

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
5. August 2010 (05.08.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/086008 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/009240

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Dezember 2009 (23.12.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 006 384.6
28. Januar 2009 (28.01.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **UHDE GMBH** [DE/DE]; Friedrich-Uhde-Stras-
se 15, 44141 Dortmund (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KOWOLL, Johannes**
[DE/DE]; Stiepeler Strasse 67g, 44799 Bochum (DE).
HAMEL, Stefan [DE/DE]; Im Obstgarten 13a, 57482
Wenden (DE). **RIEGER, Michael** [DE/DE]; Varziner
Strasse 46, 44369 Dortmund (DE).

(74) Anwalt: **DABRINGHAUS, Walter**; Rosa-Luxemburg-
Strasse 18, 44141 Dortmund (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT,
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent
zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität
einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel
4.17 Ziffer iii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD FOR SUPPLYING AN ENTRAINED-FLOW GASIFICATION REACTOR WITH FUEL FROM A RE-
SERVOIR TANK

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR VERSORGUNG EINES FLUGSTROMVERGASUNGS- REAKTORS MIT BRENN-
STOFF AUS EINEM VORRATSBEHÄLTER

(57) Abstract: The aim of the invention is to provide a method for supplying fuel to a pressure gasification system, ensuring that
emissions of pollutants from carbon sluicing and transport are minimized or completely prevented. The aim is achieved in that a
gas comprising at least 10 ppm by volume of CO is used for sluicing and/or delivering, wherein said gas is mixed with a gas con-
taining oxygen, and that said gas mixture is heated to a temperature at which at least 10% of the pollutants present in the gas are
oxidized.

(57) Zusammenfassung: Das Ziel der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Brennstoffversorgung einer Druckvergasungs-
anlage bereitzustellen, die in wirtschaftlicher Weise sicherstellt, dass Emission von Schadstoffen aus der Kohleschleusung und
dem Transport minimiert bzw. vollständig vermieden wird. Dies wird dadurch erreicht, dass zur Schleusung und/oder Förderung
ein mindestens 10 ppm Vol. CO enthaltendes Gas eingesetzt wird, wobei diesem Gas ein sauerstoffhaltiges Gas zugemischt wird,
und dass dieses Gasgemisch auf eine wenigstens 10 % der im Gas enthaltenden Schadstoffe oxidierende Temperatur erhitzt wird.



WO 2010/086008 A2

"Verfahren zur Versorgung eines Flugstromvergasungsreaktors mit Brennstoff aus einem Vorratsbehälter"

Die Erfindung richtet sich auf ein Verfahren zur Versorgung eines Flugstromvergasungsreaktors mit Brennstoff aus einem Vorratsbehälter unter Zwischenschaltung wenigstens eines Schleusbehälters und wenigstens eines Vorlagebehälters, wobei in dem Flugstromvergasungsreaktor CO- und H₂- und flugaschehaltiges Gas erzeugt wird.

Bei der Schleusung und Zufuhr von feinkörnigem bis staubförmigen Brennstoff mit einem kohlendioxid-, kohlenmonoxid- und sauerstoffhaltigen Gas in einem unter Druck stehenden Flugstromvergaser, in dem fein zerteilten oder staubförmigen (< 0,5 mm) Brennstoffe, z.B. Kohle, Petrolkoks, biologische Abfälle bzw. Brennstoffe in der Schwebe bei geringer Partikelbeladung (< 50 kg/m³) mit sauerstoffhaltigen Vergasungsmitteln unter erhöhtem Druck bis 10 MPa bei Temperaturen oberhalb des Schlackeschmelzpunktes umgesetzt werden, wird das sauerstoffhaltige Gas im unterstöchiometrischen Verhältnis zugeführt wird, so dass ein kohlenmonoxidhaltiges Produktgas erzeugt wird.

Da der Brennstoff zunächst unter Umgebungsdruck vorliegt, muss er über das Zufuhrsystem zunächst auf ein Druckniveau oberhalb des Reaktordrucks gebracht werden, um dann dosiert zu den Brennern des Druckvergasungsreaktors gefördert zu werden.

Ein vorteilhaftes Verfahren sieht vor, dass der Brennstoff aus einem Vorratsbehälter in Schleusbehälter gefördert wird. Diese werden zunächst auf ein Druckniveau oberhalb des Reaktordruckes bespannt, um dann den Brennstoff über

eine Förderleitung per Dichtstromförderung in einen permanent unter Druck stehenden Vorlagebehälter für die Brenner des Vergasungsreaktors zu fördern. Aus diesem Vorlagebehälter werden die Brenner kontinuierlich jeweils mit einem dosierten Brennstoffmassenstrom versorgt. Das zur Dichtstromförderung benötigte Transportgas wird im oder in der Nähe des Auslaufes des Schleusbehälters oder in die Förderleitung zugeführt. Die entleerten Schleusbehälter werden danach entspannt, um unter annähernd atmosphärischen Druck weitere Brennstoffcharge aufnehmen zu können. Das Entspannungsgas wird entstaubt und in die Atmosphäre freigesetzt.

Für die Schleusung wird üblicherweise Stickstoff aus der Luftzerlegungsanlage oder Kohlendioxid verwendet. Kohlendioxid wird angewandt, wenn ein stickstoffarmes Synthesegas oder Wasserstoff und/oder CO erzeugt werden sollte.

Kohlendioxid kann in der der Vergasung folgenden Gasbehandlung gewonnen werden. Häufig wird das aus dem Vergaser ausströmende Gas entstaubt und gereinigt und einer CO-Konvertierung unterzogen, um das durch die Synthese geforderte H_2/CO -Verhältnis einzustellen oder um einen reinen Wasserstoff zu erzeugen. Dabei werden CO und Wasserdampf in CO_2 und Wasserstoff umgewandelt. Danach wird das Gas gekühlt, die Feuchte wird auskondensiert und anschließend wird CO_2 in einer Wäsche mit zirkulierendem Lösungsmittel, z.B. MDEa, Genosorb oder Methanol, ausgewaschen. In einem Desorber wird durch Druckabsenkung oder Temperaturerhöhung das CO_2 aus der Lösung ausgetrieben. Das auf diese Weise gewonnene Gas enthält neben dem CO_2 auch andere Komponenten, z.B. H_2 , CO, N_2 , Methan, Schwefelwasserstoff, Argon, Dämpfe des eingesetzten Lösungsmittels, z.B. Methanol, u.a. Der CO-Gehalt beträgt z.B. 0,1%. Es ist zwar möglich, den Gehalt der Schadstoffe in der Wäsche weiter abzusenken, der Aufwand (Investitionskosten und Betriebskosten, z.B. für Dampf- und

Stromverbrauch), steigt jedoch schnell mit wachsenden Reinheitsforderungen (die Erzeugung von Gasprodukten aus Syntheserohgas ist z.B. in der DE 10 2007 008 690 A1 beschrieben). Besonders schwierig ist die Entfernung von CO-Resten aus einem CO₂-Strom.

Die DE 10 2007 020 333 A1 beschreibt ein Verfahren zum Betrieb eines Staubeintragsystems für die Kohlestaubdruckvergasung, das einen Vorratsbunker, Staubeintragschleusen und ein Dosiergefäß umfasst. Dem Bunker wird dabei als Inertisierungs- und Auflockerungsmittel erhitzter Stickstoff zugeführt, dagegen das Aufdrücken des Schleusbehälters und Fördern des Staubes mit reinem CO₂ erfolgt. Das Entspannungsgas aus dem Schleusbehälter wird entspannt und danach in einem Filter vom Feststoff befreit. Die Entleerung des bespannten Schleusbehälters in das Dosiergefäß erfolgt dabei mittels Schwerkraftfluss.

In der DE 36 90 569 C2 ist ein Verfahren zum Entfernen von schwefelhaltigen Verbindungen aus einem Restgas beschrieben.

Nachteile der bekannten Lösungen bestehen u.a. darin, dass das für die Schleusung und Fluidisierung verwendete Gas nur eine geringe Konzentration der Umweltschadstoffe CO, H₂S, Methanol u.a. enthalten darf, weil es in die Atmosphäre freigesetzt wird. Die auf Schwerkraftfluss basierende Schleusung mit der Übereinanderkonstruktion von Behältern ist wegen der großen Bauhöhe aufwändig und hat sich wegen der Kompaktierung des Schüttgutes als nicht ausreichend betriebssicher erwiesen. Trotz vieler, unterschiedlichster Ansätze hat es sich als außerordentlich schwierig erwiesen, den Prozess der Behälterbespannung so schonend durchzuführen, dass innere Spannungen im Schüttgut hinreichend niedrig gehalten werden.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Brennstoffversorgung einer Druckvergasungsanlage bereitzustellen, die in wirtschaftlicher Weise sicherstellt, dass Emission von Schadstoffen aus der Kohleschleusung und dem Transport minimiert bzw. vollständig vermieden wird.

Mit einem Verfahren der eingangs bezeichneten Art wird diese Aufgabe gemäß der Erfindung dadurch gelöst, dass zur Schleusung und/oder Förderung ein mindestens 10 ppm Vol. CO (vorzugsweise 100 ppm bis 1000 ppm) enthaltendes Gas eingesetzt wird, wobei diesem Gas ein sauerstoffhaltiges Gas zugemischt wird, und dass dieses Gasgemisch auf eine wenigstens 10 % der im Gas enthaltenden Schadstoffe oxidierende Temperatur erhitzt wird.

Es hat sich gezeigt, dass trotz einer hoher Konzentration der Gase CO, H₂S und der Dämpfe von Lösungsmitteln bei der Gasbehandlung, wie Methanol od. dgl. durch die Erfindung die Emission dieser Schadstoffe aus der Kohleschleusung und dem Transport stark verringert, wenn nicht gar die Emission vollständig unterbunden wird.

In Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das zur Schleusung verwendete sauerstoffhaltige Gas zur Auflockerung des Brennstoffes im Vorratsbehälter und/oder zur Auflockerung und Fluidisierung des Inhaltes des Schleusbehälters und/oder zur Weiterförderung aus dem Schleusbehälter und/oder zur Auflockerung und Fluidisierung im Vorlagebehälter zur Zuführung des Brennstoffes zwischen den Anlageteilen und aus dem Vorlagebehälter und/oder zum Flugstromvergasungsreaktor eingesetzt wird.

Ein besonderer Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt darin, dass alle zur in Verbindung mit der Schleusung und

der Zuführung des Brennstoffes zum Flugstromvergasungsreaktor eingesetzten Gase die beanspruchten Kriterien aufweisen können.

Zweckmäßig kann es sein, wenn, wie dies die Erfindung ebenfalls vorsieht, das schadstoff- und sauerstoffhaltige Gasgemisch über wenigstens einen Katalysator zur Beschleunigung der Oxidation der Schadstoffe geleitet wird.

Je nach Einsatzzweck und Auslegung der entsprechenden Anlage kann nach der Erfindung auch vorgesehen sein, dass das zur Druckanhebung in dem oder den Schleusbehälter(n) eingesetzte Gas katalytisch oxidiert dagegen das Brennstoff-Transportgas nicht katalytisch oxidiert wird.

In weiterer Ausgestaltung ist vorgesehen, dass als Schleusgas ein Gas mit einem Sauerstoffgehalt kleiner 5 % eingesetzt wird, wobei in weiterer Ausgestaltung auch vorgesehen sein kann, dass das Entspannungsgas aus dem Vorlagebehälter der Druckstufe eines Verdichters und/oder über eine Verdichtungseinrichtung dem oder den Schleusbehälter(n) zugeführt wird.

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aufgrund der nachfolgenden Beschreibung sowie anhand der Zeichnung. Diese zeigt in

Fig. 1 ein Anlagenschaltbild der Zuführung des Brennstoffes zu einem Vergasungsreaktor,

Fig. 2 eine zweckgleiche Anlage mit einer Mehrzahl von Vorlagebehältern sowie in

Fig. 3 eine Anlage im Wesentlichen gemäß Fig. 1 mit abge-

wandelter Führung der eingesetzten und entstehenden Gasströme.

Zunächst sei bemerkt, dass in den Figuren alle wirkmächtig gleichen Elemente und Strömungslinien in den unterschiedlichen Schaltbildern mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind, insbesondere wenn die entsprechenden Funktionen in den einzelnen Anlagen identisch oder ähnlich sind.

Das Anlageschaubild gemäß Fig. 1 zeigt die mit 1 bezeichnete Brennstoffzufuhr in einen Vorratsbehälter 2, wobei der in stärkerer Strichführung gezeichnete Brennstoffweg vom Vorratsbehälter 2 in einen Schleusbehälter 3 führt, von dort über eine Leitung 4b in einen Vorlagebehälter 5 und von dort über Leitungen 6a zu den Brennern 6 des Vergasungsreaktors 7.

Das beim Befüllen des Schleusbehälters ausströmende Gas wird über eine Leitung 3e einem Filter 10 zugeführt, wobei nach Filterung das Gas über die Leitung 10e entweder in die Umgebung oder zur weiteren Verwendung abgeführt wird. Der Filterstaub wird in den Vorratsbehälter 2 zurückgeführt. Das beim Befüllen des Vorratsbehälters 2 verdrängte Gas wird in die Leitung 2e ebenfalls dem Filter 10 zugeführt.

Aus dem Flugstromvergasungsreaktor wird Schlacke und feststoffhaltiges Wasser bei 7b ausgeführt, das Gas über die Leitung 7a einer Gasbehandlung 8, wobei das Synthesegas über die Leitung 8a aus der Gasbehandlung 8 abgeführt wird.

Das gewonnene Kohlendioxid kann, wie in Fig. 1 dargestellt, in zwei Ströme aufgeteilt werden, einem einer Verdichtung zugeführten Strom 8b und einem dem Gasexport zugeführten Leitung 8c. Dem Gasstrom 8b wird erfindungsgemäß bei 16

- 7 -

hier vor einem Verdichter 18 bzw. hinter dem Verdichter bei 16a sauerstoffhaltiges Gas, z.B. Luft, zugemischt, in einem Wärmetauscher 19 abgekühlt und über Leitungen 18b bzw. 3a im Kreislauf in den Schleusbehälter 3 zu dessen Aufladung zurückgeführt.

Die Wirkungsweise der Anlage gemäß Fig. 1 ist die folgende:

Der staubförmige Brennstoff 1 wird im Vorratsbehälter 2 zwischengespeichert und von dort über eine Verbindungsleitung an die Schleusbehälter 3 übergeben. Um Brennstoff aus dem Vorratsbehälter 2 aufnehmen zu können müssen die Schleusbehälter 3 zunächst entspannt werden. Das aus den Schleusbehältern ausströmende Gas 3e wird im Filter 10 entstaubt und in die Atmosphäre freigesetzt. Dann werden die Schleusen mit Brennstoff gefüllt und mit Gas 3a und 3b aufgedrückt. Danach wird die Austrittsleitung der Schleuse mit 3c gespült und der staubförmige Brennstoff vom Schleusbehälter 3 über Leitung 4b in den Vorlagebehälter 5 gefördert. Dabei werden Auflockerungs- und Fluidisiergas 3b und Transportgas 4a zugegeben.

Der Vorlagebehälter 5 befindet sich permanent auf Betriebsdruck und versorgt kontinuierlich den Vergaser 7 über mehrere Leitungen 6a. Die Förderung aus dem Vorlagebehälter erfolgt durch Zugabe von Auflockerungs- und Fluidisiergas 5b in den Austrittsbereich des Behälters und von weiterem Transportgas 5c in die Brennerleitung 6a. Der Brennstoffstrom 6a wird kontinuierlich und geregelt per Dichtstromförderung in die Vergasung 7 über Brenner 6 transportiert.

Das Entspannungsgas 5e aus dem Vorlagebehälter wird in eine geeignete Druckstufe des Verdichters 18 rückgeführt, um die erforderliche Gasmenge 8b und die Kompressionsleistung zu verringern. Die Vergasung 7 umfasst einen Vergasungsreak-

tor, eine Gasabkühlung und Entstaubung und eine Abkühlung und Ausschleusung der Schlacke 7b und des feststoffhaltigen Wassers.

In der Gasbehandlung 8 wird ein Teil des Kohlenmonoxids und des Wasserdampfes in Kohlendioxid und Wasserstoff konvertiert. Außerdem wird das Gas mit einem Lösungsmittel (z.B. MDEa oder Methanol) gereinigt und Kohlendioxid wird vom Synthesegas 8a (überwiegend H_2 und CO) getrennt. Das in der Gasreinigung gewonnene kohlendioxidhaltige Gas hat einen geringen Druck und enthält in der Regel geringe Anteile von Schadstoffen, wie z.B. Kohlenmonoxid < 1%, Schwefelwasserstoff < 10 ppmv, Spuren von Kohlenwasserstoffen etc.

Das gewonnene Kohlendioxid kann eine oder mehrere Qualitäten aufweisen. Fig. 1 zeigt zwei CO_2 -Ströme, 8b zur Verdichtung und 8c zum Export. Der exportierte Strom darf häufig CO, H_2S und Methanol enthalten, z.B. wenn das Gas für eine Verdrängung von Rohöl unter der Erdoberfläche verwendet wird. Falls auch in diesem Strom der Schadstoffgehalt verringert werden sollte, kann das ebenfalls durch Oxidation erfolgen, wie in Fig. 1. dargestellt.

Dem unreinen CO_2 -Strom wird ein sauerstoffhaltiges Gas 16c, bevorzugt Luft, beigemischt und die Temperatur des Gemisches wird in Wärmetauschern 22 und 23 erhöht, um die Schadstoffe im Reaktor 24 bevorzugt katalytisch zu oxidieren. Nach der Abkühlung im Wärmetauscher 22 kann das schadstoffarme Gas 22a freigesetzt oder weiterverwendet werden.

Der Strom 8b wird im Verdichter 18 verdichtet und für die Schleusung, Fluidisierung und den pneumatischen Transport des Brennstoffs in den Vergaser verwendet. Ein Teil dieses Gases wird an die Umgebung abgegeben, in der beispielhaften Ausführung in Fig. 1 ist das der Strom 10e.

Um die Emission der Schadstoffe in die Atmosphäre zu verringern, wird dem schadstoffhaltigen Gas 8b ein sauerstoffhaltiges Gas 16 beigemischt und das Gemisch wird adiabat oder polytrop mit nur geringer Zwischenkühlung verdichtet.

Alternativ kann die Sauerstoffzugabe, Strom 16a, nach der Verdichtung 18 erfolgen. Das verdichtete heiße Gas kann optional mit Wärmetauschern weiter erhitzt werden (nicht dargestellt) und bestimmte Zeit mit der Temperatur verweilen, damit die Schadstoffe, insbesondere CO und Methanol, mit dem im Gasgemisch befindlichen Sauerstoff reagieren können. Eine hohe Temperatur des Schleus- und Transportgases ist zwar thermodynamisch sinnvoll, sie erschwert jedoch die Verteilung des Gases und verursacht Entgasung von Brennstoffpartikeln, wodurch weitere Emissionen entstehen können. Deshalb kann das Gas im Wärmetauscher 19, z.B. einem Verdampfer, bis zu der gewünschten Temperatur abgekühlt werden.

Die Beimischung des Sauerstoffes 16 vor dem Verdichter 18 bringt einen weiteren Vorteil im Vergaser. Üblicherweise werden die Vergasungsmedien Brennstoff 6a und Sauerstoff durch separate, konzentrische Kanäle der Brenner 6 in den Vergaser eingespeist und bilden im Vergaser zuerst separate Strahlen, die allmählich miteinander vermischt werden.

Die Reaktionsgeschwindigkeit des Sauerstoffs mit dem heißen Gas im Vergaser ist um mehrere Größenordnungen höher als die mit dem zuerst relativ kalten Brennstoff, so dass der überwiegende Teil des Sauerstoffes mit dem Gas reagiert, wodurch eine extrem heiße Gasflamme und eine relativ lange kalte Brennstoffsträhne gebildet werden. Erst durch Vermischung und Strahlung wird die Brennstofftemperatur angehoben, so dass die Vergasung des Brennstoffes stattfinden kann.

Wird dagegen ein Teil des Sauerstoffes gemeinsam mit dem Brennstoff eingespeist, finden die exothermen Sauerstoffreaktionen in direkter Umgebung der Brennstoffpartikel statt, wodurch die kalte Brennstoffsträhne und damit auch die Flamme verkürzt wird. Die praktischen Folgen sind ein höherer Brennstoffumsatz und eine höhere Vergaserleistung, da der maximale Brennstoffdurchsatz eines Vergasungsbrenners meistens durch die Flammenlänge limitiert wird.

Fig. 2 zeigt detaillierter eine alternative Ausführung der emissionsreduzierten Brennstoffschleusung und Förderung, wobei, wie oben schon erwähnt, funktionell gleiche Anlagenteile die gleichen Bezugszeichen der Fig. 1 aufweisen.

Der staubförmige Brennstoff 1 wird im Vorratsbehälter 2 zwischengespeichert und von dort über Verbindungsleitungen an z.B. drei Schleusbehälter 3 übergeben. Die Leitungen werden vor dem Öffnen der Schleusventile mit 2c gespült. Während des Füllvorgangs der Schleusen wird Fluidisiergas 2b in die Austragkonen des Vorratsbehälters eingespeist. Die Schleusbehälter werden zeitlich versetzt zur Förderung des Brennstoffes eingesetzt, so dass sich eine quasi-kontinuierliche Versorgung des Vorlagebehälters 5 ergibt.

Die mit Brennstoff gefüllten Schleusbehälter werden mit 3a und 3b aufgedrückt. Dann wird der Brennstoff in den Vorlagebehälter 5 transportiert, wobei Fluidisiergas 3b in die Auslaufkonen und Transportgas 3c und 4a eingespeist werden. Danach werden die geleerten Behälter über 3e entspannt. Die Entspannungsgase 3e werden beispielsweise im Wärmetauscher 11 erwärmt, um Vereisung und Kondensation während der Entspannung und im Filter 10 zu vermeiden. Die Gase können zum Teil im Puffer 9 gesammelt und weiterverwendet werden, z.B. im Vorratsbehälter, Ströme 2a, 2b, 2c und für eine Inertisierung der Mahlanlage. Zumindest ein Teil der Gase wird im

Filter 10 entstaubt und in die Atmosphäre freigesetzt. Der Puffer 9 wird zusätzlich mit dem Gas 9a versorgt, z.B. während der Anfahrphase. Ein Teil des mit dem Brennstoff in den Vorlagebehälter 5 eingetragenen Transportgases wird über 5e ebenfalls abgeleitet.

Der Druck der Entspannungsgase 5e wird mit Hilfe einer Verdichtungs Vorrichtung, z.B. eines Injektors, der mit Treibgas 18d angetrieben wird, angehoben, so dass die Gase in die Schleusung zurückgeführt oder als Transportgas verwendet werden können.

Das in der Gasbehandlung 8 getrennte, überwiegend CO₂-haltige kalte Gas 8b wird verdichtet, wobei ein Kompressor mit zwischenstufiger Kühlung eingesetzt wird, um die Kompressionsleistung zu verringern. Ein Teil des verdichteten Gases, z.B. mit den Parametern 60 bar und 100°C, wird in den Puffer 17 eingespeist, in dem ein konstanter Druck mit PC (pressure control) geregelt wird und dann in der Brennstoffförderung zwischen den Austrittskonen der Schleusen und dem Vergaser eingesetzt.

Da ein großer Teil des in die Brennstoffförderung eingespeisten Gases in den Vergaser und nur ein geringer Teil in die Umgebung fließt, können die Schadstoffe CO, Methanol u.a. in Strömen 3b, 3c, 4a, 5a, 5b, 5c häufig akzeptiert werden. Dem in der Schleusung eingesetzten Gasstrom 18b wird dagegen ein sauerstoffhaltiges Gas 16 beigemischt.

Um die Oxidation der Schadstoffe zu beschleunigen, kann das Gemisch erwärmt z.B. in einem Gas-/Gas-Wärmetauscher 15 und einem mit externer Wärme Q beheizten Erhitzer 14 weiter erwärmt und mit einem Katalysator 13 kontaktiert werden. Zusätzlich wird das Gas durch die egzotherme Oxidation erwärmt, so dass der Wärmetauscher 14 bei ausreichend hoher

Konzentration der oxidierbaren Stoffe H_2 , CO, H_2S u.a., z.B. > 1%, wegfallen kann. Das Gas wird z.B. im Wärmetauscher 15 bis 190°C und im Erhitzer 14 bis 220°C erwärmt. Im katalytischen Reaktor 13 werden CO, Methanol u.a. in deutlich weniger toxische Gase umgewandelt.

Das aus dem Reaktor 13 ausströmende Gas wird im Wärmetauscher 15 bis ca. 130°C gekühlt und in den Puffer 12 geleitet. Mit einem Regler FC (flow control) wird ein annähernd konstanter, durchschnittlicher Durchfluss eingestellt. Die starken Bedarfsschwankungen der Schleusung verursachen damit keine Durchflussschwankungen im Reaktor 13.

Das zurückgeführte und verdichtete Gas 20a kann alternativ z.B. als Transportgas 4a und 5c oder als Fluidisiergas eingesetzt werden.

Die optimalen Parameter der Oxidierung von CO, Methanol u.a., die Temperatur, die Sauerstoffkonzentration, die Katalysatormenge oder die Verweilzeit im hohen Temperaturbereich, falls kein Katalysator eingesetzt wird, müssen durch wirtschaftliche Analyse bestimmt werden. Da mit steigender Sauerstoffkonzentration die erforderliche Verweilzeit und die Katalysatormenge verringert werden, ist ein Optimum bei Sauerstoffüberschuss zu erwarten. Hohe Sauerstoffkonzentrationen im Schleusgas könnten jedoch zu Entzündung und Explosion des Gemisches mit staubförmigem Brennstoff führen, insbesondere bei Verwendung von reaktiven Brennstoffen, wie Braunkohle oder biologischen Brennstoffen. Die Sauerstoffkonzentration soll daher nicht höher als 5% sein.

Fig. 3 zeigt eine weitere Variante der erfindungsgemäßen Verringerung der Emissionen mit drei CO_2 -Fraktionen mit unterschiedlichen Drücken. Der Sauerstoffstrom 16 wird hier

der Fraktion 8b mit dem niedrigsten, z.B. annähernd atmosphärischen Druck beigemischt, das Gemisch wird bis zum Druck der zweiten Fraktion 8c, z.B. 5 bar im 18 LP adiabat verdichtet, wodurch das Gas bis ca. 200°C erwärmt wird und mit 8c vermischt.

Optional kann das Gemisch in 22 und 23 weiter erwärmt werden. Dann erfolgt die Oxidation der Schadstoffe in 24 und die Rückgewinnung der Wärme in 22. Das von den meisten Schadstoffen befreite Niederdruckgas wird verwendet im Niederdruckteil der Kohlebehandlung 22a, durch andere Verbraucher 22b, in der Schleusung und Förderung 22c nach vorheriger Verdichtung im Hochdruckverdichter 18HP, dagegen der Rest wird entspannt im Expander 25, wobei mechanische oder elektrische Energie zurückgewonnen wird.

Das entspannte Gas 25a kann z.B. für die Inertisierung der Kohlemahlanlage verwendet oder in die Atmosphäre freigesetzt werden. Weitere Wärmetauscher, z.B. für die Erwärmung der Ströme 8c, 22d, 25a oder Abkühlung der Ströme 18a, 18b, 22a bis 22c sollen unter Berücksichtigung der technischen und wirtschaftlichen Aspekte in Betracht gezogen werden. Einem Teil des in der Gasbehandlung 8 erzeugten, überwiegend aus CO₂ bestehenden Gases 8d wird kein sauerstoffhaltiges Gas beigemischt. Dieses Gas, ggf. nach Verdichtung, wird exportiert und/oder stromabwärts des Vergasers verwendet, z.B. in der Gasentstaubung, Flugaschebehandlung und als Spül- oder Sperrgas, um Nutzgasverluste durch Oxidation von H₂ und CO zu vermeiden.

Bei Entspannung der Schleuse 3 wird das Gas wegen der isentropen bzw. polytropen Entspannung deutlich abgekühlt, wodurch Eisbildung aus dem Wasserdampf, der aus der Restfeuchte der Kohle stammt, und Kondensation von CO₂ den Prozess stören könnten. Außerdem wird der Schleusbehälter zy-

klisch mit niedrigen Temperaturen konfrontiert, wodurch die Behälterwand mechanisch beansprucht wird, was bei einem zyklischen Vorgang zur Ermüdung des Materiales führt. Um das zu vermeiden wird der Schleusbehälter von außen elektrisch oder mit einem Medium beheizt. Andere Apparate der Brennstoffförderung 2, 4, 5, 9, 10 und die verbindenden Rohrleitungen sollen ebenfalls beheizt werden, um eine Taupunktunterschreitung zu vermeiden.

In den Figuren sind beispielhaft vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung dargestellt, um den Weg der Schadstoffe bis in die Atmosphäre und die Methode der Verringerung der Emissionen zu veranschaulichen. Die erfindungsgemäße Emissionsbegrenzung ist auch anwendbar für alternative Gestaltungen der Brennstoffschleusung und Förderung, der Vergasung und der Gasbehandlung, z.B.

- Gravitationsfluss des Brennstoffes aus den Schleusbehältern 3 in den Vorlagebehälter 5
- ohne den LP- Puffer 9 oder mehrere Puffer mit unterschiedlichen Drücken
- mehrere Vorratsbehälter und/oder mehrere Vorlagebehälter
- Vergasung mit Abhitzekeessel, trockener Staubabscheidung und Verwendung des rückgeführten Gases als Quenchgas
- Vergasung mit Wasserquench und nasse Staubabscheidung
- CO-Konvertierung im H₂S-haltigen Gas aus der Vergasung oder zuerst Entschwefelung des Gases und dann Befeuchtung und CO-Konvertierung
- Einspeisung des sauerstoffhaltigen Gases vor dem Verdichter 18, nach dem Verdichter oder nach einer Teilverdichtung
- ohne den Wärmetauscher 15 und mit einem Gaskühler, z.B. Dampferzeuger, zwischen 13 und 12
- nur ein CO₂-Strom verlässt die Gasbehandlung, diesem Strom wird sauerstoffhaltiges Gas beigemischt und ein Teil des

Gemisches wird verdichtet und unter dem hohen Druck oxidiert, dagegen der andere Teil wird unter niedrigem Druck behandelt

- nur ein CO₂-Strom 8c verlässt die Gasbehandlung, diesem Strom wird sauerstoffhaltiges Gas 16c beigemischt, das Gemisch wird mit 22 und 23 erwärmt und Schadstoffe werden katalytisch oxidiert und ein Teil des abgekühlten Gases 22a wird zum Verdichter 18 geleitet, dagegen der Rest wird exportiert.

Das sauerstoffhaltige Gas 16 kann die gleiche Zusammensetzung haben wie der Sauerstoffstrom für den Vergaser. Üblich in der Vergasung ist ein kryogenisch gewonnenes Gas, das 85 bis 99.8% O₂ bis 3% Ar und Stickstoff enthält. Anwendbar sind jedoch auch Luft, eine mit Sauerstoff angereicherte Luft oder ein Stickstoff mit Sauerstoffgehalt von z.B. 2%.

Da das überwiegend aus Kohlendioxid bestehende Gas 8b in Vergasungsanlagen in der Regel aus der nachgeschalteten Gaswäsche gewonnen wird, ist zum Anfahrbetrieb der Gesamtanlage ein importiertes Gas erforderlich, z.B. CO₂ oder Stickstoff. Häufig wird die Verwendung von Stickstoff bevorzugt, der für diesen Zweck beispielsweise in flüssiger Phase bevorratet werden kann. Sobald der Betrieb soweit aufgenommen ist, dass in der Gasreinigung das Kohlendioxid separiert wird, erfolgt für den weiteren Regelbetrieb eine Umschaltung auf kohlendioxidhaltiges Gas.

Der Strom 18c zeigt, dass das verdichtete und schadstoffarme Gas 18 auch für andere Zwecke eingesetzt werden kann, z.B. als Schleus- und Spülgas in der Flugaschebehandlung. Ein Exportgas mit mittlerem Druck kann aus dem Puffer 9 abgezogen werden und der Strom 10e steht unter geringem Überdruck zur Verfügung.

Die in Fig. 2 dargestellte Ausführung des Vorratsbehälters 2, der Schleusbehälter 3 und der Nachförderleitung 4b ist ein Beispiel, das hier zur Darstellung der prinzipiellen Abläufe verwendet wird. Es ist vorgesehen, dass die Anzahl der Schleusbehälter größer sein kann. Auch ist vorgesehen, dass die Schleusbehälter über mehrere Nachförderleitungen den Vorlagebehälter 5 versorgen.

Bezugszeichenliste:

- 1 Brennstoff
- 2 Vorratsbehälter
- 3 Schleusbehälter
- 4 Vereinigungselement
- 5 Vorlagebehälter
- 6 Brenner
- 7 Vergasungsreaktor, Gasabkühlung und Entstaubung
- 8 Gasbehandlung
- 9 Gaspuffer
- 10 Filter
- 11 Gaserhitzer
- 12, 17 HP Pufferbehälter
- 13, 24 Katalytischer Reaktor
- 14, 23 Gaserhitzer
- 15, 22 Gas-Gas- Wärmetauscher
- 16, 16a Sauerstoffhaltiges Gas
- 18 Verdichter
- 19 Gaskühler
- 20 Injektor oder Verdichter
- 21 Gasmischer
- 2b, 3b, 5b Gas zur Auflockerung und Fluidisierung
- 2c, 3c, 4a, 5c Zusätzliches Transportgas
- 2e, 3e, 5e Entspannungsgas
- 3a Schleusgas
- 5a Gas für Druckhaltung
- 8a Überwiegend H₂ und CO, oder nur H₂
- 8b, 8c Unreines CO₂
- 18a Fluidisier- und Transportgas
- 18b Schleusgas

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Versorgung eines Flugstromvergasungsreaktors (7) mit Brennstoff (1) aus einem Vorratsbehälter (2) unter Zwischenschaltung wenigstens eines Schleusbehälters (3) und wenigstens eines Vorlagebehälters (5),
wobei in dem Flugstromvergasungsreaktor CO- und H₂- und flugaschehaltiges Gas erzeugt wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Schleusung und/oder Förderung ein mindestens 10 ppm Vol. CO enthaltendes Gas eingesetzt wird, wobei diesem Gas ein sauerstoffhaltiges Gas zugemischt wird, und dass dieses Gasgemisch auf eine wenigstens 10 % der im Gas enthaltenen Schadstoffe oxidierende Temperatur erhitzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das zur Schleusung verwendete sauerstoffhaltige Gas zur Auflockerung des Brennstoffes im Vorratsbehälter (2) und/oder zur Auflockerung und Fluidisierung des Inhaltes des Schleusbehälters (3) und/oder zur Weiterförderung aus dem Schleusbehälter (3) und/oder zur Auflockerung und Fluidisierung im Vorlagebehälter (5) zur Zuführung des Brennstoffes zwischen den Anlageteilen und aus dem Vorlagebehälter (5) und/oder zum Flugstromvergasungsreaktor (7) eingesetzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das schadstoff- und sauerstoffhaltige Gasgemisch über wenigstens einen Katalysator zur Beschleunigung der Oxidation der Schadstoffe geleitet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass das zur Druckerhöhung in dem oder den Schleusbehälter(n) (3) eingesetzte Gas (3a) katalytisch oxidiert dagegen das Brennstoff-Transportgas (4a,5c) nicht katalytisch oxidiert wird.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Schleusgas (3a) ein Gas mit einem Sauerstoffgehalt kleiner 5 % eingesetzt wird.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Entspannungsgas (5e) aus dem Vorlagebehälter (5) der Druckstufe eines Verdichters (18) und/oder über eine Verdichtungseinrichtung dem oder den Schleusbehälter(n) zugeführt wird.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein sauerstoffhaltiges Gas dem überwiegenden Teil des in der Gasbehandlung getrennten kohlendioxidhaltigen Gases beigemischt wird.

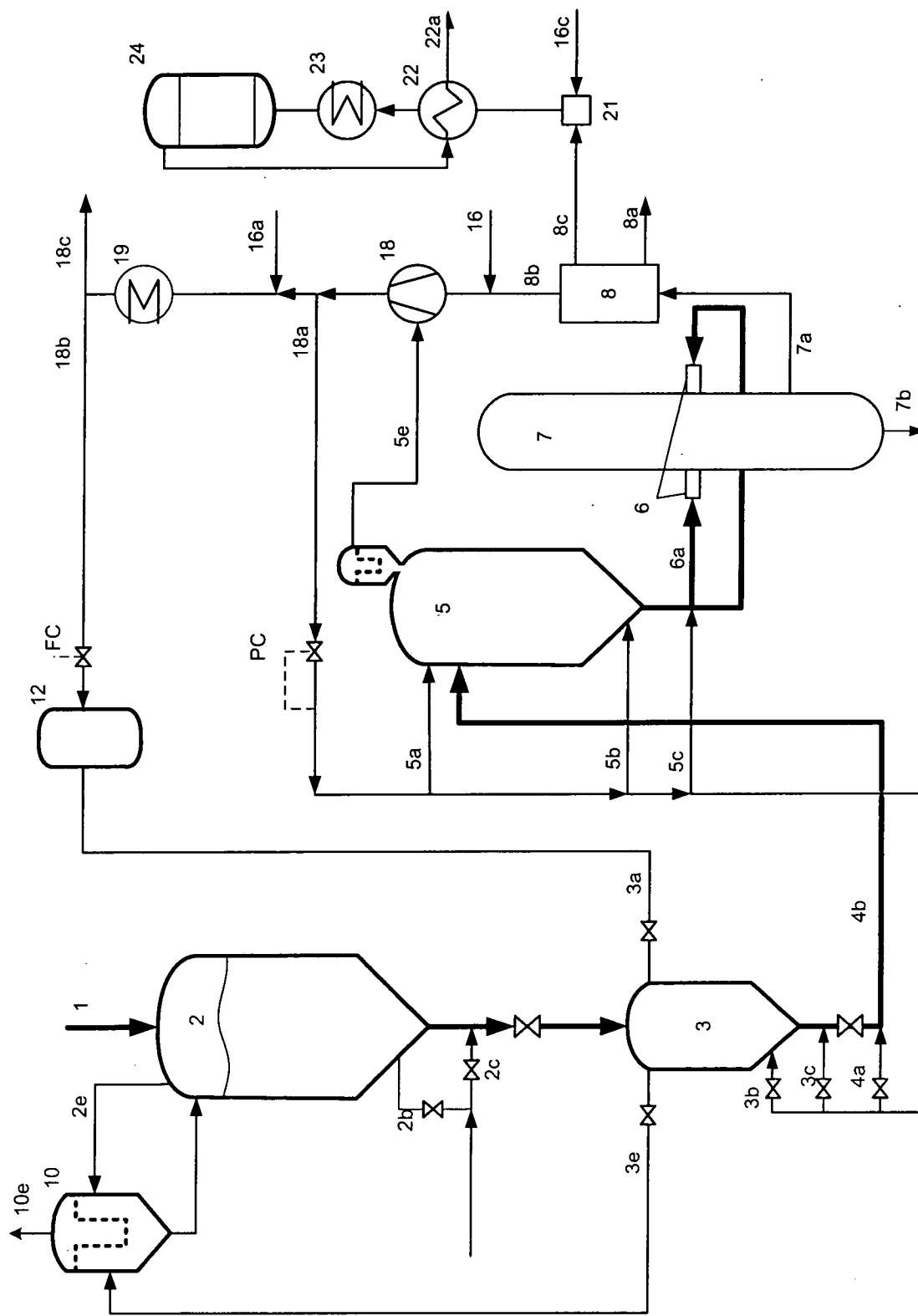


FIG. 1

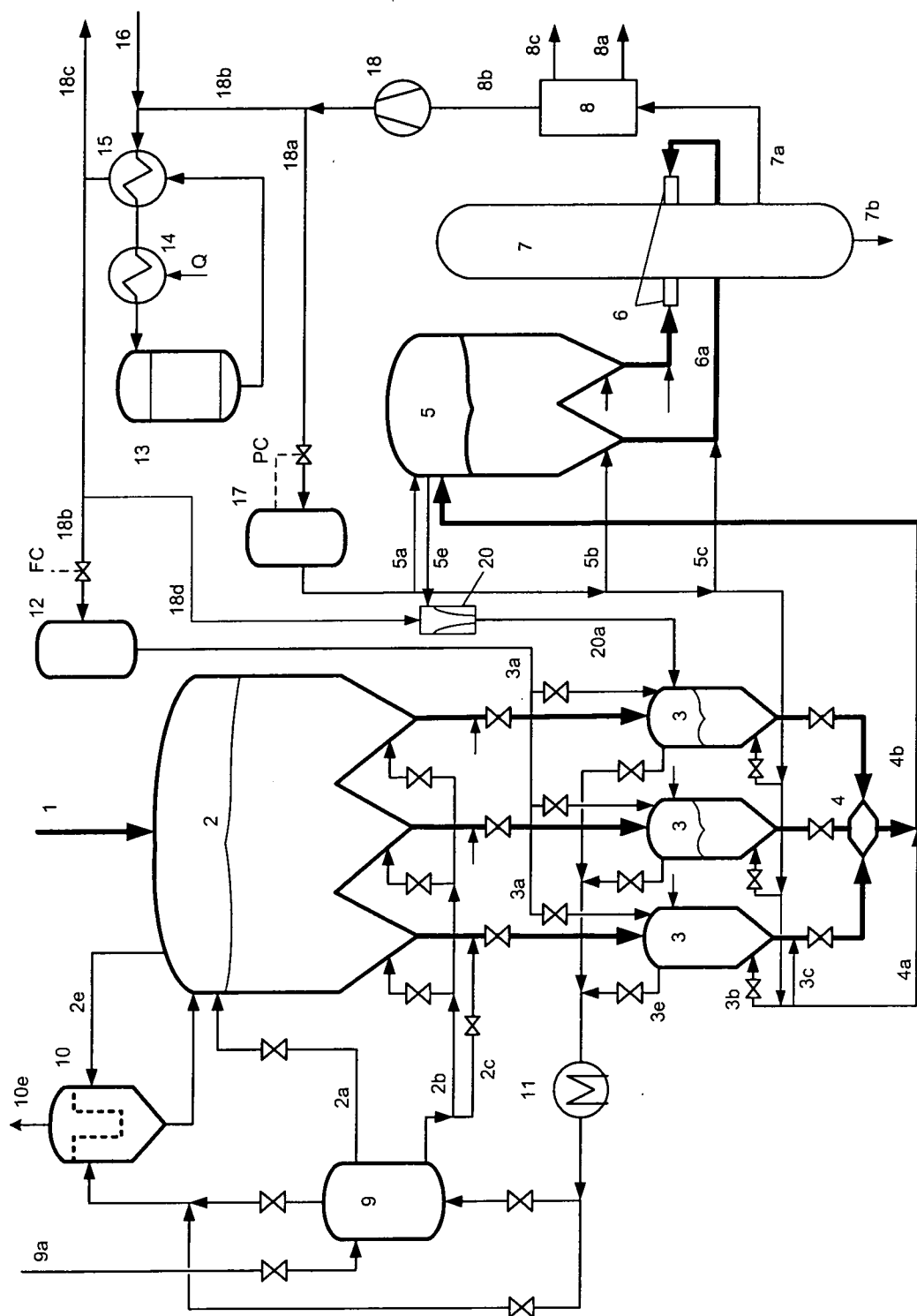


FIG. 2

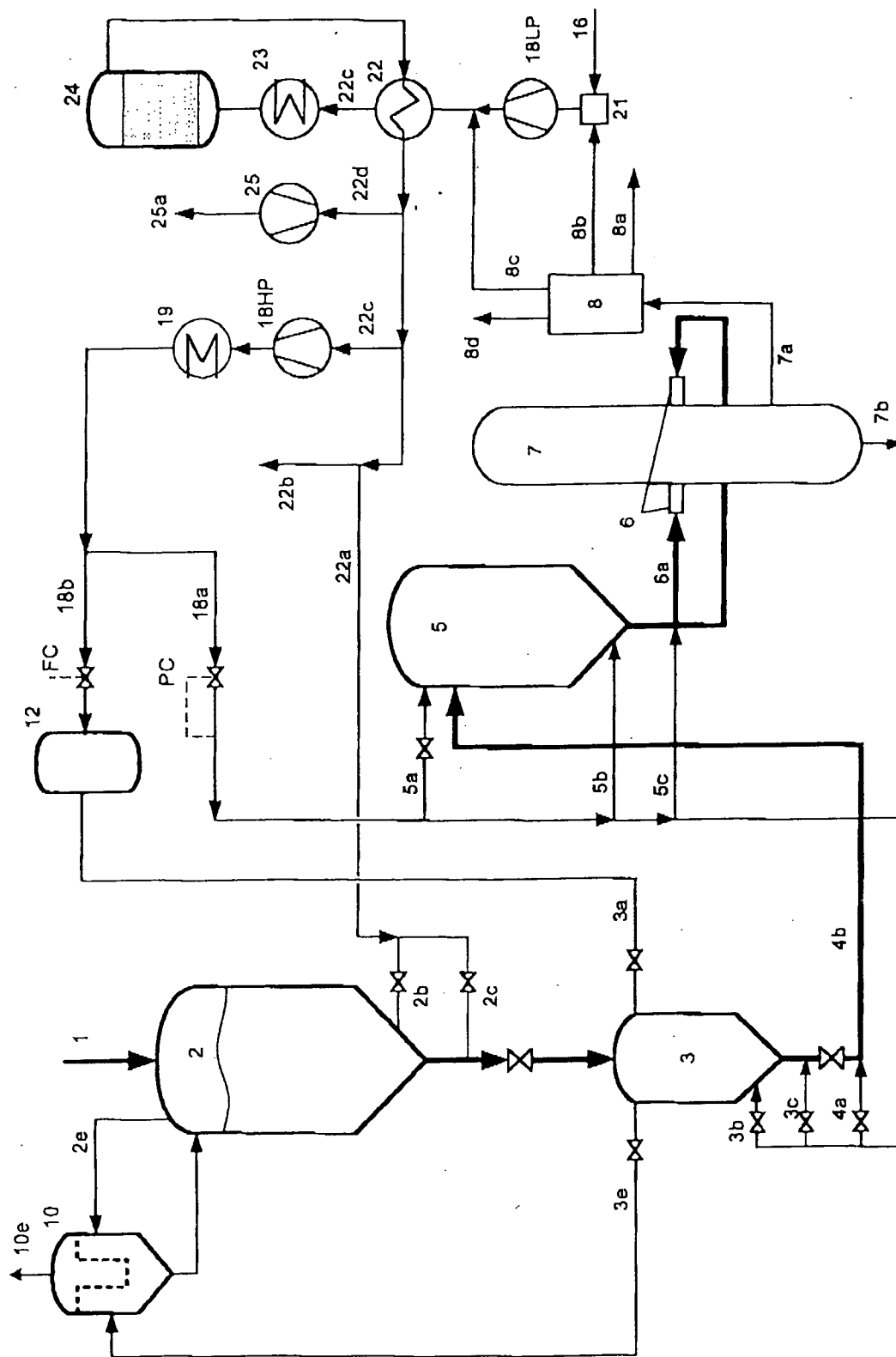


FIG. 3