



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 06 067 T2 2004.06.03**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 148 923 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 06 067.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/00982**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 905 624.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/43098**

(86) PCT-Anmeldetag: **14.01.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **27.07.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **31.10.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **22.10.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.06.2004**

(51) Int Cl.⁷: **B01D 29/11**
B01J 8/00, B01J 8/22

(30) Unionspriorität:
236151 22.01.1999 US

(73) Patentinhaber:
**ExxonMobil Research and Engineering Co.,
Annandale, N.J., US**

(74) Vertreter:
Uexküll & Stolberg, 22607 Hamburg

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE, DE, FR, GB, IT, NL

(72) Erfinder:
**DeGEORGE, William, Charles, Vienna, US;
THOMPSON, J., Barry, Artarmon, AU**

(54) Bezeichnung: **ENTFERNBARER FILTER FÜR SCHLAMM, KOHLENWASSERSTOFFSYNTHESEVERFAHREN**

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

Hintergrund der Erfindung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Filter, der zum Abtrennen von Flüssigkeit von festen Teilchen brauchbar ist. Insbesondere umfasst die Erfindung einen entfernbaren Filter, der vertikal gruppierte und über Verteiler erreichbare Filterabschnitte umfasst, die mit einem gemeinsamen Filtratsammler verbunden sind, der zum Abtrennen von flüssigem Kohlenwasserstoffprodukt aus einer Fischer-Tropsch-Syntheseaufschlammung brauchbar ist, die Katalysatorpartikel in Kohlenwasserstoffflüssigkeit umfasst, sowie ein Kohlenwasserstoffsyntheseverfahren, das denselben verwendet. Jeder Filterabschnitt umfasst eine Vielzahl länglicher, vertikal aufgestellter und hohler Filterelemente, die an einem Verteiler befestigt und horizontal über diesem beabstandet angeordnet sind, wobei die Verteiler mit einer Filtratrohrleitung zur Entfernung der Kohlenwasserstoffflüssigkeit von der Aufschlammung verbunden sind.

Hintergrund der Offenbarung

[0002] Aufschlammungskohlenwasserstoffsynthese-(HCS)-Verfahren sind bekannt. In einem Aufschlammungs-HCS-Verfahren wird ein Synthesegas (Syngas), das eine Mischung aus H_2 und CO umfasst, als dritte Phase durch eine Aufschlammung in einem Reaktor nach oben perlen gelassen, wobei die Aufschlammungsflüssigkeit Kohlenwasserstoffprodukte der Synthesereaktion umfasst und die dispergierten, suspendierten Feststoffe einen geeigneten Kohlenwasserstoffsynthesekatalysator vom Fischer-Tropsch-Typ umfassen. Reaktoren, die eine solche Dreiphasenaufschlammung enthalten, werden mitunter als "Blasensäulen" bezeichnet, wie es in der US-A-5 348 982 offenbart ist. Ungeachtet dessen, ob der Aufschlammungsreaktor als dispergiertes oder abgesetztes Bett betrieben wird, liegen die Mischbedingungen in der Aufschlammung typischerweise irgendwo zwischen den beiden theoretischen Bedingungen von Pfropfenströmung und Rückvermischung. Die Katalysatorpartikel werden typischerweise durch die Hebewirkung des durch die Aufschlammung perlenden Syngases und durch hydraulische Mittel in der Flüssigkeit dispergiert und suspendiert gehalten. Mechanische Mittel, wie Rührwerke und Propeller und dergleichen, werden nicht verwendet, weil sie rasch erodieren und auch zu Abrieb der Katalysatorpartikel führen. Ein oder mehrere vertikale, Gas herauslösende Fallrohre können als hydraulische Mittel verwendet werden, um das Aufrechterhalten einer gleichförmigeren Katalysatorverteilung zu unterstützen, indem für eine vertikale Katalysatorzirkulation in der Aufschlammung gesorgt wird, wie es in der US-A-5 382 748 offenbart wird. Die Aufschlammungs-

flüssigkeit umfasst die flüssigen Kohlenwasserstoffprodukte der HCS-Reaktion und muss zur weiteren Verarbeitung und Veredelung von den Katalysatorpartikeln abgetrennt und aus dem Reaktor entfernt werden.

[0003] Dies wird typischerweise durch mechanische Filtration bewirkt, bei der die Aufschlammung in einen oder mehrere Filter entweder in der Aufschlammung in dem Reaktor oder außerhalb des Reaktors eingespeist wird, die die Flüssigkeit, jedoch nicht die Katalysatorpartikel passieren lassen. Die US-A-5 527 473 und die Patentveröffentlichungen EP-A-0 609 079, WO 93/16796 und WO 94/16807 betreffen alle helixartig gewundene Profildrahtfilter und dergleichen, während die WO 93/16795 vertikal oder helixartig gewundene feine Metalldrähte oder gesintertes Metall offenbart. Die EP-A-0 682 971 betrifft eine Filtervorrichtung, die eine Vielzahl von Filterelementen umfasst, die nicht vertikal von einem Rohrboden angeordnet sind, der durch Zurückziehen der Filterelemente in eine innere Filtratkammer gereinigt werden kann. Die GB-A-1 039 317 betrifft eine Filtervorrichtung, bei der die Filterelemente individuell vertikal in einem Gehäuse aufgestellt sind. Die US-A-1 771 928 betrifft eine Filtervorrichtung, bei der die Filterelemente durch Perforationen in einer Verteilerplatte nach unten aufgehängt sind. Die EP-A-0 609 079 betrifft ein Filtrierverfahren in einem Aufschlammungsreaktor, bei dem eine Vielzahl von Filterelementen vorzugsweise vertikal mit abwärts gerichteten Auslässen angeordnet sind, und wobei die Elemente durch periodische Rückspülung gereinigt werden. Magnetisch unterstützte Filtration ist auch offenbart worden. Trotz der Offenbarungen des Standes der Technik besteht noch ein Bedarf nach einem effizienten und leicht ersetzbaren Filter, der in die Aufschlammung eingetaucht werden kann.

Zusammenfassung der Erfindung

[0004] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und ein Filtermittel zum Trennen von teilchenförmigen Feststoffen von einer Flüssigkeit und ist in einem Kohlenwasserstoffsynthese-(HCS)-Verfahren brauchbar. Die Aufschlammung umfasst Gasblasen und teilchenförmige Feststoffe in einer Aufschlammungsflüssigkeit. Das Filtermittel umfasst einen Filter, der mindestens einen Filterabschnitt einschließt, der eine Vielzahl hohler Filterelemente umfasst, die auf einem Verteiler angeordnet sind, der mit einer Filtratrohrleitung verbunden ist, um Flüssigkeit aus einer Aufschlammung zu entfernen, die in einer Flüssigkeit dispergierte teilchenförmige Feststoffe umfasst. In dem erfindungsgemäßen Verfahren taucht der Filter, der einen oder mehrere Filterabschnitte enthält, in die Aufschlammung ein. Das Innere der Filterelemente, der oder die Verteiler und die Rohrleitung befinden sich alle in Fluidverbindung und die Filterelemente sind für die Aufschlammungsflüssigkeit durchlässig, jedoch nicht für die teilchenförmigen

Feststoffe. Der erfindungsgemäße Filter und das erfindungsgemäße Verfahren sind zum Abtrennen und Entfernen von Aufschlammungskohlenwasserstoffflüssigkeit aus einer dreiphasigen Kohlenwasserstoffsyntheseaufschlammung vom Fischer-Tropsch-Typ entweder in dem Aufschlammungsreaktor oder außerhalb des Reaktors in einem separaten Gefäß brauchbar. Gemäß einer Ausführungsform umfasst jeder der einen oder mehreren Abschnitte des Filters eine Vielzahl von Filterelementen, die vertikal aufgebracht und horizontal über die horizontale Oberfläche eines jeweiligen Verteilers gruppiert oder angeordnet sind, der mit einer gemeinsamen Filtratrohrleitung verbunden ist. Die Filterelemente umfassen längliche, hohle Rohre oder Leitungen, die aus flüssigkeitsdurchlässigem Material hergestellt sind, das für den Durchgang von Feststoffen jedoch undurchlässig ist. Dies wird leicht durch die Verwendung von Leitungen oder Rohren erreicht, die aus gesintertem Metall hergestellt sind. Somit ist die Wand der hohlen zylindrischen Elemente für die Kohlenwasserstoffflüssigkeit durchlässig, jedoch nicht für die Katalysatorteilchen. Gemäß der erfindungsgemäßen Verwendung ist der Filter vertikal und entfernbare in der Aufschlammung in dem Aufschlammungs-HCS-Reaktor (oder einem externen Filtrationsgefäß) durch geeignete Mittel vertikal und entfernbare befestigt, wie beispielsweise indem er von dem oberen Bereich des Reaktors aufgehängt ist, so dass der Filter in die Aufschlammung hinein nach unten hängt und nach oben vertikal durch eine Düse oder andere Öffnung im oberen Bereich des Reaktors entfernt werden kann. Dies ermöglicht das leichte Entfernen und Ersetzen des Filters, ohne dass die Aufschlammung aus dem Reaktor oder dem separaten Filtrationsgefäß entfernt werden muss. Die Verwendung einer Vielzahl flüssigkeitsdurchlässiger Filterelemente in Form von hohlen Zylindern, die an einem Ende geschlossen sind, wobei sich das andere Ende in den tragenden Verteiler öffnet, ermöglicht das Erreichen einer sehr hohen Filtrationsoberfläche, während minimaler Raum im Inneren des Reaktors beansprucht wird. Dies kann als das Verhältnis von Filtrationsfläche zu dem Volumen, das der Filter in der Aufschlammung beansprucht, oder das Fläche-zu-Volumen-(A/V)-Verhältnis ausgedrückt werden. Der erfindungsgemäße Filter hat ein A/V von mindestens $1,311 \text{ m}^{-1}$ ($4,3 \text{ ft}^{-1}$) und vorzugsweise mindestens $1,798 \text{ m}^{-1}$ ($5,9 \text{ ft}^{-1}$). Daher betrifft die Erfindung in einem Aspekt (i) einen Filter mit diesen A/V-Verhältnissen und (ii) einen Aufschlammungsreaktor und -verfahren und insbesondere einen HCS-Aufschlammungsreaktor und ein HCS-Aufschlammungsverfahren, wobei mindestens ein Filter mit solchen A/V-Verhältnissen verwendet wird, um die Aufschlammungsflüssigkeit von den teilchenförmigen Feststoffen in der Aufschlammung entweder in dem Reaktor selbst oder in einem separaten Gefäß abzutrennen. In einer anderen Ausführungsform betrifft die Erfindung somit einen Aufschlammungsreak-

tor und insbesondere Aufschlammungs-HCS-Reaktor, der mindestens einen erfindungsgemäßen Filter zum Abtrennen von Aufschlammungsflüssigkeit von festen Teilchen in der Aufschlammung enthält, wobei der Filter in dem Reaktor durch Mittel entfernbare befestigt ist, die die Entfernung des Filters vertikal nach oben und aus dem oberen Bereich des Reaktors hinaus ermöglichen. Unter spezieller Berücksichtigung eines Aufschlammungskohlenwasserstoffsyntheseverfahrens zur Bildung von Kohlenwasserstoffen, von denen mindestens ein Teil flüssig ist, wird in der Erfindung:

- (a) Synthesegas, das eine Mischung aus H_2 und CO umfasst, in Gegenwart von festem, teilchenförmigem Kohlenwasserstoffsynthesekatalysator in einer Aufschlammung in einem Kohlenwasserstoffsynthesereaktor unter Reaktionsbedingungen umgesetzt, die zur Bildung von Kohlenwasserstoffen wirksam sind, von denen mindestens ein Teil unter den Reaktionsbedingungen flüssig ist, wobei die Aufschlammung den Katalysator und Gasblasen in einer Kohlenwasserstoffaufschlammungsflüssigkeit umfasst und wobei die Aufschlammungskohlenwasserstoffflüssigkeit die flüssigen Kohlenwasserstoffe umfasst;
- (b) die Aufschlammung mit einem Filter in Kontakt gebracht wird, der mindestens einen Filterabschnitt umfasst, der eine Vielzahl von hohlen Filterelementen aufweist, die über einem Verteiler gruppiert sind, der mit einer Filtratrohrleitung verbunden ist, wobei die Wand, die das Innere der Elemente von der Aufschlammung trennt, für die Aufschlammungskohlenwasserstoffflüssigkeit, jedoch nicht für die Aufschlammungsfeststoffe durchlässig ist;
- (c) die Aufschlammungskohlenwasserstoffflüssigkeit als Filtrat durch die Filterelementwände hindurch und in das Innere der Elemente hinein geleitet wird und dann anschließend das Filtrat durch das Innere des Verteilers und der Filtratrohrleitung geleitet wird, und
- (d) das Filtrat von der Rohrleitung aus dem Reaktor herausgeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Filterelemente in Aufwärts- und Abwärtsrichtung von dem hohlen Verteiler erstrecken, wobei sich das Innere der Elemente, des Verteilers und der Rohrleitung in Fluidverbindung befinden.

[0005] Das aus der Aufschlammung entfernte Kohlenwasserstoffflüssigkeitsfiltrat wird dann typischerweise durch Fraktionierung und/oder ein oder mehrere Umwandlungsverfahrensschritte zu wertvollerem Produkt veredelt, oder als solches verkauft. Die Aufschlammung oder der Aufschlammungskörper, in die bzw. den der Filter eintaucht, kann die reaktive Aufschlammung in dem HCS-Reaktor sein oder kann ein Aufschlammungskörper in einer externen Filtrationszone sein. Der HCS-Reaktor wird typischerweise während der Filtration betrieben, und die Filtration

kann kontinuierlich oder mit Unterbrechungen erfolgen. Falls der HCS-Reaktor läuft und in Betrieb ist, um Kohlenwasserstoffe zu produzieren, stört das Filtrieren der Kohlenwasserstoffflüssigkeiten und das Leiten derselben heraus aus dem Reaktor in dem erfindungsgemäßen Verfahren die HCS-Reaktionen nicht und interferiert nicht mit diesen. Gemäß einer Ausführungsform, in der der Filter in einem außerhalb des HCS-Reaktors befindlichen Filtrationsgefäß in eine Aufschlammung eintaucht, ist es vorteilhaft, Aufschlammung aus dem Reaktor durch ein Feststoffverminderndes Fallrohr in das außerhalb befindliche Gefäß einzuführen, so dass die Aufschlammung, aus der die Kohlenwasserstoffflüssigkeiten von den Katalysatorteilchen abgetrennt und aus dem Filtrationsgefäß abgezogen werden, verglichen mit der Aufschlammung in dem HCS-Reaktor einen verringerten Feststoffgehalt aufweisen. Bei der Durchführung der Erfindung, bei der gesintertes Metall als eigentliches Filtrationsmedium verwendet wird, ist es möglich, eine Porengröße unter einem Mikrometer zu haben. Das bedeutet, dass im Wesentlichen keine Feststoffe (die von extrem kleinem Feinstaub verschieden sind) das Filtrationsmedium mit der Kohlenwasserstoffflüssigkeit passieren. Gemäß einer weiteren Ausführungsform werden Wasserstoff oder wasserstoffhaltiges Gas in die außerhalb befindliche Filtrationsanlage oder das außerhalb befindliche Filtrationsgefäß eingespeist, um Katalysatordesaktivierung zu verhindern. Obwohl das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäßen Mittel hier insbesondere in Bezug auf ihre Brauchbarkeit im Zusammenhang mit einem Aufschlammungs-HCS-Verfahren beschrieben sind, ist die Erfindung nicht darauf eingeschränkt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0006] **Fig. 1(a)** und **1(b)** veranschaulichen schematisch eine Querschnitt- und eine Draufsicht eines erfindungsgemäßen Filters.

[0007] **Fig. 2** veranschaulicht schematisch erfindungsgemäße Filterzusammenstellungen, die in die Aufschlammungsflüssigkeit in einem Aufschlammungsreaktor eintauchen.

Ausführliche Beschreibung

[0008] Bei einem Fischer-Tropsch-Aufschlammungs-HCS-Verfahren wird Syngas, das eine Mischung aus H_2 und CO umfasst, aufwärts in eine reaktive Aufschlammung perlen gelassen, in der es katalytisch in Kohlenwasserstoffe und vorzugsweise flüssige Kohlenwasserstoffe umgewandelt wird. Das Molverhältnis des Wasserstoffs zu dem Kohlenmonoxid kann allgemein im Bereich von etwa 0,5 bis 4 liegen, ist typischerweise jedoch im Bereich von etwa 0,7 bis 2,75 und vorzugsweise etwa 0,7 bis 2,5. Das stöchiometrische Molverhältnis einer Fischer-Tropsch-HCS-Reaktion ist 2,0, es gibt jedoch

viele Gründe, von einem stöchiometrischen Verhältnis abzuweichen, wie Fachleute wissen, und eine Erörterung derselben geht über den Umfang der vorliegenden Erfindung hinaus. Bei einem Aufschlammungs-HCS-Verfahren beträgt das Molverhältnis von H_2 zu CO typischerweise etwa 2,1/1. Die Aufschlammungsflüssigkeit in dem Reaktor umfasst die durch die Kohlenwasserstoffsynthesereaktionsbedingungen produzierten Kohlenwasserstoffprodukte, die unter den Reaktionsbedingungen flüssig sind. Ein seit langer Zeit bestehendes Problem war die effiziente Trennung und Entfernung des Aufschlammungskohlenwasserstoffflüssigkeitsprodukts, das in dem Reaktor produziert wird, von den relativ feinen Katalysatorteilchen. Die erhöhte Temperatur und der erhöhte Druck in dem Reaktor und die wachsartige Beschaffenheit der Reaktionskohlenwasserstoffprodukte machen konventionelle Teilchentrennungs- und -filtrationsverfahren zur Verwendung in einem Kohlenwasserstoffsyntheseverfahren vom Aufschlammungstyp ungeeignet. Zyklontrennung, die zum Abtrennen von Katalysatorteilchen von Produktdämpfen in katalytischen Crackverfahren so weitverbreitete Verwendung gefunden hat, ist zur Verwendung mit einer wachsartigen Aufschlammung ungeeignet, ebenso wie Rotations- und Zentrifugenfilter.

[0009] Obwohl die Temperatur und der Druck in der Aufschlammung in Abhängigkeit von dem speziellen verwendeten Katalysator und den gewünschten Produkten weit variieren können, schließen typische Bedingungen, die zur Bildung von Kohlenwasserstoffen wirksam sind, die vorwiegend C_{5+} -Paraffine (z.B. C_{5+} bis C_{200}) und vorzugsweise C_{10+} -Paraffine umfassen, in einem Aufschlammungs-HCS-Verfahren, das einen Katalysator verwendet, der eine trägergestützte Kobaltkomponente umfasst, beispielsweise Temperaturen, Drücke beziehungsweise stündliche Gasgeschwindigkeiten im Bereich von 160 bis 315,6°C (320 bis 600°F), 551,7 bis 4136,9 kPa (80 bis 600 psi) und 100 bis 40 000 V/h/V ein, ausgedrückt als Standardvolumina der gasförmigen CO- und H_2 -Mischung (0°C, $1,013 \times 10^5$ Pa (1 atm)) pro Stunde pro Volumen des Katalysators. Die Aufschlammung enthält typischerweise etwa 10 Gew.% bis 70 Gew.% Katalysatorfeststoffe, typischerweise 30 Gew.% bis 60 Gew.%, und in einigen Ausführungsformen sind 40 Gew.% bis 55 Gew.% bevorzugt. wie bereits erwähnt, umfasst die Aufschlammungsflüssigkeit die Kohlenwasserstoffprodukte, die unter den Reaktionsbedingungen flüssig sind, zusammen mit geringen Mengen anderer Komponenten. Obwohl Katalysatorteilchengrößen allgemein im Bereich von so klein wie 1×10^{-6} m (1 μ m) bis so groß wie 200×10^{-6} m (200 μ m) liegen können, hat ein typischer konventioneller Fe- oder trägergestützter Eisenkatalysator eine mittlere Teilchengröße von etwa 22×10^{-6} m (22 μ m), während ein Katalysator, der katalytisches Metall wie Kobalt als Verbund mit oder aufgebracht auf einen Träger aus Titandioxid umfasst, typischerweise eine mittlere Teilchengröße von etwa 63×10^{-6} m (63 μ m) hat. Sol-

che Katalysatoren schließen jedoch auch feine Teilchen ein, die so klein wie $1\text{ }\mu\text{m}$ sind, und die konstante Bewegung und Durchmischung der Katalysatorpartikel in der Aufschlammung führt zur Verringerung der Teilchengröße durch Abrieb. Dies erzeugt auch Feinteilchen mit einer Teilchengröße von etwa 1×10^{-6} bis $10 \times 10^{-6}\text{ m}$ (1 bis $10\text{ }\mu\text{m}$). Solche feinen Teilchen können mit den massiven und voluminös gewundenen Drahtfiltern des Standes der Technik nicht herausfiltriert werden. Dies führt dazu, dass einige der Katalysatorpartikel zusammen mit der Kohlenwasserstoffflüssigkeit durch diese Filter abgezogen werden, und diese Teilchen müssen aus dem Kohlenwasserstoffflüssigprodukt entfernt werden, bevor es zur Veredelung geleitet wird. Das Entfernen der voluminösen Filter des Standes der Technik aus dem Reaktor bedeutete außerdem unausweichlich das Abschalten des Reaktors und Ablassen der Flüssigkeit, so dass ein verstopfter oder beschädigter Filter ersetzt oder repariert werden konnte. Die abgelassene Flüssigkeit musste zur Heißlagerung geleitet werden, so dass sie nicht erstarrte und dann ausreichend heiß in den Reaktor zurückgegeben werden konnte, um die Fortsetzung der HCS-Reaktion zu ermöglichen.

[0010] Der erfindungsgemäße Filter, der schematisch in den **Fig. 1(a)** und **1(b)** dargestellt ist, hat sich als einfache Lösung dieses wohl bekannten Problems erwiesen. In den **Fig. 1(a)** und **1(b)** ist daher ein erfindungsgemäßer Filter **10** gezeigt, der zwei Filterabschnitte **12** und **14** umfasst, die jeweils einen scheibenförmigen, hohlen Verteiler **18** beziehungsweise **20** mit einer Vielzahl vertikal aufgebrachter, länglicher Filterelemente **16** umfassen, die sich aus jeweiligen oberen und unteren Wänden **13**, **15**, **17** und **19** des Verteilers aufwärts und abwärts erstrecken. Die Filterelemente, von denen der Bequemlichkeit halber nur einige wenige dargestellt sind, sind länglich, hohl und an dem freien Ende **11** verschlossen. Das andere Ende von jedem Filterelement wird durch geeignete Mittel wie Schweißen, in formschlüssigem Eingriff mit einer Öffnung oder Düse (nicht gezeigt) an einer jeweiligen horizontalen Wand des Verteilers befestigt und öffnet sich in das Innere des Verteilers. Die Filterelemente sind für den Durchgang der Aufschlammungsflüssigkeit durch diese durchlässig, für den Durchgang von Katalysatorfeststoffen jedoch undurchlässig. Die Filteroberfläche der Filterelemente kann aus spiralförmig oder direkt gewundenem Profildraht und dergleichen hergestellt sein. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die Filterelemente jedoch aus gesintertem Metall hergestellt. Jedes Element kann vollständig aus gesintertem Metall gefertigt werden, oder kann ein äußeres Teil aus gesintertem Metall umfassen, der von einem Metallrahmen oder anderen Trägermittel gehalten wird. Wie in den **Fig. 1(a)** und **1(b)** zu sehen ist, ist der Filter grundlegend zylindrisch, und die Verteiler sind hohle Scheiben oder Zylinder, die jeweils eine feststoff-, flüssigkeits- und gasundurchlässige, zylindrische Außenwand **18** und **20** aufweisen, die in ihren

jeweiligen horizontalen oberen und unteren Wandteilen enden, auf denen die Filterelemente angeordnet sind. Die horizontalen oberen und unteren Wandteile sind auch feststoff- und gas- und flüssigkeitsundurchlässig. Die Filterelemente umfassen hohle Rohre aus gesintertem Metall, die lateral aufgebracht und voneinander beabstandet auf der oberen und/oder unteren horizontalen Verteilerwand angeordnet sind, an der sie befestigt sind, wobei das hohle Innere der Filterelemente in Fluidverbindung mit dem Inneren ihrer jeweiligen Verteiler steht. Die Verteiler sind mittels Filtratrohrleitungen **22** und **24** verbunden, die hohle Rohre oder Leitungen sind, um Filtrat aus dem Inneren der Verteiler aufzufangen und es nach oben und aus dem Reaktor oder der Reaktionszone heraus zu leiten. Die Verwendung einer Vielzahl von grundlegend rohrförmigen Filterelementen, die vertikal aufgestellt und horizontal auf dem Verteiler angeordnet sind, liefert eine große Filtrationsoberfläche pro Volumeneinheit des Filters. Obwohl in **Fig. 1(a)** zwei Filterabschnitte gezeigt sind, wird die tatsächliche Anzahl der Abschnitte, die den Filter bilden, durch die Größe des Reaktors oder Filtrationsgefäßes, die Größe der Filterelemente, usw. basierend auf Erfordernissen und Belieben des Praktikers ermittelt. **Fig. 2** veranschaulicht beispielsweise drei Filterabschnitte.

[0011] Wie die Figuren zeigen, hängt der Filter vorzugsweise von Mitteln, die sich im oberen Bereich des Reaktors befinden, in die Aufschlammung hinein. Durch Hängen des Filters aus dem oberen Bereich des Reaktor in die Aufschlammung hinein wird der Filter zur Reparatur und zum Ersatz leicht entfernt, ohne dass der Reaktor abgelassen werden muss, wie es bei den Filtern des Standes der Technik erforderlich ist. Falls außerhalb erfolgende Filtration angewendet wird, bei der die Aufschlammung einem Gefäß außerhalb des Hauptaufschlammungsreaktors zugeführt wird, um flüssiges Produkt durch Filtration zu entfernen, wird der Filter vorzugsweise aus den gleichen Gründen auch von dem oberen Bereich der außerhalb befindlichen Anlage oder Zone aufgehängt. Unter Bezugnahme auf die **Fig. 1(a)** und **2** ist der Filter als mittels der Filtratsammelrohrleitung **24** aufgehängt gezeigt, die sich durch eine Düse **44** im oberen Bereich **43** des Reaktors **30** erstreckt. Die Düse **44** öffnet sich zu einem nach außen aufgestellten Flansch **46**, der eine Abdeckplatte **48** trägt. Die Düsenbohrung **45** ist so bemessen, dass der Filter nach oben herausgezogen werden kann, nachdem die Abdeckplatte abgeschraubt worden ist. Ein neuer oder reparierter Filter wird einfach wieder in die Aufschlammung **34** in dem Reaktor **30** abgesenkt und die Platte wieder aufgeschraubt. Eine Flanschdichtung (nicht gezeigt) bildet eine hermetische Dichtung zwischen dem oberen Bereich des Flansches und der Abdeckplatte. In einer weiteren Ausführungsform (nicht gezeigt) erstreckt sich statt eines Filterelements eine Leitung, eine Filterrohrleitung, die an ihrem unteren Ende geschlossen ist, oder ein fester

Stab von der unteren Mitte des Filters nach unten und passt in formschlüssigem Eingriff in eine Muffe oder ein Gleitgelenk, so dass vertikale Bewegung des Filters in der Aufschlammung möglich ist. Hierdurch kann sich der Filter entlang seiner Länge ausdehnen und kontrahieren, um sich Temperaturänderungen in dem Reaktor anzupassen. Dies sorgt auch für seitlichen Halt, so dass horizontale oder laterale Bewegung des Bodens des Filters aufgrund von Reaktorvibration verhindert wird, so dass der Filter sowohl oben als auch unten verankert ist, aber dennoch in vertikaler Richtung kontrahieren und expandieren kann. Seitliche (laterale) Bewegung des Bodens des Filters kann zu großen Biegemomenten führen, die den Filter zerbrechen und weitere Schäden in dem Reaktor verursachen, indem der Filter auf einen anderen Filter, Wärmetauscherrohre, Fallrohre und dergleichen in der Aufschlammung schlägt. Wie bereits beschrieben wurde, kann sich anstelle einer Leitung oder Rohrleitung ein Stab oder anderes ähnliches Mittel von der unteren Mitte des Filters in eine Muffe oder ein Gleitgelenk erstrecken. Der Filter wird durch Schweißen oder jedes andere geeignete Mittel an der Platte **48** befestigt. Ebenfalls nicht gezeigt sind Mittel zum Verankern und Tragen der freien Enden der Filterelemente, die an den Verteilern befestigt sind, um seitliche Bewegung an der Erzeugung von Biegemomenten zu hindern oder diese zu minimieren, wodurch die Elemente zerbrochen würden, üblicherweise wenn sie mit den Verteilern verbunden sind. Solche Mittel können ringförmige, offene Drahtkäfige oder Trägerstrukturen mit einer Vielzahl miteinander verbundener Ringe und dergleichen einschließen, die über die Enden der Elemente gleiten, um seitliche Bewegung zu verhindern, wobei die Mittel selbst an den Verteilern, Filterelementen oder Filtratrohrleitungen verankert sind. Der Grund dafür ist, dass während der Kohlenwasserstoffsynthesereaktion das perlende Gas in dem Reaktor zu Vibration des Reaktors führt. Das bedeutet, dass der Filter an freier seitlicher oder Biegebewegung gehindert werden muss, um Schäden an dem Filter und den anderen Innenkomponenten des Reaktors zu vermeiden. Die Filterelemente müssen so bemessen sein, dass sie kein zu großes Aspektverhältnis von Länge zu Durchmesser haben. Ansonsten können übermäßige Biegemomente, wo die Filterelemente an die Verteiler geschweißt sind, zu Rissbildung führen und den Filterabschnitt anderweitig beschädigen und ihn sogar an der Schadensstelle durchlässig für Katalysatorfeststoffe machen. Schließlich ist die Erfindung, obwohl die Figuren und die Beschreibung Filterzusammenstellungen, Verteiler und Elemente mit rundem Querschnitt betreffen, nicht darauf begrenzt, und es können andere geeignete Formen und Größen verwendet werden.

[0012] Unter Bezugnahme auf **Fig. 2** ist nun ein Kohlenwasserstoffsynthesereaktor **30** vom Aufschlammungstyp als einen zylindrischen Außenmantel aus Stahl oder ein Gefäß **32** aufweisend gezeigt,

der bzw. das eine Dreiphasenaufschlammung **34** darin enthält, die Kohlenwasserstoffflüssigkeit umfasst, in der Katalysatorpartikel dispergiert und suspendiert sind, und die auch Gasblasen enthält. Das Gas umfasst Synthesegas und Gasprodukte der Kohlenwasserstoffsynthesereaktionen vom Fischer-Tropsch-Typ. Syntheseeinsatzmaterialgas wird über eine Leitung **40** in den Reaktor eingebracht und in den unteren Bereich der Aufschlammung **34** mittels einer Vielzahl von Gasverteilungsmitteln, wie Gasinjektoren (nicht gezeigt), injiziert, die horizontal über einer Stahlplatte **38** angeordnet sind. Die Platte **38** ist für die Aufschlammungsflüssigkeiten undurchlässig, jedoch für das nach oben strömende Gas mittels der Gasinjektoren durchlässig. Das Synthesegas fließt durch die Aufschlammung **34** nach oben und ist durch Blasen **36** dargestellt, von denen der Bequemlichkeit halber nur einige wenige gezeigt sind. Das Synthesegas kontaktiert die Katalysatorpartikel in der Aufschlammung und bildet flüssige und gasförmige Kohlenwasserstoffprodukte zusammen mit erheblichen Mengen an Wasserdampf. Zwei identische erfindungsgemäße Filterzusammenstellungen, **10** und **10'**, sind in der Aufschlammung **34** aufgehängt gezeigt, die jeweils drei Filterabschnitte zeigen, wobei jeder Abschnitt achtzehn Filterelemente (neunzehn in dem unteren Abschnitt) enthält, von denen der Bequemlichkeit halber nur wenige kurz illustriert sind. Wenn die Reaktion abläuft, treten die Gasprodukte im oberen Bereich der Aufschlammung aus und gelangen als Kopfprodukt in eine Gasherauslösezone **42**, aus der sie über eine Leitung **60** aus dem Reaktor entfernt werden. Gleichzeitig gelangt die Aufschlammungsflüssigkeit in das Innere der gesinterten Metallfilterelemente, deren Wände porös und für das Durchfließen der Aufschlammungsflüssigkeit durchlässig sind, die jedoch den Durchgang der Katalysatorpartikel in der Aufschlammung in das Innere der Filterelemente aufgrund der extrem kleinen Größe (z. B. $< 0,5 \times 10^{-6}$ m ($0,5 \mu\text{m}$)) der Poren nicht erlauben. Die Porengröße ist katalysatorspezifisch, und eine Porengröße von $< 0,5 \times 10^{-6}$ m ($0,5 \mu\text{m}$) hat sich als angemessen für einen Katalysator erwiesen, der Co aufgebracht auf oder als Verbund mit Titandioxid umfasst. Die Aufschlammungsflüssigkeit gelangt als Filtrat in das Innere der Filterelemente und danach in das Innere der Verteiler, mit denen die Filterelemente in Fluidverbindung stehen. Das Filtrat gelangt von den Verteilern in die Filtratrohrleitungen und wird aus dem oberen Bereich des Reaktors entfernt, wie durch Pfeile **50** und **50'** dargestellt ist. In **Fig. 2** sind zwei erfindungsgemäße Filterzusammenstellungen schematisch als von dem oberen Bereich des Reaktors in die Aufschlammung aufgehängt gezeigt, wobei die jeweils oberste Rohrleitung, **24** und **24'**, den oberen Bereich des Reaktors verlässt. Das Filtrat wird aus den Rohrleitungen zur weiteren Verarbeitung und Veredelung stromabwärts geleitet.

[0013] Ein Druckunterschied über den Filterelementen in dem Reaktor ist ausreichend, um die Auf-

schlammungsflüssigkeit in die Filterelemente, Verteiler, Rohrleitungen und aus dem Reaktor heraus zur nachgeordneten Verarbeitung zu treiben. Der Reaktordruck liegt üblicherweise oberhalb von 1379 kPa (200 psi) und der Auslassdruck der Filtratrohrleitungen ist typischerweise unter 517 kPa (75 psi). Diese Druckdifferenz ist mehr als ausreichend, um die Filter zu betreiben. Gesinterte Metallfilterelemente sind jedoch zerbrechlich, und in einigen Fällen hat sich herausgestellt, dass ein zu großer Druckabfall über den Filterelementen sie zerdrückt und zerbricht. In einem Fall zerbrachen sie durch einen Druckunterschied von etwa 1724 kPa (250 psi) über gesinterten Metallfilterelementen mit 3,81 cm (1 1/2 Zoll) Außendurchmesser in der Aufschlammung. Je größer der Durchmesser ist, um so niedriger ist die Druckdifferenz, die erforderlich ist, um sie zu zerbrechen. Es bildet also ein Merkmal der Erfindung für die Ausführungsform, in der die Filterelemente durch einen zu großen Druckabfall über der Filteroberfläche der Elemente zerbrochen werden können, Mittel bereitzustellen, um einen Druckabfall über den Filterelementen zu verhindern, der groß genug ist, um sie zu zerbrechen. Dies kann auf zahlreiche Weisen bewirkt werden. Ein Weg besteht in der Regulierung des Drucks stromabwärts von den Filterzusammenstellungen, um ihn daran zu hindern, auf einen ausreichend niedrigen Wert abzusinken, so dass der höhere Druck in der Aufschlammung die Filterelemente zerbricht. Dies kann durch stromabwärts befindliche Druckregler bewirkt werden. Periodische Rückspülung der Filter in der Aufschlammung ist notwendig, um die Poren der Filterelemente von feinteiligen Feststoffen zu reinigen, die sich während der Filtration ansammeln. Alle Filterzusammenstellungen können gleichzeitig rückgespült werden, oder sie können individuell rückgespült werden, da Experimente keinen echten Unterschied zwischen den beiden Verfahren gezeigt haben. Bei 3,81 cm (1 1/2 Zoll) Filterelementen, die aus gesinterten Metallrohren aus rostfreiem Stahl mit der kleinen Porengröße $< 0,5 \times 10^{-6}$ m (0,5 μ m) Porengröße hergestellt worden sind, haben sich Intervalle von zwölf Stunden als angemessen erwiesen. In einem Versuch in einem experimentellen HCS-Reaktor wurde teilchenfreies (z. B. < 1 ppm) Filtrat mit einem Filtrationsfluss von 0,2445 m³/h/m² (0,1 GPM/ft²) bei einer katalysatorhaltigen Aufschlammung erreicht.

[0014] Ein weiterer Aspekt der Erfindung liegt in einer bedeutsam hohen Filtrationsfläche in Bezug auf das Volumen, den der Filter in der Aufschlammung beansprucht, wodurch eine relativ hohe volumetrische Rückgewinnung des Kohlenwasserstoffflüssigkeitsfiltrats ermöglicht wird, bezogen auf den Raum, den der Filter in der Aufschlammung beansprucht. Dies ist besonders wichtig, wenn der Filter in die Aufschlammung in dem Reaktor und nicht in ein außerhalb gelegenes Filtrationsgefäß eintaucht, da in dem Reaktor nur ein begrenztes Raumangebot zur Verfügung steht. In einem Filter ähnlich demjenigen, der in den Figuren veranschaulicht ist, umfasst jeder Ab-

schnitt beispielsweise einen zylindrischen Verteiler mit einer oberen und unteren horizontalen Oberfläche, über die eine Vielzahl hohler, zylindrischer, im Wesentlichen vertikaler, gesinteter Metallfilterelemente gruppiert sind. Wenn die Elemente einen Durchmesser von 3,81 cm (1 1/2 Zoll) aufweisen, jeweils 3,04 m (10 ft) lang und auf der oberen und unteren Oberfläche eines 15,24 cm (sechs Zoll) dicken Verteilers mit 38,1 cm (15 Zoll) Durchmesser aufgestellt sind, wobei die Mittelposition als durch eine Filtratrohrleitung mit 3,81 cm (1 1/2 Zoll) Durchmesser besetzt und ein Abstand von 3,81 cm (1 1/2 Zoll) zwischen den Elementen angenommen wird, sind insgesamt neunzehn Elemente in einer dreieckigen Gruppierung mit einem Winkel von sechzig Grad von Mitte zu Mitte für benachbarte Elemente angeordnet. Das L/D-Verhältnis (Länge, geteilt durch Durchmesser) der Elemente ist 80, das von den Elementen und dem Verteiler beanspruchte Volumen $70,8 \times 10^{-2}$ m³ (25 ft³), die Gesamtfiltrationsfläche ist 13,84 m² (149 ft²), und das Verhältnis von Filteroberfläche zu Filtervolumen (A/V) ist 1,798 m⁻¹ (5,9 ft⁻¹). In deutlichem Gegensatz dazu ist das A/V-Verhältnis für einen einzigen zylindrischen Filter von 6,232 m (20 1/2 ft) Länge und 36,75 cm (15 Zoll) Durchmesser, wie sie im Stand der Technik illustriert sind, nur 0,9449 m⁻¹ (3,1 ft⁻¹). In Abhängigkeit von dem Durchmesser der Filterelemente, dem Durchmesser des Verteilers und davon, ob Elemente mit unterschiedlichen Durchmessern auf dem oberen Bereich und dem unteren Bereich des Verteilers gruppiert sind oder nicht, kann das A/V-Verhältnis im Bereich von 1,311 m⁻¹ (4,3 ft⁻¹) bis so viel wie oder sogar mehr als 2,4384 m⁻¹ (8 ft⁻¹) liegen. In einer allgemeinen Ausführungsform betrifft die Erfindung ein Aufschlammungsverfahren und vorzugsweise ein Aufschlammungs-HCS-Verfahren, bei dem mindestens ein Filter in der Aufschlammung entweder in dem Reaktor oder in der Aufschlammung in einem Gefäß außerhalb des Reaktors aufgestellt ist, und wobei der Filter ein Verhältnis von Filtrationsfläche zu Filtervolumen von mindestens 1,311 m⁻¹ (4,3 ft⁻¹) und vorzugsweise mindestens 1,798 m⁻¹ (5,9 ft⁻¹) hat.

[0015] In einem HCS-Verfahren werden flüssige und gasförmige Kohlenwasserstoffprodukte gebildet, indem Syngas, das eine Mischung von H₂ und CO umfasst, unter Bedingungen mit oder ohne Gleichgewichtsverschiebung und vorzugsweise unter Bedingungen ohne Gleichgewichtsverschiebung, unter denen wenig oder keine Wassergasverschiebungsreaktion stattfindet, mit Katalysator kontaktiert wird, insbesondere wenn das katalytische Metall Co, Ru oder eine Mischung derselben umfasst. Geeignete Katalysatoren vom Fischer-Tropsch-Reaktionstyp umfassen beispielsweise ein oder mehrere katalytische Metalle der Gruppe VIII, wie Fe, Ni, Co, Ru und Re. In einer Ausführungsform umfasst der Katalysator katalytisch effektive Mengen Co und einem oder mehreren von Re, Ru, Fe, Ni, Th, Zr, Hf, U, Mg und La auf einem geeigneten anorganischen Trägermate-

rial, vorzugsweise einem, das ein oder mehrere hitzebeständige Metalloxide umfasst. Bevorzugte Träger für Co enthaltende Katalysatoren umfassen Titandioxid, insbesondere wenn ein Aufschlammungs-HCS-Verfahren verwendet wird, bei dem vorwiegend paraffinische flüssige Kohlenwasserstoffprodukte mit höherem Molekulargewicht erwünscht sind. Brauchbare Katalysatoren und deren Herstellung sind bekannt, und veranschaulichende, jedoch nicht einschränkende Beispiele finden sich beispielsweise in der US-A-4 568 663, der US-A-4 663 305, der US-A-4 542 122, der US-A-4 621 072 und der US-A-5 545 674.

[0016] Die nach einem erfindungsgemäßen HCS-Verfahren produzierten Kohlenwasserstoffe werden typischerweise zu wertvolleren Produkten veredelt, indem alle oder ein Teil der C_{5+} -Kohlenwasserstoffe einer Fraktionierung und/oder Umwandlung unterzogen wird bzw. werden. Mit Umwandlung sind ein oder mehrere Verfahrensschritte gemeint, bei dem bzw. denen die Molekülstruktur von mindestens einem Teil des Kohlenwasserstoffs verändert wird, wobei sowohl nicht-katalytische Verarbeitung (z. B. Dampfcracken) als auch katalytische Verarbeitung (z. B. katalytisches Cracken) eingeschlossen sind, bei dem eine Fraktion mit geeignetem Katalysator kontaktiert wird. Falls Wasserstoff als Reaktant vorhanden ist, werden solche Verarbeitungsschritte typischerweise als Hydroumwandlung bezeichnet und schließen beispielsweise Hydroisomerisierung, Hydrocracken, Hydroentparaffinieren, Hydoraffinieren und das schärfere Hydoraffinieren ein, das als Hydrotreating bezeichnet wird, wobei alle unter Bedingungen durchgeführt werden, die in der Literatur zur Hydroumwandlung von Kohlenwasserstoffeinsatzmaterialien wohl bekannt sind, einschließlich Kohlenwasserstoffeinsatzmaterialien, die reich an Paraffinen sind. Veranschaulichende, jedoch nicht einschränkende Beispiele für wertvollere Produkte, die durch Umwandlung gebildet werden, schließen ein oder mehrere aus synthetischem Rohöl, flüssigem Brennstoff, Olefinen, Lösungsmitteln, Schmier-, Industrie- und medizinischem Öl, wachsartigen Kohlenwasserstoffen, Stickstoff und Sauerstoff enthaltenden Verbindungen und dergleichen ein. Flüssiger Brennstoff schließt ein oder mehrere von Motorenbenzin, Dieseldieselkraftstoff, Düsenkraftstoff und Kerosin ein, während Schmieröle beispielsweise Automobil-, Düsenmotor-, Turbinen- und Metallbearbeitungsöle einschließen. Industrieöle schließen Bohrlochflüssigkeiten, Landwirtschaftsöle, Wärmeübertragungsflüssigkeiten und dergleichen ein.

Patentansprüche

1. Filter, der mindestens einen Filterabschnitt aufweist, der eine Vielzahl hohler, länglicher Filterelemente umfasst, die vertikal auf einem hohlen Verteiler angeordnet sind, wobei jedes derartige Filterelement eine Wand aufweist, von der mindestens ein

Teil für den Durchgang von Flüssigkeit, jedoch nicht von Feststoffen, von der Außenseite des Elements zu dem hohlen Inneren hindurch durchlässig ist, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Filterelemente in Aufwärts- und Abwärtsrichtung von dem hohlen Verteiler erstrecken, wobei der Verteiler mit einer hohlen Filtratrohrleitung verbunden ist, wobei sich das Innere der Elemente, des Verteilers und der Rohrleitung in Fluidverbindung befinden.

2. Filter nach Anspruch 1, bei dem die Filterelemente vertikal aufgebracht und lateral beabstandet und angeordnet auf dem Verteiler vorliegen.

3. Filter nach Anspruch 2, bei dem der Verteiler mindestens eine horizontale Wand einschließt, auf der die Elemente lateral voneinander beabstandet und über der Außenfläche der Wand angeordnet sind.

4. Filter nach Anspruch 3, bei dem der Verteiler zwei horizontale Wände, eine obere und eine untere Wand, aufweist und die Elemente lateral voneinander beabstandet und über der Außenfläche beider Wände angeordnet sind.

5. Filter nach Anspruch 4, bei dem die Elemente gesintertes Metall umfassen.

6. Aufschlammungsreaktor, der ein Gefäß umfasst, das eine Aufschlammung, die teilchenförmige Feststoffe in einer Aufschlammungsflüssigkeit umfasst, und einen Filter zum Abtrennen der Flüssigkeit von den Teilchen und Entfernen eines Teils der Flüssigkeit aus dem Reaktor umschließt, wobei der Filter mindestens einen Filterabschnitt aufweist, der eine Vielzahl hohler, länglicher Filterelemente umfasst, die vertikal auf einem hohlen Verteiler angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Filterelemente in Aufwärts- und Abwärtsrichtung von dem hohlen Verteiler erstrecken, wobei der Filter entfernbare Mittel in dem Reaktor befestigt ist, die es ermöglichen, dass er vertikal nach oben und über den oberen Bereich des Reaktors entfernt werden kann.

7. Aufschlammungskohlenwasserstoffsynthesereaktor nach Anspruch 6.

8. Reaktor nach Anspruch 6, bei dem der Filter ein Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis von mindestens $1,311 \text{ m}^{-1}$ ($4,3 \text{ ft}^{-1}$) hat.

9. Aufschlammungskohlenwasserstoffsynthesereaktor nach Anspruch 8.

10. Reaktor nach Anspruch 9, bei dem der Filter ein Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis von mindestens $1,798 \text{ m}^{-1}$ ($5,9 \text{ ft}^{-1}$) hat.

11. Aufschlammungskohlenwasserstoffsynthese

verfahren zur Bildung von Kohlenwasserstoffen, bei dem (a) Synthesegas, das eine Mischung aus H_2 und CO umfasst, in Gegenwart von festem, teilchenförmigem Kohlenwasserstoffsynthesekatalysator in einer Aufschlammung in einem Kohlenwasserstoffsynthesereaktor unter Reaktionsbedingungen umgesetzt wird, die zum Bilden von Kohlenwasserstoffen wirksam sind, von denen mindestens ein Teil unter den Reaktionsbedingungen flüssig ist, wobei die Aufschlammung den Katalysator und Gasblasen in einer Kohlenwasserstoffaufschlammungsflüssigkeit umfasst und wobei die Aufschlammungskohlenwasserstoffflüssigkeit die flüssigen Kohlenwasserstoffe umfasst; (b) die Aufschlammung mit einem Filter in Kontakt gebracht wird, der mindestens einen Filterabschnitt umfasst, der eine Vielzahl von hohlen Filterelementen aufweist, die vertikal auf einem hohlen Verteiler angeordnet sind, der mit einer Filtratrohrleitung verbunden ist, wobei die Filterelementwand, die das Innere der Elemente von der Aufschlammung trennt, für die Aufschlammungskohlenwasserstoffflüssigkeit, jedoch nicht für die Aufschlammungsfeststoffe durchlässig ist; (c) die Aufschlammungskohlenwasserstoffflüssigkeit als Filtrat durch die Filterelementwände hindurch und in das Innere der Elemente hinein geleitet wird und dann anschließend das Filtrat durch das Innere des Verteilers und der Filtratrohrleitung geleitet wird, und (d) das Filtrat von der Rohrleitung aus dem Reaktor herausgeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Filterelemente in Aufwärts- und Abwärtsrichtung von dem hohlen Verteiler erstrecken, wobei sich das Innere der Elemente, des Verteilers und der Rohrleitung in Fluidverbindung befinden.

18. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem mindestens ein Teil des Filtrats durch Fraktionierung und/oder einen oder mehrere Umwandlungsverfahrensschritte zu wertvollerem Produkt veredelt wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem der Filter in die Aufschlammung eingetaucht ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem sich der Filter entweder in dem Reaktor oder in einem externen Filtrationsgefäß befindet.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem der Filter ein Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis von mindestens $1,311 \text{ m}^{-1}$ ($4,3 \text{ ft}^{-1}$) hat.

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem der Filter entfernbar durch Mittel in dem Reaktor oder Gefäß befestigt ist, die es ermöglichen, dass er vertikal nach oben und über den oberen Bereich des Reaktors entfernt werden kann.

16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem mindestens ein Teil des Filtrats durch Fraktionierung und/oder einen oder mehrere Umwandlungsverfahrensschritte zu wertvollerem Produkt veredelt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem der Filter ein Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis von mindestens $1,798 \text{ m}^{-1}$ ($5,9 \text{ ft}^{-1}$) hat.

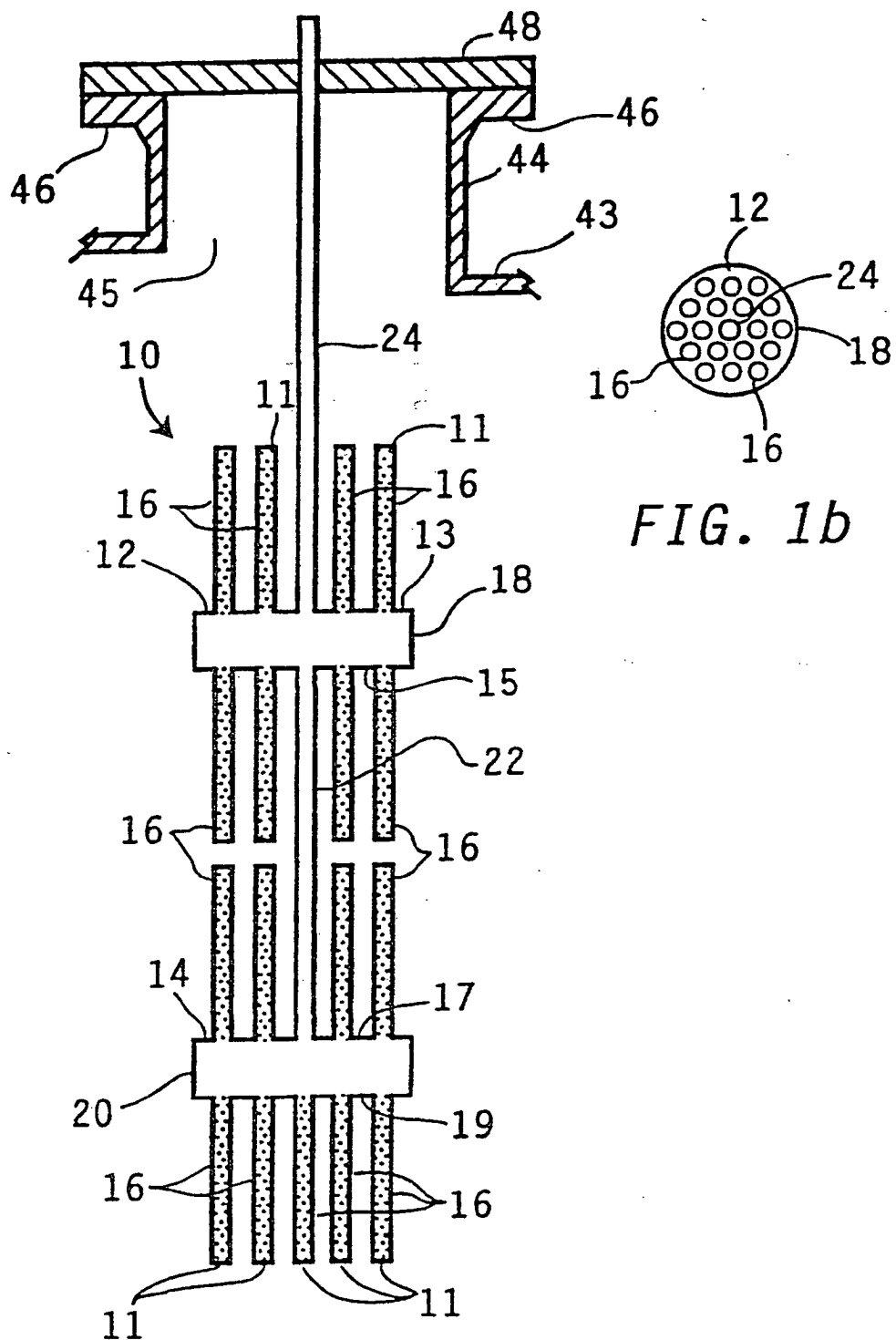


FIG. 1b

FIG. 1a

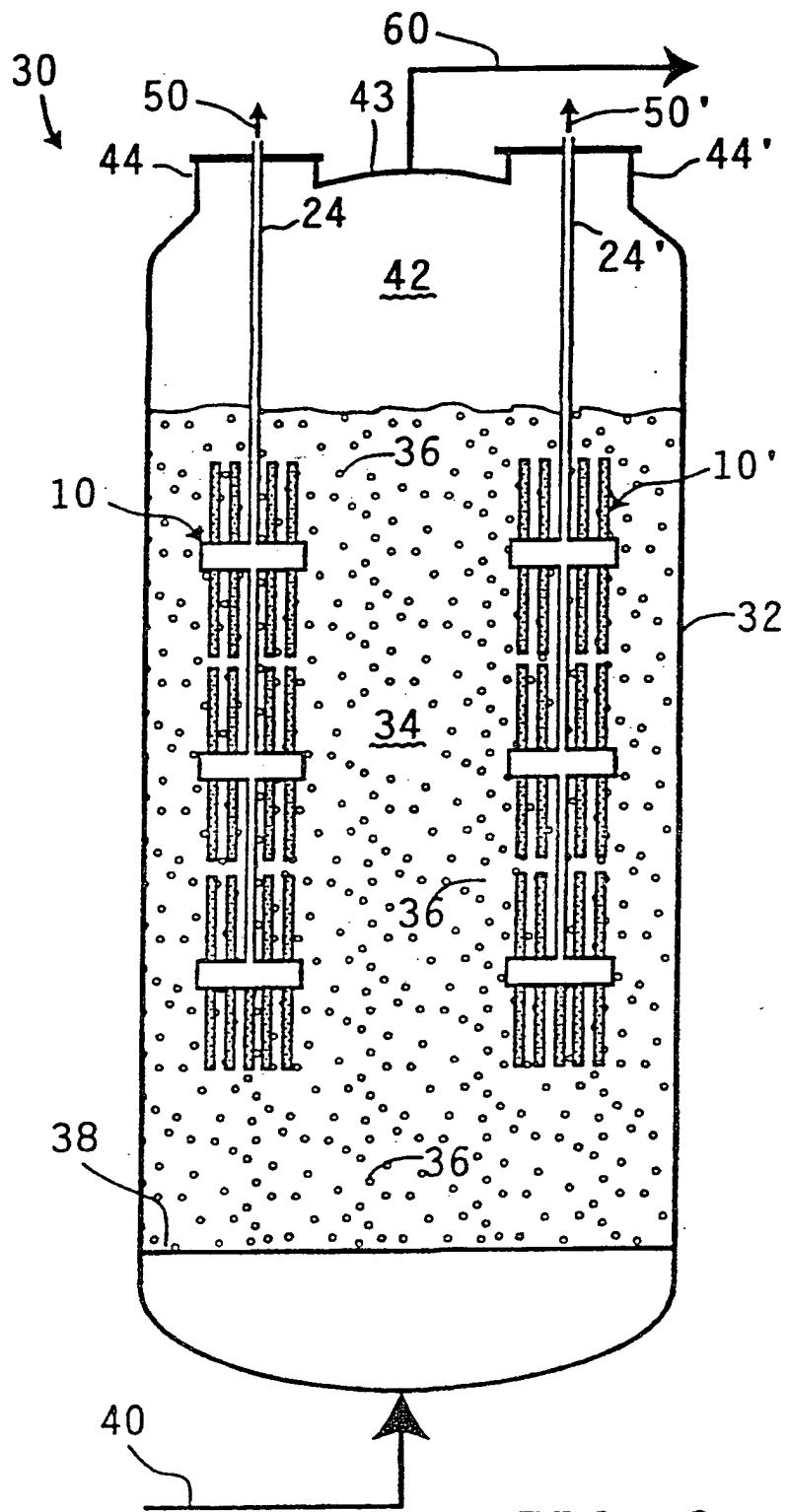


FIG. 2