



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 937 944 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.08.1999 Patentblatt 1999/34

(21) Anmeldenummer: 99103123.8

(22) Anmeldetag: 17.02.1999

(51) Int. Cl.⁶: **F23C 5/00**, F23C 7/06,
F23C 9/08, F23D 1/02,
F23J 1/08, F23M 5/00,
F23M 5/08

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

(30) Priorität: 18.02.1998 DE 19806823

(71) Anmelder:
• **LOESCHE GMBH**
D-40549 Düsseldorf (DE)
• **Walter Brinkmann GmbH**
58791 Werdohl (DE)

(72) Erfinder:
• **Wulfert, Holger Dr.-Ing.**
40217 Düsseldorf (DE)
• **Bätz, Andre Michael Dipl.-Ing.**
45138 Essen (DE)
• **Görner, Klaus Prof.Dr.-Ing.**
40882 Ratingen (DE)
• **Schmaus, Friedrich**
58802 Balve-Garbeck (DE)

(74) Vertreter:
Heim, Hans-Karl, Dipl.-Ing. et al
Weber & Heim
Patentanwälte
Irmgardstrasse 3
81479 München (DE)

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Verbrennung vanadiumhaltiger Brennstoffe**

(57) Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem Verfahren zur Verbrennung vanadiumhaltiger Brennstoffe wird die außerordentlich hohe Reaktivität der vanadiumhaltigen Brennstoffe zur Verbrennung in einer Staubfeuerung genutzt.

Zur Vermeidung der nachteiligen Schlackenabkühlungen in der Brennkammer (4) und insbesondere im Bereich von Zuführdüsen, z.B. für das Brennstaub-Luftgemisch und für Verbrennungsluft, wird in einer Staubfeuerung ein Kopfbrenner (2) in einer Decke (14) eines Brennraumes (9) angeordnet und wenigstens eine Staubdüse (5) zur Zuführung des Brennstaub-Luftgemisches derart angeordnet, daß ein Rückströmen flüssiger Schlackepartikel zum Kopfbrenner verhindert wird.

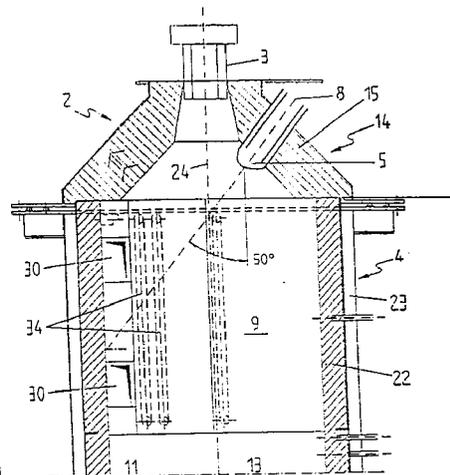


Fig.1

EP 0 937 944 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Verbrennung vanadiumhaltiger Brennstoffe gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Verfahren zur Verbrennung vanadiumhaltiger Brennstoffe gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 18.

[0002] Vanadiumhaltige Brennstoffe fallen als Rückstände bei der Erdölverarbeitung an. Diese Rückstände werden in der Regel in Spiralstrom- oder Rotationsfeuerungen verbrannt, wobei Vanadium und Verbindungen davon sowie andere wiederverwertbare Bestandteile der Rückstände als Schlacke und Asche anfallen, die vorteilhafterweise weiter aufbereitet werden können. Gleichzeitig kann die bei der Verbrennung freiwerdende Wärme rückgewonnen werden.

[0003] Eine Spiralstromfeuerung zur thermischen Behandlung kohlenstoffhaltiger Rückstände aus der Erdölverarbeitung ist aus der DE 41 14 171 C2 bekannt. Kohlenstoffhaltige Materialien mit nichtbrennbaren Bestandteilen und Schadstoffen werden in einer vorgegebenen Korngröße in einem Förderluftstrom tangential einer Brennkammer zugeführt und bei Temperaturen oberhalb des Schmelzpunktes der Schlacke verbrannt. Die Verbrennungsluft wird derart tangential eingeblasen, daß ein Direktkontakt und ein Anbacken von Schlackenteilen an einer Innenauskleidung der Brennkammer vermieden werden. Eine Kühlung bewirkt, daß die Schlacke in fester Form ausgetragen wird.

[0004] Es wurde festgestellt, daß bei Verbrennung vanadiumhaltigen Rußstaubs in einer Spiralstromfeuerung bei den fahrbaren Feuerraumtemperaturen spontan flüssige Schlacke entsteht.

[0005] Besonders nachteilig wirken sich die spontanen Schlackenankernungen im Bereich der Zuführdüsen des Brennstaub-Luftgemisches und der Luftdüsen für die Verbrennungsluft aus. Bereits nach relativ kurzen Betriebszeiten verschlacken die Düsen und führen zu einer Einschränkung und Störung des Feuerungsbetriebes.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Verbrennung vanadiumhaltiger Brennstoffe, insbesondere aus der Erdölverarbeitung, zu schaffen, welche eine weitgehend störungsfreie und besonders effiziente Rückgewinnung von Vanadium und eine Heißgaserzeugung ohne Verschlackung der Zuführdüsen ermöglichen.

[0007] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch eine Vorrichtung mit einem Brennraum, einem Startbrenner und Zuführungen für ein Brennstoff-Luftgemisch und Verbrennungsluft sowie mit einem Rauchgasaustritt und Schlackenabzug gelöst, bei welcher ein Kopfbrenner oberhalb des Brennraums angeordnet und als Deckenbrenner in einer Decke ausgebildet ist. In der Decke des Kopfbrenners sind wenigstens der Startbrenner sowie die Zuführung des Brennstaub-Luftgemisches mit wenigstens einer Staubbüse angeordnet. Die wenigstens eine Staubbüse ist derart angeordnet, daß das

Brennstaub-Luftgemisch auf einer Sekante zur Querschnittsfläche des Brennraums und unter einem Winkel zwischen 35° und 65° zur Längsachse des Brennraums oder alternativ koaxial zu dem Startbrenner in den Brennraum eingeführt wird.

[0008] Verfahrensmäßig wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die vanadiumhaltigen Rückstände aus der Erdölaufbereitung oder auch andere vanadiumhaltige Brennstoffe einem Kopfbrenner zugeführt werden, welcher in einer Decke eines Brennraums angeordnet ist. Erfindungsgemäß wird das Brennstoff-Luftgemisch auf einer Sekante zur Querschnittsfläche des Brennraums und unter einem Winkel zwischen 35° und 65° zur Längsachse des Brennraums oder in einer alternativen Ausführung koaxial zu einem in der Decke des Brennraums angeordneten Startbrenner dem Brennraum zugeführt und mit kurzen Ausbrandzeiten und einer einstellbaren Zündfront verbrannt.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren und die Vorrichtung basieren auf der überraschend hohen Reaktivität von vanadiumhaltigen Rückständen sowie auf einer außerordentlich schnellen Zündung und kurzen Ausbrandzeiten vanadiumhaltigen Brennstaubes. Versuche haben gezeigt, daß die hohe Reaktivität und hohe Geschwindigkeit der Verbrennung und die Bildung einer hochkorrosiven flüssigen Schlacke auf metallische Bestandteile des Brennstoffes zurückzuführen ist, welche oxidieren. Es wird angenommen, daß die metallischen Bestandteile eine katalytische Wirkung auf die Verbrennung aufweisen und die Bildung der spontanen flüssigen Schlacke bewirken. Bei der Verbrennung wird Vanadium in Vanadiumpentoxid umgewandelt, welches einen Schmelzpunkt von 672°C aufweist. In Mischungen mit weiteren Metalloxiden, beispielsweise Nickel- und Eisenoxiden, ergibt sich ein Schlackenschmelzpunkt zwischen 700 und 850°C, der im Vergleich mit anderen Schlacken extrem niedrig liegt. Die möglichen Verbrennungstemperaturen liegen deshalb immer oberhalb dieser Schmelztemperatur, weshalb flüssige Schlacke grundsätzlich nicht vermieden werden kann. Um zu vermeiden, daß in der Brennkammer und insbesondere im Bereich der Zuführdüsen für das Brennstaub-Luftgemisch, für Verbrennungsluft oder andere Medien funktionsverhindernde Anbackungen entstehen, ist erfindungsgemäß ein Kopf- bzw. Deckenbrenner vorgesehen und sind die Zuführdüsen derart ausgerichtet, daß ein Zurückströmen von flüssiger Schlacke ausgeschlossen ist. Mit einer definierten Strömungsführung und Düsenausformung wird eine unterstöchiometrische Verbrennungszone direkt nach Austritt des Brennstaubes aus den Staubbüsen erreicht, wodurch die spontane Schlackenbildung in Düsennähe verhindert wird. Des Weiteren wird mit der definierten Strömungsführung ermöglicht, daß ein ausreichender, vorgegebbarer Abstand zwischen den Düsen und der Entstehung flüssiger Schlacken gewährleistet ist.

[0010] In einer ersten Vorrichtungsvariante ist als Staubbrenner ein Kopfbrenner in einer Decke mit einer

kegelstumpfformigen Deckenwand vorgesehen. In der Decke sind außermittig eine vorgebbare Anzahl Staubdüsen, welche lanzenartig ausgebildet sind, angeordnet. Über diese Staubdüsen wird der Brennstaub auf Sekanten unter einem vorgebbaren Winkel zur Längsachse der Brennkammer in die feuerfest ausgekleidete Brennkammer eingeblasen. Direkt nach dem Austritt aus den Staubdüsen wird keine Sekundär-Verbrennungsluft zugeführt, weshalb es zu nahstöchiometrischen bis stark understöchiometrischen Verhältnissen in dieser ersten Verbrennungszone, z.B. mit $\lambda = 0,2$ bis 1,0, kommt.

[0011] Die Anordnung der Staubdüsen bzw. Staublanzen im Deckel der Brennkammer verhindert bei dieser Variante ein Zusetzen der Düsen mit Schlacke. Es ist vorteilhaft, daß die Staubaustrittsgeschwindigkeit zur Änderung der Zündfront des Staubes in einem vorgebbaren Abstand zur Düse verändert werden kann. Zweckmäßigerweise betragen die Geschwindigkeiten des zugeführten Brennstaubs zwischen 10 und 45 m/sec, vorzugsweise 20 m/sec.

[0012] In Versuchen wurde festgestellt, daß die Reaktivität des vanadiumhaltigen Brennstoffes maßgeblich vom Vanadium- und Sauerstoffgehalt der Rückstände abhängig ist. Bei einem geringeren Vanadium- und Sauerstoffgehalt ist es vorteilhaft, die langsamere Reaktionsgeschwindigkeit durch eine bessere Vermischung des Brennstaubs und der Luft zu kompensieren. Vorrichtungsmäßig kann eine derartige Vermischung durch Drall-Einrichtungen in dem vorzugsweise ringförmigen Verbrennungsluftkanal des Kopfbrenners bzw. Deckenbrenners realisiert werden.

[0013] Zur Zuführung von Sekundärluft in die Brennkammer kann eine gestufte Luftzuführung über mehrere, vorzugsweise über zwei Luftdüsen, vorgesehen sein. Speziell geformte Klappen in den Luftdüsen ermöglichen eine Veränderung der Austrittsgeschwindigkeit der Verbrennungsluft bei unterschiedlichen Massenströmen. Auf diese Weise kann das Asche-/Schlackeverhältnis variiert werden. Außerdem wirkt sich die Austrittsgeschwindigkeit der Verbrennungsluft auf den Ausbrand aus, so daß über die Austrittsgeschwindigkeit der Verbrennungsluft auch der Ausbrand gesteuert werden kann.

[0014] In einer zweiten Vorrichtungsvariante wird ein Kopfbrenner in einer Decke oder einem Deckel eines Brennraums angeordnet, welcher wie in der ersten Vorrichtungs- und Verfahrensvariante in einer ausgemauerten Brennkammer ausgebildet ist. Der Kopfbrenner ist somit in einer Decke der feuerfest ausgekleideten Brennkammer angeordnet und kann auch als Decken- oder Sturzbrenner bezeichnet werden.

[0015] Es ist vorteilhaft, daß die feuerfeste Auskleidung der vorzugsweise zylindrischen Brennkammer als Zündhilfe und ein Doppelmantel zur Vorwärmung von Verbrennungsluft dienen können. Die Verbrennung wird innerhalb eines relativ kleinen Brennkammervolumens weitgehend abgeschlossen. Ein Abhitzekeessel, welcher

der feuerfest ausgekleideten Brennkammer nachgeschaltet ist, kann ein geringeres Volumen aufweisen, als wenn keine ausgemauerte Brennkammer eingesetzt würde. Die bei dieser Lösung erreichbaren investitionstechnischen Vorteile sind daher offenkundig.

[0016] Auch ist es zweckmäßig, wenn der Kopfbrenner einen Startbrenner aufweist, der vorzugsweise mit Gas oder Öl betrieben wird und als Staubdüse ein Ringspalt für das vanadiumhaltige Brennstaub-Luftgemisch konzentrisch um den Startbrenner angeordnet ist.

[0017] Die Verbrennung mit einem Kopfbrenner in einer feuerfest ausgekleideten Brennkammer wird bei Temperaturen im Bereich von 1100°C bis 1650°C, vorzugsweise bei 1200°C durchgeführt. Hierbei wurde festgestellt, daß die vanadiumhaltigen Rückstände in einem sicheren Abstand vor dem Kopfbrenner zünden und, begünstigt durch die feuerfesten Wände der ausgemauerten Brennkammer, ein Volumen höchster Verbrennungsintensität gebildet wird. Dadurch kann ein nahezu vollständiger und schneller Abbrand des Brennstoffs erreicht werden, was sich anlagentechnisch vorteilhaft auf das Nachreaktionsvolumen eines ersten Zuges eines nachgeschalteten Abhitzekeessels auswirkt. Das bei der Verbrennung gebildete Rauchgas und die flüssigen Schlacken gelangen in den Abhitzekeessel, in welchem die Schlacke auf Temperaturen unterhalb der Erstarrungstemperatur von etwa 800 bis 900°C abgekühlt wird und vorteilhafterweise größtenteils als feinsten Staub mit dem Rauchgas ausgetragen werden kann.

[0018] Für den Fall, daß feste Schlacke anfällt, ist es zweckmäßig, den Abhitzekeessel, insbesondere den ersten Zug, mit einem Schlackenaustrag zu versehen, so daß an den feuerfesten Wänden der Brennkammer niedergeschlagene Schlacketröpfchen, welche in den Abhitzekeessel fallen, ausgetragen werden können.

[0019] In einer dritten Vorrichtungsvariante ist ein Brennraum mit vorgeschaltetem Kopfbrenner in einem Abhitzekeessel angeordnet. Der Kopfbrenner ist in der Decke des ersten Zuges des Abhitzekeessels eingebaut. Eine Zündhilfe braucht bei dieser Vorrichtungs- und Verfahrensvariante nicht zur Verfügung zu stehen. Es ist deshalb verfahrensmäßig vorgesehen, den Kopfbrenner zur Erzielung höherer Verbrennungstemperaturen mit geringerem Luftüberschuß zu fahren. Der Luftüberschuß bewegt sich im Bereich von $\lambda = 1,05$ bis 1,4, vorzugsweise bei $\lambda = 1,1$. Wenn die Verbrennung bei Temperaturen von 1600 bis 1800°C durchgeführt wird, kann hierbei ein guter Ausbrand erreicht werden.

[0020] Falls sich keine stabile Flamme bilden sollte, ist es von Vorteil, den zentral angeordneten Startbrenner mit geringerer Last als Stützbrenner zu verwenden.

[0021] Aufgrund der hohen Verbrennungstemperaturen entsteht bei dieser Vorrichtungsvariante ebenfalls flüssige Schlacke. Die Schlackentröpfchen werden in dem Rauchgas fein verteilt und erkalten im Flugstrom durch einen Strahlungswärmeaustausch mit den Begrenzungswänden des Abhitzekeessels. Das vanadi-

umhaltige Brenngut wird somit nahezu vollständig als staubförmige Schlacke ausgetragen. Eine Abführung von erstarrten Schlacken, welche in der Regel aufwendig ist, kann daher entfallen.

[0022] Zweckmäßigerweise wird rezirkuliertes Rauchgas über Düsen in der Kesseldecke und konzentrisch zum Decken- bzw. Sturzbrenner senkrecht eingedüst. Schlackentröpfchen an den Wänden des Abhitzekeessels werden durch das eingedüste rezirkulierte Rauchgas abgewiesen und Anbackungen an den Wänden des Abhitzekeessels verhindert. Vor Eintritt in Rohrbündel, welche insbesondere in einem dritten Zug des Abhitzekeessels angeordnet sind, wird das Rauchgas und die darin enthaltenen Schlackebestandteile auf unter 500°C abgekühlt, um eine Korrosion, insbesondere aufgrund von Vanadiumoxiden, speziell von Vanadiumpentoxid, zu vermeiden.

[0023] In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird eine Brennkammer verwendet, welche wenigstens in den besonders verschleißintensiven Bereichen kühlbare Wände oder Wandabschnitte als ein sogenanntes "Kühlfeld" aufweist. Das Kühlfeld kann durch wasserführende Rohre in einer feuerfesten Verkleidung der Brennkammer gebildet werden. Beispielsweise können bestiftete Rohrschlangen horizontal verlegt und mit einer feuerfesten Vibrationsmasse umgossen werden. Die intensive wasserseitige Kühlung sorgt für eine Abkühlung der brennraumseitigen Oberfläche auf eine Temperatur unter die Erstarrungstemperatur der herabfließenden Schlacke und für die Ausbildung eines korrosionsschützenden Schlackepanzers.

[0024] Es ist zweckmäßig, nur die besonders verschleißintensiven Wandbereiche als "Kühlfeld" auszubilden, um den Wärmehaushalt der Brennkammer nicht nachteilig durch die Wärmeverluste über die Wände zu beeinflussen. Bevorzugt sollten nicht mehr als 15 % der gesamten Oberfläche der Brennkammer als "Kühlfeld" ausgebildet sein.

[0025] In einer weiteren Vorrichtung- und Verfahrensvariante wird der Abstand der Zündfront von der Zuführung des Brennstaubluftgemisches durch eine Umhüllung des Staubstrahls geregelt. Als Umhüllung kann ein Inertgas, beispielsweise Stickstoff, verwendet werden. Durch die inertisierende Hülle um den Staubstrahl kann eine verfrühte Zündung in der Nähe der Staubdüse unterbunden werden und durch Zumischung der Verbrennungsbzw. Sekundärluft geregelt werden.

[0026] Es ist vorteilhaft, daß über die Austrittsgeschwindigkeit des Hüll-Inertgases zusätzlich ein Anbacken von Schlacke vermieden werden kann.

[0027] Die Erfindung wird nachstehend anhand einer Zeichnung weiter erläutert, in welcher in einer stark schematisierten Darstellung zeigen

Fig. 1 einen vertikalen Schnitt durch eine erste Variante einer Brennkammer und eines Kopfbrenners mit kegelstumpfförmig ausgeführtem Deckel und Staublanzen nach Linie

A-A gemäß Fig. 2;

Fig. 2 eine teilgeschnittene Draufsicht auf die Brennkammer gemäß Fig. 1;

Fig. 3 einen vertikalen Schnitt durch eine zweite Variante einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einer Brennkammer, einem Kopfbrenner und einem nachgeschalteten Abhitzekeessel (ausschnittsweise dargestellt);

Fig. 4 eine Draufsicht nach Pfeil IV gemäß Fig. 3;

Fig. 5 eine schematisierte Darstellung eines Abhitzekeessels;

Fig. 6 eine dritte Variante mit einem Kopfbrenner in der Decke eines Abhitzekeessels ohne Ausmauerung;

Fig. 7 eine Draufsicht nach Pfeil VII gemäß Fig. 6;

Fig. 8 einen vertikalen Schnitt durch eine Modifikation einer Vorrichtung nach Fig. 3 und

Fig. 9 einen Horizontalschnitt durch eine Brennkammerwand im Bereich eines "Kühlfeldes".

[0028] Eine erste Variante der Vorrichtung zur Verbrennung vanadiumhaltiger Brennstoffe gemäß Fig. 1 zeigt eine Brennkammer 4 mit einem kegelstumpfförmig ausgeführten Deckel oder einer Decke 14, einen Startbrenner 3, eine Staublanze 5, die in einer geneigten Deckenwand 15 angeordnet ist. Im unteren Bereich ist ein Rauchgasaustritt 13 vorhanden. Die Brennkammer 4 weist eine feuerfeste Auskleidung 22 und einen Doppelmantel 23 auf, in welchem Verbrennungsluft vorgewärmt wird. Der ausgemauerte Doppelmantel dient als Zündhilfe.

[0029] Fig. 1 und Fig. 2 verdeutlichen, daß die Staublanze 5 durch ihre Anordnung eine Einblasung von vanadiumhaltigem Brennstaub-Luftgemisch auf einer Sekante 33 ermöglicht, welche in einem Winkel von etwa 50° zu einer Längsachse 24 ausgebildet ist. In der Brennkammer 4 sind zwei Luftdüsen 30 angeordnet, durch welche Sekundärluft tangential zugeführt wird. Aus der Querschnittsdarstellung gemäß Fig. 2 geht hervor, daß vor den zwei untereinander angeordneten Luftdüsen 30 Abweisernasen 36 ausgebildet sind, in deren Bereich Wasserrohre 34 verlaufen. Im Bereich der Luftdüsen 30 sind Klappen 31 zur Beeinflussung der Luftzuführung angeordnet.

[0030] Die in einem Brennraum 9 der Brennkammer 4 gebildeten Schlacken und Rauchgase werden über den Rauchgasaustritt 13 einem nachgeschalteten Abhitzekeessel 6 zugeführt (siehe Fig. 5).

[0031] Fig. 3 und 4 zeigen eine zweite Variante einer

Vorrichtung mit feuerfest ausgekleideter Brennkammer 4 mit einem Brennraum 9 und einer Decke 14 mit einem Kopfbrenner 2 als Staubbrenner.

[0032] Die Brennkammer 4 ist im Bereich ihrer Austrittsöffnung 19 für Schlackentröpfchen und Rauchgas auf einem Deckel bzw. einer Decke 16 eines Abhitzekessels 6 angeordnet. Der Kopfbrenner 2 weist einen mittig angeordneten Startbrenner 3 sowie eine ringförmige Düse 17 für Verbrennungsluft 7 und eine innere ringförmige Düse 18 auf, wobei der Düse 18 über eine Zuführung 8 das Brennstaub-Luftgemisch zugeführt wird. In der äußeren ringförmigen Düse 17 für die in einem Doppelmantel 23 vorgewärmte Verbrennungsluft 7 ist eine Einrichtung 12 angeordnet, welche zu einer stärkeren oder minderen Vermischung und Drallbildung zwischen Luft und Brennstoff in Abhängigkeit von dem Vanadium- und Sauerstoffgehalt des Brennstoff eingestellt werden kann. Der Deckel 14 der Brennkammer 4 ist in diesem Ausführungsbeispiel flach ausgebildet und weist Flammenwächter 29 auf. Der Kopfbrenner 2 gemäß Fig. 3 führt zu einer außerordentlich schnellen Zündung des Brennstoff-Luftgemisches und zu kurzen Ausbrandzeiten. Die Verbrennung wird innerhalb des Brennraums 9, welcher ein relativ kleines Volumen aufweist, weitgehend abgeschlossen, und auch der Nachreaktionsraum des Abhitzekessels 6 kann ein relativ geringes Volumen aufweisen.

[0033] Fig. 5 zeigt einen Abhitzekessel 6 mit einem ersten, zweiten und dritten Zug 6.1, 6.2 und 6.3. Die Decke 16 des Abhitzekessels 6 ist in Fig. 5 nur angedeutet. In den ersten Zug 6.1 des Abhitzekessels 6 gelangt ein Gemisch von Rauchgas und Schlacketröpfchen über die Austrittsöffnung 19 (siehe Fig. 3). Um zu verhindern, daß die Schlacke sich an Begrenzungswänden 27 des Abhitzekessels 6 niederschlägt und zu festen Anbackungen führt, wird über Düsen 26, welche gemäß Fig. 3 konzentrisch um die Austrittsöffnung 19 im Deckel 16 des Abhitzekessels 6 ausgebildet sind, rezirkuliertes Rauchgas eingeblasen. Das rezirkulierte Rauchgas schützt die Wände des Abhitzekessels 6 vor Schlackeabsetzungen. Die kreisförmige konzentrische Anordnung der Düsen 26 geht auch aus Fig. 4 hervor. Im unteren Bereich des ersten Zuges 6.1 ist eine Austragsöffnung 21 für die Entaschung bzw. den Schlackeaustrag vorgesehen.

[0034] Der Abhitzekessel 6 weist Rohre im ersten und zweiten Zug 6.1 und 6.2 auf und arbeitet nach dem Niederdruck-Verdampfsystem. Im dritten Zug 6.3 sind Rohrbündel 38 und bodenseitig eine Austragsöffnung 32 für mit Schlackenasche beladenes Rauchgas angeordnet.

[0035] Fig. 6 und 7 zeigen eine dritte Vorrichtungsvariante, bei welcher ein Kopf- bzw. Deckenbrenner 2 in der Decke 16 eines Abhitzekessels 6 angeordnet ist. Der Deckenbrenner 2 ist mittig in der Decke 16 oberhalb des ersten Zuges 6.1 des Abhitzekessels 6 angeordnet. Der Deckenbrenner 2 weist einen mittig angeordneten Startbrenner 3 auf. Das Brennstaub-Luftgemisch wird

über die Zuführung 8 und eine ringförmige Düse 18 in einen Brennraum 9 im Bereich des ersten Zuges 6.1 eingeblasen. Der Deckenbrenner 2 entspricht bis auf die Zuführung vorgewärmter Verbrennungsluft 7 dem Deckenbrenner gemäß Fig. 3. Der Deckenbrenner 2 wird jedoch mit einem geringeren Luftüberschuß gefahren, um höhere Verbrennungstemperaturen von ca. 1600 bis 1800°C und ebenfalls einen guten Ausbrand zu erreichen.

[0036] Bei der Verbrennung im Brennraum 9 des ersten Zuges 6.1 des Abhitzekessels 6 entsteht Rauchgas und aufgrund der hohen Verbrennungstemperaturen zunächst flüssige Schlacke. Diese befindet sich als fein verteilte Tröpfchen im Rauchgas und erkaltet durch Strahlungswärmeaustausch mit Membranwänden bzw. Begrenzungswänden 27 des Abhitzekessels 6. Auf diese Weise wird die Schlacke staubförmig mit dem Rauchgas ausgetragen. Eine Abführung fester Schlacke ist nicht erforderlich. Die Begrenzungswände 27 werden im Prinzip von durchströmten Rohren gebildet, die in entsprechenden Sammlern 35 zusammengeführt sind.

[0037] Um Anbackungen zu verhindern, wird rezirkuliertes Rauchgas über einen Ringkanal 28 (Fig. 3) und in der Kesseldecke 16 angeordnete Düsen 26 eingeblasen. Die Schlacketröpfchen werden dadurch von den Wänden des Abhitzekessels 6 abgewiesen. In dem Abhitzekessel 6 erfolgt eine Abkühlung von Rauchgas und Schlacketröpfchen auf < 500°C.

[0038] Indem nach der dritten Verfahrens- und Vorrichtungsvariante gemäß Fig. 6 und 7 keine feuerfest ausgemauerte Brennkammer mehr erforderlich ist, entstehen erhebliche Vorteile. So wird wegen der geringen Speichermasse der Feuerung im ersten Zug 6.1 ein schnelles An- und Abfahren möglich. Es wird keine lange Aufheizzeit benötigt. Die Vorrichtung kann ohne lange Nachkühlzeit außer Betrieb gesetzt werden. Bei Notabschaltungen müssen keine thermischen Schäden durch fehlende Kühlung befürchtet werden. Die Brennerlast kann sehr schnell geändert werden. Brennerstellversuche können rasch und zügig durchgeführt werden. Beharrungszeiten sind kurz und erlauben einen schnellen Abschluß der Einstellarbeiten. Der gesamte Aufbau der Vorrichtung ist erheblich vereinfacht, was sich kostendämpfend auswirkt und den Gebrauchswert erhöht. Es sind keine Flächen vorhanden, an denen sich flüssige Schlacke niederschlagen und herunterlaufen kann.

[0039] In Fig. 8 ist in einem Vertikalschnitt eine Modifikation der Brennkammer 4 und des Deckenbrenners 2 nach Fig. 3 gezeigt. Übereinstimmende Elemente und Anordnungen sind daher mit gleichen Bezugszeichen versehen wie in Fig. 3. Die Modifikation betrifft im wesentlichen eine zweifache Ringdüse 17, 17', die im wesentlichen koaxial um den Startbrenner 3 und die das Brennstaub-Luftgemisch zuführende Ringdüse 18 vorgesehen ist. In den Ringdüsen 17, 17' für die vorgewärmte Verbrennungsluft sind Dralleinrichtungen 12

und im oberen Bereich steuerbare Klappen 41 vorhanden. Die im Doppelmantel 23 vorgewärmte Verbrennungsluft kann bei dieser Modifikation über entsprechend regelbare Klappen 42 ganz oder teilweise zur Beschickung der Ringdüsen 17, 17' geleitet werden. Es ist aber auch möglich über die entsprechenden Klappen 42 die vorgewärmte Verbrennungsluft über eine Luftdüse 30, beabstandet zum Kopfbrenner, etwa tangential in den Brennraum 9 einzublauen.

[0040] Fig. 9 zeigt einen horizontalen Schnitt durch die Wandung 22 einer Brennkammer 4, welche beispielsweise gemäß Fig. 1 oder gemäß Fig. 3 bzw. 8 ausgebildet sein kann. Die Wandung 22 in Fig. 9 ist als ein kühlbarer Wandbereich 43 oder als ein sogenanntes "Kühlfeld" in einer besonders verschleißintensiven Zone der Brennkammer 4 ausgebildet. Der kühlbare Wandbereich 43 ist mit Rohren 44 versehen, welche als kühlwasserführende Rohrschlangen verlegt, und mit feuerfestem Material 45 wenigstens brennraumseitig beschichtet sind.

[0041] Die Rohre 44 weisen Stifte 47 auf, welche radial abstehen und z.B. angeschweißt sind. Diese Stifte 7 begünstigen die Erstarrung der schmelzflüssigen Schlacke und die Ausbildung einer Schutzschicht 46 aus vanadiumpentoxidhaltiger Schlacke.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Verbrennung von vanadiumhaltigen Brennstoffen, mit einem Brennraum (9), einem Startbrenner (3) und Zuführungen (8, 18; 17, 30) für ein Brennstoff-Luftgemisch und Verbrennungsluft sowie mit einem Rauchgasaustritt (13) und Schlackenabzug (11),
dadurch **gekennzeichnet**,

daß ein Kopfbrenner (2) vorgesehen ist, welcher oberhalb des Brennraums (9) angeordnet und als ein Deckenbrenner in einer Decke (14, 16) ausgebildet ist, und daß in der Decke (14) wenigstens der Startbrenner (3) sowie die Zuführung (8) des Brennstaub-Luftgemisches mit wenigstens einer Staubbüse (5) angeordnet ist, aus welcher das Brennstaub-Luftgemisch auf einer Sekante (33) zur Querschnittsfläche des Brennraums (9) und unter einem Winkel zwischen 35° und 65° zur Längsachse (24) des Brennraums (9) oder koaxial zu dem Startbrenner (3) dem Brennraum (9) zuführbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**,

daß der Startbrenner (3) mittig und die Staubbüse(n) (5) lanzenartig in der Deckenwand (15) des Kopfbrenners (2) angeordnet sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Staubbüse(n) (5) unter einem Winkel zwischen 48° und 51° zur Längsachse (24) und zu einer Radialen (25) der Brennkammer (4) angeordnet ist/sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**,

daß der Kopfbrenner (2) kegelformig ausgebildet ist und der Neigungswinkel zwischen seiner Deckenwand (15) und seiner Längsachse (24) zwischen 20° und 60° liegt, vorzugsweise etwa 45° beträgt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**,

daß der Brennraum (9) von einer Brennkammer (4) gebildet ist, welche als Wandung (22) eine feuerfeste Auskleidung aufweist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch **gekennzeichnet**,

daß in der Wandung (22) der Brennkammer (4) wenigstens zwei Luftdüsen (30) für eine tangentiale Einströmung von Sekundärluft vorgesehen sind, daß die Luftdüsen (30) axial beabstandet angeordnet sind und daß die Verlängerung der Längsachse(n) der Staubbüse(n) (5) zwischen die zwei Luftdüsen (30) orientiert ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**,

daß der Brennraum (9) in einer Brennkammer (4) ausgebildet ist, welcher eine feuerfeste Auskleidung (22) und einen Doppelmantel (23) zur Vorwärmung von Verbrennungsluft (7) aufweist, und daß das Brennstaub-Luftgemisch und die vorgewärmte Verbrennungsluft (7) über ringförmige, koaxial zum Startbrenner (3) angeordnete Düsen (18, 17) im Kopfbrenner (2) dem Brennraum (9) zuführbar sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch **gekennzeichnet**,

daß der Brennkammer (4) ein Abhitzekegel (6) nachgeschaltet ist, und daß der Abhitzekegel (6), welcher vorzugsweise drei Züge (6.1, 6.2, 6.3) aufweist, eine Austragsvorrichtung (21) für Schlacketeilchen,

- insbesondere in dem ersten Zug (6.1), aufweist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch **gekennzeichnet**,
5
- daß in dem Abhitzekeessel (6) Düsen (26) zur Zuführung von rezirkuliertem Rauchgas angeordnet sind, und
10
- daß die Düsen (26) auf Begrenzungswände (27) des Abhitzekeessels (6) gerichtet sind.
10. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**,
15
- daß der Kopfbrenner (2) in einer Decke (16) eines Abhitzekeessels (6) angeordnet ist, und daß der Brennraum (9) im Bereich eines ersten Zuges (6.1) des Abhitzekeessels (7) vorgesehen ist.
20
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch **gekennzeichnet**,
25
- daß in der Decke (16) des Abhitzekeessels (6) Düsen (26) zur Zuführung von rezirkuliertem Rauchgas angeordnet sind, und daß die Düsen (26) insbesondere auf Begrenzungswände (27) des Abhitzekeessels (6) gerichtet sind.
30
12. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**,
35
- daß in der Zuführung (30) der Verbrennungsluft (7) und/oder der Zuführung (8) des Brennstaub-Luftgemisches Klappen- oder Dralleinrichtungen (12, 31, 41, 42) vorgesehen sind, welche in Abhängigkeit von dem Vanadiumgehalt und der Reaktionsgeschwindigkeit des Brennstaub-Luftgemisches einstellbar sind.
40
13. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**,
45
- daß der Startbrenner (3) gas- oder ölbetrieben ausgebildet und zusätzlich als Stützbrenner einsetzbar ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**,
50
- daß der Brennraum (9) von einer Brennkammer (4) gebildet ist, welcher wenigstens einen kühlbaren Wandbereich (43) aufweist.
55
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch **gekennzeichnet**,
- daß der kühlbare Wandbereich (43) jeweils in verschleißintensiven Bereichen der Brennkammer (4) vorgesehen und von Rohren (44) gebildet ist, welche von einem Kühlmedium durchflossen und von feuerfestem Material (45) umgeben sind.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch **gekennzeichnet**,
- daß die Rohre (44) mit Stiften (7) versehen sind und auf dem feuerfesten Material (45) eine verschleißfeste Schutzschicht (46) aus vanadiumpentoxidhaltiger Schlacke gebildet ist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**,
- daß die Staubbüse (5) als koaxiale Doppel- oder Mehrfachdüse ausgebildet ist und radial außen einen Ringquerschnitt zur verzögerten Zündung des Brennstaub aufweist.
18. Verfahren zur Verbrennung vanadiumhaltiger Brennstoffe aus der Erdölaufbereitung,
- bei dem die vanadiumhaltigen Brennstoffe als Brennstaub-Luftgemisch einer Vorrichtung mit Brenner, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 17, zugeführt werden und bei dem das Brennstaub-Luftgemisch in einem Brennraum verbrannt und das entstehende Rauchgas und die Schlacke ausgetragen werden,
dadurch **gekennzeichnet**,
daß das Brennstaub-Luftgemisch einem Kopfbrenner in einer Decke des Brennraums zugeführt und auf einer Sekante zur Querschnittsfläche des Brennraums und unter einem Winkel zwischen 35° und 65° zur Längsachse des Brennraums oder koaxial zu einem in der Decke des Brennraums angeordneten Startbrenner dem Brennraum zugeführt wird, und
daß das Brennstaub-Luftgemisch mit kurzen Ausbrandzeiten und mit einer einstellbaren Zündfront verbrannt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch **gekennzeichnet**,
- daß dem Brennstaub-Luftgemisch unmittelbar nach dem Austritt in dem Bereich des Kopfbrenners keine Verbrennungsluft zugeführt wird,
so daß in diesem Bereich eine Verbrennungszone mit nahstöchiometrischen bis unterstöchiometrischen Verhältnissen von λ ca. 0,2

bis 1,0 eingestellt wird.

20. Verfahren nach Anspruch 18,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Verbrennungsluft tangential und/oder axial versetzt im Bereich der Wandung (22) oder koaxial zu dem Brennstaub-Luftgemisch im Bereich des Kopfbrenners (2) dem Brennraum (9) zugeführt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß das Brennstaub-Luftgemisch in den Brennraum (9) einer Brennkammer (4) eingeblasen und verbrannt wird, wobei durch eine feuerfeste Auskleidung (22) der Brennkammer (4) eine Zündhilfe bei der Verbrennung und ein Volumen höchster Verbrennungsintensität gebildet wird.

22. Verfahren nach Anspruch 18,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß das Brennstaub-Luftgemisch bei Temperaturen zwischen 1100°C und 2000°C mit einer hohen Zündwilligkeit und einer Zündfront im Bereich von etwa 10 mm bis 600 mm, vorzugsweise im Bereich von 100 bis 400 mm, vor dem Kopfbrenner (2) bzw. einer Staubbüse (5) des Brennstoff-Luftgemisches verbrannt wird.

23. Verfahren nach Anspruch 18,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Verbrennung in der Brennkammer (4) mit einer feuerfesten Auskleidung (22) bei Temperaturen um 1200°C durchgeführt wird, daß ein Gemisch aus Rauchgas und flüssigen Schlacke- bzw. Ascheteilchen gebildet wird, daß das Gemisch nach kurzer Verweilzeit und weitgehend ausgebrannt aus der Brennkammer (4) in einen Abhitzekessel (6) eingeleitet wird, daß in den Abhitzekessel (6) im Bereich eines ersten Zuges (6.1) rezirkuliertes Rauchgas eingeblasen und entlang von Begrenzungswänden (27) geführt wird, und daß die Schlacketeilchen weitgehend als Staub aus dem ersten Zug (6.1) ausgetragen werden.

24. Verfahren nach Anspruch 18,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß das Brennstaub-Luftgemisch in einem Brennraum (9) verbrannt wird, welcher in einem ersten Zug (6.1) eines Abhitzekessels

(6) durch Anordnung des Kopfbrenners (2) in einer Decke (16) des Abhitzekessels (6) gebildet wird,

daß der Kopfbrenner (2) zur Erzielung höherer Verbrennungstemperaturen mit einem geringeren Luftüberschuß gefahren wird, wobei der Luftüberschuß im Bereich von $\lambda = 1,05$ bis 1,4, insbesondere bei $\lambda = 1,1$, liegt, daß die Verbrennung bei Temperaturen von ca. 1600° C bis 1800°C und einem nahezu vollständigen guten Ausbrand durchgeführt wird, daß Rauchgas und flüssige Schlacketeilchen gebildet werden, welche auf unter 900°C abgekühlt und staubförmig über eine Austragsöffnung (32) eines dritten Zuges (6.3) des Abhitzekessels (6) ausgetragen werden.

25. Verfahren nach Anspruch 21,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Verbrennungsluft (7) in einem Doppelmantel (23) der Brennkammer (4) vorgewärmt wird.

26. Verfahren nach Anspruch 18,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Zündfront des Brennstaub-Luftgemisches über eine Änderung der Austrittsgeschwindigkeit des Brennstaubes eingestellt wird.

27. Verfahren nach Anspruch 26,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Geschwindigkeit, mit welcher das Brennstaub-Luftgemisch aus dem Kopfbrenner austritt, auf 10 bis 45 m/s, vorzugsweise auf 20m/s, eingestellt wird.

28. Verfahren nach Anspruch 18,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Verbrennung, welche bei einem höheren Vanadiumanteil im Brennstaub-Luftgemisch beschleunigt ist, über die Luftzuführung geregelt wird.

29. Verfahren nach Anspruch 28,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß bei einem geringeren Vanadiumgehalt des Brennstoffes das Brennstaub-Luftgemisch intensiver vermischt wird.

30. Verfahren nach Anspruch 28,
dadurch **gekennzeichnet**,

daß bei einem konstanten Volumenstrom des vanadiumhaltigen Brennstaub-Luftgemisches die Austrittsgeschwindigkeit der Verbrennungsluft variiert wird.

5

31. Verfahren nach einem der Anspruch 30, dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Austrittsgeschwindigkeit der Verbrennungsluft an unterschiedliche Lastfälle angepaßt und der Ausbrand sowie das Verhältnis Schlacke/Asche beeinflußt wird.

10

32. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch **gekennzeichnet**,

15

daß das Brennstaub-Luftgemisch in einem Brennraum (9) mit feuerfester Auskleidung (22) und wenigstens einem kühlbaren Wandbereich (43) eingeführt und verbrannt wird, daß die brennraumseitige Oberfläche des kühlbaren Wandbereichs (43) unter die Erstarrungstemperatur der Schlacke abgekühlt wird und eine Schutzschicht aus vanadiumhaltiger Schlacke gebildet wird.

20

25

33. Verfahren nach Anspruch 32, dadurch **gekennzeichnet**,

daß maximal 15 % der Oberfläche der Brennkammer als kühlbarer Wandbereich (43) ausgebildet werden.

30

34. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch **gekennzeichnet**,

35

daß das Brennstaub-Luftgemisch in einer Schutzhülle dem Brennraum zugeführt wird.

35. Verfahren nach Anspruch 34, dadurch **gekennzeichnet**,

40

daß die Schutzhülle von Stickstoff gebildet wird, welcher koaxial zum Brennstaub-Luftgemisch dem Brennraum zugeführt wird.

45

36. Verwendung einer Vorrichtung mit einem Kopfbrenner nach Anspruch 1 als Staubbrenner zur Verbrennung vanadiumhaltiger Kohlenstoff-Brennstoffe, insbesondere vanadiumhaltiger Reststoffe aus der Erdölvergasung.

50

55

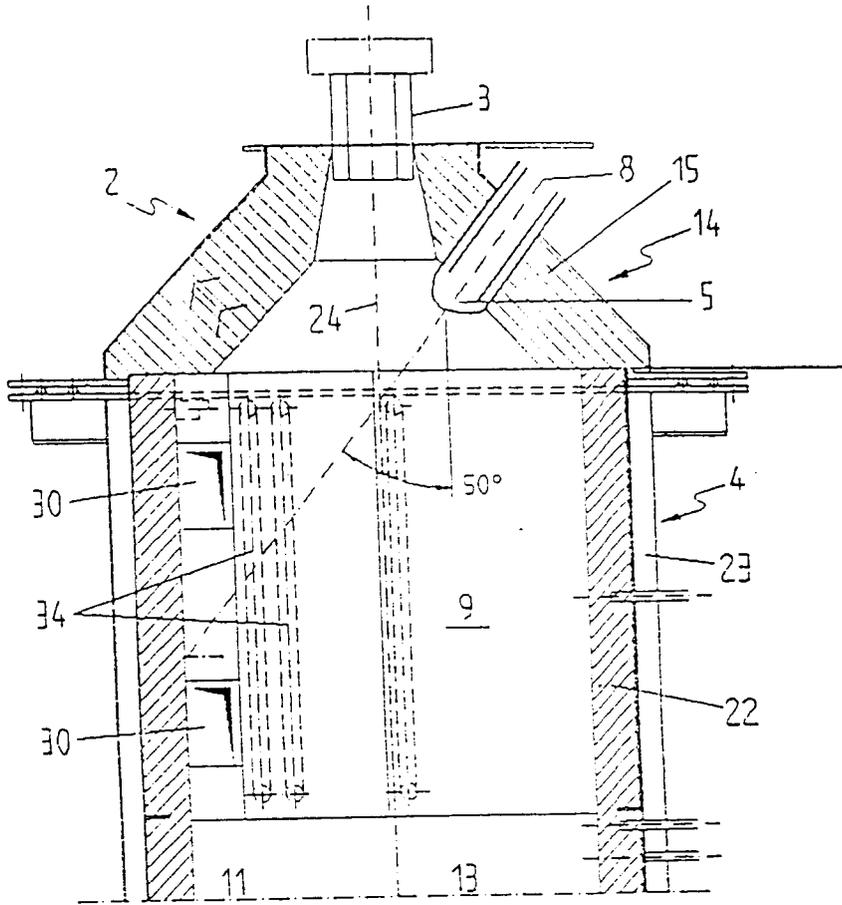


Fig.1

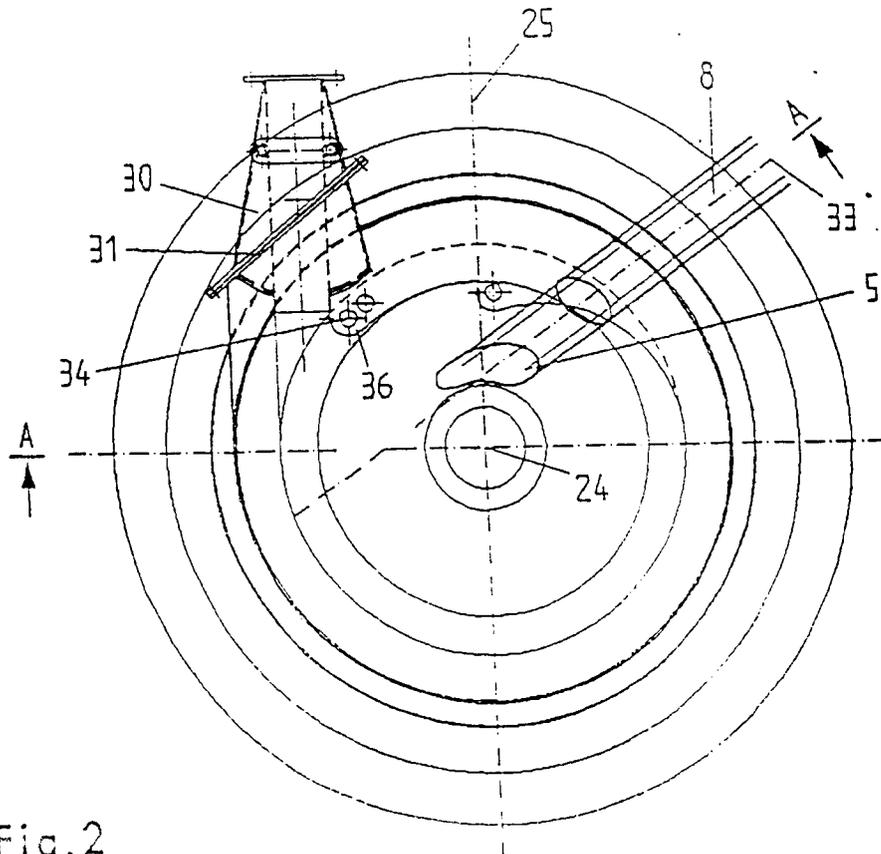
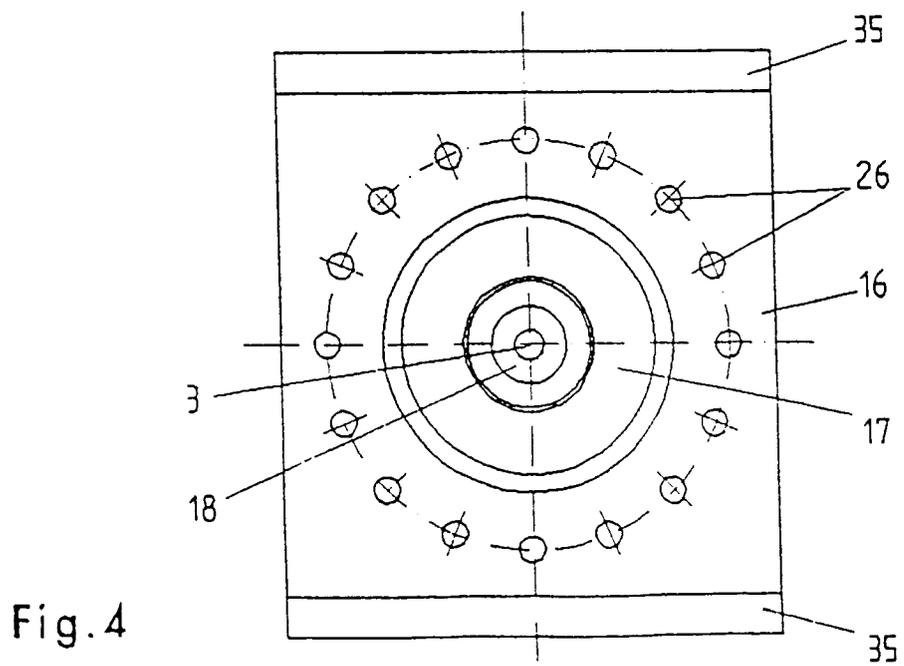
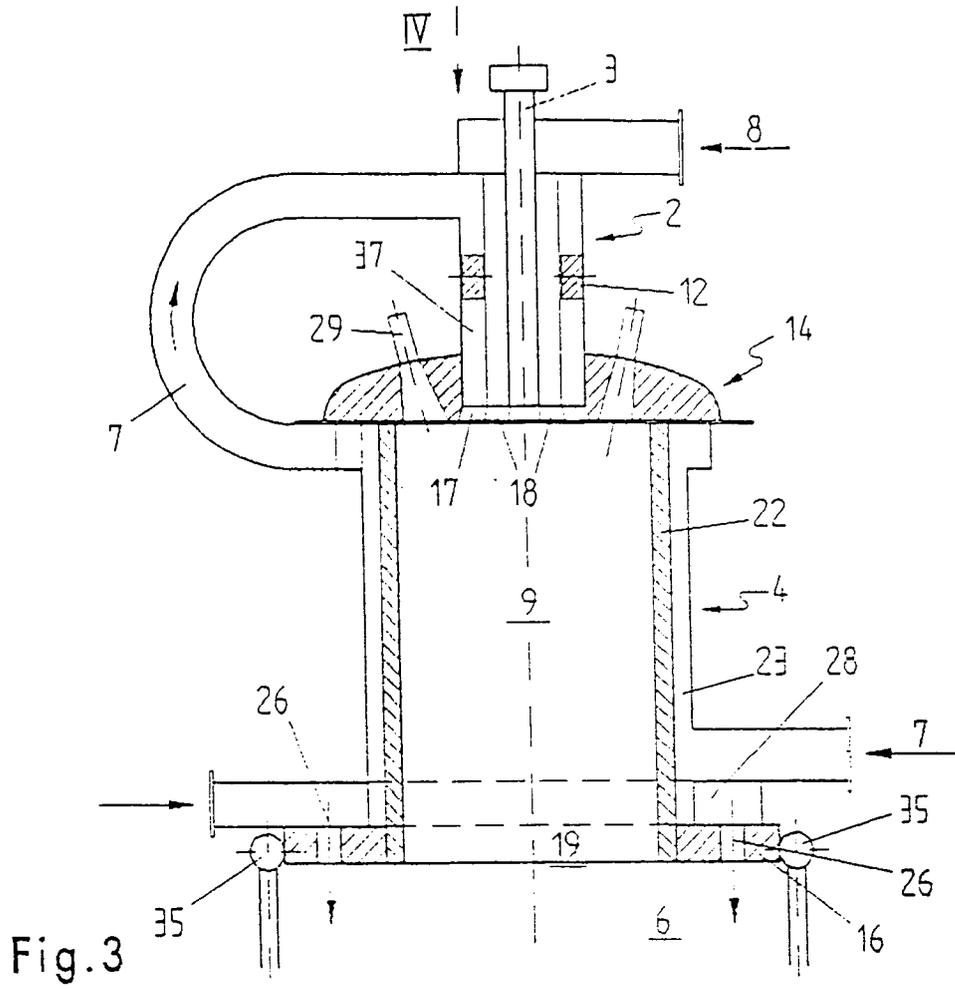


Fig.2



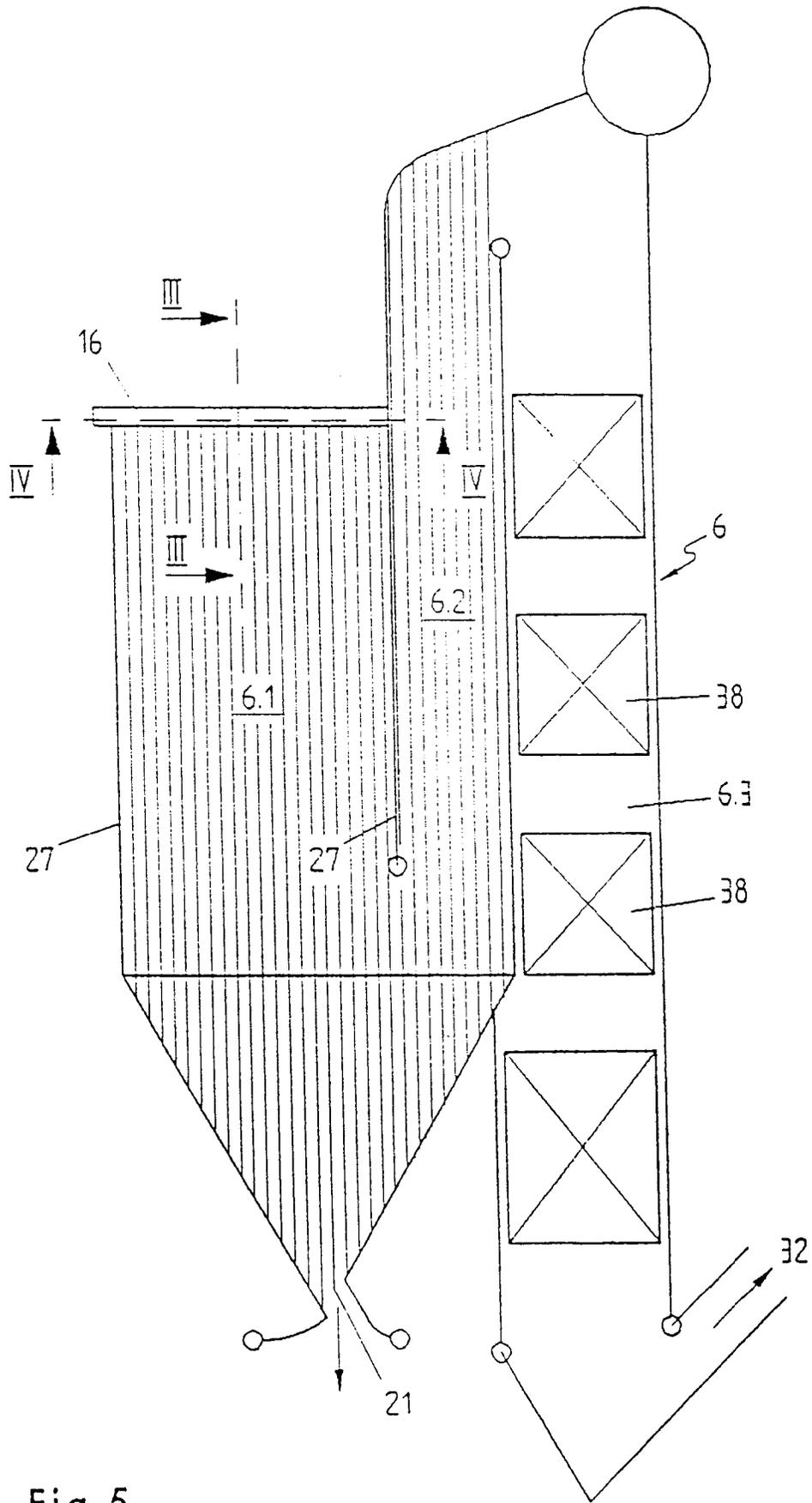


Fig. 5

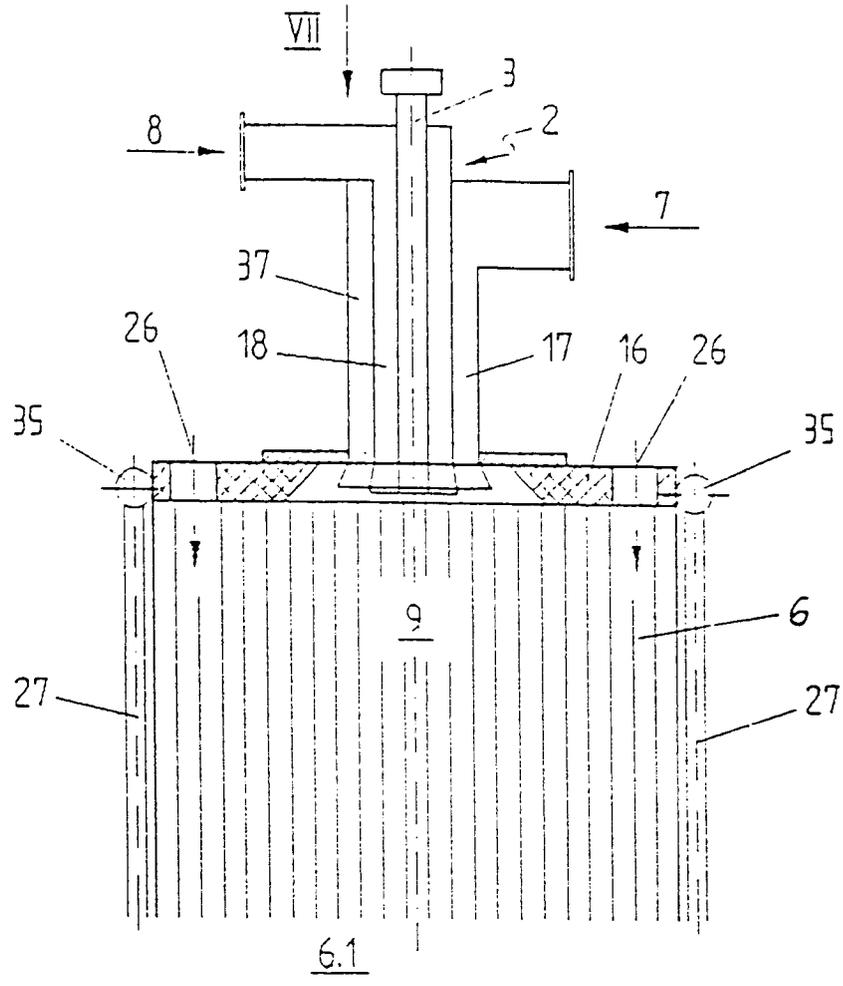


Fig. 6

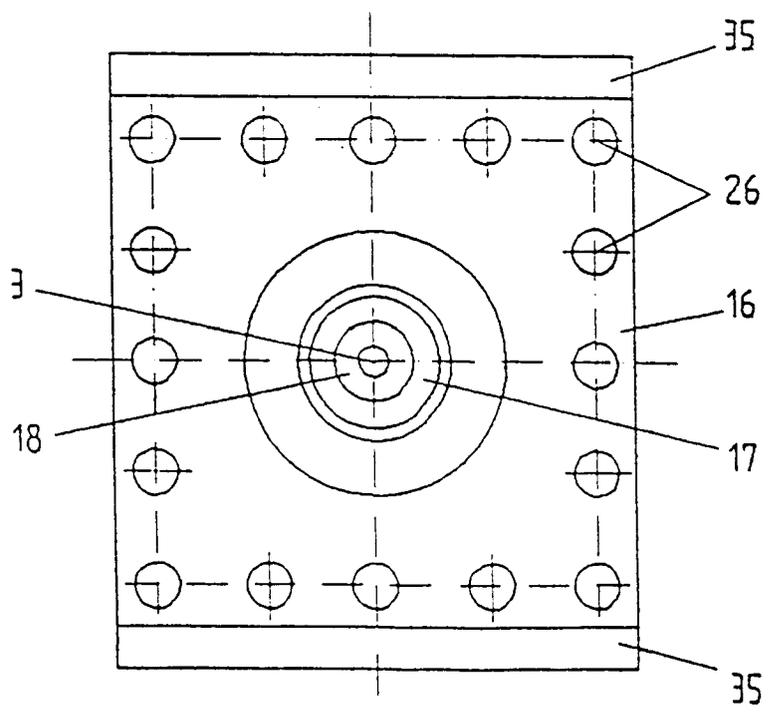


Fig. 7

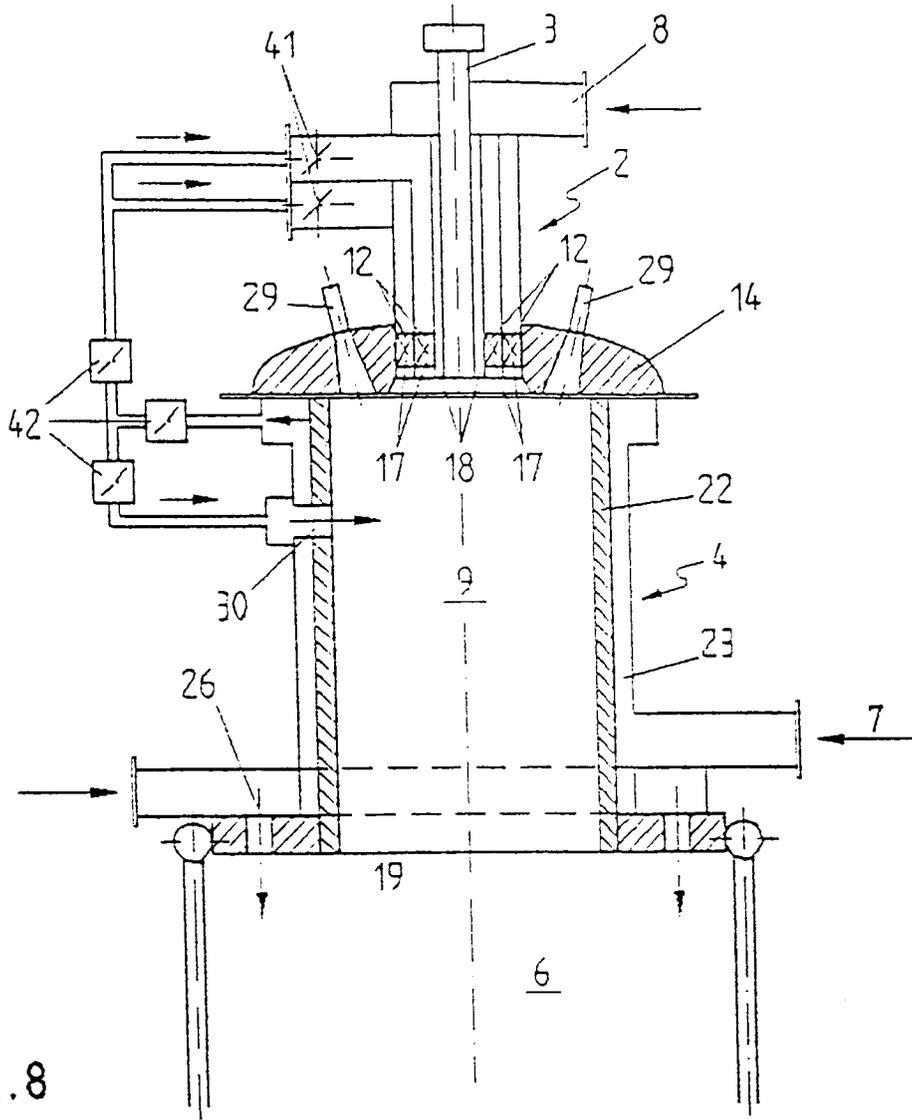


Fig. 8

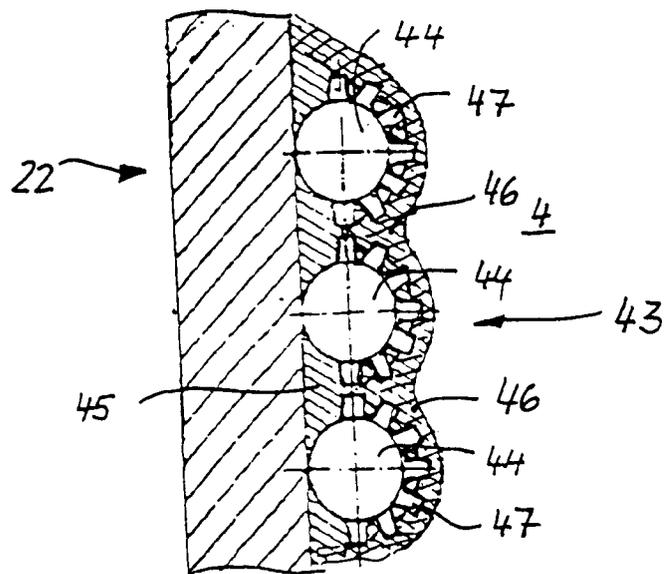


Fig. 9