(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 30 843 T2** 2006.05.24

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 005 903 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 30 843.3**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP98/01846**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 917 625.0**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/047612**
(86) PCT-Anmeldetag: **22.04.1998**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **29.10.1998**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.06.2000**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **13.07.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.05.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***B01J 19/00*** (2006.01)
B01J 3/00 (2006.01)
B01J 3/04 (2006.01)
B01J 19/24 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
12026797 **23.04.1997** **JP**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
Ebara Corp., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:
WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und Rechtsanwälte, 80538 München

(72) Erfinder:
HIGO, Tsutomu, Ohta-ku, Tokyo 144-8510, JP;
SERIKAWA, Massahiro, Roberto, Fujisawa-shi, Kanagawa 251-8502, JP

(54) Bezeichnung: **ÜBERKRITISCHE REAKTIONSVORRICHTUNG UND-VERFAHREN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Diese Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Verarbeiten von Material durch hydrothermische Reaktionen, wie z.B. durch Aufbrechen molekularer Ketten, Rekombination und Entkoppeln bzw. Auflösen eingeschlossener bzw. absorbierter Moleküle, Oxidation und Redoxreaktionen durch Halten des Materials in Wasser, das eine Temperatur über 200°C aufweist.

Hintergrund der Erfindung

[0002] In vergangenen Jahren wurde darauf aufmerksam gemacht, dass Aschen, welche durch Verbrennung von kommunaler Abfälle erzeugt werden, für Menschen schädliche Substanzen enthalten, wie z.B. Dioxin und anderes, was zu einem Bedarf für einen Behandlungsprozess zur Verarbeitung solcher Materialien geführt hat. Außerdem verstärken sich Bedürfnisse zum Verarbeiten von Halogenverbindungen, Herbiziden, PCB, DDT und anderen organischen Halogenverbindungen, die in Pestiziden vorhanden sind; zum Behandeln chemischer Waffen wie beispielsweise Nervengas; von Explosivstoffen; von Substanzen mit hohen organischen Anteilen, welche einer biologischen Verarbeitung bzw. Behandlung nicht zugänglich sind; von Abwasser, welches Material enthält, das einem biologischen Verarbeiten bzw. Behandeln nicht zugänglich ist und welches Verbindungen enthält, die biologische metabolische Reaktionen unterdrücken; und von anderen Substanzen, welche nicht in die Umwelt abgelassen oder dort belassen werden können.

[0003] In Bezug auf ein Verfahren zur Behandlung solcher Substanzen werden hohe Erwartungen an hydrothermische Reaktionen gestellt, welche die Substanzen zusammen mit Wasser bei einer Temperatur von über 200°C halten und welche Aufgaben, wie beispielsweise das Auftrennen molekularer Ketten, Rekombination und Auflösen eingeschlossener bzw. absorbierter Moleküle, Oxidation und Redoxreaktionen, durchführen. Diese hohe Erwartung ergibt sich deshalb, weil diese Art des chemischen Behandelns in einem System mit einem geschlossenen Kreislauf bzw. System durchgeführt werden kann und weil die Anlage relativ klein gehalten werden kann.

[0004] Insbesondere ist es in den sogenannten überkritischen Zonen bekannt, dass das Medium in einem ungewöhnlichen Zwischenzustand existiert, welcher weder Gas noch Flüssigkeit ist und spezielle physikalische und chemische Eigenschaften aufweist, welche dazu benutzt werden können, verschiedene Behandlungen durchzuführen. Hier bedeutet, wenn das Medium Wasser ist, ein überkritischer Zustand, dass die Temperatur die kritische Temperatur von 374,15°C überschreitet, und dass der Druck den kritischen Druck von 225,56 Atmosphären überschreitet, und ein Zustand in der Nähe dieses kritischen Punktes, wie beispielsweise bei einer Temperatur zwischen 200 und 374,15°C bei einem Druck über dem gesättigten Dampfdruck, wird als unterkritischer Zustand bezeichnet. Um einen solchen Zustand herzustellen, ist es hier notwendig, den Druck des Mediums oberhalb seines Dampfdrucks aufrecht zu erhalten, um zu vermeiden, dass die Temperatur abfällt, und zwar als ein Ergebnis eines durch die latente Wärme der Verdampfung erzeugten Wärmeverlustes. Als ein Beispiel ist eine Beziehung zwischen Temperatur und Dampfdruck für Wasser in Fig. 9 gezeigt.

[0005] Solche hydrothermischen Reaktionen sind nicht nur nützlich, um Substanzen zu dekontaminieren bzw. zu entgiften, sondern sind auch als eine Technologie dazu nützlich, organische Abfälle in Kohleschlamm zu verwandeln, der als Kohlenrohstoff-Quelle für Brennstoff oder chemische Reaktion verwendet werden kann. Das Verfahren beinhaltet die Schritte: Umwandeln organischer Materien in Wasserschlamm bzw. eine wässrige schlammige Masse; Wärmebehandlung bei einem Zustand hoher Temperatur und hohen Drucks; Waschen und Entwässern und Erhöhen des Wärmewerts durch Trennen und Konzentrieren entchlorinierten festen Kohlenstoffs und Öl.

[0006] Typische Verfahren und Vorrichtungen zum Durchführen von überkritischen Verfahren sind bekannt, wobei solche Schritte folgendermaßen durchgeführt werden: Einführen eines zu behandelnden Abfallmaterials in eine vertikale Druckkammer; Erzeugen der überkritischen Zone in der oberen Hälfte der Kammer und Erzeugen einer unterkritischen Zone in der unteren Hälfte der Kammer. In einem solchen Vorrichtung werden chemische Reaktionen wie beispielsweise Oxidationsreaktionen in der überkritischen Zone durchgeführt, während feste Partikel, welche in dem Abfallmaterial oder den Reaktionsprodukten enthalten sind, separiert und im Schlamm an der subkritischen Zone absorbiert wird. An der Spitze der Kammer ist ein Auslass vorgesehen, um die flüssigen Reaktionsprodukte des überkritischen Reaktionsbereichs zu entfernen. Dieses Ablassfluid wird durch eine mit einem Filter versehene Rohrleitung zur nächsten Verarbeitungsstation geschickt, wo feste Partikel, welche in den Reaktionsprodukten eingeschlossen sind, entfernt werden.

[0007] In einem solchen Vorrichtung wird das unter Druck stehende Material an einem oberen Bereich der Kammer durch ein Zufuhrrohr in die überkritische Zone eingeleitet. Eine Oxidation organischer Substanzen, wie beispielsweise Dioxin, wird in der überkritischen Zone durchgeführt, und die sich auf einer überkritischen Temperatur befindliche Fluidschicht

fließt zuerst nach unten und dann nach oben. Daher wird verbrannter flüssiger Abfall durch das Rohr an der Spitze der Kammer abgelassen, aber da die anorganischen Substanzen, die in dem eingefüllten Material vorhanden sind, sich in der überkritischen Zone nicht auflösen, werden sie abgelagert bzw. ausgefällt. Diese Ablagerungen fließen aufgrund von Bewegungsenergie und Schwerkräften weiter nach unten und erreichen die flüssige Phase in der unterkritischen Zone. Die flüssige Phase in der unterkritischen Zone löst organische Substanzen auf, welche nicht in der überkritischen Zone aufgelöst werden, und bildet einen Schlamm, welcher sich in der überkritischen Zone nicht auflöst. Der so erhaltene Schlamm wird durch ein am Boden der Kammer, welcher sich in der unterkritischen Zone befindet, vorgesehenes Rohr abgelassen.

[0008] Weil jedoch bei einer solchen herkömmlichen Technologie die innere Wand der Reaktionskammer der überkritischen Temperatur und einem starken Oxidationsumfeld ausgesetzt ist, wird sogar teures Material, wie beispielsweise Inconel, durch Korrosion angegriffen. Auch war es aufgrund dieser Sorge über Korrosion nicht möglich, die Reaktionstemperatur zu stark anzuheben. Zudem resultiert die Verwendung solch teuren Materials – in der Dicke von mehreren Zentimetern, die notwendig ist, um dem hohen Druck über 225,56 Atmosphären zu widerstehen – in einer sehr teuren Vorrichtung.

[0009] Im Fall des Abbaus von Substanzen wie Dioxin, die bei sehr geringen Mengen hochgiftig sind, war es sehr üblich, zusätzlich zum Hauptreaktor einen zweiten Reaktor zu verwenden. Dies geschieht, weil die überkritische Oxidationsreaktion alleine die Temperatur nicht noch genug anheben kann, um angemessene Reaktionsraten zu erreichen, was in einer nicht ausreichenden Verweilzeit in der Kammer für die Reaktionssubstanzen resultiert. Falls außerdem das Abfallmaterial poröses Material enthält, reagiert nur die Oberfläche, aber das innen liegende Material bleibt unbehandelt, so dass die Gefahr besteht, dass giftige Substanzen in dem Rückstand verbleiben.

[0010] Weil sich außerdem die Druckkammer fast wie ein vollständiger Mischreaktor verhält, besteht die Möglichkeit, dass einige der zu behandelnden Substanzen aus der Kammer fließen, ohne behandelt worden zu sein. Eines der möglichen Verfahren, dies zu verhindern, besteht darin, die Durchflussrate durch wiederholtes Zirkulieren des Fluids innerhalb der Kammer zu erhöhen, so dass ein verstärkter Zufluss den Inhalt der Kammer rühren und mischen kann. Eine andere Verfahren ist es, eine zusätzliche Verarbeitungskammer zum Verarbeiten der nicht-reagierten Substanzen vorzusehen.

[0011] Salze werden in der überkritischen Zone nicht aufgelöst und werden abgelagert, wohingegen sie in der unterkritischen Zone aufgelöst und verdünnt werden, um abgelassen zu werden. Jedoch ist der diffuse Grenzbereich zwischen der überkritischen und der unterkritischen Zone harten Bedingungen ausgesetzt, wobei abwechselnd trockene und nasse Vorgänge ablaufen, wodurch Schuppen bzw. Ablagerungen wachsen können, welche aus Salzen und anderen einbehaltenen festen Partikeln in ihrer Nähe besteht. Aus diesem Grund wird der Ort des Grenzbereichs periodisch durch Anpassen des Verfahrens bewegt, und die aufgewachsenen Schuppen müssen durch Anhalten des Verfahrens entfernt werden. Einige der Schuppen sind schwierig zu entfernen, was sogar zur Notwendigkeit führen kann, die Kammer auseinander zu nehmen. Insbesondere wenn die Kammer zum Verarbeiten von Aschen aus einer Verbrennung von kommunalem Müll verwendet wird, welcher Calcium, Kalium, Natrium, Chlor und Schwefel enthalten können – sehr oft in Konzentrationen in der Höhe von 10–20 % – wird erwartet, dass die Kammer nicht über einen längeren Zeitraum hinweg betrieben werden kann.

[0012] Zudem kann es manchmal vorkommen, dass dann, wenn das Fluid direkt aus der überkritischen Zone der Kammer entfernt wird, abgelagerte Mikropartikel von Salzen und festen Partikeln, welche ursprünglich im Abfallmaterial enthalten sind, damit zusammen abgeführt werden. Daher ist es notwendig, die Partikel an den Reaktionsprodukten im überkritischen Zustand mit einem Filter zu entfernen, um eine Korrosion des Zufuhrrohrs zu verhindern. Weil jedoch die Verfahrenstemperatur 374,15°C übertrifft, muss der Filter aus teuren Materialien, wie beispielsweise Keramiken, hergestellt werden und begegnet oft Verstopfungsproblemen.

[0013] Weiterhin neigen relativ nicht-flüssige Substanzen wie beispielsweise Salze und eingeschlossene feste Partikel dazu, sich am Boden der Kammer abzusetzen. Um solche Niederschläge zu entfernen, ist es notwendig, zusätzlich zum ursprünglichen Zuführwasser ein getrenntes Trägerfluidmedium einzuführen. Das Ergebnis ist, dass sich die Menge an Nebenprodukten erhöht und nachgeschaltete Behandlungen überlastet werden.

[0014] Wenn zudem die Reaktionsprodukte rezirkuliert werden, werden die Zuführprodukte und Reaktionsprodukte vollständig in der überkritischen Zone gemischt, da das Zuführmaterial mit den Reaktionsprodukten verdünnt wird, und es ist nicht möglich, ein lokalisiertes Hochtemperatur-Hochgeschwindigkeits-Reaktionsfeld zu bilden, so wie in einer herkömmlichen Luftverbrennungsflamme. Um diese geringe Temperatur zu überwinden, ist sehr oft eine Erhöhung der Reaktionszeiten notwendig.

[0015] US-A 5,591,415 beschreibt einen Druckreak-

tor, der einen eine Reaktionskammer umgebenden Druckkessel aufweist, eine Einlassleitung für Reaktionsmittel, welche an den Druckkessel gekoppelt ist, eine mit dem Druckkessel gekoppelte Reaktionsabflussleitung, einen thermischen Isolator, und ein chemisches Isolationssystem.

[0016] Das Ziel dieser Erfindung ist es, ein praktisches Verfahren und eine praktische Verfahren zum Durchführen einer Hochtemperatur-Hydrothermal-Reaktion zum Lösen der in den herkömmlichen Technologien, wie der oben beschriebenen, auftauchenden Probleme, bereitzustellen.

[0017] In Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung werden eine überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 1 und ein Verfahren zum Durchführen einer überkritischen Reaktion nach Anspruch 22 bereitgestellt. Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen offenbart.

Beschreibung der Erfindung

[0018] Diese Erfindung bezieht sich auf die überkritische Reaktionsvorrichtung zur Verarbeitung einer Mischphase, wobei die Mischphase ein zu verarbeitendes Objektmaterial und ein in flüssiger Form vorliegendes Medium umfasst, dadurch, dass die Mischphase dem in einem überkritischen Zustand vorliegenden Medium ausgesetzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass sie Folgendes aufweist: eine Reaktionskammer mit im wesentlichen vertikal zylindrischer Form mit einem Zuführeinlass an einem oberen Ende und einem Produktauslass an einem unteren Ende; und dadurch, dass ein innerer Abschnitt der Reaktionskammer die überkritische Zone oberhalb und eine darunterliegende unterkritische Zone umfasst, wobei das Objektmaterial und Reaktionsprodukte in einer Richtung zum unteren Ende hin geführt werden.

[0019] Dadurch ist es im Vergleich zu dem Fall des Entnehmens des Reaktionsprodukts im überkritischen Zustand möglich, das Abfallmaterial bei viel geringeren Temperaturen zu verarbeiten, so dass die Nachbereitungen wesentlich vereinfacht werden kann, und keine Rückstände mit geringerer Fluidität, einschließlich Salzen, geformt werden, so dass die Notwendigkeit beseitig wird, Wasser zum Verarbeiten der Rückstände separat zuzuführen, was außerdem zum Vereinfachen der Nachbereitungsverfahren führt.

[0020] Da zudem das Verfahren in einer Richtung ausgeführt wird, besteht kein Bedarf für eine komplexe Anordnung zum Zirkulieren der Mischphase in der Reaktionskammer wie in der herkömmlichen Vorrichtung, so dass die Vorrichtung selbst und ein Steuern des Betriebsverfahrens bedeutend vereinfacht werden.

[0021] Die Reaktionskammer kann auf eine Länge, die mindestens viermal größer ist als der Durchmesser, ausgelegt werden.

[0022] Die Reaktionskammer kann mit einem doppelwandigen Zylinder hergestellt werden, um einen Wärmeflüssigkeitsdurchlass zu bilden, der die überkritische Zone und/oder die unterkritische Zone umfasst. In einem solchen Fall ist es möglich, ein Reaktionsfeld bei erhöhten Temperaturen von über 600~650°C herzustellen, was die üblichen begrenzenden Temperaturen für metallische Materialien darstellt. Daher ist es mit der Hilfe von Verbrennungswärme, die durch einen Hilfsbrennstoff erzeugt wird, möglich, die Vorrichtung kontinuierlich bei Temperaturen im Bereich von ungefähr 650 bis 800°C, welche die Wärmewiderstandstemperatur von Metallen übertreffen, zu betreiben.

[0023] Der Zuführeinlass kann eine Schlammzuführdüse zum Zuführen eines Schlamms oder einer Flüssigkeit, welche das Objektmaterial beinhaltet, umfassen und einen Mediumszuführeinlass zur Zufuhr eines Mediums bei einer Temperatur, welche die kritische Temperatur übertrifft.

[0024] Die überkritische Zone kann zum Bilden eines lokalisierten kontinuierlichen Reaktionsfelds mit einer Röhrenstruktur versehen sein, die an einem Ende zum Zuführeinlass hin und am anderen Ende stromabwärts geöffnet ist.

[0025] In einem unteren Bereich der Reaktionskammer kann ein röhrenförmiger Ablassbereich quer zur unterkritischen Zone angebracht sein. Der Ablassbereich kann in einem bestimmten Winkel bezüglich der Horizontalen angebracht sein, und ein Gasauslass kann an einem oberen Ende vorgesehen sein.

[0026] Der Ablassbereich kann mit einer mechanischen Transportvorrichtung zur Förderung der schlammigen Phase vorgesehen sein. Die Transportvorrichtung kann Förderschrauben umfassen. Die Förderschrauben können Flügel umfassen, welche an einer Welle unterbrochen angebracht sind. Die Transportvorrichtung kann mit einer Antriebsquelle verbunden sein, und zwar über einen Koppelbereich mittels einer Nutzung eines Mechanismus zur Flüssigkeitsabdichtung.

[0027] Die am Wärmeflüssigkeits-Durchlass zugeführte Wärmeflüssigkeit kann ein Medium sein, das sich auf einer Temperatur befindet, welche geringer ist als die kritische Temperatur des Mediums. Ein Teil des in den Wärmeflüssigkeitsdurchlass zugeführten Mediums kann auf eine Temperatur aufgeheizt werden, welche höher als die kritische Temperatur ist, und es zur Zuführung der Reaktionskammer liefern.

[0028] Die Vorrichtung kann mit einer Schabevor-

richtung zum Abschaben von Objekten, welche an der internen Wandoberfläche der unterkritischen Zone in der Reaktionskammer anhaften und/oder anwachsen, sowie mit einer Rührvorrichtung zum Rühren einer Mischphase ausgestattet sein.

[0029] Weiterhin kann ein Vorbehandlungskessel auf einer unterkritischen Temperatur vorgesehen sein, um das Objektmaterial, welches zur Reaktionskammer geführt werden soll, vorzuverarbeiten. Der Vorbehandlungskessel kann mit einem Auslass zum Ablassen eines Objektmaterials auf einer im wesentlichen gleichen Höhe wie der Zuführeinlass der Reaktionskammer versehen sein.

[0030] Die Vorrichtung kann mit einer stromabwärts der Reaktionskammer gelegenen Kühlvorrichtung zum weiteren Kühlen des Objektmaterials ausgestattet sein und einem Trenntank zum Trennen von Dampf/Flüssigkeit von dem gekühlten Objektmaterial dadurch, dass das Objektmaterial einem reduzierten Druck ausgesetzt wird. Eine Druckreduktionsvorrichtung kann zwischen der Reaktionskammer und der Kühlvorrichtung vorgesehen sein. Die Druckreduktionsvorrichtung kann mindestens zwei druckreduzierende Kessel bzw. Tanks umfassen, welche durch ein mittleres Ventil bzw. Mittenventil getrennt sind. Nach Füllen eines ersten Kessels mit einem Objektmaterial wird das Mittenventil geöffnet, und das Objektmaterial wird so in den zweiten Tank ausgedehnt, dass der Druck des Objektmaterials reduziert wird. Ein Wärmeaustauscher kann vorgesehen sein, um das Objektmaterial durch Verwendung der im Trenntank produzierten Gasphase vorzuheizen.

[0031] Diese Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Durchführen der überkritischen Reaktionen durch Aussetzen einer Mischphase, welche ein Objektmaterial und ein Medium umfasst, der überkritischen Temperatur des Mediums, wobei das Verfahren umfasst: einen ersten Schritt des Erzeugens eines unterkritischen Zustands in der Mischphase in Abwesenheit eines Oxidationsmittels; und einen zweiten Schritt des Erzeugens des überkritischen Zustands in Anwesenheit eines hinzugefügten Oxidationsmittels.

[0032] Nach dem zweiten Schritt kann das Verfahren weiterhin einen dritten Schritt umfassen, bei dem eine Ein-Flüssigkeitsphase oder eine Misch-Phase, welche eine flüssige Phase und feste Substanzen oder nicht-kondensierbare Gase umfasst, erzeugt wird durch Kühlen auf die unterkritische Temperatur, wobei ein Schritt umfasst ist, bei dem die Ein-Flüssigkeitsphase oder die Misch-Phase einem Reaktionsturm bei einer Temperatur entzogen wird, welche geringer als die kritische Temperatur ist. Der zweite Schritt kann innerhalb einer inneren Wand durchgeführt werden, welche auf einer Temperatur gehalten wird, welche geringer als die kritische Temperatur ist.

[0033] Die innere Wand kann auf einer geringeren als der kritischen Temperatur gehalten werden durch Fließenlassen eines Fluids entlang einer äußeren Oberfläche der inneren Wand, gehalten auf einem Druck, welcher gleich oder signifikant höher ist als ein Druck des Objektmaterials bei einer geringeren als der kritischen Temperatur.

[0034] Der zweite Schritt kann innerhalb der röhrenförmigen Struktur durchgeführt werden, um lokalisierte kontinuierliche Reaktionsfelder an der inneren Wand herzustellen

[0035] Der zweite Schritt kann in einer im wesentlichen vertikalen zylindrischen Reaktionskammer durchgeführt werden, welche die stromaufwärts gelegene überkritische Zone und die stromabwärts gelegene unterkritische Zone umfasst, und das Objektmaterial und Reaktionsprodukte werden in einer Richtung zum unteren Ende in der Reaktionskammer hin bewegt.

[0036] Ein Objektmaterial, ein Oxidationsmittel und ein Medium können bei einer überkritischen Temperatur der überkritischen Zone in der Reaktionskammer zugefügt werden. Hier umfassen Oxidationsmittel sauerstoffhaltige Gase wie beispielsweise Sauerstoffgas oder Luft oder sogenannte Oxidationsmittel ("oxidizer") wie beispielsweise Wasserstoffperoxid.

[0037] Das Verfahren kann einen Schritt des Vorverflüssigens des Objektmaterials oder einen Schritt des Behandelns des Objektes umfassen, damit sein pH-Wert neutral oder schwach sauer wird, und zwar durch Hinzufügen von Säure oder Base bzw. Lauge vor einem Verarbeiten.

[0038] Eine Temperatur, welche höher ist als der kritische Punkt, kann durch Verbrennungsreaktionen an der überkritischen Zone erreicht werden, und zwar durch Hinzufügen von Hilfsbrennstoff zum Objektmaterial.

[0039] Um das Trennen des Objektmaterials und des Mediums zu verhindern, kann ein Dispergiermittel zum Objektmaterial hinzugefügt werden.

[0040] Die Erfindung bezieht sich auch auf ein Verfahren zum Herstellen der überkritischen Reaktion durch Aussetzen einer Mischphase, welche ein Objektmaterial und ein Medium umfasst, einem überkritischem Zustand des Mediums, um eine Reaktion auszuführen, und Aussetzen der Mischphase, welche Reaktionsprodukte enthält, einer Nachbehandlung im unterkritischen Zustand.

[0041] Diese Erfindung betrifft ebenso eine Vorrichtung zum Verarbeiten von Substanzen durch Aussetzen einer Mischphase, welche ein Objektmaterial und ein flüssiges Medium umfasst, dem unterkriti-

schen Zustand oder dem überkritischen Zustand, und welche dadurch gekennzeichnet ist, dass sie eine Reaktionskammer aufweist in im wesentlichen vertikaler zylindrischer Form mit einem Zuführeinlass an einem oberen Ende und einem Produktauslass an einem unteren Ende und zum Bilden einer Reaktionszone im Inneren, und wobei das Objektmaterial und die Reaktionsprodukte in eine Richtung zum unteren Ende in der Reaktionszone, welche innerhalb der Reaktionskammer gebildet wird, hin bewegt werden.

[0042] Diese Erfindung bezieht sich ebenso auf eine Vorrichtung zum Verarbeiten von Substanzen durch Aussetzen einer Mischphase, welche ein Objektmaterial und ein flüssiges Medium enthält, dem unterkritischen Zustand oder dem überkritischen Zustand, wobei die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet ist, dass sie eine Reaktionskammer aufweist mit im wesentlichen vertikaler zylindrischer Form mit einem Zuführeinlass an einem oberen Ende und einem Produktauslass bzw. -ablass an einem unteren Ende und mit einer im Inneren gebildeten Reaktionszone, wobei die Reaktionskammer ein doppelwandiger Zylinder ist, welcher eine innere Hülle und eine äußere Hülle aufweist, um einen Wärmeflüssigkeits-Durchlass bzw. -Passage zu bilden, welche die Reaktionszone umgibt.

[0043] Die innere Hülle kann lösbar bzw. entfernbar eingebaut sein, und kann beim Einsetzen zusammengefügt werden. Das durch den Wärmefluid-Durchlass fließende flüssige Medium kann eine Wärmeflüssigkeit bzw. thermische Flüssigkeit sein.

[0044] Die Reaktionszone kann einen Flügel- bzw. Schaufelbereich zum Abschaben von Substanzen umfassen, welche an der inneren Wand haften, und/oder zum Rühren einer Mischphase.

[0045] Der Flügelbereich kann einen Dichtmechanismus zum Rückhalten des unter Druck stehenden Mediums um einen Bereich herum besitzen, welcher eine Wellendurchführung zum Einführen einer Antriebswelle umschließt.

[0046] Oxidationsreaktionen können durch Nutzen eines Mediums in dem unterkritischen Zustand im Zusammenspiel mit jedem der oben offenbarten Vorrichtungen durchgeführt werden.

[0047] Diese Erfindung bezieht sich auch auf ein Verfahren zum Herstellen von Oxidationsreaktionen durch Aussetzen einer Mischphase, welche ein Objektmaterial und ein flüssiges Medium umfasst, einem unterkritischen Zustand des Mediums, wobei das Verfahren einen ersten Schritt des Herstellens des unterkritischen Zustands in der Mischphase in Abwesenheit eines Oxidationsmittels, und einen zweiten Schritt des Herstellens des überkritischen Zustands mit einem hinzugefügten Oxidationsmittel umfasst.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0048] Fig. 1 ist ein Diagramm, das ein Ausführungsbeispiel der Gesamtstruktur der Verarbeitungsvorrichtung illustriert;

[0049] Fig. 2 ist eine Querschnittssicht des überkritischen Reaktionsturms der gegenwärtigen, in Fig. 1 gezeigten Verarbeitungsvorrichtung;

[0050] Fig. 3 ist eine Querschnittssicht des unterkritischen Reaktionsturms in der in Fig. 1 gezeigten Verarbeitungsvorrichtung;

[0051] Fig. 4A ist eine Querschnittssicht einer weiteren Ausführung des unterkritischen Reaktionsturms;

[0052] Fig. 4B ist eine Querschnittssicht einer weiteren Ausführungsform des unterkritischen Reaktionsturms;

[0053] Fig. 5 ist eine Querschnittssicht des oberen Endes einer weiteren Ausführungsform des überkritischen Reaktionsturms;

[0054] Fig. 6 ist eine Querschnittssicht des obere Endes noch einer Ausführungsform des überkritischen Reaktionsturms;

[0055] Fig. 7 ist ein Diagramm, welches eine Ausführungsform des Steuersystems der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung illustriert;

[0056] Fig. 8 ist ein Diagramm einer weiteren Ausführungsform des Steuersystems;

[0057] Fig. 9 ist ein Diagramm, das den überkritischen Flüssigkeitsbereich von Wasser zeigt; und

[0058] Fig. 10 ist eine Querschnittssicht einer weiteren Ausführungsform des Ablassbereichs im überkritischen Reaktionsturm.

Beste Art und Weise, die Erfindung auszuführen

[0059] Die Fig. 1 bis Fig. 3 zeigen eine Ausführungsform der Verarbeitungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung, und in diesem Fall wird ein Beispiel zum Verarbeiten von Flugasche, welche produziert wird, wenn kommunaler Müll verbrannt wird, illustriert. Natürlich kann die Vorrichtung beispielsweise auch dafür benutzt werden, mit PCB oder flüssigem Abfall kontaminierte Böden anstatt Flugasche zu verarbeiten.

[0060] Die Verarbeitungsvorrichtung umfasst: ein Schlammsystem zum Durchführen der Schritte: Um-

wandeln der Asche in Schlamm, Erhöhen der Temperatur des Schlamms, um es in einen unterkritischen Zustand zu bringen und weiter in den überkritischen Zustand, Durchführen einer Oxidationsreaktion und Trennen der Reaktionsprodukte zur Nachbehandlung und Recyceln; ein Wasserzuführsystem zum Zuführen überkritischen Wassers und unterkritischen Wassers zum Kühlen oder Aufrechterhalten der Temperatur in verschiedenen Reaktionen; und ein Steuersystem zum Überwachen von Eigenschaften an bestimmten Stellen in den Durchlässen und Vorrichtungen, um so optimale Betriebsbedingungen aufrechtzuerhalten. In der folgenden Beschreibung umfasst "Schlamm" auch rein flüssige Abfälle, die keine Schwebstoffe enthalten.

[0061] Als Erstes umfasst das Schlammsystem einen Schlammeinstellungstank **10** zum Herstellen des Schlamms aus der zu behandelnden Flugasche dadurch, dass sie mit Wasser versetzt, und dass der pH-Wert angepasst wird; eine Schlammdruckpumpe **18**, um den Schlamm unter Druck zu setzen und ihn vom Schlammeinstellungstank **10** zu dem ersten Schlammvorheizer **14** und dem zweiten Schlammvorheizer **16** durch eine Schlammröhre **12** zu befördern; den überkritischen Reaktionsturm **22** zum Überführen des Schlamms in den überkritischen Zustand durch Hinzufügen von hochtemperiertem überkritischen Wasser und Luft als Oxidationsmittel; einen Nachbehandlungsabschnitt **24** zum Trennen einer Gasphase vom Schlamm durch Abkühlen des verarbeiteten Schlamms, nachdem der Druck durch Spülen reduziert worden ist, und zum Speichern des Schlamms in einem Behälter und Ablassen des Gases in die Umgebung.

[0062] Der Schlammanpassungstank **10** umfasst: eine Anlage **26** zum Zuführen der zu behandelnden verbrannten Asche, einen Lagertank **26** zum Aufbewahren von Isopropanolalkohol, welcher zu einem späteren Zustand als ein exothermer Wirkstoff zum Einstellen einer Temperatur im überkritischen Reaktionskessel hinzugefügt wird; ein Dispergiermitteltank **30** zum Zuführen eines Dispergiermittels, um zu verhindern, dass sich feste Komponenten von der flüssigen Phase trennen; ein Tank **32** zum Lagern von Lauge oder Säure zum Anpassen des pH-Werts des Schlamms; einen Wassertank **34**; und einen Rührer **36** zum mechanischen Rühren und homogenen Mischen des Schlamms, um zu verhindern, dass sich feste Partikel absetzen und Öle aufschwimmen.

[0063] Wie in Fig. 2 gezeigt, umfasst der überkritische Reaktionsturm **22**: eine Turmstruktur **38**, die eine im wesentlichen vertikale zylindrische Form besitzt; und einen Ablassbereich **40**, der im unteren Bereich in einem Winkel zur Horizontalen geneigt angebracht ist. Die Turmstruktur **38** und der Ablassbereich **40** sind in Form einer doppelwandigen Struktur aufgebaut, welche eine innere Hülle **38a** bzw. **40a** und eine äußere Hülle **38b** bzw. **40b** aufweist. Ein Flammenhalterohr **42** ist mit einem Abstand zur inneren Seite der inneren Hülle **38a** der Turmstruktur **38** eingebaut und erstreckt sich für eine gewisse Länge von der Spitze des Turms, welcher aus einem keramischen Material, wie beispielsweise Siliciumcarbid, hergestellt ist. Ein Deckel **44** deckt die Spitze der Turmstruktur **38** ab und ist mit einem Schlammeinlass **46** ausgestattet, welcher mit einer Schlammzuführdüse **50** in Verbindung steht, welche sich von der unteren Oberfläche des Deckels **44** nach unten erstreckt, sowie dem überkritischen Wassereinlass **48**, wobei sich beide in das Flammenhalterohr **42** öffnen.

[0064] Ein Wärmeflüssigkeitsdurchlass (unterkritischer Wasserdurchlass) **52** ist in dem Raum zwischen der inneren Hülle **38a** und der äußeren Hülle **38b** der Turmstruktur **38** vorgesehen, um unterkritisches Wasser von einem unterkritischen Wasserzuführeinlass **54** aufzunehmen und es über einen unterkritischen Wasserauslass **56**, welcher in einem oberen Bereich der Turmstruktur **38** installiert ist, abzulassen. Dadurch wird die Gesamttemperatur der Turmstruktur **38** auf einer Temperatur gehalten, welche höher ist als die kritische Temperatur, und die innere Hülle **38a** wird bei einer geringeren als der kritischen Temperatur gehalten.

[0065] Die Länge der inneren Hülle **38a** der Turmstruktur **38** beträgt mindestens viermal oder vorzugsweise mehr als achtmal dem inneren Durchmesser. Der innere Durchmesser ist klein gehalten, so dass der innere Fluss unter normalen Betriebsbedingungen fast ein Kolbenfluss von der Spitze zum Boden der Turmstruktur **38** ist.

[0066] Die inneren Hüllen **38a**, **40a** der Turmstruktur **38** und der Ablassbereich **40** und die Schlammzuführdüse **50** sind aus hochwertigem korrosionsbeständigem Material, wie beispielsweise Inconel, hergestellt, weil der Schlamm Chlor und andere korrosive Substanzen enthält. Da diese Teile hier durch das unterkritische Wasser gekühlt werden, treten nur wenige Probleme in Bezug auf einen durch hohe Temperaturen bedingten Festigkeitsabbau auf. Die Dicke bzw. Wandstärke der inneren Hülle **38a** muss nicht sehr groß sein. Die Druckdifferenz zwischen dem Inneren der inneren Hülle **38a** und dem unterkritischen Wasserdurchlass **52** beträgt höchstens eine Atmosphäre, so dass nur eine geringe Kraft auf diese Teile der inneren Hülle **38a** aufgebracht wird. Die Wandstärke der Hülle **38a** muss nur dick genug sein, um ein Verarbeiten zu erlauben. Die innere Hülle **38a** ist als einfache röhrenförmige Form ausgelegt, um ihre Herstellungskosten zu reduzieren, und wird beim Einbau zusammengesetzt, um ein einfaches Austauschen zu erlauben, wenn sie einen korrosiven oder mechanischen Schaden durch die überkritischen Verfahrensbedingungen erleidet. Weil die Wärmeausdehnung in Abhängigkeit von den Materialien und

Temperaturen unterschiedlich sein kann, können Wärmeausdehnungsgelenke S an bestimmten Stellen vorgesehen sein, um eine solche Wärmeausdehnung aufzunehmen.

[0067] Die äußere Hülle **38b** bildet einen Druckkessel zum Aufnehmen von Hochdruckfluiden, wie beispielsweise unterkritischem Wasser und dem Schlamm, so dass sie aus dickerem Material hergestellt wird als die innere Hülle **38a**, und sie umfasst obere und untere Bereiche, welche durch Flansche **54** miteinander verbunden sind. Weil die innere Oberfläche durch die innere Hülle **38a** geschützt und nicht dem Schlamm ausgesetzt ist, und weil sie durch das unterkritische Wasser gekühlt wird, besteht hier kein Problem eines Hochtemperatur-Festigkeitsabbaus. Daher kann die äußere Hülle **38b** unter Verwendung von Kohlenstoffstählen oder gewöhnlichen Kesselstählen ("boiler steels") hergestellt werden. Die Verbindung zwischen den Flanschen **54** wird durch eine Metallabdichtung **55** abgedichtet, welche einen aus korrosionsbeständigem Metall, wie beispielsweise Inconel oder SUS, hergestellten Metallring umfasst. Der Metallring widersteht Zuständen hoher Temperatur und hohen Drucks und verformt die Kontaktlinie, wenn die Flansche **54** verbunden werden.

[0068] Das Flammenhalterohr **42** ist an der oberen Position im überkritischen Reaktionswasserturm angeordnet, wo sehr starke Oxidationsreaktionen vorkommen; sie gewährt der inneren Hülle **38a** Schutz vor der überkritischen wasseroxidierenden Atmosphäre und verhindert zudem einen Temperaturabfall dadurch, dass sie einen Wärmeverlust an die innere Hülle verhindert, und stabilisiert zudem den internen Fluss bzw. Strom. Das Flammenhalterohr **42** erlaubt es, ein kontinuierliches überkritisches Wasseroxidationsreaktionsfeld zu haben. Die Lücke von mehreren Millimetern zwischen dem Flammenhalterohr **42** und der inneren Hülle **38a** vermeidet außerdem einen Wärmetransport und eine Destabilisation der kontinuierlichen überkritischen Wasseroxidationsfelder aufgrund eines Kühlens. Der Temperaturbereich für kontinuierliche stabile Oxidationsreaktionen muss im Prinzip höher als 500–550°C sein und beträgt vorzugsweise ca. 600°C, aber beim Verarbeiten von feuerfesten Komponenten ist es möglich, die Temperatur auf 650–800°C anzuheben. Dies kann durch die Verwendung von Hitze aus Verbrennungsreaktionen realisiert werden, welche durch Hilfsbrennstoff, wie beispielsweise Alkohol, hergestellt werden.

[0069] Die Länge des Flammenhalterohrs **42** beträgt mindestens zweimal oder vorzugsweise mehr als dreimal dem inneren Durchmesser, aber es ist nicht wünschenswert, dass es zu lang ist, weil die übermäßige Länge den unterkritischen Zustand in der Mitte herstellen kann. Die Partikel und Salze, die abwechselnd nassen und trockenen Zyklen ausgesetzt sind, können sich dann in der Nähe des kritischen Punktes absetzen und verfestigen, und dies kann dazu führen, dass der Reaktionsturm **38** blockiert wird bzw. verstopft.

[0070] Temperaturmessanschlüsse **58a**, **58b**, **58c** sind an drei Stellen vorgesehen, nämlich am oberen Bereich, am inneren Hüllenverbindungsbereich und am unteren Bereich, um die Temperaturen an wichtigen Bereichen des überkritischen Reaktionsturms **22** zu messen, und ihre Ausgabeanschlüsse sind mit der – nicht gezeigten – Steuersektion verbunden. Der obere Temperatursensor wird dazu benutzt, zu prüfen, ob eine Anomalie in den überkritischen Wasseroxidationsreaktionen vorliegt, und die Resultate werden dazu verwendet, die Parameter zu steuern, welche die überkritischen Wasseroxidationstemperaturen beeinflussen, wie beispielsweise die Menge des zugeführten überkritischen Wassers, des Schlamms und Isopropanolalkohols, welche der Reaktionszone zugeführt werden. Dieser Sensor ist ein wichtiger Schlüssel-Steuersensor, und es ist vorteilhaft, mindestens zwei Sensoren zu haben, um die Systemsicherheit zu verdoppeln.

[0071] Der Schlammablassbereich **40** ist als eine doppelwandige Struktur konstruiert und ist in einem Winkel zur horizontalen Richtung geneigt, und das untere Ende der Turmstruktur **38** ist mit einer Stelle, die etwas höher als ihr Mittelbereich ist, verbunden, und ihre untere Oberfläche, welche etwas tiefer liegt als der mittlere Bereich, ist mit dem oberen Ende des Schlammablassrohrs **60** verbunden. Ein Gasauslass **64**, der den internen Druck konstant hält, ist auf dem Deckel **62** – platziert überhalb des Ablassbereiches **40** – vorhanden, um die gasförmige Phase, welche nicht kondensierbare Gase, wie beispielsweise Sauerstoff, Stickstoff und Kohlendioxid, enthält, abzulassen. Der Raum zwischen der inneren Hülle **40a** und der äußeren Hülle **40b** ist auch ein Wärmeflüssigkeits-Durchlass **66**, welcher dazu verwendet wird, unterkritisches Wasser fließen zu lassen, und das vom unteren unterkritischen Wassereinlass **68** zugeführte unterkritische Wasser wird von dem oberen unterkritischen Wasserauslass **70** abgelassen.

[0072] Im Inneren des Ablassbereichs **40** ist eine Förderschraube **80** vorgesehen, welche eine drehende Welle **76** umfasst, welche mittels eines untersetzten Motors **74** angetrieben wird, welcher an der äußeren Oberfläche des Bodendeckels **72** angebracht ist, und welche weiterhin spiralförmige Flügel bzw. Schaufeln **78** umfasst, die auf der drehbaren Welle **76** zum Auslassen des Schlamms vorgesehen sind. Die Flügel **78** der Förderschraube **80**, welche überhalb des Auslasses des Schlammauslassrohrs **60** angebracht ist, sind als Rechtsgewinde angeordnet, während die unterhalb des Auslasses vorhandenen Flügel als Linksgewinde angeordnet sind. Wenn die Welle in Richtung des Pfeils gedreht wird, wird der Schlamm zur Öffnung des Schlammauslassrohrs **60**

bewegt, und zwar sowohl vom oberen und unteren Bereich des Ablassbereichs **40**. Der Bodendeckel **72** des Ablassbereichs **40** weist eine Durchführung **82** zum Aufnehmen der drehbaren Welle **76** auf, und um die Durchführung herum ist ein Dichtbereich **84** zum Fließenlassen druckgespeisten Dichtwassers vorgesehen, welches von dem unterkritischen Wasserkreislauf C abgezweigt wird, so dass der Schlamm nicht in die Durchführung **82** eintreten kann.

[0073] Verschiedene Flügel **78** sind beabstandet und unterbrochen auf der Förderschraube **80** angebracht, und der Schlamm kann durch die Zwischenräume fließen. Diese Vorrichtung reduziert das Anhaften des Schlamms an den Flügeln und beugt einer Fehlfunktion der Förderschraube **80** aufgrund einer Verfestigung des Schlamms an der gesamten Schraubensektion vor. Die drehbare Welle **76** wird durch Kühlwasser, welches aus einer drehbaren Verbindung **86** zugeführt wird, gekühlt. Es soll angemerkt werden, dass, wenn die Schlammkonzentration gering ist und der Schlamm reibungslos allein durch die Schwerkraft abgelassen werden kann, die Förderschraube **80** nicht notwendig ist.

[0074] Der Nachbehandlungsbereich **24** folgt dem Schlammablassrohr **60** des überkritischen Wasserreaktionsturms **22** und umfasst: ein Einlassventil **88**, einen druckreduzierenden Vortank **90**, ein mittleres Ventil bzw. Mittenventil **92**, einen druckreduzierenden hinteren Tank **94**, ein Auslassventil **96**, einen Schlammkühler **98**, einen Ausspültank bzw. Ausspültank (Dampf/Flüssigkeits-Trenntank) **100** und Lagertanks **102**, **104** zum Aufbewahren kondensierten Wassers bzw. des verarbeiteten Schlamms. Der Schlammkühler **98** ist vorgesehen, um eine übermäßige Verdampfung aus dem Schlamm zu verhindern, was in einer verringerten Fließfähigkeit bzw. Fluidität des Schlamms aufgrund des übermäßigen Verlustes von Wasser führen könnte. Der Gasauslass **64** des Schlammablassbereichs **40** hat ein Gasrohr **106** zum Auslassen getrennter Gase von der Spitze des Ausspültanks **100**, und das ausgelassene Gas wird als Wärmequelle dem ersten Schlammheizer **14** zugeführt und wird in den Kondenswassertank **102** geführt. Außerdem ist ein Schlammablassrohr **108** am Boden des Ausspültanks **100** vorgesehen, um den entgasten Schlamm zum Lagertank **104** für verarbeiteten Schlamm zu lenken.

[0075] Fig. 3 zeigt die Struktur des unterkritischen Reaktionsturms **20**, welcher ein Wärmetauscher ist, der einen internen einachsigen Rührer aufweist sowie eine doppelwandige Konstruktion, welche eine innere Hülle **20a** und eine äußere Hülle **20b** umfasst, die einen Wärmeflüssigkeits-Durchlass (unterkritischer Wasserdurchlass) **110** zwischen sich bilden. Eine drehbare Welle **114** mit Rühr-/Schabe-Flügeln **112** ist im Inneren der inneren Hülle **20a** vorgesehen, und ein untersetzender Motor **118** zum Drehen der Welle ist über dem oberen Deckel **116** vorgesehen. Die innere Hülle **20a** ist aus hochwertigem korrosionsbeständigen Material, wie beispielsweise Hastelloy, hergestellt, um vor korrosiven Substanzen wie beispielsweise im Schlamm vorhandenem Chlor zu schützen. Die äußere Hülle **20b** formt einen Druckkessel zum Aufnehmen eines Hochdruckfluids, wie beispielsweise dem unterkritischen Wasser und dem Schlamm. Die äußere Hülle **20b** ist durch die innere Hülle **20a** geschützt und befindet sich nicht in Kontakt mit dem Schlamm. Gewöhnlicher Stahl bzw. Kesselstahl kann hier verwendet werden.

[0076] Die Druckdifferenz zwischen dem Schlamm innerhalb des unterkritischen Reaktionsturms **20** und dem unterkritischen Wasser ist ungefähr die gleiche wie die für den überkritischen Reaktionsturm **22**, und auch dann, wenn der Druck des unterkritischen Wassers etwas höher ist, beträgt er höchstenfalls ca. eine Atmosphäre. Daher wird wenig Druck auf die innere Hülle **20a** aufgebracht, so dass die Wandstärke der inneren Hülle **20a** nicht sehr dick zu sein braucht, sondern nur so dick, um ein Verarbeiten zu erlauben. Dennoch sind einige Verbindungen S zum Aufnehmen einer Wärmeausdehnung angebracht, um für den Unterschied in der Wärmeausdehnung zu kompensieren, welche sich durch einen Unterschied in den Material- oder Temperaturbedingungen ergeben.

[0077] Das unterkritische Wasser wird durch Wärmeaustausch mit dem Schlamm abgekühlt und wird schwer, so dass es vom oberen Einlass **120** zugeführt und vom unteren Auslass **122** abgelassen wird. Der Schlamm fließt in Gegenstromrichtung zum unterkritischen Wasser, und der Einlass **124** ist am Boden angebracht, und der Auslass **126** ist an der Spitze angebracht. Der Auslass **126** ist ein wenig über dem Schlammeinlass **46** des überkritischen Reaktionsturms **22** angebracht, um die Fördereffizienz des Schlamms zu erhöhen.

[0078] Rührflügel **112** werden verwendet, um eine durch aufgewachsene Calciumschuppen oder ähnliches bewirkte Betriebsstörung zu verhindern und werden auf der drehbaren Welle **114** installiert. Die Flügel **112** können fast die gesamte Oberfläche der inneren Hülle abstreichen, indem sie eine Lücke von ungefähr 1 bis 3 mm zwischen den Spitzen der Flügel und der inneren Oberfläche lassen. Diese Flügel bewirken zudem eine Wärmeleitung zwischen dem Schlamm und dem unterkritischen Wasser durch dauerndes Drehen der Rühr-/Schabeflügel **112** zum Rühren des Schlamms, weil eine solche Wärmeleitrate von dem Massenübertrag des Schlamms abhängig ist. Dies dient weiterhin dazu, den Niederschlag von Asche im Schlamm zu vermeiden, wenn die Geschwindigkeit im Wärmetauscher aufgrund der Mischung des Schlamms gering ist.

[0079] Verbindungen so wie bei dem Flansch **128**,

entsprechend dem überkritischen Reaktionsturm **22**, werden lecksicher gemacht durch das Verwenden von metallischen Dichtringen **129**, welche aus hochtemperatur- und hochdruck-resistentem Material wie beispielsweise SUS hergestellt und in eine an den Flanschoberflächen gebildete Nut eingebracht sind. Zudem ist ein Dichtbereich **130** um die Durchführung für die Welle am motorseitigen Flansch vorgesehen, um ein Eindringen des Schlamms in die Durchführung zu vermeiden, und zwar durch Einführen von unter Druck stehenden Dichtwasser, welches aus dem unterkritischen Wasserkreislauf C abgezweigt wird. Rühr-/Schabeflügel **112** sind unterbrochen als ein Rechtsgewinde angebracht, und wenn die Rührwelle **114** in Richtung des in Fig. 3 gezeigten Pfeils gedreht wird, wird der Schlamm nacheinander nach oben befördert. Die Struktur des zweiten Schlammvorheizers **16** ist im wesentlichen die gleiche wie die des unterkritischen Reaktionsturms **20** mit der Ausnahme, dass die Temperatur geringer ist, so dass auf eine weitere Beschreibung hier verzichtet wird.

[0080] Als Nächstes wird das Wasserzuführsystem für überkritisches und unterkritisches Wasser erklärt. Der überkritische Reaktionsturm **22**, der unterkritische Reaktionsturm **20** und der zweite Schlammvorheizer **16** sind mit dem unterkritischen Wasserkreislauf C ausgestattet. Der Kreislauf C beginnt am Auslass der unterkritischen Wasserzirkulationspumpe **132** und tritt vom unteren Einlass in dem Wärmeflüssigkeits-Durchlass des Ablassrohrs **60** in den überkritischen Reaktionsturm **22** ein und tritt am oberen Auslass aus, tritt dann vom unteren Einlass **68** in den Wärmeflüssigkeits-Durchlass **66** des Ablassbereichs **40** ein, und tritt vom oberen Auslass **70** aus und tritt weiterhin vom unteren Einlass **54** in den Wärmeflüssigkeits-Durchlass **52** der Turmstruktur **38** ein, und tritt vom oberen Auslass **56** aus. Der Kreislauf C tritt durch den unterkritischen Wasserheizer **134** hindurch, welcher zwischen den oberen und unteren Hüllen der Turmstruktur **38** angebracht ist, und die Temperatur des kreisenden Wassers wird angepasst, wenn notwendig.

[0081] Der unterkritische Wasserkreislauf C teilt sich auf, nachdem er vom oberen Auslass **56** ausgetreten ist, und ein Teil wird zur Spitze und dem Inneren der Turmstruktur **38** geführt, nachdem er am überkritischen Wasserheizer **136** auf die überkritische Temperatur aufgeheizt worden ist. Der andere Teil führt durch den Luftvorheizer **138** und heizt Versorgungsluft und führt durch den unterkritischen Reaktionsturm **20**, tritt am oberen Einlass **120** des Wärmeflüssigkeits-Durchlasses **110** ein und tritt am unteren Auslass **124** aus, und tritt am oberen Einlass des Wärmeflüssigkeitsdurchlasses des zweiten Schlammvorheizers **16** ein und tritt am unteren Auslass aus, um zur Saugöffnung der unterkritischen Wasserzirkulationspumpe **132** zurückzukehren.

[0082] Da ein Teil des umlaufenden Wassers als ein Reaktionsmedium dem überkritischen Reaktionsturm **22** zugeführt wird, ist ein Füllwasser-Verteilerrohrsystem vorgesehen, um unterkritisches Füllwasser zu liefern. Diese Anlage umfasst: reines Wasser **140**, welches mittels eines Ionentauschers entionisiert worden ist; eine Entgasungskessel-Wasserzuführpumpe **142**, welche den Druck auf 3 bis 5 Atmosphären anhebt; einen Füllwasservorheizer **144** zum Heizen auf eine Temperatur über 100°C, typischerweise auf 120~140°C, welcher Gas oder Flüssigkeit verwendet, welche mittels des ersten Schlammvorheizers **14** aufgeheizt worden sind; einen Entgasungskessel **146** zum Entfernen nicht-kondensierbarer Gase, insbesondere Sauerstoff, aus dem aufgeheizten Wasser; und eine Füllwasserzuführpumpe **148** zum Zusammenführen des geheizten Wassers mit dem unterkritischen Wasserkreislauf C am Saugende der unterkritischen Wasserzirkulationspumpe **132**. Dem Füllwasser muss Sauerstoff vollständig durch Hinzufügen eines Entoxidationsmittels oder eines Koch- bzw. Siedemittels entzogen worden sein, um Korrosion und Ablagerungen in der Anlage zu verhindern.

[0083] Weiterhin ist der überkritische Reaktionsturm **22** mit einer Luftzuführanlage zum Zuführen von Luft für Oxidationsreaktionen ausgestattet. Diese Anlage umfasst: eine Quelle **150** für trockene bzw. entfeuchtete Luft; einen Hochdruckverdichter **152** zum Unterdrucksetzen der trockenen Luft auf einen Druck, der etwas höher ist als derjenige des unter Druck stehenden Schlamms; einen Luftvorheizer **138** zum Vorheizen mit unterkritischem Wasser, welches aus dem überkritischen Reaktionsturm **22** austritt; und eine Anlage, die mit dem überkritischen Wassereinlass **48** des überkritischen Reaktionsturms **22** verbunden ist, die zum Zusammenführpunkt mit dem Fluss des überkritischen Wassers führt.

[0084] Als Nächstes wird der Betrieb der Verarbeitungsvorrichtung für organischen Abfall, welcher die oben beschriebene Struktur hat, erläutert. Als Erstes wird der Betrieb des Schlammsystems erläutert. Flugasche aus verbranntem Kommunalabfall wird im Schlammeinstelltank **10** durch Rühren mit einem Dispergiermittel, Säure, mit Wasser verdünnter Isopropanolalkohol-Lösung und Wasser behandelt, um einen neutralen oder leicht sauren Schlamm mit einem pH-Wert von 7 bis 3 und einem Feststoffanteil von 5 bis 40 Gew.-%, vorzugsweise 10 bis 30 Gew.-%, herzustellen.

[0085] Die Menge von Isopropanolalkohol wird gesteuert, um eine stationäre, kontinuierliche Oxidationsreaktion im überkritischen Reaktionsturm **22** zu erreichen, in anderen Worten: die Zufuhr muss eingestellt werden, so dass die Schlammtemperatur von über 550°C, vorzugsweise um 600°C, durch die durch Oxidation erzeugte Hitze erreicht. Falls das Objektmaterial ein feuerfestes Material ist, kann die

Menge erhöht werden, um die Temperatur auf höhere Werte anzuheben. Diese Menge beträgt rund 2 bis 20 Gew.-% im Schlamm, typischerweise 4 bis 10 Gew.-%. Natürlich ist es möglich, durch Erhöhen der Menge des überkritischen Wassers, welche dem überkritischen Reaktionsturm **22** zugeführt wird, die Zuführrate von Isopropanolalkohol zu verringern, aber in diesem Fall ist eine größere Wärmemenge am überkritischem Wasserheizer **136** notwendig, um das unterkritische Wasser, welches aus dem Wärmeflüssigkeits-Durchlass **52** eintritt, aufzuheizen. Statt Isopropanolalkohol, können auch andere wasserlösliche und einfach oxidierende organische Mittel, wie beispielsweise andere Alkohole und Ketone, verwendet werden.

[0086] Dispergiermittel werden verwendet, um ein Absetzen fester Partikel in der Schlammanlage oder in den Wärmetauschern zu verhindern, und dies ist nicht notwendig, wenn die Geschwindigkeit des Schlamms bei ungefähr 1 bis 3 m/s gehalten werden kann, oder wenn sich Feststoffe dann nicht aus dem Schlamm niederschlagen, wenn die Schlammkonzentration ausreichend hoch ist, oder wenn feste Teilchen ausreichend fein sind, oder wenn die Viskosität des Schlamms hoch ist.

[0087] Der durch die oben genannten Schritte eingestellte Schlamm wird in der Schlammdruckpumpe auf einen Druck gesetzt, welcher höher als 225,56 Atmosphären ist, typischerweise 240~400 atm, vorzugsweise 240~300 atm. Dann passiert der Schlamm den ersten Schlammvorheizer **14**, den zweiten Schlammvorheizer **15** und den unterkritischen Reaktionsreaktionsturm **20**; und die Temperatur wird durch indirektes Heizen angehoben, um es unterkritischen Reaktionen auszusetzen, in erster Linie Reduktionsreaktionen, und wird zum höchsten Bereich des überkritischen Reaktionsturms **22** befördert.

[0088] Im höchsten Bereich des überkritischen Reaktionsturms **22**, wird überkritisches Wasser, welches durch den überkritischen Wasserheizer **136** auf 600~650°C aufgeheizt und vorläufig mit oxidierender Luft gemischt worden ist, aus dem überkritischen Wassereinlass **48** in das Innere des Flammenhalterohrs **42** geführt. Die Luftzuführrate wird auf der Grundlage des zur Oxidation des Alkohols im Schlamm notwendigen Sauerstoffs bestimmt sowie auf der Grundlage seiner Zerfallsprodukte, unverbrannten in den Aschen vorhandenen Kohlenstoffs und anderer verbrennbarer Materialien. Dies bedeutet, dass die zuzuführende Luftmenge zwischen 1,0- und 1,5-mal, vorzugsweise zwischen 1,1- und 1,3-mal, des stöchiometrischen Wertes beträgt. Entsprechend werden brennbare Materialien im Schlamm oxidiert und in ihrer Temperatur erhöht, um ein kontinuierliches, lokalisiertes Hochtemperatur- und Hochgeschwindigkeits-Oxidationsfeld zu bilden, und zwar hauptsächlich innerhalb des Flammenhalterohrs **42**, was in einer schnellen Auflösung der brennbaren Materialien resultiert.

[0089] Der Schlamm im überkritischen Zustand steigt, während er die Restmaterialien oxidiert, kontinuierlich durch die in Längsrichtung langgezogene Turmstruktur **38** herab, weil er durch die Schlammzufuhr und eine Mischung überkritischen Wassers und Luft, welche kontinuierlich zum oberen Ende der Turmstruktur **38** zugeführt wird, nach unten gedrückt wird. Während dieses Abschnitts wird der Schlamm durch das Fluid in dem Wärmeflüssigkeits-Durchlass gekühlt, und verringert die Temperatur, um die unterkritische Temperatur von weniger als 374,15°C zu erreichen, und kommt im Ablassbereich **40** an.

[0090] Im Ablassbereich **40** wird der Schlamm weiter durch eine drehende Welle **76** und Wandoberflächen abgekühlt, und die unterkritische Zone wird wieder neu geformt. Der Schlamm wird zum Eingang des Ablassrohrs **60** geführt, indem er dort durch die Schwerkraft oder abgeschabt durch Schlammablassflügel **78** hingeführt wird, und kommt das Ablassrohr **60** herunter. Restbestände von Sauerstoff im Schlamm, Stickstoff in der zugeführten Luft, bei den Oxidationsreaktionen produziertes Kohlendioxid, und andere nicht-kondensierbare Gase werden graduell in der Nähe des Gasauslasses **64** im oberen Bereich des Ablassbereichs **40** gesammelt.

[0091] Der im Ablassrohr **60** angesammelte Schlamm wird weiter zum Spül- bzw. Reinigungstank **100** in der folgenden Art abgelassen. Zuerst ist das Mittenventil **92** geschlossen, und das Einlassventil **88** ist geöffnet, um den Schlamm in den druckreduzierten Vortank **90** einzubringen, und das Einlassventil **88** ist geschlossen. Als Nächstes wird das Mittenventil **92** geöffnet, um das Volumen auf das gemeinsame Volumen von Vor- und Nach-Tanks **90**, **96** zu erhöhen, und der Schlammdruck wird reduziert. Als Nächstes wird das Mittenventil **92** geschlossen und das Auslassventil **96** geöffnet, wodurch der Schlamm durch seinen eigenen Druck zum Ausspültank **100** geschickt wird, woraufhin danach das Auslassventil **96** geschlossen wird, um den nächsten Schlamm zu entnehmen.

[0092] Durch Wiederholen dieses Verfahrens wird der unter hohem Druck von über 225,56 atm stehende Schlamm auf ein Druckniveau von 3~20 atm, vorzugsweise 12~20 atm, druckmäßig abgesenkt und zum Ausspül- bzw. Waschtank **100** geliefert. Falls durch eine solche Druckreduktion das im Schlamm enthaltene Wasser im Übermaß durch den Spülbetrieb entfernt wird, kann die Fluidität zu gering werden, und der Schlammtransport zum nächsten Verarbeitungsschritt könnte verhindert werden. Aus diesem Grund wird der Schlamm vorsichtshalber auf eine geeignete Temperatur durch Verwenden des

doppelwandigen Schlammkühlers **98** abgekühlt, welcher zwischen dem Auslassventil **96** und dem Ausspültank **98** vorgesehen ist, wo ein Teil des ausgespülten Wassers kondensiert wird. Falls der Schlamm statisch ist, ist ein Kühlen von den Wandoberflächen aus nicht effektiv, weil nur ein geringer Massentransfer und eine geringe Wärmeleitung vorhanden ist. In diesem Falle wird der Schlamm mit einigem Dampf versetzt und wird durch seinen eigenen Druck zum Ausspültank **100** weitergeleitet. Die Wärmeaustauschrate zwischen dem Schlamm und den Wandoberflächen ist hoch genug, und sogar mit einer kleinen Kühlfläche kann ein guter Kühleffekt erreicht werden.

[0093] Hier liegt der Grund für dieses wiederholte Öffnen und Schließen im Ventilbetrieb, um eine flüssige Phase oder Schlammphase zu entziehen, darin, die Ventile zu schützen. Wegen der hohen Druckdifferenz an den Ventilen werden, falls Ventile mit einer kleinen Öffnung verwendet werden, der Ventilkörper und Ventilgehäuse einem starken Strom verdampfender flüssiger Phase oder Schlammphase ausgesetzt. Dies kann zu einer rapiden Abnutzung oder zum Eindringen von Flüssigkeit in die hinteren Abschnitte oder Antriebsabschnitte führen, wodurch die Ventile beschädigt werden. Aus diesem Grund wird, um die Schlammphase mit einer Druckreduktion zum Ausspültank **100** zu entnehmen, eine wiederholte Betätigung des vollen Öffnens oder vollen Schließens der Ventile durchgeführt.

[0094] Nicht-kondensierbare Gase, welche vom Auslass **46** des Ablassbereichs **40** zusammen mit dem vom Schlamm im Inneren des Ablassbereichs **40** ausgespülten Wasserdampf entzogen werden, werden in den Ausspültank **100** eingeführt und von der flüssigen Phase getrennt. Die Dampfphase, welche eine hohe Konzentration von Wasserdampf enthält, wird zum ersten Schlammvorheizer **14** als Wärmequelle geführt, und wird weiterhin zum Füllwasservorheizer geführt und in den Kondenswassertank **102** eingeführt, wo das kondensierte Wasser entfernt wird, und wird zum Tank **104** des behandelten Schlamms geführt.

[0095] Der Schlamm, der sich am Boden des Ausspültanks **100** angesammelt hat, wird ausgeblasen und in den Tank **104** für den behandelten Schlamm abgelassen, und zwar durch periodisches Betätigen der Ventile, wodurch sein Füllstand konstant gehalten wird. Gase vom Kondenswassertank **102** und aus dem Schlamm entfernte harmlose Gase werden über den Auslass **145** in den Tank **104** für den behandelten Schlamms abgelassen.

[0096] In dieser Verarbeitungsvorrichtung fließt die ganze Mixtur aus Objektmaterial und dem Medium, welches überkritisches Wasser ist, in den überkritischen Reaktionsturm **22** in einer Richtung und nach Passieren der unterkritischen Zone, wo Temperatur und Druck verringert sind, wird die Mischung in einem schlammförmigen Zustand abgelassen, um weiter behandelt zu werden. Daher kann das Behandeln – im Vergleich zum Fall des Entnehmens der Substanzen im überkritischen Zustand – bei niedrigerer Temperatur und Druck durchgeführt werden, und Nachbehandlungsverfahren können wesentlich vereinfacht werden. Zusätzlich werden Rückstände mit geringer Fluidität, einschließlich Salzen, im überkritischen Reaktionsturm **22** nicht gebildet, und es besteht daher keine Notwendigkeit, eine weitere Menge von Wasser separat zuzuführen, um mit solchen Rückständen zu verfahren, was außerdem das Nachbehandlungsverfahren vereinfacht.

[0097] Außerdem ist, anders als bei der herkömmlichen Vorrichtung, der Strom bzw. Fluss unidirektional bzw. in einer Richtung, und es besteht keine Notwendigkeit für eine komplexe Struktur wie beispielsweise zum Zirkulierenlassen von Mischphasen im Reaktionsturm **22**. Daher werden nicht nur die Vorrichtung selbst, sondern auch die Kontrollsysteme wesentlich vereinfacht.

[0098] Als Nächstes wird der Betrieb des Wasserzuführsystems erklärt. Im Füllwasserdurchlass wird reines Wasser **140**, welches mittels eines Ionentauschers entionisiert worden ist, in der Wasserzuführpumpe **142** des Entgasungskessels auf bis zu 3–5 atm unter Druck gesetzt, und der Füllwasservorheizer **144** heizt es auf eine Temperatur oberhalb von 100 °C, normalerweise zwischen 120 und 140 °C, auf, und der Entgasungskessel **146** entfernt nicht kondensierbare Gase, insbesondere Sauerstoff, aus dem aufgeheizten Wasser. Der Druck des entgasten Wassers wird an der Füllwasserzuführpumpe **148** angehoben, und zwar auf einen Wert, der etwas höher ist als der in der Schlammdruckpumpe **18** hergestellte Druck. Dieses unter Druck gesetzte und entgaste Wasser fließt an der Saugseite der Wasserzirkulations- bzw. Umlaufpumpen **132** zusammen und füllt den unterkritischen Wasserkreislauf C auf.

[0099] Im unterkritischen Wasserkreislauf C steigt Wasser aus der unterkritischen Wasserzirkulationspumpe **18** zum Wärmeflüssigkeits-Durchlass im Schlammablassrohr **60** auf, und kühlt den Schlamm beim Passieren der inneren Hülle ab, und das Wasser selbst wird durch den Wärmeaustausch aufgeheizt, und dieser Vorgang wiederholt sich im Wärmeflüssigkeits-Durchlass **66** im Schlammablassbereich **40** und im Wärmeflüssigkeits-Durchlass **52** der Turmstruktur **38** im überkritischen Reaktionsturm **22**. Da die überkritische (Rand-)Bedingung im oberen Bereich des überkritischen Reaktionsturms **22** nicht lang genug aufrecht erhalten werden kann, falls die Wandtemperatur zu gering wird, wird ein Heizbetrieb durch den unterkritischen Wasserheizer **134** ausgeführt, welcher mittig im unterkritischen Wasserdurch-

lass vorgesehen ist. Die übliche Temperatur am Auslass des Wärmeflüssigkeits-Durchlasses **42** im überkritischen Reaktionsturm **22**, wird zwischen 340 bis 370 °C, vorzugsweise zwischen 350 bis 360 °C, gehalten.

[0100] Weil, wie oben beschrieben, die innere Hülle **38a** im überkritischen Reaktionsturm **22** auf unterkritische Temperaturen gekühlt wird, wird überkritisches Wasser an der inneren Oberfläche der inneren Wand der Hülle in unterkritisches Wasser umgewandelt. Dadurch werden Salze und ähnliches, die durch Reaktionen produziert werden oder die in dem Schlamm enthalten sind, es schwer haben, sich an der Wandoberfläche abzusetzen, oder, falls sie sich abgesetzt haben, werden sie weggewaschen und entfernt. Da zudem die innere Hülle **38a** durch den Wärmeflüssigkeitsdurchlass **52** gekühlt und bei niedrigeren Temperaturen als der kritischen Temperatur gehalten wird, kann dieser Bereich aus relativ preisgünstigem Material hergestellt werden, und auch die Lebenszeit wird erhöht.

[0101] Zudem wird in den herkömmlichen Vorrichtungen das Material zum Herstellen der Reaktionskammer hohen Reaktionstemperaturen ausgesetzt. Aus diesem Grund entsprach die Grenze für Reaktionstemperaturen der für das Metall zulässigen Temperatur, und zwar zwischen 600 bis 650 °C. Jedoch können bei der vorliegenden Vorrichtung Reaktionsfelder mit einer höheren Temperatur oberhalb der Temperatur der Wand der Reaktionskammer, eingestellt werden. Daher kann ein kontinuierlicher Betrieb bei viel höheren Temperaturen, wie beispielsweise zwischen 650 bis 800 °C ausgeführt werden, und zwar durch Verwendung der Verbrennungswärme von Hilfsbrennstoff bei höheren Temperaturen als der für normale Metalle erlaubten Temperatur.

[0102] Es ist aufgrund von Aufbauproblemen schwierig, den unterkritischen Wasserdurchlass **52** vollständig vom Inneren abzudichten, aber da der Druck auf der unterkritischen Wasserseite höher ist, ergibt sich keine Gefahr, dass der Schlamm in Richtung des Durchlasses **52** fließt. Unterkritisches Wasser leckt aus kleinen Spalten der Verbindungsbereiche ein wenig auf die Schlammseite, aber dieses Wasser enthält keinen Sauerstoff, und da die Druckdifferenz gering ist, wird auch die Leckrate niedrig sein. Aus der Sicht des praktischen Betriebs ist dieses Leck kein Problem.

[0103] Da zudem die innere Hülle **38a** starken überkritischen Wasseroxidationsreaktionen ausgesetzt ist, existiert die Möglichkeit, dass Risse oder Perforationsschäden auftreten. In diesem Fall enthält jedoch Wasser, das aus dieser Region leckt, keinen Sauerstoff, und da es nicht durch den überkritischen Wasserheizer **136** durchgegangen ist, reduziert sich die Reaktortemperatur. Daher neigt die Reaktion dazu, neutralisiert zu werden, und die Situation verschiebt sich in eine sogenannte ausfallsichere Richtung. Es besteht keine Möglichkeit einer unkontrollierten Reaktion, das System kann sehr sicher betrieben werden.

[0104] Ein Teil des umlaufenden unterkritischen Wassers, welches aus dem Wärmeflüssigkeits-Durchlass **52** in den überkritischen Reaktionsturm **22** austritt, wird durch den überkritischen Wasserheizer **136** zum überkritischen Reaktionsturm **22** geführt. Der zurückbleibende Teil des umlaufenden Wassers heizt Luft im Luftvorheizer **138** auf, und das Wasser selbst wird gekühlt und passiert Wärmeflüssigkeits-Durchlässe im unterkritischen Reaktionsturm **20** und zweiten Schlammvorheizer **16**, um den Schlamm durch die innere Hülle **20a** zu heizen, usw. und fließt mit dem Füllwasser zusammen und kehrt zur unterkritischen Wasserumlaufpumpe **132** zurück. Es ist wünschenswert, die Temperatur des zurückkehrenden unterkritischen Wassers auf 260 bis 320 °C einzustellen, vorzugsweise auf 270~300 °C, und zwar durch Steuern der unterkritischen Wasserrate in einer Höhe von drei- bis dreißigmal, vorzugsweise fünf- bis fünfzehnmal, in Bezug zum Schlammfluss bzw. -strom.

[0105] Luft für die Oxidationsreaktion wird von vorbestimmten Stellen eingelassen und entfeuchtet und dann zum Hochdruckluftkompressor **152** gezogen, und der Druck wird auf einen Wert angehoben, der ein wenig höher ist als der Schlammdruck in der Schlammdruckpumpe **18**. Dann tauscht die Luft im Luftvorheizer **138** Wärme mit dem unterkritischen Wasser aus, welches aus dem überkritischen Reaktionsturm **22** austritt, mit überkritischem Wasser zusammengeführt wird, und zum überkritischen Reaktionsturm **22** geführt wird.

[0106] Hier wird Luft aus wirtschaftlichen Gründen verwendet, aber es kann auch reiner Sauerstoff verwendet werden, der mittels eines Verdampfers von flüssigem Sauerstoff verdampft worden ist, um eine kompakte Vorrichtung ohne die Notwendigkeit, den Kompressor zu verwenden, aufzubauen. Da in diesem Fall kein begleitender Stickstoff auftritt, wird die Menge von Abgas reduziert, und die Konzentration von Wasserdampf im Gas vom Ausspültank **100** wird angehoben. Dadurch wird die Wärmeeffizienz des ersten Schlammheizers und des Füllwasservorheizers **144** verbessert, und der Wärmeverlust durch das Abgas wird reduziert, wodurch Energieeinsparungen erreicht werden können.

[0107] Fig. 4A zeigt eine weitere Ausführungsform des unterkritischen Reaktionsturms **160**, welcher einen Wärmetauscher in Form eines zweiachsigen Typs aufweist. Diese Vorrichtung ist grundsätzlich die gleiche wie in der ersten Ausführungsform, aber der Wasserabdichtungsbereich umfasst ein Getriebe

162, und einen Zwischenraum von ungefähr 10 mm ist zwischen den vertikal nebeneinander liegenden Rührflügeln **164** vorgesehen, und die Rührflügel **164** an der Antriebswelle **166** und der angetriebenen bzw. Nebenwelle **168** sind spiegelsymmetrisch angebracht, und die Getriebeübersetzung ist so gewählt, dass für sechs Umdrehungen der Antriebswelle **166** die angetriebene Welle **168** siebenmal gedreht wird. Die Form der inneren Hülle **160a**, wie sie in Fig. 4B gezeigt ist, folgt den umlaufenden Pfaden der Spitzen der Rührflügel **164**, was mit zwei überlagerten Kreisen korrespondiert.

[0108] Entsprechend ändern die Flügel **164** auf der angetriebenen Welle **168** ihre relative Position um 1/6 pro Umdrehung, und beginnen bei Position "a" und gehen über zu "b", "c", "d", "e" und "f' und kehren wieder zu "a" zurück. Dadurch werden die Oberflächen der Flügel dauernd gereinigt, wie weiter unten erklärt wird. Werden die Flügeloberflächen, welche der Drehrichtung zugewandt sind, als Vorderflächen bezeichnet, und werden die gegenüberliegenden Flügeloberflächen als Rückfläche bezeichnet, befinden sich die folgenden Flügeloberflächen in schabender Beziehung zur gegenseitigen Reinigung: Die Vorderflächen der zur Antriebswelle **166** gehörenden Flügel und die Rückflächen der zur angetriebenen bzw. Nebenwelle **168** gehörenden Flügel in Position "a" und die Rückflächen der zur Antriebswelle **166** gehörenden Flügel und die Vorderflächen der zur Nebenwelle **168** gehörenden Flügel in Position "f" Natürlich werden die oberen und unteren Oberflächen der Rührflügel **164** durch benachbarte Flügel **164** bei jeder Umdrehung gereinigt, wodurch verhindert wird, dass Schuppen bzw. Ablagerungen an den Rührflügeln **164** und Wellen **166**, **168** wachsen, so dass die Vorrichtung im Dauerbetrieb gefahren werden kann.

[0109] In den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen umfasst der Einlass des überkritischen Reaktionsturms **22** das Schlammzuführventil **50** und den überkritischen Wassereinlass **48**, von denen beide sich auf der Unterseite des Deckels **44** in Querrichtung öffnen. Die Fig. 5 und Fig. 6 zeigen weitere Ausführungsbeispiele in Bezug auf die Düsenkonstruktion am höchsten Abschnitt des überkritischen Reaktionsturms **22**. Die Schlammzuführdüse und die überkritische Wasserzuführdüse sind so angeordnet, dass sie eine koaxiale, sogenannte "Zwei-Flüssigkeits-Düse" bilden.

[0110] Fig. 5 zeigt ein Beispiel der Ausgestaltung, die am besten geeignet ist, wenn die Schlammenge im Verhältnis zum überkritischen Wasser gering ist, und die Schlammzuführdüse **170** innerhalb der überkritischen Wasserzuführdüse **172** angebracht ist, in welchem Fall die Querschnittsfläche der Schlammdüse **170** klein gemacht worden ist, um die Strömungsgeschwindigkeit zu erhöhen, und um das Mischen von Schlamm und überkritischem Wasser durch Einschießen des Schlamms in das Sauerstoff enthaltende überkritische Wasser zu verstärken. Es ist vorteilhaft, das überkritische Wasser in der Form zuzugeben, dass überkritisches Wasser den gesamten Fluss bzw. Strom des eingespritzten Schlamms umgibt; daher werden, wie in der Zeichnung gezeigt, eine Dispersionskammer **174** und ein poröses Sieb **176** dazu verwendet, das Fließverhalten anzupassen. Die Temperatur wird durch Zusammenführung des Sauerstoff enthaltenden überkritischen Wassers mit dem Schlamm durch Bildung der exothermen Oxidationsreaktionen angehoben, und dieses Reaktionsfeld ist von dem keramischen Flammenhalterohr **42** umgeben, welches vor einem Abkühlen oder vor durch den umgebenen Stromfluss bedingte Fluktuationen schützt. Entsprechend können überkritische Bedingungen verlässlich dadurch hergestellt werden, dass der Schlamm mit überkritischem Wasser gemischt wird, wodurch ein stabiler Betrieb der Vorrichtung ermöglicht wird.

[0111] Fig. 6 zeigt ein Beispiel, welches zum Verarbeiten einer kleinen Menge überkritischen Wassers im Vergleich zur Menge des Schlamms geeignet ist. Dies ist ein Fall, bei dem hauptsächlich wasserlösliche Brennstoffe wie beispielsweise Alkohol verwendet werden, um den überkritischen Zustand herzustellen, und es wird schwierig, die gesamte Umgebung des Schlammstrahls mit überkritischem Wasser zu umgeben. Daher wird die überkritische Wasserzuführdüse **180** in das Zentrum einer Schlammzuführdüse **178** platziert. In diesem Fall wird ein Mischen durch die Verwendung keramischer Teilchen bzw. Späne **182** im Mischbereich zum Mischen des Schlamms mit überkritischem Wasser verbessert. Innerhalb der Keramikspäne **182** wird eine überkritische Bedingung hergestellt, und diese Bedingungen sind stabil, weil sie durch den Fluidfluss weniger betroffen sind.

[0112] In jedem Fall ist es wünschenswert, den überkritischen Wasserdurchlass mit einer Isolierung zu umgeben, um ein Abkühlen zu verhindern. Ein hochtemperaturresistentes Legierungsmaterial, wie beispielsweise Incoloy, wird verwendet, um den überkritischen Wasserdurchlass herzustellen, und zwar wegen einer hohen Temperatur und eines hochgradig oxidierenden Umfelds.

[0113] Als Nächstes wird ein Beispiel eines Steuerverfahrens mit Bezug auf Fig. 7 gezeigt. Dieses Diagramm ist grundsätzlich das gleiche, wie schon in Fig. 1 gezeigt, aber weist die folgenden Steuereinheiten auf:

SIC: Geschwindigkeitsanzeige-Controller
TICA: Temperaturanzeige-Controllereinheit mit Alarm
TSA: Temperaturablaufsteuerung mit Alarm
LISA: Füllstandsanzeige-Ablaufsteuerung mit Alarm
FICA: Durchflussratenanzeige-Controller mit Alarm
O_2IA: Sauerstoffkonzentrations-Anzeigeeinheit

[0114] Das Ziel dieser Vorrichtung ist es, den unidirektionalen Fluss der Mischphase im überkritischen Reaktionsturm **22** zu steuern, und, die in der überkritischen Zone geformten Reaktionsprodukte in dem unidirektionalen Fluss abzuführen. Um eine solche Bedingung zu erreichen, ist es notwendig, solche Parameter wie Temperaturen und Drücke in der über- oder unterkritischen Zone im überkritischen Reaktionsturm **22** zu steuern.

[0115] Jedoch beeinflussen viele Faktoren diese Parameter, und ihre gegenseitigen Beziehungen sind komplex. Daher entspricht es einer praktischen Steuermethodik, alle Faktoren, die konstant gehalten werden können, auf einen vorbestimmten Wert einzusteuern, und im Vorfeld, soweit es geht, die beitragenden Faktoren jedes vorhersagbaren Faktors zur Temperatur des überkritischen Reaktionsturms, dem hauptsächlichen Steuerobjekt, zu quantifizieren, und zwar durch empirisches und experimentelles Herangehen unter bestimmten Betriebsbedingungen, so dass die durch die unvorhersehbaren Faktoren hervorgerufenen Fluktuationen durch Variieren solcher vorherbestimmbaren Faktoren in den Griff bekommen werden können.

[0116] Solche vorhersehbaren Faktoren schließen beispielsweise ein: die Schlammtemperatur am Eingang zum überkritischen Reaktionsturm; die Schlammzuführrate; der Schlamm-Wassergehalt; die Menge an Hilfsbrennstoff wie beispielsweise Isopropanolalkohol; die Luftzuführrate; die Temperatur des unterkritischen Wassers im Wärmeflüssigkeits-Durchlass und die Temperatur des überkritischen Wassers.

[0117] Die geeignete Schlammtemperatur am Eingang zum überkritischen Reaktionsturm **22** ist etwas geringer als die kritische Temperatur, das heißt 330 bis 370 °C, vorzugsweise um 350 °C. Die Schlammtemperatur am Eingang zum unterkritischen Reaktionsturm **20** liegt bei ca. 200 bis 300 °C. Daher werden der zweite Schlammvorheizer oder der Betrieb des unterkritischen Reaktionsturms **20** gesteuert, um diese Temperaturen im Schlamm zu erreichen. Diese Steuerung wird erreicht durch Einstellen der Umdrehung der Rühr/Schabewelle im zweiten Schlammvorheizer **16** oder im unterkritischen Reaktionsturm **20** entsprechend der vorausgewählten Werte. Dies ist der Fall, weil sich der neben der Wandoberfläche der inneren Hülle dieser Vorrichtung befindliche Schlamm nicht versetzen kann, außer er wird durch Rühren dazu gezwungen, wodurch die Wärmeleitfähigkeit zwischen dem Schlamm und dem kritischen Wasser vom Rühren des Schlamms in der Nähe der Wandoberfläche abhängt. Es besteht keine Notwendigkeit, ausdrücklich die Temperatur der vorgeheizten Luft zu steuern, weil die Temperatur der Hitzequelle, d.h. des unterkritischen Wassers, 350~370 °C nicht überschreitet.

[0118] Unterkritisches Wasser im Wärmeflüssigkeitsdurchlass im unterkritischen Reaktionsturm **22** wird durch Einstellen des Auslasses des unterkritisches Wasserheizers **134** zu einer angemessenen Temperatur im Bereich von 350~370 °C eingestellt, und die Temperatur der inneren Hülle **38a** im überkritischen Reaktionsturm **22** wird unterhalb der kritischen Temperatur gehalten. Der überkritische Wasserheizer **136** steuert seinen Auslass zum Einstellen der Temperatur des überkritischen Wassers, welches dem überkritischen Reaktionsturm **22** zugeführt wird, so nah wie möglich bei 600 bis 650°C und auch so hoch wie möglich, solange dies die Vorrichtung nicht schädigt. In dieser Ausführungsform werden sowohl der über- als auch der unterkritische Wasserheizer **134**, **136** elektrisch betrieben; falls die Anlage groß ist, kann ein Heizkessel verwendet werden, oder wenn die Vorrichtung in der Nähe eines Brennraums gelegen ist, kann eine Wärmequelle von den Abgasen verwendet werden und die laufenden Kosten können gespart werden.

[0119] Im überkritischen Reaktionsturm **22** wird die Temperatur des Schlamms im Eingangsbereich der Ablasssektion **40** im Boden so nahe wie möglich am kritischen Punkt gesteuert, und zwar durch Einstellen der Menge von Füllwasser, welches in den unterkritischen Wasserkreislauf C eingespeist wird, d.h. die Umdrehungsgeschwindigkeit der Füllwasserzuführpumpe **148**. Falls die Menge des benötigten Füllwassers die maximale Kapazität (Ablassrate) der Pumpe **184** überschreitet, ist es notwendig, die Betriebsparameter neu zu setzen, wie beispielsweise durch Anheben der Konzentration des Hilfsbrennstoffs wie beispielsweise Isopropanolalkohol.

[0120] Der Druck des Schlamms im überkritischen Reaktionsturm **22** wird durch die Menge der aus dem höchsten Bereich des Ablassbereichs **40** entnommenen Mischung aus nicht kondensierbarem Gas und Wasser bestimmt. Der Druck des Schlamms und des unterkritischen Wasserkreislaufs C, welche durch das überkritische Wasserzuführrohr verbunden sind, wird durch den Druckverlust bestimmt im Durchlass bestimmt, bis der Schlamm erreicht wird, und daher ist es nicht notwendig, ihn ausdrücklich zu steuern. Wenn jedoch das überkritische Wasserzuführrohr durch eine Blockade in der überkritischen Wasserdüse **48** verstopft ist, oder wenn ein plötzlicher Druckab-

fall auf der Schlammseite auftritt, können die inneren Hüllen im überkritischen Reaktionsturm **22**, im unterkritischen Reaktionsturm **20** und im zweiten Schlammvorheizer **16** einer Gefahr des Kollabierens ausgesetzt werden. Um eine solche Situation zu vermeiden, sollte ein Ablassventil vorgesehen werden, welches betätigt wird, wenn die Druckdifferenz zwischen dem unterkritischen Wasserumlauf C und der Schlammseite einen gewissen Wert überscheitet, wodurch Wasser im unterkritischen Wasserkreislauf C auf die Schlammseite abgelassen wird.

[0121] Im Ablassbereich **40** angesammelte flüssige Phase oder Schlammphase wird zum Ausspültank **100** abgelassen, wenn ein gewisser Füllstand erreicht wird, und zwar durch Betätigen von: Einlassventil **88** – (druckreduzierendem Vortank **90**) – Mittenventil **92** – (druckreduzierendem Nachtank **94**) – Auslassventil **96**, um aufeinanderfolgenden Schließ-/Öffnungszyklen zu wiederholen. Der Flüssigkeitsstand wird durch Messen der Druckdifferenz zwischen dem Einlass des Ablassbereichs und dem Auslass des Ablassbereichs am unteren Ende des Ablassrohrs **60** detektiert. Entsprechend misst der Ausspültank **100** den Schlamm-Füllstand oder Flüssigkeitsfüllstand durch die Druckdifferenz zwischen Spitze und Boden und, bei einem gewissen Füllstand, wird das Material durch Öffnen des Ablassventils für einen bestimmten Zeitraum zum Lagertank **104** für behandelten Schlamm abgelassen.

[0122] Die aus dem Ausspültank **100** abgelassenen Gase werden als Wärmequelle für den ersten Schlammvorheizer **14** und den Füllwasservorheizer **144** verwendet, wobei, um Temperaturänderungen an diesen Wärmeleitoberflächen zu verhindern, die Flussrate zum Kondenswassertank **102** konstant im Bereich von 3–20 atm, vorzugsweise auf 12–20 atm, eingesteuert wird. Auf der anderen Seite enthalten die in den Ausspültank **100** fließenden Gase eine flüssige Phase oder eine Schlammphase oder nicht kondensierbares Gas aus dem Ablassbereich **40**, und es existiert eine Menge Fluktuation. Aus diesem Grund ist ein Steuerventil am Auslass des Ausspültank **100** vorgesehen, um den Fluss des Gases, welches vom Ausspültank **100** bei konstanter Rate abgelassen wird, zu steuern. Der festgesetzte Wert dieser Flussrate wird auch durch den inneren Druck des Reinigungstanks bestimmt. Wenn der interne Druck des Tanks ansteigt, wird der festgesetzte Flussratenwert erhöht, und wenn umgekehrt der Druck absinkt, wird der gesetzte Wert für die Flussrate abgesenkt. Das Schlammsystem kann noch vorteilhafter betrieben werden, falls die Flussrate des aus dem Reinigungstank entzogenen Gases sich nicht stark ändert, sogar dann, falls der interne Druck im Reinigungstank sich innerhalb eines gewissen Bereichs verändert.

[0123] In der Nähe der höchsten Stelle des überkritischen Reaktionsturms **22** ist ein Temperaturmesselement **58a** vorgesehen, welches einen Alarm auslöst, wenn die Temperatur sinkt. Falls der Fortschritt der überkritischen Reaktionsrate bei einem Temperaturabfall unter 500–550°C langsam wird, wobei unverbranntes Material im verarbeiteten Schlamm zurückbleiben kann, sollten Ablauf oder Sperrmaßnahmen aktiviert werden, um die Zufuhr von Schlamm zu stoppen. Weiterhin ist die Vorrichtung nach der vorliegenden Erfindung dazu ausgestaltet, die Zufuhr an Schlamm zu stoppen, wenn sich eine Notfallsituation entwickelt, wie beispielsweise ein Erdbeben oder Feuer.

[0124] Die Schlammdruckpumpe, die Füllwasserzuführpumpe und der Hochdruckkompressor, die in der Vorrichtung verwendet werden, werden alle bei hohen Drücken von mehr als 225,56 atm betrieben, und sind vom Membran- oder volumetrischen Kolbentyp. Daher wird das Einstellen der Ablass- bzw. Ausgabemenge allgemein durch Ändern des Reduktionsverhältnisses oder der Umdrehungsgeschwindigkeit des Antriebsmotors geändert. Wenn die Menge zum unterkritischen Wasserkreislauf erhöht wird, wird der Temperatur-Variationsbereich im Kreislauf eingeengt und, während die maximale Temperatur auf der Basis der Auslasstemperatur des überkritischen Reaktionsturms **22** gesteuert wird, führt dies zu einem Anheben der Temperatur des unterkritischen Wassers am Auslass des zweiten Schlammvorheizers **16**. Falls dies die Temperatur am Einlass des überkritischen Reaktionsturms **22** nicht auf eine vorbestimmte Temperatur anheben kann, kann eine Verbesserung durch Anheben der Auslassrate der unterkritischen Wasserzirkulationspumpe **132** erreicht werden.

[0125] Die Menge an Luft oder Sauerstoff wird mit einigem Überschuss im Verhältnis zum benötigten Oxidationsmittel aus der Menge der zugeführten wässrigen organischen Substanz wie beispielsweise Alkohol oder Isopropanolalkohol, welche die Mehrheit des verbrennbaren Materials im Schlamm darstellen, berechnet. Jedoch enthält aus kommunalen Abfällen hergestellte Flugasche manchmal unverbrannten Kohlenstoff. Um dies in den Griff zu kriegen, ist es auch erlaubt, die Menge an Luft oder Sauerstoff durch kontinuierliches Messen des verbleibenden Sauerstoffgehalts in den nicht kondensierbaren Gasen, welche aus dem Kondenswassertank entnommen werden, zu steuern.

[0126] Falls der Schlamm dazu tendiert, feste Partikel zu trennen, oder falls die Temperaturdifferenz innerhalb des Kessels nicht wünschenswert ist, ist es notwendig, die Rührflügel **112** zu einem gewissen Grad im zweiten Schlammvorheizer und im unterkritischen Reaktionsturm **20** zu betreiben, so dass die Steuertemperatur-Variationsbreite am Auslass begrenzt wird. Daher liegt ein weiterer effektiver Weg der Temperatursteuerung darin, subkritisches Was-

ser, welches als Wärmequelle agiert, zu umgehen. In einem solchen Fall kann eine Steuerung durch Variieren der Drehgeschwindigkeit der Rührflügel **112** kombiniert werden. Jedoch ist es, wie in Fig. 8 gezeigt, vorteilhafter, die Rührflügel **112** bei einer für den Schlamm vorteilhaften konstanten Geschwindigkeit zu betreiben und einfach die Öffnung des Ablassventils zum Kontrollieren der Flussrate des unterkritischen Wassers anzupassen, weil eine geringere Zahl kontrollierter Parameter wünschenswert ist.

[0127] Anpassen der Ablass- bzw. Ausflussrate der Füllwasserversorgungspumpe kann durch Anpassen der Drehgeschwindigkeit oder des Geschwindigkeitsverringerungsverhältnisses des Motors erreicht werden, um die Temperatur am Auslass des überkritischen Reaktionsturms **22** zu steuern. Wenn in diesem Fall die Drehgeschwindigkeit verringert wird, wird die ausgegebene Leistung des Motors verringert, was die Breite möglicher Geschwindigkeitsverringerungen begrenzt. Dies kann auch einen schnellen Geschwindigkeitswechsel verhindern. Sogar in einem solchen Fall ist es möglich, die Rate in der Rückflussanlage zum Entgasungskessel **146** durch Anpassen der Ventilöffnung anzupassen.

[0128] In dieser Erfindung wird eine Verhinderung eines Anhaftens und ein Entfernen anhaftender Materie von der inneren Hülle **38a** des überkritischen Reaktionsturms **22** durch Waschen mit unterkritischem Wasser durchgeführt, welches durch Kühlen an der inneren Hüllenoberfläche hergestellt wird, wobei, falls Salze und Partikel in zu großen Mengen im Schlamm vorhanden sind, die Menge des erzeugten unterkritischen Wassers nicht ausreichend ist, so dass die Möglichkeit besteht, dass angelagerte Materie in Schuppen wächst, und so Reaktionsturm blockiert. Daher sollte die Schlammkonzentration allgemein geringer als 10–30% gehalten werden. Die zulässige Schlammkonzentration kann durch Absenken der Temperatur des unterkritischen Wassers zum Kühlen der Wand des überkritischen Reaktionsturms erhöht werden, was die Menge des an der inneren Wandoberfläche des überkritischen Reaktionsturms erzeugten unterkritischen Wassers erhöht.

[0129] In der oberen Region des Reaktionsturms **22** ist die Menge des herunterfließenden unterkritischen Wassers geringer als in der unteren Region, aber die Menge an Salz und Pulver, welche an der Wandoberfläche klebt, ist niedrig verglichen mit der Menge kondensierten unterkritischen Wassers, so dass die Konzentration weit geringer ist als die durchschnittliche Konzentration innerhalb des Reaktionsturms. Blockieren bzw. Verstopfen im unteren Bereichs des Reaktionsturms tritt also nicht auf. Dies ist der Fall, weil die gesamte Masse wieder in einen schlammigen Zustand gerät, wenn sie sich dem unteren Bereich des Reaktionsturms **22** nähert, und die Konzentration nähert sich dem Durchschnitt, aber die Menge des aus dem oberen Bereich fallenden unterkritischen Wassers erhöht sich ebenfalls, so dass die gesamte Masse eine höhere Fluidität erhält.

[0130] Ein Verfahren zum Verbessern des nach unten gerichteten Fluss des Salzes und feste Partikel enthaltenden unterkritischen Wassers besteht darin, vertikale Vibrationen an die Vorrichtung, insbesondere der inneren Hülle, anzulegen. Dadurch können sogar noch höhere Schlammkonzentrationen verarbeitet werden, und die unterkritische flüssige Phase oder Schlammphase an der inneren Hülle kann zuverlässig nach unten abgelassen werden. Dieses Verfahren ist auch auf Material anwendbar, das sich im Schlammablassbereich, welcher mit dem Boden des überkritischen Reaktionsturms verbunden ist, befindet, und es ist bei Anwendung der vertikalen Vibration möglich, auf Schlammförderschrauben zu verzichten.

[0131] Fig. 10 zeigt eine weitere Ausführungsform des überkritischen Reaktionsturms. In diesem Fall ist der Schlammablassbereich **240**, der eine vertikale zylinderförmige Form aufweist, über einen Verbindungsbereich **202a** mit dem unteren Ende der Turmstruktur **38** verbunden. In anderen Worten: Diese Vorrichtung weist keine Förderschrauben im Schlammablassbereich **40** auf, wodurch die Konstruktion der Vorrichtung vereinfacht wird und sich geringere Kapitalkosten und eine kleinere Bauform ergeben.

[0132] Der Schlammablassbereich **240** ist ebenfalls vom Typ eines doppelwandigen Zylinders, und in den Nähe des oberen Endes ist ein Gasauslass **264** vorgesehen, um die Gasphase, welche nicht kondensierbare Gase wie beispielsweise Sauerstoff, Stickstoff und Kohlendioxid enthält, abzulassen, um den Innendruck konstant zu halten. Der Raum zwischen der inneren Hülle **240a** und der äußeren Hülle **240b** ist ebenfalls ein Wärmeflüssigkeits-Durchlass **266** zum Fließenlassen unterkritischen Wassers, und vom Bodeneinlass **268** zugeführtes unterkritisches Wasser wird vom oberen Auslass **270** abgelassen.

[0133] In dieser Ausführungsform ist, um eine Schlammsuspensions-Funktion zu sichern, ein Einschnürungsbereich vorgesehen, welcher eine Verjüngung in einem bestimmten Winkel aufweist, wobei aber auch eine gerade Form möglich ist. Die innere Hülle **202a** im unteren Bereich der Turmstruktur **38** reicht in den Ablassbereich **240** und ist durch ringförmige Vorsprünge **204** in Form eines Schirms umgeben. Der Zweck dieser Anordnung ist es, die hochsteigenden Gase, welche im Schlamm im unteren Bereich erzeugt werden beschleunigt an die Wandoberfläche fließen zu lassen, um Nebel und Schlammtröpfchen zu entfernen, welche in den Abgasen enthalten sind, um so zu verhindern, dass solche Substanzen aus dem Gasauslass **264** nach außen strömen.

[0134] In den oberen Ausführungsformen werden die überkritische Zone und die unterkritische Zone im überkritischen Reaktionsturm gebildet, und Oxidationsreaktionen werden in der überkritischen Zone ausgeführt. Jedoch können auch andere Reaktionen als die Oxidationsreaktion in der überkritischen Zone durchgeführt werden. Wenn, abhängig vom Typ der Reaktionen, es nicht notwendig ist, den überkritischen Zustand herzustellen, kann die Vorrichtung dazu verwendet werden, nur die unterkritische Zone zu bilden.

[0135] Wie oben erklärt, ermöglicht es diese Vorrichtung, Abfallmaterial bei, im Vergleich mit Fällen des Entziehens des Schlamms unter kritischen Bedingungen, geringeren Temperaturen zu verarbeiten, so dass die Nachbehandlungen wesentlich einfacher werden, und da Restsubstanzen niedriger Fluidität, welche Salze enthalten, in der Reaktionskammer nicht gebildet werden, werden Nachbehandlungen ebenfalls vereinfacht. Weiterhin wird das Verfahren in eine Richtung ausgeführt, so dass sich keine Notwendigkeit für eine komplexe Anordnung zum Zirkulieren der Mischphase in der Reaktionskammer ergibt, was in den verbesserten Effekten resultiert, dass die Vorrichtung und ihr Betriebsverfahren signifikant vereinfacht werden.

Gewerbliche Anwendbarkeit

[0136] Diese Erfindung ist nützlich zum Verarbeiten solcher Materialien wie Aschen, welche hergestellt werden, wenn kommunale Abfälle verbrannt werden; von Herbiziden, PCB, DDT und andere Pestiziden; von chemischen Waffen so wie Nervengas; von Explosivstoffen; von Substanzen mit hohem organischen Inhalt, welcher einer biologischen Verarbeitung nicht zugänglich ist; Abwässern, welche Materialien enthalten, welche einer biologischen Bearbeitung nicht zugänglich sind sowie Beimittel, welche biologische metabolische Reaktionen unterdrücken; und von weiteren Substanzen, welche nicht in die Umwelt abgelassen oder dort belassen werden können.

Patentansprüche

1. Überkritische Reaktionsvorrichtung zur Verarbeitung einer Mischphase, wobei die Mischphase ein zu verarbeitendes Objektmaterial und ein in flüssiger Form vorliegendes Medium umfasst, indem die Mischphase dem in einem überkritischen Zustand vorliegenden Medium ausgesetzt wird, wobei die überkritische Reaktionsvorrichtung folgendes umfasst:
– eine vertikal zylindrisch geformte Reaktionskammer (**38**), die ein oberes Ende, ein unteres Ende und ein Mittelteil ausweist;
– einen Zuführeinlass (**46**) und einen Einlass (**48**) für überkritischen Wasser, angebracht am oberen Ende der Reaktionskammer (**38**), und funktionsmäßig daran angepasst, die Mischphase in die Reaktionskammer einzuspeisen;
– einen am unteren Ende der Reaktionskammer (**38**) angebrachten Produktauslass zum Ausgeben des Objektmaterials und von Reaktionsprodukten,
– wobei die Reaktionskammer (**38**) einen doppelwandigen Zylinder umfasst, der eine innere Hülle (**38a**) und eine äußere Hülle (**38b**) besitzt, und bei den eine Innenseite der inneren Hülle (**38a**) eine überkritische Zone in einem oberen Teil und eine unterkritische Zone unter der überkritischen Zone aufweist, und wobei das Objektmaterial und die Reaktionsprodukte zum unteren Ende geführt werden; und
– einen in einem Raum zwischen der inneren Hülle (**38a**) und der äußeren Hülle (**38b**) vorgesehenen Wärmeflüssigkeits-Durchlass (**52**) zum Aufnehmen unterkritischen Wassers aus einem Einlass (**54**) für unterkritisches Wasser und zu seinem Ablassen über einen Auslass (**56**) für unterkritisches Wasser, der in einem oberen Gebiet des Wärmeflüssigkeits-Durchlasses (**52**) angebracht ist.

2. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Reaktionskammer eine Betriebslänge von nicht weniger als viermal dem Durchmesser der Reaktionskammer aufweist.

3. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 1, bei der der doppelwandige Zylinder den Wärmeflüssigkeits-Durchlass bildet, wobei der Wärmeflüssigkeits-Durchlass die überkritischen Zone und/oder die unterkritische Zone umgibt.

4. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Zuführeinlass umfasst:
– eine Schlamm-Zuführdüse, die zur Zufuhr eines Schlamms oder einer das Objektmaterial enthaltenden Flüssigkeit betreibbar ist; und
– einen Mediumszuführeinlass, der zur Zufuhr des Mediums bei einer die kritische Temperatur überschreitenden Temperatur betreibbar ist.

5. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 1, bei der die überkritische Zone mit einer Röhrenstruktur zum Herstellen eines lokalisierten kontinuierlichen Reaktionsfelds ausgestattet ist, wobei die Röhrenstruktur an einem Ende zum Zuführeinlass hin geöffnet ist und am anderen Ende stromabwärts geöffnet ist.

6. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 1, die weiterhin einen röhrenförmigen Ablassbereich, der im unteren Bereich der Ablassröhre vorhanden ist, umfasst, wobei der röhrenförmige Ablassbereich quer zur unterkritischen Zone geneigt ist.

7. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 6, bei der der röhrenförmige Ablassbereich in einem Winkel bezüglich einer Ebene senkrecht zur

Reaktionskammer (**38**) geneigt ist, wobei am oberen Ende des röhrenförmigen Ablassbereichs ein Gasauslass vorgesehen ist.

8. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 6, die weiterhin eine Transportvorrichtung am röhrenförmigen Ablassbereich aufweist, welche zur Förderung einer schlammigen Phase betreibbar ist.

9. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 8, bei der die Transportvorrichtung Förderschrauben umfasst.

10. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 9, bei der jede der Förderschrauben an einer Welle unterbrochen angebrachte Flügel umfasst.

11. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 8, weiterhin umfassend:
eine Antriebsquelle;
einen Mechanismus zur Flüssigkeitsabdichtung; und
einen Koppelbereich, der die Antriebsquelle mit der Transportvorrichtung durch den Mechanismus zur Flüssigkeitsabdichtung verbindet.

12. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Medium bei einer Temperatur, die kleiner ist als die kritische Temperatur des Mediums, als ein Umlaufwasser im Wärmeflüssigkeits-Durchlass dient.

13. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 12, weiterhin umfassend einen Heizdurchlass, der betreibbar ist zum Entfernen eines Teils des Mediums zum Versorgen des Wärmeflüssigkeits-Durchlasses, zum Aufheizen des Teils des Mediums auf eine Temperatur über der kritischen Temperatur des Mediums, und zur Lieferung des Teils des Mediums zum Zuführeinlass der Reaktionskammer.

14. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 1, weiterhin umfassend mindestens eine Schabevorrichtung, die zum Schaben an mindestens einem von mehreren an einer inneren Wandoberfläche der unterkritischen Zone der Reaktionskammer anhaftenden und wachsenden Objekten betreibbar ist; und eine Rührvorrichtung betreibbar zum Rühren der Mischphase.

15. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 1, weiterhin umfassend einen Vorverarbeitungsbehälter, der zur Vorverarbeitung des Objektmaterials betreibbar ist, um dieses zur Reaktionskammer zu schicken, und zwar bei einer unterkritischen Temperatur des Mediums.

16. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 15, bei der der Vorverarbeitungsbehälter mit einem Auslass zum Ablassen des Objektmaterials auf einer im wesentlichen gleichen Höhe wie der Zuführeinlass der Reaktionskammer versehen ist.

17. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 1, weiterhin umfassend:
eine Kühlvorrichtung zum Kühlen des Objektmaterials, die stromabwärts der Reaktionskammer angeordnet ist; und
einen Trennkessel zum Trennen mindestens von Dampf oder Flüssigkeit von dem gekühlten Objektmaterial, der dadurch betreibbar ist, dass das Objektsmaterial einem reduzierten Druck ausgesetzt wird.

18. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 17, weiterhin umfassend einen Druckreduzierer, der zwischen der Reaktionskammer und der Kühlvorrichtung angebracht ist.

19. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 18, bei der der Druckreduzierer mindestens zwei durch ein mittleres Ventil bzw. Mittenventil getrennte druckreduzierende Kessel umfasst, wobei nachdem dann, wenn ein erster Kessel mit dem Objektmaterial gefüllt ist, das Mittenventil geöffnet wird und das Objektmaterial sich in den zweiten Kessel ausdehnt, um den Druck des Objektmaterials zu reduzieren.

20. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 17, weiterhin umfassend ein Vorheizrohr zum Vorheizen des Objektmaterials mit einer im Trennkessel hergestellten Gasphase.

21. Überkritische Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Reaktionskammer weiterhin mit einem aus keramischen Material bestehenden, Flammenhalte-Rohr (**42**) ausgestattet ist, das innerhalb der inneren Hülle (**38a**) installiert ist und das vom oberen Ende der Reaktionskammer, wo überkritische Wasseroxidationsreaktionen innerhalb dieses Rohrs (**42**) stattfinden, ausgeht.

22. Verfahren zum Durchführen einer überkritischen Reaktion durch Aussetzen einer Mischphase, wobei die Mischphase ein Objektmaterial und ein Medium umfasst, einem überkritischen Zustand des Mediums, wobei das Verfahren umfasst:
Bringen der Mischphase in einen unterkritischen Zustand in Abwesenheit eines Oxidationsmittels; und
Unterwerfen der Mischphase einer überkritischen Bedingung durch Hinzufügen des Oxidationsmittels in einer Reaktionskammer (**22**), wobei der überkritische Zustand innerhalb einer inneren Wand der Reaktionskammer (**22**), die auf einer Temperatur unterhalb einer überkritischen Temperatur des Mediums gehalten wird, durchgeführt wird.

23. Verfahren nach Anspruch 22, weiterhin umfassend, dass, nachdem die Mischphase dem überkritischen Zustand unterworfen wurde, eine Ein-Flüs-

sigkeits-Phase oder eine neue Mischphase, die eine flüssige Phase und feste Substanzen oder nicht-kondensierbare Gase umfasst, hergestellt wird durch Abkühlen der Mischphase auf eine unterkritische Temperatur des Mediums und Entziehen der Ein-Flüssigkeits-Phase oder der neuen Mischphase aus der Reaktionskammer (**22**) bei einer Temperatur, die geringer ist als die kritische Temperatur des Mediums.

24. Verfahren nach Anspruch 22, bei dem das Herstellen des überkritischen Zustands innerhalb einer inneren Wand eines Reaktionsturms (**22**), die auf einer Temperatur unterhalb der kritischen Temperatur des Mediums gehalten wird, durchgeführt wird.

25. Verfahren nach Anspruch 23, weiterhin umfassend das Halten der inneren Wand der Reaktionskammer auf einer Temperatur unterhalb der unterkritischen Temperatur des Mediums durch Strömenlassen eines Fluids, das auf einem bezüglich des Objektmediums gleichen oder höheren Druck bei einer Temperatur unterhalb der kritischen Temperatur des Mediums gehalten wird, entlang einer äußeren Oberfläche der inneren Wand.

26. Verfahren nach Anspruch 23, bei dem der überkritische Zustand innerhalb einer Röhrenstruktur zum Herstellen eines lokalisierten, kontinuierlichen Reaktionsfelds in der inneren Wand durchgeführt wird.

27. Verfahren nach Anspruch 22, bei dem der überkritische Zustand in einer Reaktionskammer durchgeführt wird, die flußaufwärts eine überkritische Zone und stromabwärts eine unterkritische Zone umfasst, und wobei das Objektmaterial und Reaktionsprodukte in Richtung eines unteren Endes in einer im Wesentlichen vertikalen Reaktionskammer bewegt werden.

28. Verfahren nach Anspruch 27, weiterhin umfassend das Einspeisen des Objektmaterials, des Oxidationsmittels und des Mediums in die flußaufwärts gelegene überkritische Zone in der Reaktionskammer.

29. Verfahren nach Anspruch 22, weiterhin umfassend ein Vorverflüssigen des Objektmaterials.

30. Verfahren nach Anspruch 29, weiterhin umfassend das Behandeln des Objektmaterials, so dass sein pH-Wert neutral oder schwach sauer ist durch Hinzufügen von Säure oder Base vor der Behandlung.

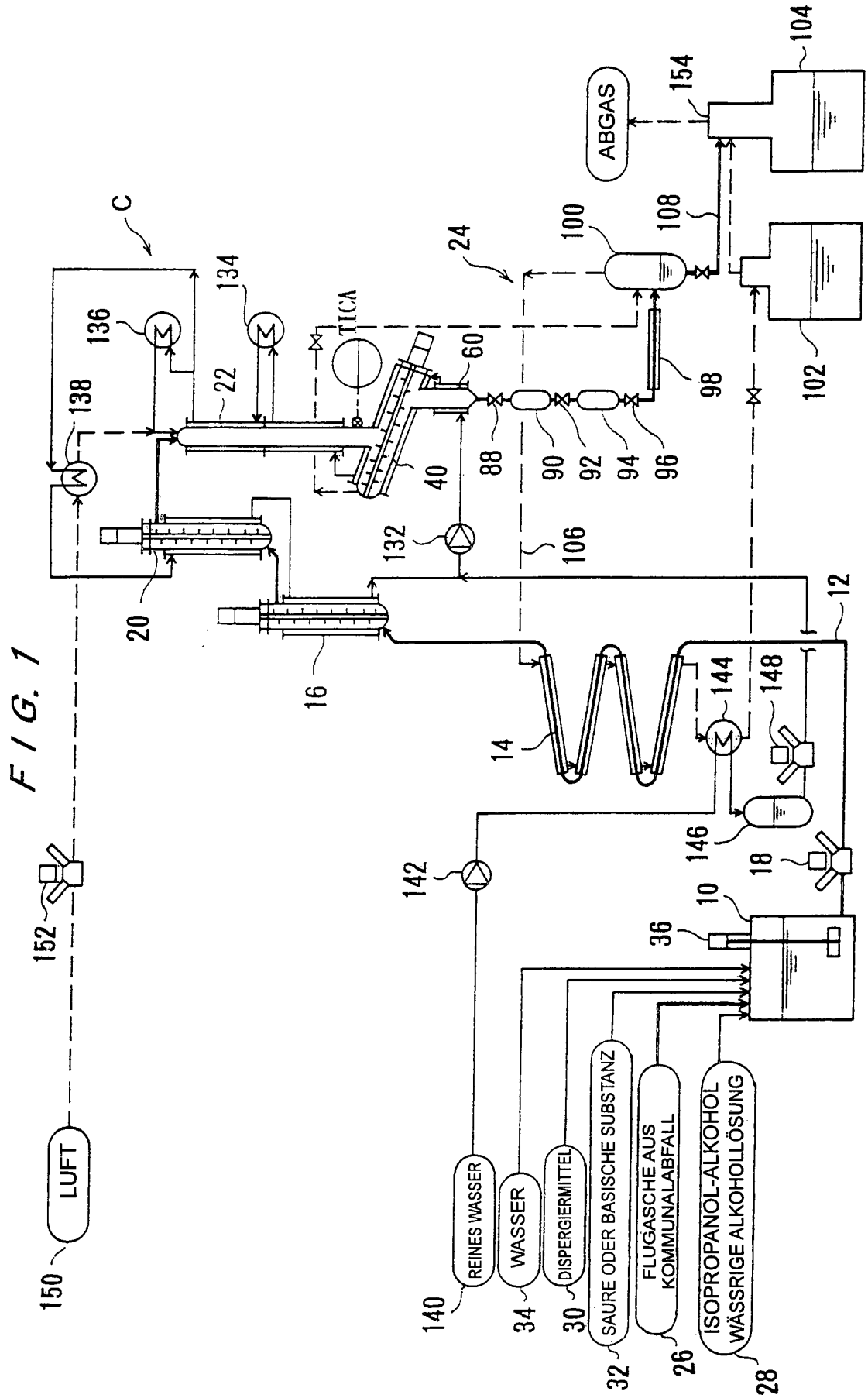
31. Verfahren nach Anspruch 29, weiterhin umfassend das Hinzufügen eines Hilfsbrennstoffs zum Objektmaterial, so dass das Objektmaterial eine höhere als die kritische Temperatur des Mediums erreicht, um dadurch eine Verbrennungsreaktion in der überkritischen Zone zu bewirken.

32. Verfahren nach Anspruch 29, weiterhin umfassend das Hinzufügen eines Dispergiermittels zum Objektmaterial, um ein Trennen des Objektmaterials und des Mediums zu verhindern.

33. Verfahren nach Anspruch 22, weiterhin umfassend:
Versetzen der Mischphase in einen überkritischen Zustand des Mediums, um eine Reaktion durchzuführen, die zu in der Mischphase gebildeten Reaktionsprodukten führt; und
Aussetzen der Mischphase, die Reaktionsprodukte enthält, einer Nachbehandlung in einen unterkritischen Zustand des Mediums.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



F I G. 1

FIG. 2

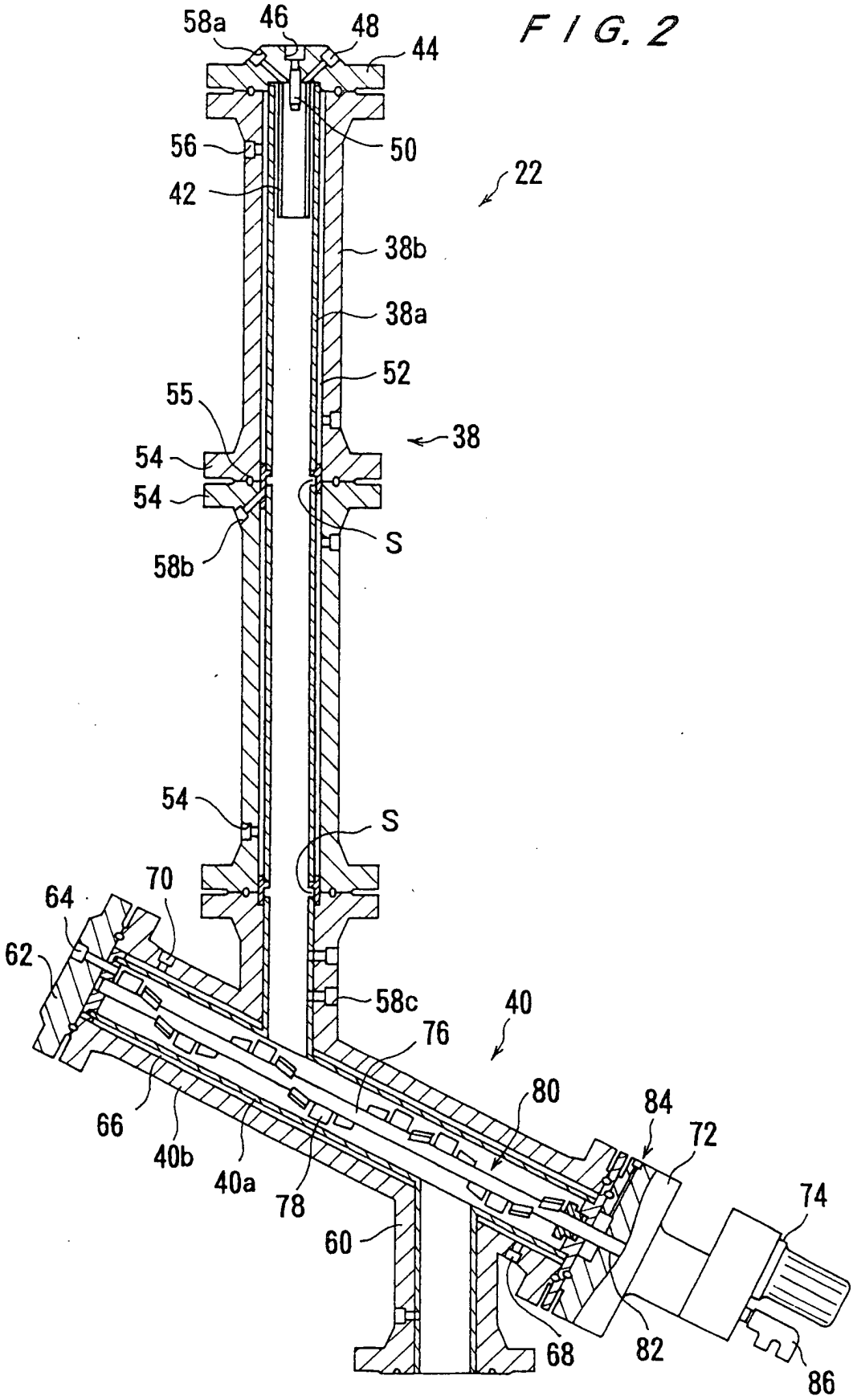

58a
46
48
44
56
50
22
42
38b
38a
52
55
38
54
54
S
58b
54
S
70
64
62
58c
40
76
80
84
72
66
40b
40a
78
74
60
68
82
86

FIG. 3

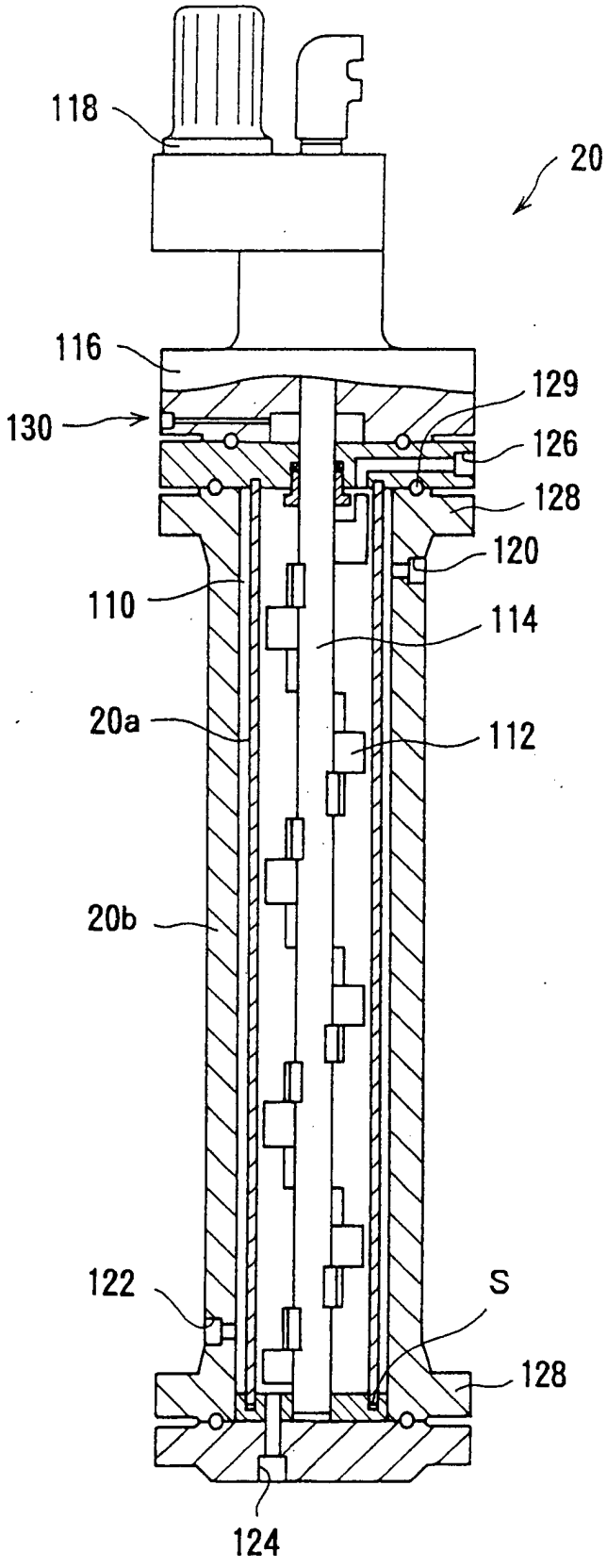


FIG. 4A

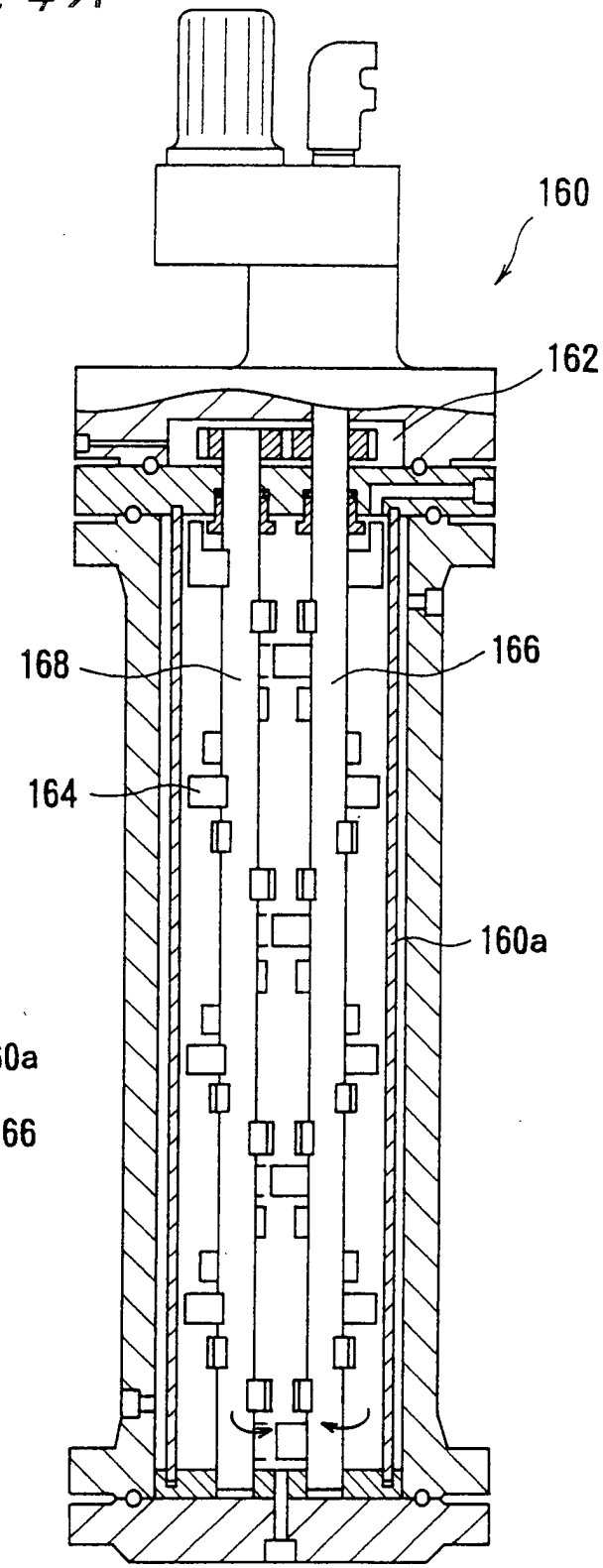


FIG. 4B

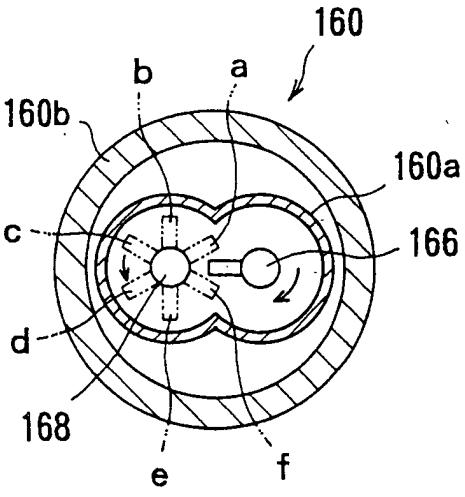


FIG. 5

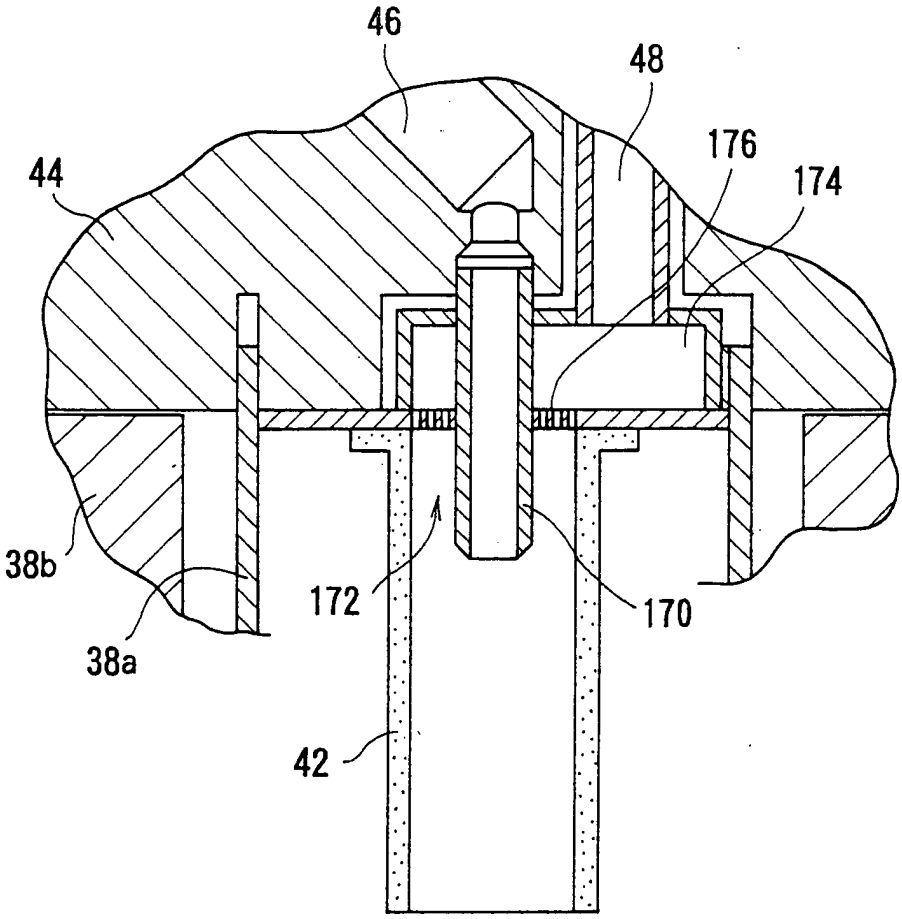


FIG. 6

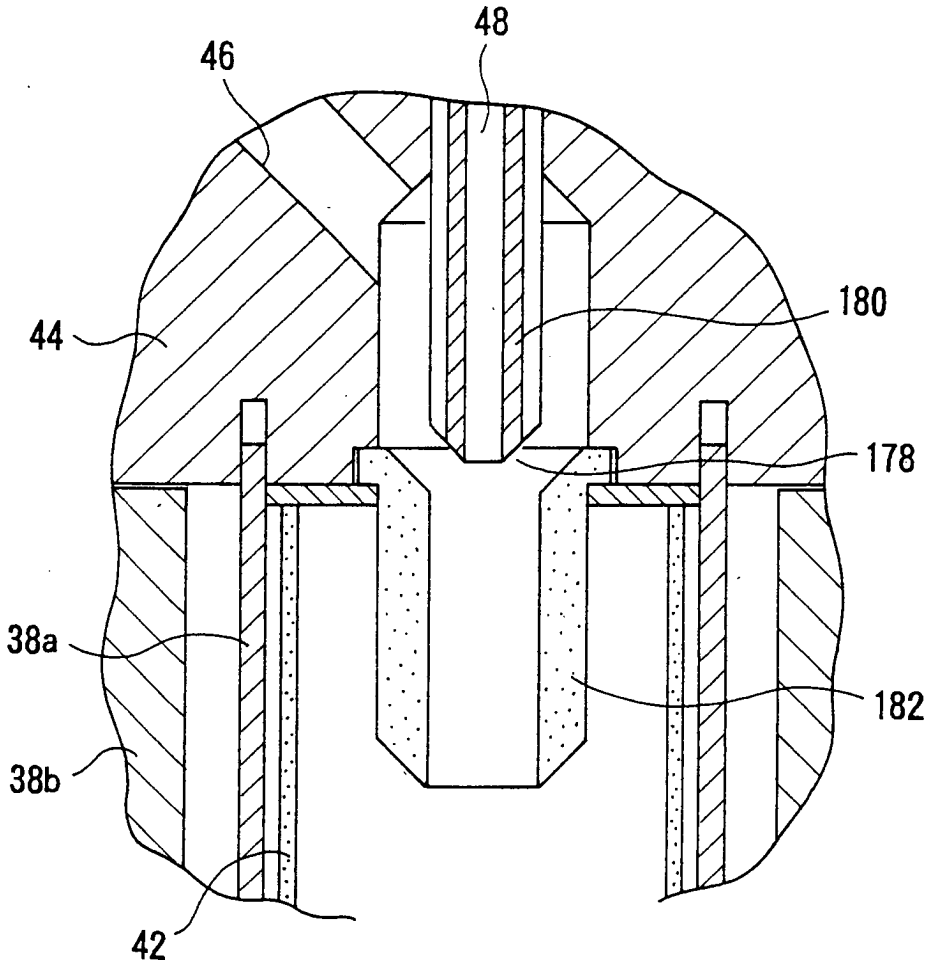


FIG. 7

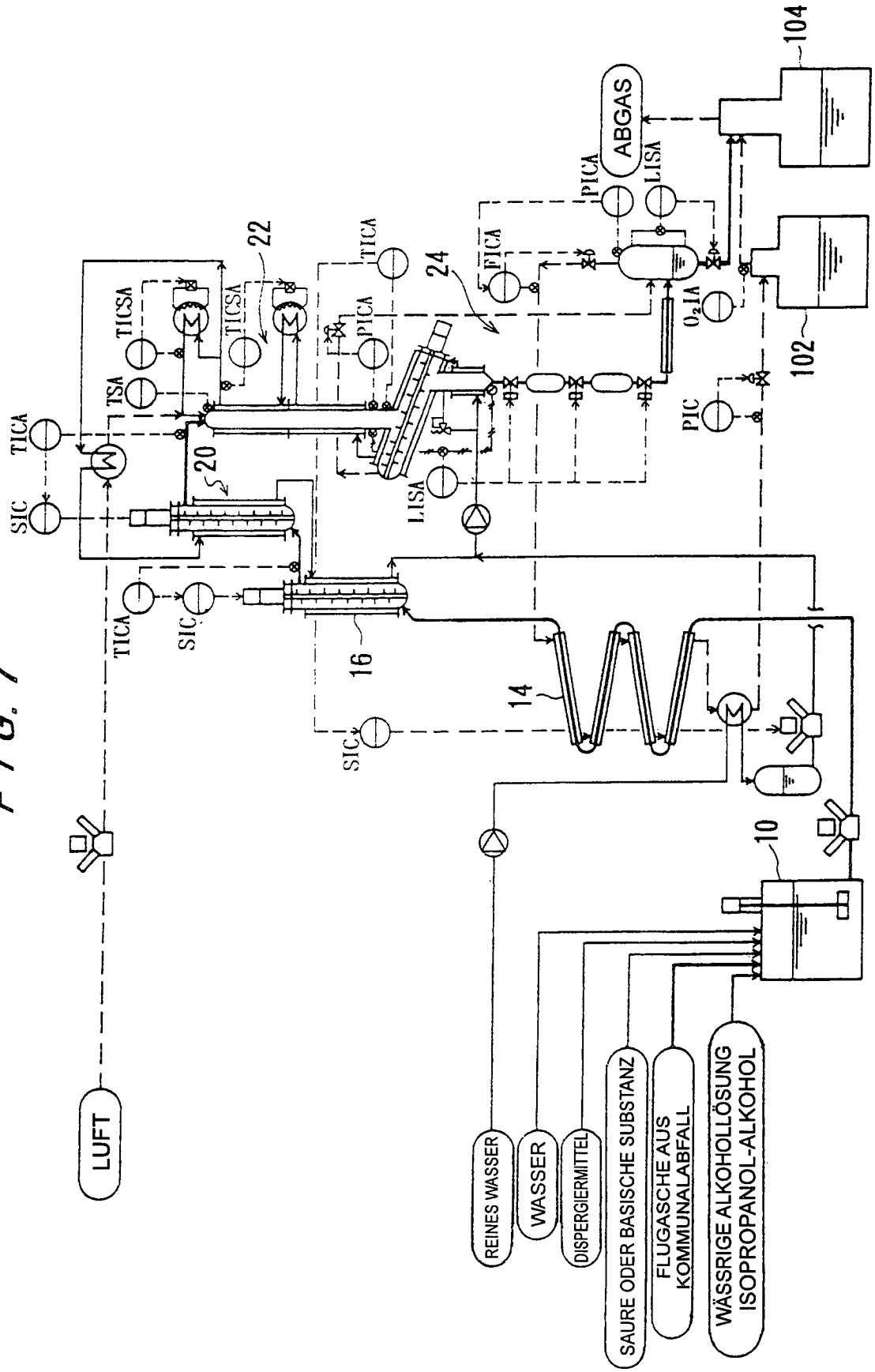

LUFT
REINES WASSER
WASSER
DISPERGIERMITTEL
SAURE ODER BASISCHE SUBSTANZ
FLUGASCHE AUS KOMMUNALABFALL
WÄSSRIGE ALKOHOLLÖSUNG ISOPROPANOL-ALKOHOL
ABGAS
TICA
SIC
TSA
TICSA
PICA
LISA
PIC
O_2 IA
10
14
16
20
22
24
102
104

FIG. 8

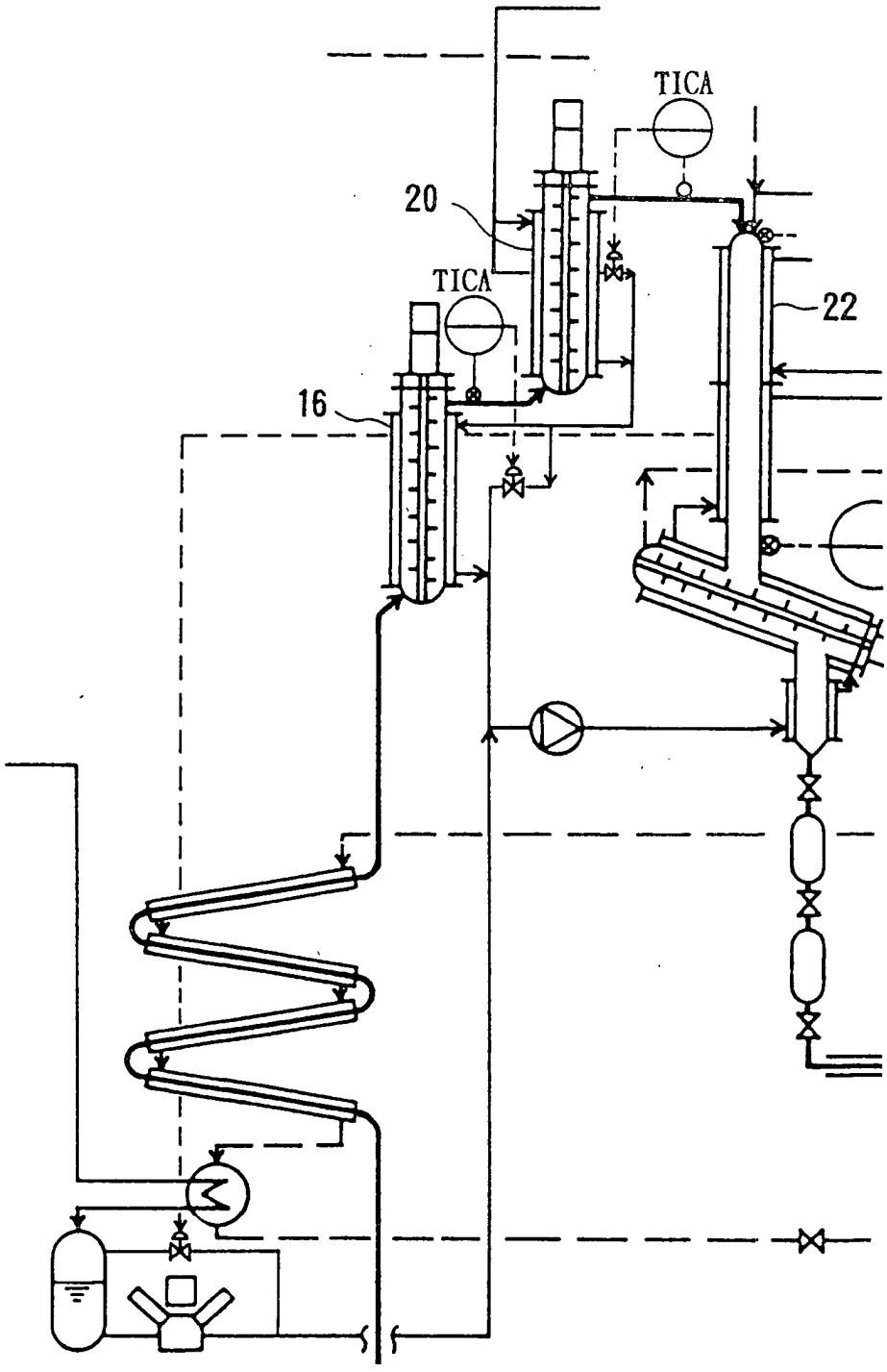


FIG. 9

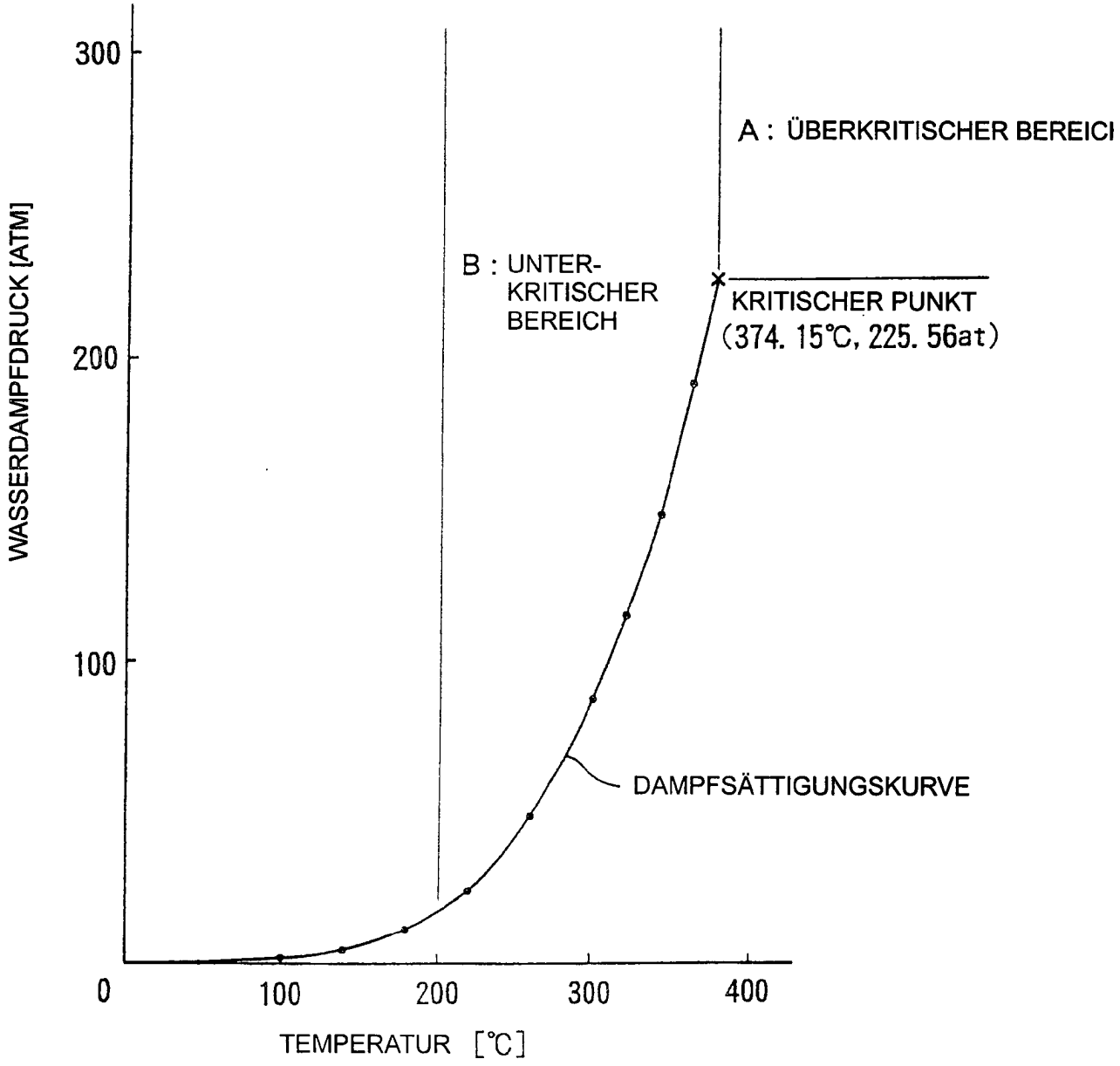
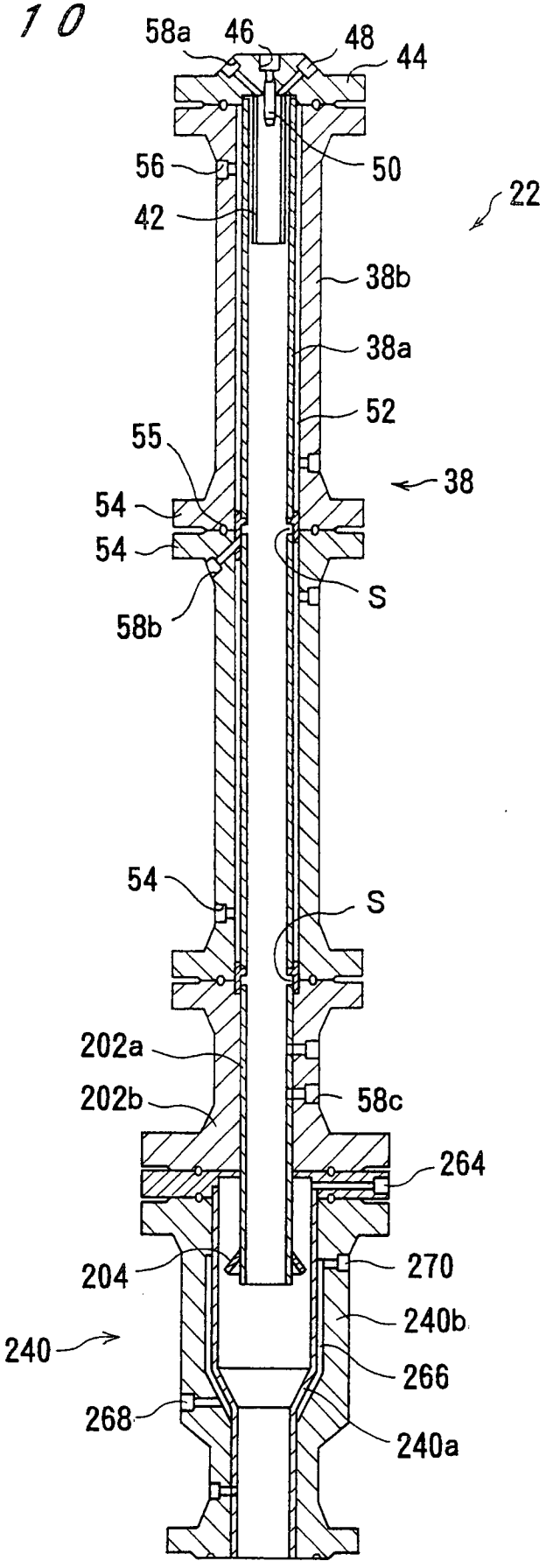

300
200
100
0
100
200
300
400
WASSERDAMPFDRUCK [ATM]
TEMPERATUR [℃]
A : ÜBERKRITISCHER BEREICI
B : UNTER-
KRITISCHER
BEREICH
KRITISCHER PUNKT
(374. 15℃, 225. 56at)
DAMPFSÄTTIGUNGSKURVE

FIG. 10


58a
46
48
44
56
50
22
42
38b
38a
52
55
38
54
54
S
58b
54
S
202a
202b
58c
264
204
270
240b
240
266
268
240a