die nachteiligen Folgen der Entmischung, wie beispielsweise Abschmelzung der Ofenausmauerung, Entstehung von

Strömungskanälen für die eintretenden Gase und schwankende Gasqualitäten durch verschiedenartige Reaktionszonen, werden dadurch stark reduziert. Ein schüttkegelarmes Einbringen von Material in Schachtreaktoren lässt sich beispielsweise dadurch erreichen, dass der Reaktorschacht, welcher der Schleusenordnung nachfolgt, eine ähnliche Querschnittsgeometrie aufweist. Ferner sollte die Fallhöhe des zugeführten Gutes möglichst niedrig sein. Insbesondere nicht höher als die dreifache Höhe des Einsatzmaterials in der Schleusenordnung. Zusätzlich sollte sich das zweite Schleusentor möglichst schnell öffnen, damit die Unterseite des fallenden Einsatzmaterials möglichst waagrecht bleibt.

[0016] Ferner sollte das Einsatzmaterial in der Schleusenordnung möglichst nicht selber bereits einen Schüttkegel enthalten. Dies lässt sich beispielsweise dadurch erreichen, dass die Schleusenkommer in der Schleusenordnung vollständig mit Einsatzmaterial gefüllt wird und mit dem Schließen des ersten Schleusentores das Einsatzmaterial, das nicht in die Schleusenkommer passt, vom einzubringenden Einsatzmaterial abgeschnitten wird. Dazu ist in vorteilhafter Weise das erste Schleusentor als Schieber mit Schneidkante ausgebildet. Dadurch entspricht das einzubringende Einsatzmaterial nahezu der Geometrie der Schleusenkommer und weist insbesondere nahezu keinen Schüttkegel auf.

[0017] Damit das zweite Schleusentor möglichst schnell geöffnet werden kann, ist es in vorteilhafter Weise als Klappe oder Schieber ausgeführt.

[0018] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer bevorzugten Ausführungsform unter Bezugnahme auf die anliegende Zeichnung erläutert.

Figur 1 zeigt eine schematische Seitenansicht eines Gleichstrom-Schacht-Reaktors.

Figur 2 zeigt eine schematische Seitenansicht einer bevorzugten Ausgestaltung einer Schleusenordnung.

[0019] Der Gleichstrom-Schacht-Reaktor weist einen Schachtkörper 10 auf. Der Schachtkörper 10 kann im dargestellten Ausführungsbeispiel in eine Schleusenordnung 12, eine sich an die Schleusenordnung 12 anschließende Trocknungszone 14, eine sich an die Trocknungszone 14 anschließende Entgasungszone 16 sowie eine sich hieran anschließende Vergasungszone 18 unterteilt werden. An die Vergasungszone 18 des Schachtkörpers 10 schließt sich ein Aufnahmekörper 20 an, der zur Aufnahme von geschmolzenem Einsatzmaterial 22 dient. Im Grenzbereich zwischen der Vergasungszone 18 und dem Aufnahmekörper 20 ist der Querschnitt des Aufnahmekörpers erweitert, so dass ein ringförmig ausgebildeter Gassammelraum 24 ausgebildet ist, der den unteren Teil der Vergasungszone 18 umgibt. Der Gassammelraum 24 ist mit einer im

dargestellten Ausführungsbeispiel als Rohr ausgebildeten Gas-Abführeinrichtung 26 verbunden.

[0020] Das Einsatzmaterial wird durch eine Zuführöffnung 28 in den Schachtkörper 10 über die Schleusenordnung 12 eingeführt. Das Zuführen des Einsatzmaterials erfolgt über die Schleusenordnung 12 um das Einbringen großer Mengen an Umgebungsluft, durch die der Schmelz- und Vergasungsprozess unkontrolliert beeinflusst werden kann, zu verhindern. Hierzu weist die Schleusenordnung 12 zwei Schleuseneinrichtungen bzw. Schleusentore 30,32 auf, zwischen denen die Schleusenkommer 34 ausgebildet ist, wobei die Schleusenkommer 34 bereits ein Teil des Schachtkörpers 10 ist.

[0021] Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist im Bereich der Trockenzone 14 des Schachtkörpers 10 eine Gas-Zuführeinrichtung 36 vorgesehen. Die Gas-Zuführeinrichtung 36 weist eine den Schachtkörper 10 umgebende Ringleitung 38 auf, die mit mehreren gleichmäßig an Umfang verteilten Düsen 40 verbunden ist. Über die Gas-Zuführeinrichtung 36 wird dem Einsatzmaterial im Bereich der Trockenzone 14 vorzugsweise heiße Luft, die ggf. mit Sauerstoff angereichert sein kann, zum Trocknen des Einsatzmaterials zugeführt.

[0022] In der sich an die Trockenzone 14 anschließenden Entgasungszone 16 ist eine weitere Gas-Zuführeinrichtung 42 angeordnet, die ebenfalls eine den Schachtkörper 10 umgebende Ringleitung 44 aufweist. Die Ringleitung 44 ist mit mehreren am Umfang vorzugsweise gleichmäßig verteilten Düse 46 verbunden. Über die Gas-Zuführeinrichtung 42 können energiereiche Gase, Sauerstoff, Luft oder andere zur Steuerung des Schmelz- und Vergasungsprozesses geeignete Gase dem Einsatzmaterial zugeführt werden.

[0023] Weitere Düsen 48 sind in der Vergasungszone 18 vorgesehen. Über die Düsen 48 kann wiederum energiereiches Gas oder andere den Schmelz- und Vergasungsprozess steuernde Gase oder Stoffe zugeführt werden. Ebenso können anstatt der Düsen 48 auch Brenner vorgesehen sein, die in der Vergasungszone 18 unmittelbar Wärme dem Einsatzmaterial zuführen. Der Endbereich des zur Längsachse 50 rotationssymmetrischen Schachtkörpers 10 ist sich leicht verjüngend konisch ausgebildet, so dass das Einsatzmaterial im Bereich der Vergasungszone 18 etwas zurückgehalten wird.

[0024] In einer Seitenwand 52 des Aufnahmekörpers 20 sind ferner mehrere am Umfang verteilte Düsen 54 angeordnet. Die Düsen 54 dienen zum Einbringen energiereicher Gase oder entsprechender Stoffe. Durch die Düsen 54 ist sichergestellt, dass die Schmelze 22 flüssig bleibt. Ebenso können anstelle der Düsen 54 auch Brenner vorgesehen sein.

[0025] Die Gas-Zuführeinrichtung 36 ist mit der Gas-Abführeinrichtung 26 verbunden. Hierzu führt das Rohr der Gas-Abführeinrichtung 26 durch das die heißen in dem Reaktor entstandenen Gase abgeführt werden, zu einem Wärmetauscher 56. Die abgeführten Gase bzw.

Nutzgase strömen durch den Wärmetauscher 56 und werden sodann von einem Rohr 58 vorzugsweise zur Weiterverarbeitung abgeführt. Ferner ist mit dem Wärmetauscher 56 eine Rohrleitung 60 verbunden. Durch die Rohrleitung 60 wird Luft oder ein anderes Gas in den Wärmetauscher 56 geleitet, nimmt in dem Wärmetauscher 56 Wärme von dem Nutzgas auf und wird durch ein Rohr 62 wieder aus dem Wärmetauscher abgeleitet. Das Rohr 62 ist sodann über eine Heizeinrichtung 64 und ein Rohr 66 mit der Ringleitung 38 der Gas-Zuführeinrichtung 36 verbunden. Das Erwärmen der durch die Gas-Zuführeinrichtung 36 im Bereich der Trockenzone 14 dem Einsatzmaterial zugeführte Gas wird somit im Betrieb vorzugsweise ausschließlich durch die Wärme der Nutzgase mit Hilfe des Wärmetauschers 56 vorgewärmt. Mit Hilfe der Heizeinrichtung 64, bei der es sich beispielsweise um eine elektrische Heizung oder einen Brenner handeln kann, kann das über die Gas-Zuführeinrichtung zuzuführende Gas zusätzlich erwärmt werden. Insbesondere während des Start-Zyklus' des Reaktors, in dem noch keine heißen Nutzgase durch die Gas-Abführeinrichtung 26 abgeführt werden oder die Temperatur dieser Nutzgase noch nicht hoch genug ist, kann die Heizeinrichtung 64 zum Erwärmen des Gases genutzt werden.

[0026] Erfindungsgemäß wird im Bereich der Schleusenordnung 12 ein Teil 35 der Gas-Zuführeinrichtung 36 mit dem Schachtkörper 10 verbunden. Durch diese Verbindung wird das Einsatzgut bereits in der Schleusenordnung 12 einer ersten Trocknung unterzogen.

[0027] Vorzugsweise ist eine Seitenwand 68 der Schleusenordnung 12 doppelwandig ausgebildet. Hierdurch kann eine Erwärmung und somit eine Trocknung des Einsatzmaterials in der Schleusenkammer 34 erzielt werden indem ein heißes Medium durch die doppelwandige Seitenwand 68 geleitet wird. Vorzugsweise handelt es sich hierbei um Luft oder ein anderes Gas, das ebenfalls durch das Nutzgas vorzugsweise mit Hilfe des Wärmetauschers 56 vorgewärmt wird.

[0028] Der ideale Materialeintrag setzt vorzugsweise eine homogene Mischung voraus, insbesondere bei Zudosierung von Zusätzen wie Koks und Kalk. Der Eintrag erfolgt erfindungsgemäß zentral auf der Achse des Reaktors. Der Reaktor ist im laufenden Betrieb möglichst voll zu halten. Eine Füllstandsüberwachung ist demzufolge vorzugsweise direkt unter dem Schleusentor 32 angebracht. Die Befüllung erfolgt in einer hohen Taktrate. Durch diese Maßnahmen wird gleichzeitig der Falschlufteintrag verringert und die Druckhaltung im Gesamtsystem verbessert.

[0029] Erfindungsgemäß sind die Bereiche Schleusenordnung 12, Trockenzone 14 und Entgasungszone 16 bis in die Vergasungszone 18 vorzugsweise zylindrisch oder leicht konisch sich nach unten erweiternd ausgebildet. Der Übergang zwischen den Zonen erfolgt ohne stufenförmige oder sprunghafte Querschnittserweiterung, d.h. der Übergang ist gleichen Querschnitts und ohne Ausbildung von schütttschicht-

freien Hohlräumen, Stufen oder Kanten.

[0030] Die Trocknungszone 14 kann insbesondere bei größeren Bauarten ebenfalls doppelwandig ausgeführt sein. Dies ermöglicht die indirekte Erwärmung der Gutsäule im Innern bzw. die Sicherstellung einer gleichmäßigen Temperatur an der Wandung und eine Verringerung von Kondensationserscheinungen an der Innenseite. Als Wärmeträgermedium wird vorzugsweise ebenfalls heiße Luft eingesetzt. Der Einsatz des am Ende des Prozesses aufstehenden Rauchgases ist ebenfalls möglich.

[0031] Bei der Erwärmung des Ausgangsgutes findet in der Trocknungszone 14 die Verdampfung des Wassers statt. Die Temperatur im Gut steigt dabei nur wenig über 100°C an. Mit zunehmender Temperatur werden im weiteren Verlauf adsorbierte Gase wie Stickstoff und Kohlendioxid freigesetzt, welche nicht durch Spaltreaktionen entstanden sind. Spätestens hier kann von der Entgasung gesprochen werden. Oberhalb 250 bis 300 °C setzt dann die Entwicklung von Gasen und Dämpfen ein, bei denen es sich um abdestillierte niedrigmolekulare Verbindungen und erste Spaltprodukte handelt. Ein weiteres Ansteigen der Temperatur bewirkt den Ablauf von Reaktionen, die zur Bildung von Methan und Wasserstoff führen.

[0032] Die Entgasungszone 16 kann in Fortführung der Trocknungszone 14 ebenfalls doppelwandig gestaltet sein.

[0033] Im unteren Drittel der Trocknungs- und Entgasungszone 14, 16 ergibt sich ein Bereich, in welchem die Reaktorinnentemperatur größer als die Heißlufttemperatur ist. Hier kann die doppelwandige Ausführung durch eine silikatische Ausmauerung ersetzt werden. Eine Ausführung der gesamten Trocknungs- und Entgasungszone 14, 16 mit einer Stampfmasse, auch bei einer doppelwandigen Gestaltung, ist vorteilhaft. Geringerem Verschleiß der Stahlbauhülle stehen geringerer Wärmeübergang und niedrigere Temperaturwechselbeständigkeit gegenüber.

[0034] Bei der weiteren Erwärmung der Schüttsäule ab etwa 700°C erfolgt neben der Spaltung des Brennstoffes unter dem Einfluss der Wärme die heterogene Reaktion zwischen dem Brennstoff und dem noch nicht reagierten Sauerstoff der Luft.

[0035] Die Vergasungszone 18 ist die Hauptreaktionszone innerhalb des Schachtreaktors. Hier erfolgt bei Temperaturen von 1.200 bis 1.400 °C die stoffliche und energetische Umsetzung der Feststoffe. Aus dem festen Brennstoff entstehen Gase und feste Produkte von Koks bis Asche. Für die vollständige und gleichmäßige Reaktion ist entscheidend, dass eine homogene Schüttung durch das bereits entstandene Entgasungsgas und das hier einzubringende Vergasungsmittel gleichmäßig durchströmt wird. Die Vergasungszone 18 muss aus diesen Gründen eine ausreichende Höhe besitzen. Dies wird insofern dadurch erreicht, dass die Vergasungszone 18 als ein gerader zylindrischer Bereich mit Übergang in eine konische Verkleinerung des Querschnitts

oder sofort als zunehmende Verjüngung ausgebildet ist. Da sich durch die stofflichen Umsetzungen und damit zusammenhängende zerstörende Kräfte das Materialkorn verkleinert, vergrößern sich die Hohlräume innerhalb der Schüttsäule. Durch die Verkleinerung des Schachtquerschnittes in diesem Bereich kann die Sinkgeschwindigkeit der Materialsäule vergleichmäßig werden, Strömungskanäle werden zerstört und die Ausbildung von größeren Hohlräumen in der Schüttung wird vermieden.

[0036] In Fortführung der darüber befindlichen Entgasungszone 16 ist der Bereich der Vergasung ebenfalls mit einer silikatischen Masse ausgekleidet.

[0037] Der untere zylindrische oder sich verjüngende Bereich des Vergasungsbereiches 18 ragt in die Schmelzzone 20 hinein. Auf diesen Teil liegt die darüber befindliche Schüttsäule zumindest teilweise auf, gleichzeitig herrschen dort hohe Temperaturen. Für die Sicherung der mechanischen Festigkeit und des Schutzes vor zu hohen Temperaturen erfolgt eine Kühlung mittels indirekter Wasserkühlung in der Schachtwand 70.

[0038] Das Gas durchströmte im Gleichstrom mit dem Einsatzmaterial die Zone der Hochtemperaturvergasung 18. Die aus den abgelaufenen Entgasungs- und Thermolysereaktionen entstandenen längerkettigen Kohlenwasserstoffe sind hier thermisch gespalten worden und waren gleichzeitig an den ablaufenden Vergasungsprozesse beteiligt. Es entsteht ein brennbares Gas mittleren Heizwertes mit den Hauptkomponenten Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Wasserstoff und Wasserdampf ohne Bestandteile an kondensierbaren Kohlenwasserstoffen. Viele der dabei abgelaufenen chemischen Reaktionen sind endotherm. Die Temperatur des Gases wie der Schüttung verringert sich somit.

[0039] Unterhalb des wassergekühlten Bereiches des Vergasungsbereiches 18 erfährt das Gas eine Umlenkung um etwa 180° und gelangt in den schüttschichtfreien Raum 24. Durch vorstehend beschriebene endotherme Vorgänge besitzt das Gas eine Temperatur von ca. 1.000 °C. Nach einer gewissen Gasberuhigung und -vergleichmäßigung wird das Gas oberhalb aus dem Reaktor abgesaugt.

[0040] Der Gassammelraum 24 ist bereits Bestandteil der Schmelzzone 20, welche oben wesentlich weiter als die hineinragende Vergasungszone 18 ist. Die zylindrische Schmelzzone 20 verkleinert sich konisch nach unten und schließt mit der Bodenplatte ab, oberhalb welcher sich die aufgeschmolzene Phase sammelt.

[0041] Die Schmelzzone 20 ist in ihrer Gesamtheit mit einer mehrschichtigen Stampfmasse versehen oder mit einer Ausmauerung ausgestattet. Grund hierfür sind die notwendigen hohen Temperaturen. Nur im Bereich des Gassammelraumes ist unter Umständen eine Ausmauerung nicht notwendig.

[0042] Der vollständig entgaste und verkockte Feststoff, ist stellenweise bereits gesintert bzw. geschmolzen und sinkt aus der Vergasungszone 18 weiter in die Schmelzzone 20.

[0043] In die Schmelzzone 20 integriert ist eine Ebene mit mehreren Sauerstoffdüsen oder -Injektoren und/oder oxidierend betriebenen Brennern 54, welche ebenso symmetrisch auf der Achse verteilt sind.

[0044] Durch die Zuführung von Gas mit einem hohen Sauerstoffanteil kommt es zu starken exothermen Reaktionen mit dem Gas und dem Feststoff aus der Vergasungszone 18. Es ergeben sich Temperaturen, welche deutlich über dem Schmelzpunkt des Materials liegen, üblicherweise ca. 1400 °C bis 1600 °C. Im Bereich der Sauerstoffdüsen ergeben sich sogar heiße Temperaturzonen von 1800 bis 2000 °C. Unter diesen Bedingungen und durch die Zugabe von Schlackebildnern und/oder Materialien, welche den Schmelzpunkt absenken, werden alle anorganischen Schadstoffen sicher aufgeschmolzen.

[0045] Das aufgeschmolzene Material sammelt sich als Schmelze am Boden des Reaktors. Die Entleerung dieser flüssigen Schmelze erfolgt wie in der Gießerei üblich über ein Abstichloch und eine Rinne 72. Eine Bauart mit Vorherd oder Siphon ist möglich.

[0046] Bei ausreichend großer Bauart und entsprechender Verweilzeit der Schmelze wird sich die Schmelze in eine schwere metallhaltige Phase und eine darauf schwimmende Schlacke trennen. Hier besteht die Möglichkeit, über verschieden hohe Entleerungen eine verwertbare metallische Phase und eine Schlacke gewinnen zu können. Im Produkt Schlacke sind keine organischen Stoffe enthalten und die anorganischen Bestandteile sind in einer silikatischen Matrix stabil eingebaut. Die Nutzung als Material für den Haf-, Deponie- und Straßenbau sind bekannt, ebenso möglich ist die Herstellung spezieller Gussformen und Produkten, wie sie in der Glasindustrie üblich sind.

[0047] Eine bevorzugte Ausführungsform der Schleusenordnung 12 besteht darin, dass das zweite Schleusentor 32 als schnellöffnender Schieber ausgestaltet ist (Fig. 2). Dazu ist das Schleusentor 32 insbesondere mehrstückig ausgeführt. Beim Öffnen des Schleusentors 32 fällt das in der Schleusenammer 34 befindliche Einsatzmaterial gleichmäßig in die Trocknungszone 14 des Schachtkörpers 10. Zuvor wurde das Einsatzmaterial mit dem mit der Schleusenammer 34 verbundenen Teil 35 der Gas-Zuführeinrichtung 36 vortrocknet. Für den Fall, dass der Schachtkörper 10 mit soviel Einsatzmaterial gefüllt ist, dass ein Teil des Einsatzmaterials in die Schleusenammer 34 hineinragt, ist das als Schieber ausgestaltete zweite Schleusentor 32 in vorteilhafter Weise mit einer Schneidkante versehen. Dadurch kann beim Schließen des zweiten Schleusentores 32 der in die Schleusenammer 34 ragende Teil des Einsatzmaterials abgeschnitten werden, wodurch die Schleusenammer 34 wieder geschlossen werden kann.

[0048] Damit sich in der Schleusenammer 34 nahezu kein Schüttkegel ausbildet, wird die Schleusenammer 34 vollständig gefüllt und der Teil des Einsatzmaterials, der nicht hereinpasst, abgeschnitten. Dazu ist das

erste Schleusentor 30 als Schieber mit einer Schneidkante ausgeführt, der den oberen Teil des Einsatzmaterials von der Schleusenammer 34 abtrennt. Das erste Schleusentor 30 kann in dieser Ausführungsform ebenfalls mehrstückig ausgeführt werden.

[0049] Zum Einbringen von Einsatzmaterial in den Schachtkörper 10 ist das zweite Schleusentor 32 zunächst geschlossen und das erste Schleusentor 30 geöffnet. Dadurch gelangt Einsatzmaterial in die Schleusenammer 34. Nach dem Schließen des ersten Schleusentors 30 wird das zweite Schleusentor 32 geöffnet, wodurch das Einsatzmaterial in den Schachtkörper 10 fällt. Gleichzeitig kann durch die Zuführöffnung 28 bereits weiteres Einsatzmaterial eingefüllt werden, das auf dem ersten Schleusentor 30 bereitgestellt wird. Danach beginnt der Befüllungszyklus von Neuem.

Patentansprüche

1. Gleichstrom-Schacht-Reaktor zum Schmelzen und Vergasen von Einsatzmaterial, mit
 - einem vertikalen Schachtkörper (10) zum Trocknen, Erwärmen und Vergasen des Einsatzmaterials, wobei der Schachtkörper (10) eine Zuführöffnung (28) zum Zuführen des Einsatzmaterials aufweist,
 - einem sich an den Schachtkörper (10) anschließenden Aufnahmekörper (20) zur Aufnahme von geschmolzenem Einsatzmaterial (22),
 - einer mit dem Schachtkörper (10) und/oder dem Aufnahmekörper (20) verbundenen Gas-Abführeinrichtung (26) zum Abführen entstandener Gase,
 - einer mit dem Schachtkörper (10) verbundenen Gaszuführeinrichtung (36) zum Zuführen von Gas in den Schachtkörper (10) zum Trocknen des Einsatzmaterials, wobei die Gas-Zuführeinrichtung (36) zur Gaserwärmung mit der Gas-Abführeinrichtung (26) verbunden ist und einer Schleusenordnung (12), die der Zuführöffnung (28) nachgeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet,**
 - dass** im Bereich der Schleusenordnung (12) zumindest ein Teil (35) der Gas-Zuführeinrichtung (36) und/ oder zumindest ein Teil der Gas-Abführeinrichtung (26) mit dem Schachtkörper (10) verbunden ist.
2. Gleichstrom-Schacht-Reaktor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gas-Zuführeinrichtung (36) und die Gas-Abführeinrichtung (26) über einen Wärmetauscher (56) miteinander verbunden sind.
3. Gleichstrom-Schacht-Reaktor nach Anspruch 1
 - oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gas-Zuführeinrichtung (36) mit einer Heizeinrichtung (64) verbunden ist.
4. Gleichstrom-Schacht-Reaktor nach einem der Ansprüche 1-3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleusenordnung (12) mindestens eine Schleusenammer (34) aufweist.
5. Gleichstrom-Schacht-Reaktor nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gas-Zuführeinrichtung (36) mit der Schleusenammer (34) verbunden ist.
6. Gleichstrom-Schacht-Reaktor nach einem der Ansprüche 1-5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleusenordnung (12) im Wesentlichen achsymmetrisch zum Schachtkörper (10) angeordnet ist.
7. Gleichstrom-Schacht-Reaktor nach einem der Ansprüche 1-6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Seitenwand (68) des Schachtkörpers (10) insbesondere im Bereich der Schleusenordnung (12) zum Erwärmen des Einsatzmaterials doppelwandig ist.
8. Gleichstrom-Schacht-Reaktor nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die doppelwandige Seitenwand (68) mit der Gas-Zuführeinrichtung (36) verbunden ist.
9. Gleichstrom-Schacht-Reaktor nach einem der Ansprüche 1-8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Querschnittsfläche des Schachtkörpers (10) im Bereich der Trockenzone (14) ähnlich zur Querschnittsfläche der Schleusenordnung (12) ist.
10. Gleichstrom-Schacht-Reaktor nach einem der Ansprüche 1-9, **gekennzeichnet durch** ein erstes Schleusentor (30), das insbesondere als mit einer Schneidkante versehener Schieber ausgestaltet ist, und/oder ein schnell öffnendes zweites Schleusentor (32), das insbesondere als mit einer Schneidkante versehener Schieber ausgestaltet ist.
11. Gleichstrom-Schacht-Reaktor nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Schleusentor (30) und/ oder das zweite Schleusentor (32) mehrstückig ausgestaltet ist.
12. Gleichstrom-Schacht-Reaktor nach einem der Ansprüche 1-11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fallhöhe des über die Schleusenordnung (12) eingebrachten Einsatzmaterials nicht höher als die dreifache Höhe der Schleusenammer (34) ist.

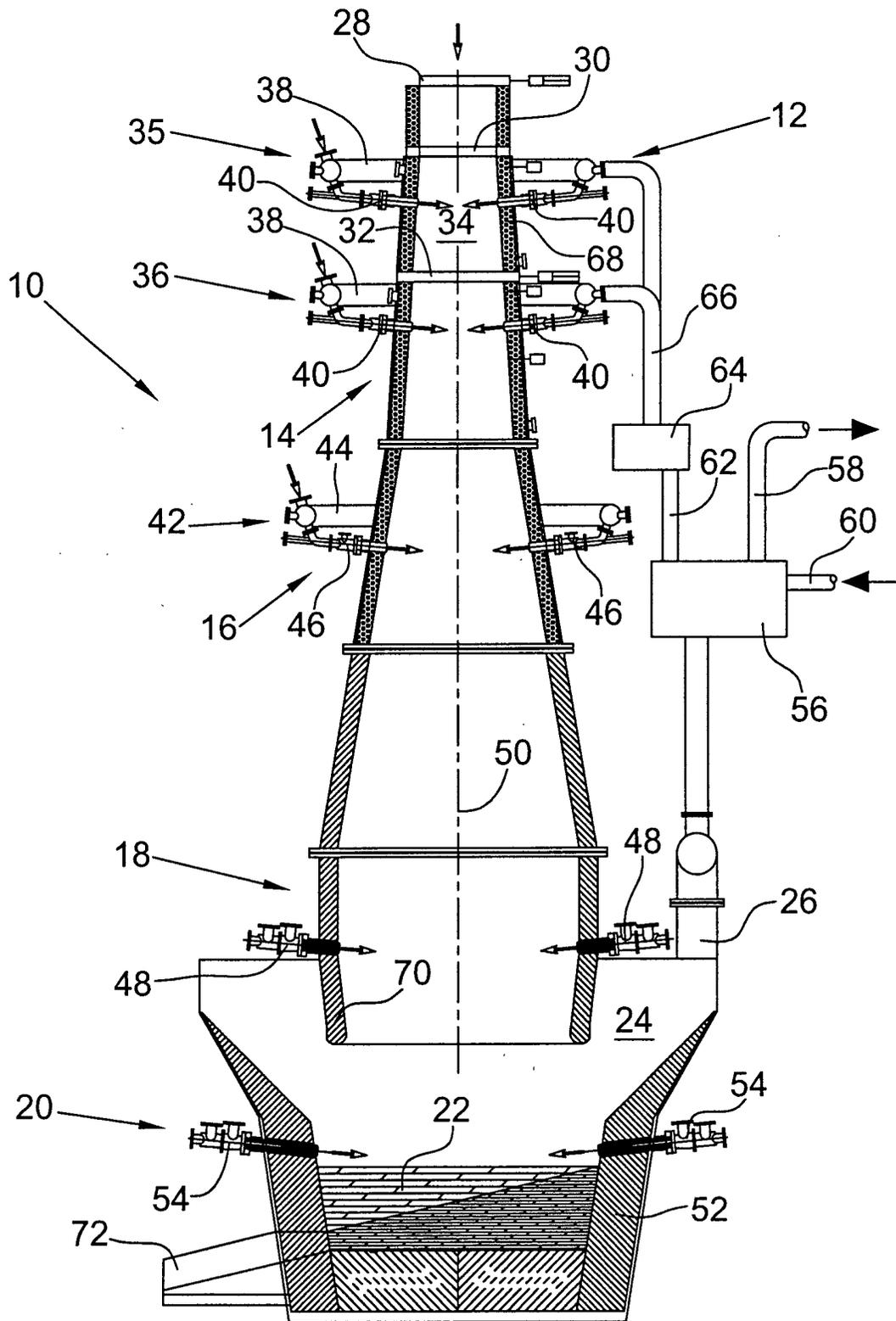


Fig.1

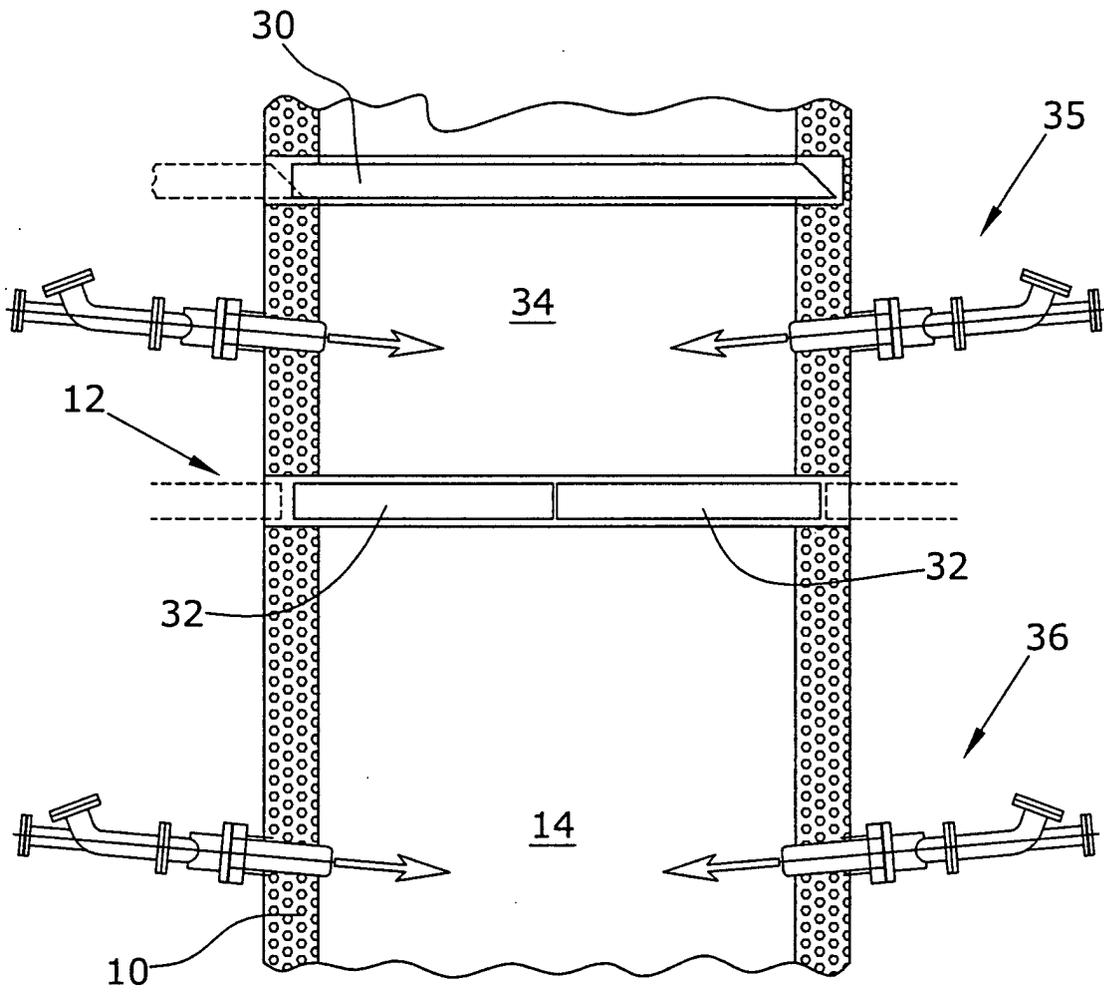


Fig.2