



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2004133051/12, 27.03.2003

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.03.2003

(30) Конвенционный приоритет:
11.04.2002 (пп.1-18) US 10/120,623

(43) Дата публикации заявки: 10.05.2005

(45) Опубликовано: 10.01.2007 Бюл. № 1

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 6184176 B1, 06.02.2001. US 4337120
A, 29.06.1982. US 2931711 A, 05.04.1960. US
3851405 A, 03.12.1974. RU 2050969 C1,
27.12.1995. RU 2107540 C1, 27.03.1998. SU
257661 A, 04.12.1970.

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу:
11.11.2004

(86) Заявка РСТ:
US 03/09341 (27.03.2003)

(87) Публикация РСТ:
WO 03/086608 (23.10.2003)

Адрес для переписки:
129010, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. А.В.Мицу

(72) Автор(ы):

МАЙЕР Пол Ф. (US),
СУГРУЕ Эдвард Л. (US),
УЭЛЛС Ян В. (US),
ХОСЛЕР Дуглас В. (US),
ТОМПСОН Макс В. (US),
АВИДАН Амос А. (US)

(73) Патентообладатель(и):

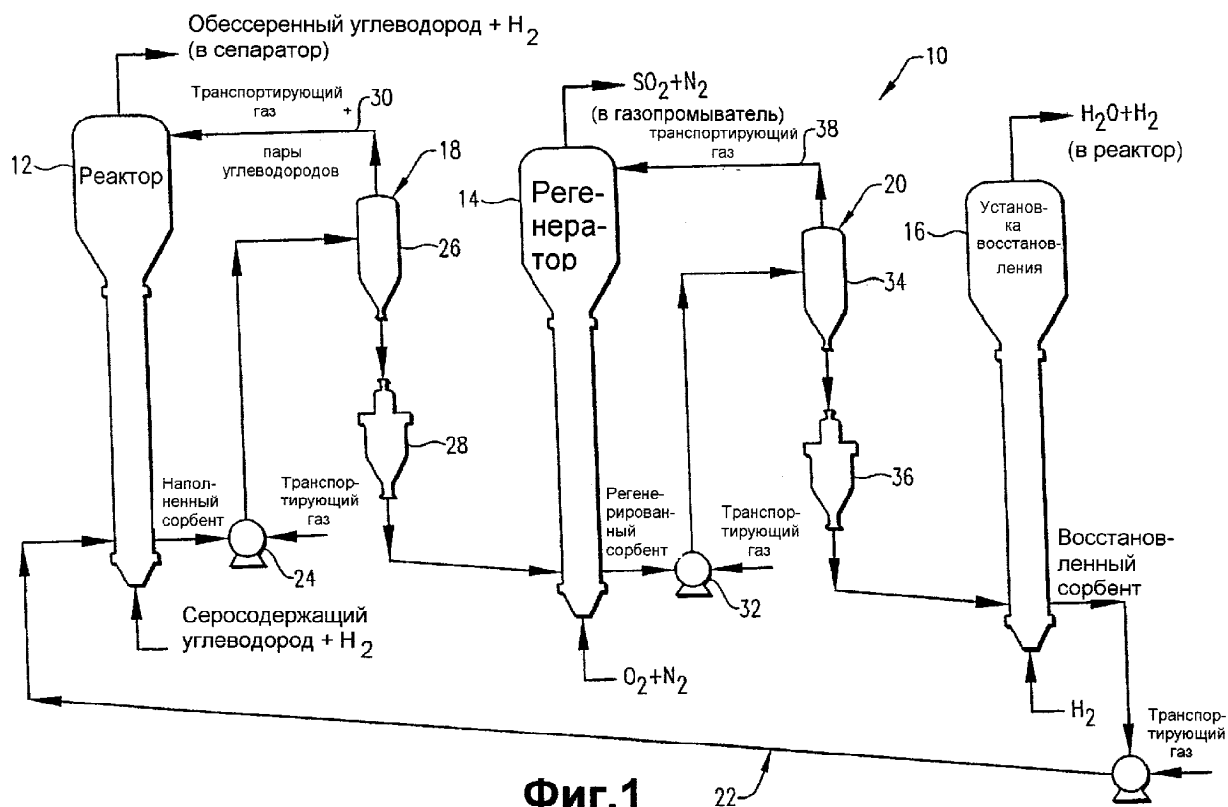
КОНОКОФИЛЛИПС КОМПАНИ (US)

(54) УСТАНОВКА ОБЕССЕРИВАНИЯ С УЛУЧШЕННЫМ КОНТАКТОМ ЖИДКОСТЬ/ТВЕРДАЯ ФАЗА

(57) Реферат:

Установка для удаления серы из углеводородсодержащего потока текучей среды, содержащая реактор с псевдооживленным слоем, который включает ряд разнесенных по вертикали усиливающих контакт элементов, расположенных горизонтально в реакционной зоне, где обессеривание усиливается улучшением контакта между углеводородсодержащим потоком текучей среды и поглощающими серу твердыми частицами. Согласно изобретению на упомянутой установке осуществляют способ обессеривания, включающий четыре стадии: контактирование углеводородсодержащего потока текучей среды с твердыми тонкодисперсными частицами сорбента; контактирование, по меньшей мере, части

углеводородсодержащего потока и частиц сорбента с рядом дефлекторов; контактирование наполненных серой частиц сорбента с кислородсодержащим регенерирующим потоком; контактирование регенерированных частиц сорбента с водородсодержащим восстанавливающим потоком; дополнительно включена стадия контактирования указанных восстановленных частиц сорбента с углеводородсодержащим потоком текучей среды в корпусе реактора. Технический результат - создание системы обессеривания путем улучшения контакта углеводородсодержащего потока текучей среды и регенерируемых твердых частиц сорбента. 4 н. и 14 з.п. ф-лы, 7 ил., 8 табл.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2004133051/12, 27.03.2003**

(24) Effective date for property rights: **27.03.2003**

(30) Priority:
11.04.2002 (cl.1-18) US 10/120,623

(43) Application published: **10.05.2005**

(45) Date of publication: **10.01.2007 Bull. 1**

(85) Commencement of national phase: **11.11.2004**

(86) PCT application:
US 03/09341 (27.03.2003)

(87) PCT publication:
WO 03/086608 (23.10.2003)

Mail address:
**129010, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i
Partnery", pat.pov. A.V.Mitsu**

(72) Inventor(s):

**MAJER Pol F. (US),
SUGRUE Ehdvard L. (US),
UEHLLS Jan V. (US),
KhOSLER Douglas V. (US),
TOMPSON Maks V. (US),
AVIDAN Amos A. (US)**

(73) Proprietor(s):

KONOKOFILLIPS KOMPANI (US)

(54) DESULFURIZATION PLANT WITH IMPROVED LIQUID/SOLID PHASE CONTACT

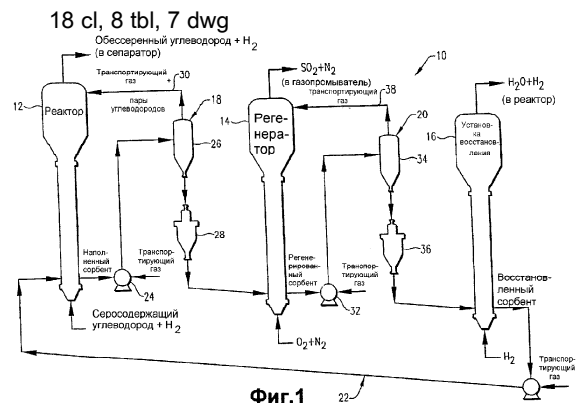
(57) Abstract:

FIELD: chemical technologies.

SUBSTANCE: proposed plant for removal of sulfur from hydrocarbon-containing flow of fluid medium contains reactor with fluidized layer which includes row of contact-increasing members spaced in vertical and arranged horizontally in reaction zone where desulfurization is increased owing to better contact between hydrocarbon-containing flow of fluid medium and hard particles absorbing sulfur. According to invention desulfurization on proposed plant is carried out in four steps: contacting of hydrocarbon containing flow of fluid medium with solid finely dispersed particles of sorbent; contacting of at least part of hydrocarbon containing flow and particles of sorbent with number of deflectors; contacting pf particles of sorbent filled with sulfur with oxygen-containing regenerating flow; contacting of regenerated particles of sorbent with hydrogen-containing

reducing flow. Step of contacting of said reduced particles of sorbent with hydrocarbon-containing flow of liquid medium in reactor housing is included additionally.

EFFECT: provision of desulfurization owing to improved contact of hydrocarbon-containing flow of fluid medium and regenerated solid particles of sorbent.



Настоящее изобретение относится к способу и установке для удаления серы из содержащих углеводороды потоков текучей среды. В другом аспекте изобретение относится к установке для улучшения контакта содержащего углеводороды потока текучей среды и твердых частиц сорбита серы в реакторе с псевдооживленным слоем.

5 Углеводородсодержащие жидкости, такие как бензин и дизельное топливо, обычно содержат некоторое количество серы. Высокие уровни серы в таком горючем для двигателей внутреннего сгорания нежелательны, так как оксиды серы, присутствующие в выхлопных газах, могут необратимо отравить катализаторы на основе благородных металлов, применяемые в автомобильных каталитических конвертерах. Выхлопные газы из
10 таких отравленных каталитических конвертеров могут содержать высокие уровни несгоревших углеводородов, оксидов азота и/или монооксида углерода, которые при катализе солнечным светом образуют в приповерхностном слое земли озонное загрязнение, более известное как смог.

Большая часть серы, присутствующей в конечных марках большинства бензинов,
15 возникает из компонента смешения бензина, известного всем как "крекинг-бензин". Таким образом, снижение уровней серы в крекинг-бензине будет фактически служить снижению уровней серы в большинстве видов горючего, таких как автобензин, бензин для гоночных автомобилей, авиационный бензин, лодочный бензин и тому подобных.

Существует много традиционных способов удаления серы из крекинг-бензина. Однако
20 большинство традиционных способов удаления серы, такие как гидродесульфуризация, имеют тенденцию превращать олефины и ароматику в крекинг-бензине в насыщенные соединения и снижать тем самым его октановое число (как моторное, так и исследовательское октановые числа). Следовательно, существует потребность в способе, в котором обессеривание крекинг-бензина достигалось бы при сохранении октанового
25 числа.

Помимо необходимости удаления серы из крекинг-бензина, требуется также снизить содержание серы в дизельном топливе. При удалении серы из дизельного топлива путем гидродесульфуризации улучшается цетановое число, но существуют большие затраты по
расходу водорода. Водород расходуется в реакциях как гидродесульфуризации, так и
30 гидрогенизации ароматических соединений. Таким образом, существует потребность в способе, в котором обессеривание дизельного топлива достигалось бы без существенного расхода водорода, чтобы создать более экономичный способ обессеривания.

Традиционно композиции сорбентов, применяемые в процессах удаления серы из углеводородсодержащих жидкостей, таких как крекинг-бензин и дизельное топливо, были
35 агломератами, используемыми в применениях с неподвижным слоем. Поскольку реакторы с псевдооживленным слоем имеют ряд преимуществ перед реакторами с неподвижным слоем, углеводородсодержащие текучие среды иногда обрабатываются в реакторах с псевдооживленным слоем. По сравнению с реакторами с неподвижным слоем реакторы с псевдооживленным слоем имеют как преимущества, так и недостатки. Быстрое смешение
40 твердых веществ дает почти изотермические условия по всему реактору, приводя к надежному управлению реактором и, при необходимости, легкому теплоотводу. Также подвижность частиц твердого сорбента позволяет частицам сорбента циркулировать между двумя и более установками - идеальное условие для реакторов, где сорбент требует частой регенерации. Однако газовый поток в реакторах с псевдооживленным слоем часто
45 трудно охарактеризовать, с его возможными большими отклонениями от поршневого режима, что ведет к байпасу газа, обратному смешению твердых частиц и неэффективному контакту газ/твердая фаза. Такие нежелательные характеристики потока в реакторе с псевдооживленным слоем в конечном итоге приводят к менее эффективному процессу десульфуризации.

50 Известны технические решения по патентам US 6184176 B1, B 01 J 20/00, 06.02.2001; US 4337120 A, C 10 B 1/4, 29.06.1982; US 2931711 A, B 01 J 8/18, 05.04.1960, которые являются наиболее близкими аналогами заявленных объектов изобретения по пунктам 15,1 и 9,5, соответственно, отличия от которых в совокупности направлены на создание

системы обессеривания углеводородов путем улучшения контакта углеводородсодержащего потока текучей среды и регенерируемых твердых частиц сорбента, в которой сведены к минимуму потеря октанового числа и расход водорода при улучшении удаления серы. Однако эти известные технические решения имеют недостатки, перечисленные выше.

Соответственно, необходимо создать новую систему обессеривания углеводородов, в которой используется реактор с псевдооживленным слоем, имеющим внутрикорпусные устройства, которые улучшают контакт углеводородсодержащего потока текучей среды и регенерируемых твердых частиц сорбента, тем самым улучшая обессеривание углеводородсодержащего потока текучей среды.

Также необходимо создать систему обессеривания углеводородов, которая сводит к минимуму потерю октанового числа и расход водорода, улучшая при этом удаление серы.

Следует отметить, что перечисленные выше преимущества вовсе не должны ограничивать заявленное здесь изобретение, другие задачи и преимущества настоящего изобретения станут ясны из следующего описания предпочтительных вариантов осуществления и приложенной формулы изобретения.

Соответственно, в одном варианте осуществления настоящего изобретения предлагается установка обессеривания, включающая реактор с псевдооживленным слоем, регенератор с псевдооживленным слоем и установку восстановления с псевдооживленным слоем. Реактор с псевдооживленным слоем определяет вертикальную реакционную зону удлинённой формы, внутри которой тонкодисперсные твердые частицы сорбента контактируют с углеводородсодержащим потоком текучей среды, чтобы тем самым получить обессеренный углеводородсодержащий поток и наполненные серой частицы сорбента. Реактор с кипящим слоем включает ряд разнесенных по вертикали усиливающих контакт элементов, обычно расположенных горизонтально в реакционной зоне. Каждый из усиливающих контакт элементов включает множество проходящих по существу параллельно, отделенных друг от друга в боковом направлении удлиненных дефлекторов. Дефлекторы соседних разнесенных по вертикали усиливающих контакт элементов проходят поперек друг друга с углом перекрещивания, составляющим от примерно 60 до примерно 120 градусов. Регенератор с псевдооживленным слоем предназначен для контакта по меньшей мере части наполненных серой частиц сорбента из реактора с кислородсодержащим регенерирующим потоком, получая тем самым регенерированные частицы сорбента. Установка восстановления с псевдооживленным слоем предназначена для контакта по меньшей мере части регенерированных частиц сорбента из регенератора с водородсодержащим восстанавливающим потоком.

В другом варианте осуществления настоящего изобретения, предлагается система с реактором с псевдооживленным слоем, включающая вертикальную емкость удлинённой формы, поток текучей среды, содержащий газообразные углеводороды, псевдооживленный слой твердых частиц и ряд разнесенных по вертикали элементов контакта. Эта емкость определяет реакционную зону, через которую углеводородсодержащий поток текучей среды проходит вверх с приведенной скоростью, составляющей от примерно 0,076 м/с до примерно 1,524 м/с (примерно от 0,25 до примерно 5,0 фт/с). Псевдооживленный слой твердых частиц расположен по существу в реакционной зоне и псевдооживлен проходящим через него потоком текучей среды, содержащим газообразные углеводороды. Каждый из усиливающих контакт элементов обычно расположен горизонтально в реакционной зоне и содержит множество проходящих по существу параллельно, отделенных друг от друга в боковом направлении дефлекторов удлинённой формы. Дефлекторы соседних разнесенных по вертикали усиливающих контакт элементов проходят поперек друг друга с углом перекрещивания, составляющим от примерно 60 градусов до примерно 120 градусов.

Еще в одном варианте осуществления настоящего изобретения предлагается реактор с псевдооживленным слоем для контакта проходящего вверх потока, содержащего газообразные углеводороды, с твердыми частицами. Реактор с псевдооживленным слоем обычно содержит вертикальную емкость удлинённой формы и ряд отделенных друг от

друга по вертикали усиливающих контакт элементов. Эта емкость определяет нижнюю реакционную зону, внутри которой твердые частицы по существу псевдооживлены потоком, содержащим газообразные углеводороды, и верхнюю зону отделения, внутри которой твердые частицы в значительной степени выделяются из потока, содержащего

5 газообразные углеводороды. Каждый из усиливающих контакт элементов обычно расположен в реакционной зоне горизонтально и включает множество проходящих по существу параллельно, отделенных друг от друга в боковом направлении дефлекторов удлиненной формы. Дефлекторы соседних разнесенных по вертикали усиливающих контакт элементов проходят крест-накрест друг к другу с углом перекрещивания, составляющим от примерно 60 градусов до примерно 120 градусов.

Еще в одном варианте осуществления настоящего изобретения предлагается способ обессеривания. Способ обессеривания включает следующие стадии: (а) контактирование углеводородсодержащего потока текучей среды с частицами твердого сорбента, содержащими металлический промотор с пониженной валентностью и окись цинка, в 15 корпусе реактора с псевдооживленным слоем в условиях обессеривания, достаточных для удаления серы из углеводородсодержащего потока текучей среды и превращения по меньшей мере части окиси цинка в сульфид цинка, получая тем самым обессеренный углеводородсодержащий поток и наполненные серой частицы сорбента; (b) одновременно со стадией (а), контактирование по меньшей мере части углеводородсодержащего потока текучей среды и твердых частиц с рядом по существу горизонтальных, разнесенных по 20 вертикали, перекрещивающихся групп дефлекторов, снижая тем самым аксиальную дисперсию в реакторе с псевдооживленным слоем и улучшая удаление серы из углеводородсодержащего потока текучей среды; (с) контактирование по меньшей мере части наполненных серой частиц сорбента с кислородсодержащим регенерирующим потоком в корпусе регенератора в условиях регенерации, достаточных для превращения по 25 меньшей мере части сульфида цинка в окись цинка, получая тем самым регенерированные частицы сорбента, содержащие невосстановленный металлический промотор; и (d) контактирование по меньшей мере части регенерированных частиц сорбента с водородсодержащим восстанавливающим потоком в корпусе установки восстановления в 30 условиях восстановления, достаточных для восстановления невосстановленного металлического промотора, получая тем самым восстановленные частицы сорбента.

На фиг.1 изображена схематическая диаграмма установки обессеривания, выполненной в соответствии с настоящим изобретением, конкретно показывающая циркуляцию регенерируемых частиц твердого сорбента через реактор, регенератор и установку 35 восстановления.

На фиг.2 изображен вид сбоку реактора с псевдооживленным слоем, выполненным в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг.3 изображен вид сбоку в разрезе части реактора с псевдооживленным слоем, детально показывающий ряд разнесенных вертикально усиливающих контакт групп дефлекторов, расположенных в реакционной зоне. 40

На фиг.4 изображен частично аксонометрический вид реактора с псевдооживленным слоем, где некоторая часть корпуса реактора вырезана, чтобы яснее показать расположение усиливающих контакт групп дефлекторов в реакционной зоне.

На фиг.5 изображено сечение реактора с псевдооживленным слоем вдоль линии 5-5 на 45 фиг.3, детально показывающим конструкцию одной группы дефлекторов.

На фиг.6 изображено сечение реактора с псевдооживленным слоем вдоль линии 6-6 на фиг.3, конкретно показывающий перекрещивающийся вид отдельных элементов соседних групп дефлекторов.

На фиг.7 изображена схематическая диаграмма полной испытательной системы 50 реактора с псевдооживленным слоем, применяемой в экспериментах с трассерами для измерения характеристик псевдооживления.

На фиг.1 изображена установка 10 обессеривания, включающая обычно реактор 12 с псевдооживленным слоем, регенератор 14 с псевдооживленным слоем и установку

восстановления 16 с псевдооживленным слоем. Твердые частицы сорбента циркулируют в установке обессеривания 10, чтобы обеспечить непрерывное удаление серы из серосодержащего углеводорода, такого как крекинг-бензин или дизельное топливо.

Твердые частицы сорбента, используемые в установке обессеривания 10, могут быть

любой достаточно псевдооживляемой, способной циркулировать и регенерировать композицией на основе окиси цинка, имеющей достаточную активность в десульфуризации и достаточное сопротивление истиранию. Описание такой композиции сорбента дается в патенте США 6429170 В1 и заявке на патент США сер. № 10/072209, полное раскрытие которых введено здесь посредством ссылки.

В реакторе 12 с псевдооживленным слоем углеводородсодержащий поток текучей среды проходит вверх через слой восстановленных твердых частиц сорбента. Восстановленные твердые частицы сорбента, проконтрактировавшие с углеводородсодержащим потоком в реакторе 12, предпочтительно сначала (т.е. непосредственно перед контактом с углеводородсодержащим потоком текучей среды) содержат компоненты оксида цинка и металлического промотора с пониженной валентностью. Без привязки к теории, следует отметить, что входящий в состав восстановленных твердых частиц сорбента металлический промотор с пониженной валентностью облегчает удаление серы из углеводородсодержащего потока, а оксид цинка действует как механизм запаса серы путем его превращения в сульфид цинка.

Входящий в состав восстановленных твердых частиц сорбента металлический промотор с пониженной валентностью предпочтительно включает металлический промотор, выбранный из группы, состоящей из никеля, кобальта, железа, магния, вольфрама, серебра, золота, меди, платины, цинка, олова, рутения, молибдена, сурьмы, ванадия, индия, хрома, палладия. Более предпочтительно компонент, содержащий металлический промотор с пониженной валентностью, в качестве металлического промотора включает никель. Используемый здесь термин "с пониженной валентностью" при описании металлического промотора будет означать металлический промотор, валентность которого меньше, чем валентность металлического промотора в его обычном окисленном состоянии. Более точно, восстановленные твердые частицы сорбента, используемые в реакторе 12, должны включать в состав металлический промотор, валентность которого меньше, чем валентность металлического промотора регенерированных (т.е. окисленных) твердых частиц сорбента, покидающих регенератор 14. Наиболее предпочтительно по существу весь входящий в состав восстановленных частиц твердого сорбента металлический промотор имеет валентность 0.

В предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения металлический промотор с пониженной валентностью включает, состоит из или в основном состоит из твердого раствора замещения металлов, характеризующегося формулой M_AZn_B , в которой "М" представляет собой промотирующий металл, а "А" и "В" являются численными величинами, лежащими в интервале от 0,01 до 0,99. В приведенной выше формуле твердого раствора замещения металлов "А" предпочтительно составляет от примерно 0,70 до примерно 0,97 и наиболее предпочтительно составляет от примерно 0,85 до примерно 0,95. Далее, "В" предпочтительно составляет от примерно 0,03 до примерно 0,30, наиболее предпочтительно составляет от примерно 0,05 до 0,15. Предпочтительно B равно $(1-A)$.

Твердые растворы замещения имеют уникальные физические и химические свойства, которые важны для химии композиций сорбента, описанных здесь. Твердые растворы замещения являются классом сплавов, которые образованы прямым замещением атомов растворенного металла на атомы металла-растворителя в кристаллической структуре. Например, считается, что твердый раствор замещения металлов (M_AZn_B), обнаруженный в восстановленных частицах твердого сорбента, образован замещением растворенных атомов металлического цинка растворяющими атомами промотирующего металла. Существуют три основных критерия, которые способствуют образованию твердых растворов замещения: (1) атомные радиусы двух элементов отличаются друг от друга не

более чем на 15 процентов; (2) кристаллические структуры обеих чистых фаз одинаковы; и (3) электроотрицательности обоих компонентов одинаковы. Металлический промотор (как элементарный металл или оксид металла) и оксид цинка, применяемые в твердых частицах сорбента, описанных здесь, предпочтительно удовлетворяют по меньшей мере двум из

5 трех перечисленных выше критериев. Например, если металлический промотор является никелем, удовлетворяются первый и третий критерии, а второй - нет. Атомные радиусы металлических никеля и цинка отличаются друг от друга не более чем на 10 процентов, а их электроотрицательности одинаковы. Однако оксид никеля (NiO) предпочтительно образует кубическую кристаллическую структуру, а оксид цинка (ZnO) предпочтительно -

10 гексагональную кристаллическую структуру. Твердый раствор никель-цинк сохраняет кубическую структуру оксида никеля. Принуждение оксида цинка располагаться в кубической структуре увеличивает энергию фазы, что ограничивает количество цинка, которое может быть растворено в структуре оксида никеля. Этот стехиометрический контроль проявляется на микроскопическом уровне в образовании твердого раствора

15 никель-цинк состава 92:8 ($\text{Ni}_{0,92}\text{Zn}_{0,08}$) при восстановлении, а на макроскопическом уровне в возможности многократно регенерировать частицы твердого сорбента.

Кроме оксида цинка и металлического промотора с пониженной валентностью, в состав восстановленных твердых частиц сорбента, применяемого в реакторе 12, могут еще входить усилитель пористости и раствор твердых частиц замещения металлический

20 промотор-алюминат цинка. Раствор твердых частиц замещения металлический промотор-алюминат цинка можно характеризовать формулой $\text{M}_z\text{Zn}_{(1-z)}\text{Al}_2\text{O}_4$, в которой Z является численной величиной, составляющей от 0,01 до 0,99. Усилитель пористости, если таковой применяется, может быть любым соединением, которое в конечном счете увеличивает макропористость частиц твердого сорбента. Предпочтительно усилитель пористости

25 является перлитом. Термин "перлит", как он используется здесь, является петрографическим термином для обозначения кремнийсодержащей горной породы, которая в естественном виде встречается в отдельных регионах по всему миру. Отличительной чертой, которая выделяет его среди других горных минералов, является его способность увеличиваться в объеме от четырех до двадцати раз по сравнению с

30 первоначальным объемом при нагревании до определенных температур. Будучи нагрет выше 871°C (1600°F) дробленый перлит расширяется из-за присутствия связанной воды в сырой перлитовой породе. Связанная вода испаряется в процессе нагрева и образует бесчисленное количество мельчайших пузырьков в размягченных под действием тепла стекловидных частицах. Именно эти маленькие стеклянные спаянные пузырьки

35 обеспечивают его легкий вес. Вспученный перлит может быть произведен так, чтобы весить всего лишь 40 кг/м^3 (2,5 фунта на кубический фут). Типичные свойства вспученного перлита, полученные химическим анализом, таковы: двуокись кремния 73%, окись алюминия 17%, окись калия 5%, окись натрия 3%, окись кальция 1%, плюс другие микроэлементы. Типичные физические свойства вспученного перлита таковы: температура

40 размягчения $871\text{--}1093^\circ\text{C}$ ($1600\text{--}2000^\circ\text{F}$), точка плавления $1260\text{--}1343^\circ\text{C}$ ($2300^\circ\text{F}\text{--}2450^\circ\text{F}$), pH 6,6-6,8 и удельная плотность 2,2-2,4. Используемый здесь термин "вспученный перлит" относится к сферической форме перлита, которая была вспучена нагревом перлитовой кремнийсодержащей горной породы до температуры выше 871°C (1600°F). Термин

45 "измельченный вспученный перлит" или "молотый перлит", как он используется здесь, означает такую форму вспученного перлита, которая была подвергнута дроблению, чтобы получить массу частиц, в которой по меньшей мере 97% частиц этой массы имеют размер менее 2 микрон. Термин "молотый вспученный перлит" означает продукт, полученный после дробления или измельчения частиц вспученного перлита.

Восстановленные твердые частицы сорбента, сначала бывшие в контакте с

50 углеводородсодержащим потоком текучей среды в реакторе 12, могут содержать оксид цинка, металлический промотор с пониженной валентностью ($\text{M}_\text{A}\text{Zn}_\text{B}$), усилитель пористости (УП) и металлический промотор-алюминат цинка ($\text{M}_z\text{Zn}_{(1-z)}\text{Al}_2\text{O}_4$), в диапазонах, приведенных в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1				
Состав восстановленных твердых частиц твердого сорбента				
Диапазон	ZnO (вес.%)	M _A Zn _B (вес.%)	УП (вес.%)	M _Z Zn _(1-z) Al ₂ O ₄ (вес.%)
Предпочтительный	5-80	5-80	2-50	1-50
Более предпочтительный	20-60	20-60	5-30	5-30
Наиболее предпочтительный	30-50	30-40	10-20	10-20

Физические свойства частиц твердого сорбента, которые существенно влияют на пригодность частиц для использования в установке обессеривания 10, включают, например, форму частиц, размер частиц, плотность частиц и сопротивление истиранию. Твердые частицы сорбента, применяемые в установке обессеривания 10, предпочтительно содержат микросферические частицы со средним размером от примерно 20 до примерно 150 микрон, более предпочтительно от примерно 50 до примерно 100 микрон и наиболее предпочтительно от 60 до 80 микрон. Плотность твердых частиц сорбента предпочтительно составляет от примерно 0,5 до примерно 1,5 граммов на кубический сантиметр (г/см³), более предпочтительно от примерно 0,8 до примерно 1,3 г/см³ и наиболее предпочтительно от 0,9 до 1,2 г/см³. Согласно размеру и плотности твердых частиц сорбента твердые частицы сорбента предпочтительно относятся к Группе "А, твердые" по групповой классификации систем согласно Гельдарту, описанной в Powder Technol, 7, 285-292 (1973). Твердые частицы сорбента предпочтительно имеют высокое сопротивление истиранию. Используемый здесь термин "сопротивление истиранию" означает меру устойчивости частиц к снижению размера в контролируемых условиях турбулентного движения. Сопротивление истиранию частицы может быть количественно охарактеризовано, используя индекс Девидсона. Индекс Девидсона представляет собой весовой процент фракции частиц размером более 20 микрон, которые в условиях испытания уменьшаются до частиц размером менее 20 микрон. Индекс Девидсона измерен с использованием определения истирания по методу стандартного стакана в струе. Метод определения истирания стандартного стакана в струе включает просеивание образца сорбента весом 5 граммов, чтобы удалить частицы в диапазоне размеров от 0 до 20 микрон. Затем частицы крупнее 20 микрон подвергаются действию тангенциальной воздушной струи при скорости 21 литр в минуту, вводимой через отверстие 0,0625 дюйма, расположенное на дне специально разработанного стакана (1" внутр. диам. X 2" высота), в течение 1 часа. Индекс Девидсона (DI) рассчитывается следующим образом:

$$DI = \frac{\text{Вес } 0-20 \text{ микрон, образованных во время испытания}}{\text{Вес начальный} + \text{тестируемой фракции } 20 \text{ микрон}} \times 100 \times \text{поправ.коэф.}$$

Твердые частицы сорбента, используемые в настоящем изобретении, предпочтительно имеют значение индекса Девидсона менее 30, более предпочтительно меньше чем 20 и наиболее предпочтительно менее 10.

Углеродсодержащий поток текучей среды, проконтактировавший с восстановленными твердыми частицами сорбента в реакторе 12, предпочтительно содержит серосодержащий углеводород и водород. Мольное отношение водорода к серосодержащему углеводороду, подаваемому в реактор 12, предпочтительно составляет от примерно 0,1:1 до примерно 3:1, более предпочтительно составляет от примерно 0,2:1 до примерно 1:1 и наиболее предпочтительно составляет от 0,4:1 до 0,8:1.

Предпочтительно серосодержащий углеводород является текучей средой, которая при стандартных температуре и давлении находится в жидком состоянии, но которая существует в газовом состоянии при соединении с водородом, как описано выше, и подвергается условиям обессеривания в реакторе 12. Серосодержащий углеводород предпочтительно может использоваться как горючее или как предшественник горючего.

Примеры подходящих серосодержащих углеводородов включают крекинг-бензин, дизельное топливо, реактивное топливо, прямогонный керосин, прямогонные дистилляты, газойль коксования, керосин коксования, алкилаты и прямогонный газойль. Наиболее предпочтительно серосодержащий углеводород включает жидкий углеводород, выбранный

из группы, состоящей из бензина, крекинг-бензина, дизельного топлива и их смесей.

Используемый здесь термин "бензин" означает смесь углеводородов, кипящих в интервале от примерно 37,7°C до примерно 204,4°C (примерно от 100°F до примерно 400°F), или любую их фракцию. Примеры подходящих бензинов включают, без

ограничений, углеводородные потоки в нефтеперегонных заводах, такие как сырая нефть, прямогонный керосин, керосин коксования, каталитический бензин, керосин легкого крекинга, алкилаты, продукты изомеризации, продукты риформинга и тому подобные и их смеси.

Используемый здесь термин "крекинг-бензин" означает смесь углеводородов, кипящую в интервале от 37,7°C до примерно 204,4°C (примерно от 100°F до примерно 400°F) или любую их фракцию, которые являются продуктами термической или каталитической обработки, которая разрывает крупные молекулы углеводородов на меньшие молекулы.

Примеры подходящих термических процессов включают, без ограничений, коксование, термический крекинг, легкий крекинг и тому подобные и их комбинации. Примеры

подходящих каталитических процессов крекинга включают, без ограничений, жидкий каталитический крекинг, крекинг тяжелой нефти и тому подобное, и их комбинации. Таким образом, примеры подходящих крекинг-бензинов включают, без ограничений, бензин коксования, бензин термического крекинга, бензин легкого крекинга, бензин жидкого каталитического крекинга, бензин крекинга тяжелой нефти и тому подобные и их комбинации. В некоторых случаях крекинг-бензин может быть фракционирован и/или гидрообработан перед десульфуризацией, если он используется как серосодержащая жидкость в способе настоящего изобретения.

Используемый здесь термин "дизельное топливо" означает смесь углеводородов, кипящих в интервале от примерно 149°C до примерно 399°C (примерно от 300°F до примерно 750°F), или любую их фракцию. Примеры подходящих дизельных топлив включают, без ограничений, легкий рецикловый газойль, керосин, реактивное топливо, дизельное топливо прямой гонки, гидрообработанное дизельное топливо и тому подобные и их комбинации.

Серосодержащий углеводород, описанный здесь, как подходящее сырье для способа обессеривания содержит некоторое количество олефинов, ароматических соединений и серы, а также парафины и нафтены. Количество олефинов в газообразном крекинг-бензине обычно составляет от примерно 10 до примерно 35 весовых процентов от общего веса газообразного крекинг-бензина. В дизельном топливе по существу не содержится

олефинов. Количество ароматических соединений в газообразном крекинг-бензине обычно составляет от примерно 20 до примерно 40 весовых процентов от общего веса газообразного крекинг-бензина. Количество ароматики в газообразном дизельном топливе обычно составляет от примерно 10 до примерно 90 весовых процентов от полного веса газообразного дизельного топлива. Количество атомарной серы в серосодержащем жидком углеводороде, предпочтительно крекинг-бензине или дизельном топливе, подходящем для

использования в способе обессеривания, согласно изобретению обычно выше примерно 50 весовых частей на миллион (м.д.) весовых частей серосодержащего жидкого углеводорода, более предпочтительно составляет примерно от 100 м.д. атомарной серы до примерно 10000 м.д. атомарной серы, наиболее предпочтительно от 150 м.д. атомарной серы до 500 м.д. атомарной серы. Предпочтительно, чтобы по меньшей мере примерно 50 весовых процентов атомарной серы, находящейся в серосодержащем жидком углеводороде, используемом в настоящем изобретении, было в форме сероорганических соединений. Более предпочтительно по меньшей мере примерно 75 весовых процентов атомарной серы, присутствующей в серосодержащем жидком углеводороде, находится в виде сероорганических соединений, и наиболее предпочтительно по меньшей мере 90 весовых

процентов атомарной серы находится в виде сероорганических соединений. Термин "сера", используемый здесь в связи с "м.д. серы" или термином "атомарная сера", означает количество атомарной серы (около 32 атомных единиц массы) в серосодержащем углеводороде, а не массу атома или массу соединения серы, такого, как

сероорганическое соединение.

Используемый здесь термин "сера" означает серу в любой форме, присутствующей обычно в серосодержащем углеводороде, таком как крекинг-бензин или дизельное топливо. Примеры такой серы, которая может быть удалена из серосодержащего жидкого

углеводорода согласно настоящему изобретению, включают, без ограничений, сероводород, сульфид карбонила (COS), сероуглерод (CS₂), меркаптан (RSH), органические сульфиды (R-S-R), органические бисульфиды (R-S-S-R), тιοфен, замещенные тιοфена, органические трисульфиды, органические тетрасульфиды, бензотиофен, алкилтиофены, алкилбензотиофены, алкилдибензотиофены и тому подобные и их комбинации, также могут присутствовать эти же соединения с большими молекулярными весами, которые обычно имеются в серосодержащих углеводородах типов, предполагаемых для использования в способе обессеривания согласно настоящему изобретению, где каждый R может означать алкильную, циклоалкильную или арильную группу, содержащую от 1 до 10 атомов углерода.

Используемый здесь термин "текучая среда" означает газ, жидкость, пар и их комбинации.

Используемый здесь термин "газообразный" означает состояние, в котором серосодержащий текучий углеводород, такой как крекинг-бензин или дизельное топливо, находится первоначально в газовой или паровой фазе.

Используемый здесь термин "тонкодисперсные" означает частицы со средним размером меньше чем 500 микрон.

В реакторе 12 с псевдооживленным слоем тонкодисперсные восстановленные твердые частицы сорбента контактируют с проходящим вверх потоком текучей среды, содержащим газообразный углеводород в условиях обессеривания, достаточных для получения обессеренного углеводорода и наполненных серой твердых частиц сорбента. Течение углеводородсодержащего потока текучей среды достаточно для псевдооживления слоя частиц твердого сорбента, находящихся в реакторе 12. Условия обессеривания в реакторе 12 включают температуру, давление, объемную скорость (WHSV) и приведенную скорость. Предпочтительные диапазоны для таких условий приведены в табл.2.

ТАБЛИЦА 2							
Условия обессеривания							
Диапазон	Temp (° F)	Temp (° C)	Давл. (ф/кв. дюйм, изб.)	Давл. (кПа)	Объем-ная скорость (ч ⁻¹)	Приведенная скорость (фт/с)	Приведенная скорость (м/с)
Предпочтительный	250-1200	121-649	25-750	273-5268	1-20	0,25-5	0,076-1,524
Более предпочтительный	500-1000	260-538	100-400	790-2857	2-12	0,5-2,5	0,152-0,762
Наиболее предпочтительный	700-850	371-454	150-250	1134-1824	3-8	1,0-1,5	0,305-0,46

Когда восстановленные твердые частицы сорбента прореагировали с углеводородсодержащим потоком в реакторе 12 в условиях обессеривания, соединения серы, в частности сероорганические соединения, присутствующие в углеводородсодержащем потоке текучей среды, удаляются из такого потока текучей среды. По меньшей мере часть серы, удаленной из углеводородсодержащего потока текучей среды, используется для превращения по меньшей мере части оксида цинка восстановленных твердых частиц сорбента в сульфид цинка.

В отличие от многих традиционных способов удаления серы (например, гидродесульфуризации), где предпочтительно, чтобы по существу вся сера в серосодержащем жидком углеводороде не реагировала и оставалась как сероводород при обессеривании в реакторе 12. Наоборот, предпочтительно, чтобы поток текучей среды, выходящий из реактора 12 (обычно содержащий обессеренный углеводород и водород), вовсе не содержал сероводорода или содержал в количестве меньшем, чем в жидком потоке, подаваемом в реактор 12 (обычно содержащем серосодержащий углеводород и водород). Поток текучей среды, выходящий из реактора 12, предпочтительно содержит

менее примерно 50 весовых процентов от количества серы в жидком потоке, подаваемом в реактор 12, более предпочтительно менее примерно 20 весовых процентов от количества серы в жидком потоке, наиболее предпочтительно менее 5 весовых процентов от количества серы в жидком потоке. Предпочтительно, чтобы полное содержание серы в потоке текучей среды, выходящем из реактора 12, было меньше чем примерно 50 весовых частей на миллион (м.д.) частей всего вытекающего потока текучей среды, более предпочтительно менее примерно 30 м.д., еще более предпочтительно менее примерно 15 м.д. и наиболее предпочтительно меньше чем 10 м.д.

После обессеривания в реакторе 12 обессеренная углеводородная жидкость, предпочтительно обессеренный крекинг-бензин или обессеренное дизельное топливо, может быть затем разделена и извлечена из выходящего потока текучей среды и предпочтительно ожижена. Ожижение такого обессеренного текучего углеводорода может быть осуществлено любым методом или способом, известным в данной области.

Полученный в результате ожиженный обессеренный углеводород предпочтительно содержит менее примерно 50 весовых процентов от количества серы в серосодержащем углеводороде (например, крекинг-бензине или дизельном топливе), подаваемом в зону реакции, более предпочтительно менее примерно 20 весовых процентов от количества серы в серосодержащем углеводороде и наиболее предпочтительно меньше чем 5 весовых процентов от количества серы в серосодержащем углеводороде. Обессеренный углеводород предпочтительно содержит менее примерно 50 м.д. серы, более предпочтительно менее примерно 30 м.д. серы, еще более предпочтительно менее примерно 15 м.д. серы и наиболее предпочтительно меньше чем 10 м.д. серы.

После обессеривания в реакторе 12 по меньшей мере часть наполненных серой частиц сорбента поступает в регенератор 14 через первую линию 18 для транспортировки. В регенераторе 14 наполненные серой частицы твердого сорбента контактируют с кислородсодержащим регенерирующим потоком. Кислородсодержащий регенерирующий поток предпочтительно содержит по меньшей мере 1 мольный процент кислорода, причем остальное является газообразным разбавителем. Более предпочтительно кислородсодержащий регенерирующий поток содержит от примерно 1 до примерно 50 мольных процентов кислорода и примерно от 50 до примерно 95 мольных процентов азота, еще более предпочтительно содержит от примерно 2 до примерно 20 мольных процентов кислорода и от примерно 70 до примерно 90 мольных процентов азота и наиболее предпочтительно содержит от 3 до 10 мольных процентов кислорода и от 75 до 85 мольных процентов азота.

Условия регенерации в регенераторе 14 достаточны для превращения по меньшей мере части сульфида цинка наполненных серой частиц твердого сорбента в оксид цинка путем контакта с кислородсодержащим регенерирующим потоком. Предпочтительные диапазоны для таких условий регенерации приведены в табл.3.

ТАБЛИЦА 3						
Условия регенерации						
Диапазон	Temp (° F)	Temp (° C)	Давл. (ф/кв. дюйм, изб.)	Давл. (кПа)	Приведенная скорость (фт/с)	Приведенная скорость (м/с)
Предпочтительный	500-1500	260-815	10-250	170-1823	0,5-10	0,152-3,05
Более предпочтительный	700-1200	371-649	20-150	239-1134	1,0-5,0	0,305-1,52
Наиболее предпочтительный	900-1100	482-593	30-75	308-618	2,0-2,5	0,61-0,762

Когда наполненные серой твердые частицы сорбента контактируют с кислородсодержащим регенерирующим потоком в условиях регенерации, описанных выше, по меньшей мере часть металлического промотора окисляется с образованием окисленного металлического промотора. Предпочтительно в регенераторе 14 твердый раствор замещения металлов (M_AZn_B) и/или сульфидированный твердый раствор замещения металлов (M_AZn_BS) наполненного серой сорбента превращается в твердый раствор замещения оксида металла, характеризующийся формулой $MxZnyO$, в которой М означает металлический промотор, а Х и Y каждый является числом, составляющим от 0,01

до примерно 0,99. В приведенной выше формуле X предпочтительно составляет от примерно 0,5 до примерно 0,9, наиболее предпочтительно от 0,6 до 0,8. Далее, Y предпочтительно составляет от примерно 0,1 до примерно 0,5, наиболее предпочтительно от 0,2 до 0,4. Предпочтительно Y равно (1-X).

- 5 Регенерированные твердые частицы сорбента, покидающие регенератор 14, могут содержать оксид цинка, окисленный металлический промотор (M_xZn_yO), усилитель пористости (УП) и металлический промотор-алюминат цинка ($M_zZn_{(1-z)}Al_2O_4$) в диапазонах, приведенных в табл.4.

10

ТАБЛИЦА 4				
Состав регенерированных частиц твердого сорбента				
Диапазон	ZnO (вес.%)	M_xZn_yO (вес.%)	УП (вес.%)	$M_zZn_{(1-z)}Al_2O_4$ (вес.%)
Предпочтительный	5-80	5-70	2-50	1-50
Более предпочтительный	20-60	15-60	5-30	5-30
Наиболее предпочтительный	30-50	20-40	10-20	10-20

15

После регенерации в регенераторе 14 регенерированные (т.е. окисленные) твердые частицы сорбента переносятся в установку восстановления 16 через вторую линию 20 для транспортировки. В установке 16 восстановления регенерированные твердые частицы сорбента контактируют с водородсодержащим восстанавливающим потоком.

20

Водородсодержащий восстанавливающий поток предпочтительно содержит по меньшей мере 50 мольных процентов водорода, причем оставшаяся часть является углеводородными продуктами крекинга, такими, например, как метан, этан и пропан.

25

Более предпочтительно водородсодержащий восстанавливающий поток содержит по меньшей мере около 70 мольных процентов водорода, наиболее предпочтительно по меньшей мере 80 мольных процентов водорода. Условия восстановления в установке

25

восстановления 16 достаточны для уменьшения валентности окисленного металлического промотора в регенерированных твердых частицах сорбента. Предпочтительные диапазоны для таких условий восстановления приведены в табл.5.

30

ТАБЛИЦА 5					
Условия восстановления					
Диапазон	Темп. (°F)	Темп. (°C)	Давление (ф/кв. дюйм, изб.)	Давл. (кПа)	Приведенная скорость (фт/с)
Предпочтительный	250-1250	121-677	25-750	273-5268	0,1-4,0
Более предпочтительный	600-1000	315-538	100-400	790-2857	0,2-2,0
Наиболее предпочтительный	750-850	399-434	150-250	1134-1823	0,3-1,0

35

Когда регенерированные твердые частицы сорбента проконтактируют с водородсодержащим восстанавливающим потоком в установке 16 восстановления в условиях восстановления, описанных выше, по меньшей мере часть окисленного металлического промотора восстанавливается с образованием металлического промотора с пониженной валентностью. Предпочтительно по меньшей мере основная часть твердого раствора замещения оксида металла (M_xZn_yO) превращается в металлический промотор с пониженной валентностью (M_AZn_B).

40

После того как твердые частицы сорбента были восстановлены в установке 16 восстановления, они могут быть перенесены назад в реактор 12, через третью линию 22 для транспортировки, для повторного контакта с углеводородсодержащим потоком текучей среды в реакторе 12.

45

На фиг.1 показана первая линия 18 для транспортировки, которая обычно содержит пневмоподъемник 24 реактора, приемник 26 реактора и шлюзовой бункер 28 реактора, расположенный по потоку между реактором 12 и регенератором 14. При работе установки 10 обессеривания наполненные серой частицы сорбента непрерывно удаляются из реактора 12 и поднимаются пневмоподъемником 24 реактора из реактора 12 в приемник 26 реактора. Приемник 26 реактора гидравлически связан с реактором 12 через возвратную линию 30 реактора. Транспортирующий газ, применяемый для транспортировки наполненных серой частиц сорбента из реактора 12 в приемник 26 реактора, отделяется от наполненных серой частиц сорбента в приемнике 26 реактора и возвращается в реактор

50

12 через возвратную линию 30 реактора. Шлюзовой бункер 28 реактора предназначен для переноса наполненных серой частиц сорбента из углеводородной среды с высоким давлением реактора 12 и приемника 26 реактора в кислородную среду с низким давлением регенератора 14. Чтобы осуществить такой перенос, шлюзовой бункер 28 реактора

5 периодически получает порции наполненных серой частиц сорбента из приемника 26 реактора, изолирует наполненные серой частицы сорбента из приемника 26 реактора и регенератора 14 и изменяет давление и состав среды, окружающей наполненные серой частицы сорбента, из углеводородной среды с высоким давлением в инертную (например, азотную) среду с низким давлением. После того как среда, окружающая наполненные серой

10 частицы сорбента, была изменена, как описано выше, наполненные серой частицы сорбента периодически транспортируются из шлюзового бункера 28 реактора в регенератор 14. Так как наполненные серой твердые частицы удаляются из реактора 12 непрерывно, а обрабатываются в шлюзовом бункере 28 реактора в периодическом режиме, приемник 26 реактора функционирует как уравнительный резервуар, в котором

15 наполненные серой частицы сорбента, непрерывно удаляемые из реактора 12, могут собираться между переносами наполненных серой частиц сорбента из приемника 26 реактора в шлюзовой бункер 28 реактора. Таким образом, приемник 26 реактора и шлюзовой бункер 28 реактора взаимодействуют для перевода потока наполненных серой частиц сорбента между реактором 12 и регенератором 14 из непрерывного режима в

20 периодический режим.

Вторая линия 20 для транспортирования обычно содержит пневмоподъемник 32 регенератора, приемник 34 регенератора и шлюзовой бункер 28 регенератора, расположенный по потоку между регенератором 14 и установкой 16 восстановления. При работе установки 10 обессеривания регенерированные частицы сорбента непрерывно

25 удаляются из регенератора 14 и поднимаются пневмоподъемником 32 регенератора из регенератора 14 в приемник 34 регенератора. Приемник 34 регенератора гидравлически соединен с регенератором 14 через возвратную линию 38 регенератора. Транспортирующий газ, используемый для транспортировки регенерированных частиц сорбента из регенератора 14 в приемник 34 регенератора, отделяется от

30 регенерированных частиц сорбента в приемнике 34 регенератора и возвращается в регенератор 14 через возвратную линию 38 регенератора. Шлюзовой бункер 28 регенератора предназначен для перевода регенерированных частиц сорбента из кислородной среды с низким давлением регенератора 14 и приемника 34 регенератора в водородную среду установки 16 восстановления с высоким давлением. Чтобы осуществить

35 этот переход, шлюзовой бункер 28 регенератора периодически получает порции регенерированных частиц сорбента из приемника 34 регенератора, изолирует регенерированные частицы сорбента из приемника 34 регенератора и установки 16 восстановления и изменяет давление и состав среды, окружающей регенерированные частицы сорбента, из кислородной среды с низким давлением в водородную среду с

40 высоким давлением. После того как среда регенерированных частиц сорбента была изменена, как описано выше, регенерированные частицы сорбента периодически переносятся из шлюзового бункера 28 регенератора в установку 16 восстановления. Так как регенерированные частицы сорбента удаляются из регенератора 14 непрерывно, а обрабатываются в шлюзовом бункере 28 регенератора в периодическом режиме, приемник

45 регенератора 34 функционирует как уравнительный резервуар, в котором частицы сорбента, непрерывно удаляемые из регенератора 14, могут аккумулироваться между переносами регенерированных частиц сорбента из приемника 34 регенератора в шлюзовой бункер 28 регенератора. Таким образом, приемник 34 регенератора и шлюзовой бункер 28 регенератора взаимодействуют для переноса потока регенерированных частиц сорбента

50 между регенератором 14 и установкой 16 восстановления из непрерывного режима в периодический режим.

На фиг.2 реактор 12 имеет корпус с входным отверстием для текучей среды для приема потока, содержащего газообразные углеводороды, в реакционную зону, выходным

отверстием для текучей среды для отвода потока, содержащего газообразные углеводороды, из зоны отделения, входным отверстием 48 для твердой фазы для приема твердых частиц в реакционную зону и выходным отверстием 50 для твердой фазы для выведения твердых частиц из реакционной зоны. При этом входное отверстие для твердой фазы, выходное отверстие для твердой фазы и выходное отверстие для текучей среды отделены друг от друга. Реактор включает камеру 40 давления, реакторную секцию 42, секцию 44 отделения и фильтр 46, расположенный вблизи от входного отверстия для текучей среды и обеспечивающий возможность прохождения потока, содержащего газообразные углеводороды, через входное отверстие для текучей среды, одновременно блокируя прохождение твердых частиц через выходное отверстие для текучей среды. Восстановленные частицы твердого сорбента поступают в реактор 12 через входное отверстие 48 для твердой фазы в реакторной секции 42. Наполненные серой частицы твердого сорбента удаляются из реактора 12 через выходное отверстие 50 для твердых частиц в реакторной секции 42. Углеводородсодержащий поток текучей среды подается в реактор 12 через входное отверстие 52 для текучей среды в камере 40 давления. Оказавшись в реакторе 12, углеводородсодержащий поток текучей среды проходит вверх через реакторную секцию 42 и секцию 44 отделения и выходит из выходного отверстия 54 для текучей среды в верхней части секции 44 отделения. Фильтр 46 работает так, что позволяет текучей среде проходить через выходное отверстие 54 для текучей среды, одновременно по существу блокируя прохождение любых частиц твердого сорбента через выходное отверстие 54 для текучей среды. Текучая среда (обычно обессеренный углеводород и водород), которая проходит через выходное отверстие 54 для текучей среды, покидает фильтр 46 через выходное отверстие 56 фильтра.

На фиг.2 и 3 показана реакторная секция 42, которая включает по существу цилиндрическую стенку реакционной секции 58, которая определяет границы удлиненной, вертикальной, по существу цилиндрической реакционной зоны 60 в реакторной секции 42. Высота реакционной зоны 60 предпочтительно составляет от примерно 3,0 м до примерно 45,7 м (примерно от 10 до примерно 150 футов), более предпочтительно составляет от примерно 7,6 м до примерно 22,86 м (примерно от 25 до примерно 75 футов) и наиболее предпочтительно составляет от 10,7 м до 16,8 м (от 35 до 55 футов). Ширина (т.е. диаметр) реакционной зоны 60 предпочтительно составляет от примерно 0,30 м до примерно 3,0 м (примерно от 1 до примерно 10 футов), более предпочтительно составляет от примерно 0,91 м до примерно 2,44 м (примерно от 3 до примерно 8 футов) и наиболее предпочтительно составляет от 1,22 м до 1,52 м (от 4 до 5 футов). Отношение высоты реакционной зоны 60 к ширине (т.е. диаметру) реакционной зоны 60 предпочтительно составляет от примерно 2:1 до примерно 15:1, более предпочтительно составляет от примерно 3:1 до примерно 10:1 и наиболее предпочтительно составляет от примерно 4:1 до примерно 8:1. В реакционной зоне 60 проходящая вверх текучая среда проходит через твердые частицы, тем самым создавая псевдооживленный слой твердых частиц. Предпочтительно, чтобы полученный псевдооживленный слой твердых частиц находился в основном внутри реакционной зоны 60. Отношение высоты псевдооживленного слоя к ширине этого слоя предпочтительно составляет от примерно 1:1 до примерно 10:1, более предпочтительно составляет от примерно 2:1 до примерно 7:1 и наиболее предпочтительно составляет от 2,5:1 до 5:1. Плотность псевдооживленного слоя предпочтительно составляет от примерно 320 до примерно 960 кг/м³ (примерно от 20 до примерно 60 ф/фт³), более предпочтительно составляет от примерно 480 до примерно 800 кг/м³ (примерно от 30 до примерно 50 ф/фт³) и наиболее предпочтительно составляет примерно 560-720 кг/м³ (примерно от 35 до 45 ф/фт³).

На фиг.2 показано, что секция отделения 44 обычно включает нижнюю секцию 62, в основном в форме усеченного конуса, в основном цилиндрическую среднюю секцию 64 и верхнюю крышку 66. Секция 44 отделения определяет зону отделения внутри реактора 12. Предпочтительно, чтобы площадь поперечного сечения секции 44 отделения была значительно больше, чем площадь поперечного сечения реакторной секции 42, так чтобы

скорость текучей среды, проходящей вверх через реактор 12, была существенно ниже в секции 44 отделения, чем в реакторной секции 42, тем самым позволяя твердым частицам, захваченным проходящим вверх потоком текучей среды, "выпадать" из жидкости в зону отделения благодаря силе тяжести. Предпочтительно, чтобы максимальная площадь

поперечного сечения зоны отделения, определяемая секцией 44 отделения, была примерно от двух до десяти раз больше, чем максимальная площадь поперечного сечения реакционной зоны 60, более предпочтительно была от примерно трех до примерно шести раз больше, чем максимальная площадь поперечного сечения реакционной зоны 60, и наиболее предпочтительно была от 3,5 до 4,5 раз больше, чем максимальная площадь поперечного сечения в реакционной зоне 60.

На фиг.3 и 4 реактор 12 включает ряд в основном горизонтальных, разнесенных вертикально групп усиливающих контакт дефлекторов 70, 72, 74, 76, расположенных в реакционной зоне 60. Группы дефлекторов 70-76 предназначены для минимизирования аксиальной дисперсии в реакционной зоне 60, когда жидкость контактирует там с твердыми частицами. Хотя на этих фиг.3 и 4 показан ряд из четырех групп дефлекторов 70-76, число групп дефлекторов в реакционной зоне 60 может меняться в зависимости от высоты и ширины реакционной зоны 60. Предпочтительно в реакционной зоне 60 применяется от двух до десяти разнесенных по вертикали групп дефлекторов, более предпочтительно в реакционной зоне 60 применяется от трех до семи групп дефлекторов. Расстояние по вертикали между соседними группами дефлекторов предпочтительно составляет от примерно 0,02 до примерно 0,5 высоты реакционной зоны 60, более предпочтительно составляет от примерно 0,05 до примерно 0,2 высоты реакционной зоны 60 и наиболее предпочтительно составляет от 0,075 до примерно 0,15 высоты реакционной зоны 60. Предпочтительно расстояние по вертикали между соседними группами дефлекторов составляет от примерно 0,152 м до примерно 1,83 м (примерно от 0,5 до примерно 6,0 футов), более предпочтительно составляет от примерно 0,30 м до примерно 1,22 м (примерно от 1,0 до примерно 4,0 футов) и наиболее предпочтительно составляет 0,45 - 0,76 м (от 1,5 до 2,5 футов). Относительное расстояние по вертикали и ориентация по горизонтали групп дефлекторов 70-76 обеспечивается множеством вертикальных опорных элементов 78, которые жестко соединяют группы дефлекторов 70-76 друг с другом.

На фиг.5 показано, что каждая группа дефлекторов 70-76 обычно включает внешнее кольцо 80 и множество проходящих по существу параллельно, отделенных друг от друга в боковом направлении отдельных элементов 82 удлиненной формы, соединяющихся с внешним кольцом 80 и проходящих по хорде внутри него. Каждый индивидуальный элемент дефлектора 82 является предпочтительно удлиненным, по существу цилиндрическим прутом или трубкой. Диаметр каждого индивидуального элемента дефлектора 82 предпочтительно составляет от примерно 1,27 см до примерно 12,7 см (примерно от 0,5 до примерно 5,0 дюймов), более предпочтительно составляет от примерно 2,54 см до примерно 10,16 см (примерно от 1,0 до примерно 4,0 дюймов) и наиболее предпочтительно составляет 5,08 - 7,62 см (от 2,0 до 3,0 дюймов). Отдельные элементы дефлектора 82 предпочтительно разделены сбоку друг от друга на расстояние от примерно 5,08 до примерно 25,4 см между центрами (примерно от двух до примерно десяти дюймов между центрами), более предпочтительно от примерно 10,16 до примерно 20,32 см между центрами (примерно от четырех до примерно восьми дюймов между центрами). Каждая группа дефлекторов предпочтительно имеет пропускное сечение между индивидуальными элементами дефлектора 82, которое обычно составляет от примерно 40 до примерно 90 процентов площади поперечного сечения реакционной зоны 60 при вертикальном размещении этой соответствующей группы дефлекторов, более предпочтительно пропускное сечение каждой группы дефлекторов составляет от примерно 55 до примерно 75 процентов площади поперечного сечения реакционной зоны 60 при вертикальном размещении этой соответствующей группы дефлекторов. Внешнее кольцо 80 предпочтительно имеет внешний диаметр, который составляет от примерно 75 до

примерно 95 процентов внутреннего диаметра стенки 58 реакторной секции. Несколько соединительных элементов 84 предпочтительно жестко соединено с внешней поверхностью внешнего кольца 80 и подогнано так, чтобы быть соединенными с внутренней поверхностью стенки 58 реакторной секции, тем самым прикрепляя группы

5 дефлекторов 70-76 к стенке 58 реакторной секции.

На фиг.4 и 6 показано, чтобы отдельные элементы дефлектора 82 образовывали с элементами соседних групп дефлекторов 70-76 сетчатую картину, если смотреть с осевого поперечного сечения реакторной секции 42 (например, фиг.6). Предпочтительно индивидуальные элементы 82 дефлектора проходят поперек элементов соседних групп

10 дефлекторов 70-76, с углом перекрещивания, составляющим от примерно 60 до примерно 120 градусов, более предпочтительно составляющим от примерно 80 до примерно 100 градусов, еще более предпочтительно составляющим от примерно 85 до примерно 95 градусов, наиболее по существу составляющим по существу 90 градусов (т.е. по существу под прямым углом). Используемый здесь термин "угол перекрещивания" будет означать

15 угол между направлениями прохождения элементов индивидуального дефлектора 82 и элементов соседних разделенных по вертикали групп дефлекторов 70-76, измеренный перпендикулярно к продольной оси реакционной зоны 60.

На фиг.3 и 4 показано, что распределительная решетка 86 жестко соединена с реактором 12 в месте соединения камеры давления 40 и реакторной секции 42.

20 Распределительная решетка 86 ограничивает дно реакционной зоны 60.

Распределительная решетка 86 обычно содержит пароприемный лист 88, имеющий форму по существу диска и множество колпачков 90. Каждый колпачок 90 имеет отверстие 92 в нем для текучей среды, через которое среда, входящая в камеру давления 40 через

25 распределительная решетка 86 предпочтительно содержит от примерно 15 до примерно 90 колпачков 90, более предпочтительно содержит примерно от 30 до примерно 60 колпачков 90. Колпачки 90 предназначены для предотвращения прохождения существенного количества твердых частиц вниз через распределительную решетку 86, когда поток текучей среды вверх через распределительную решетку 86 заканчивается.

30 ПРИМЕРЫ

Чтобы проверить гидродинамические характеристики промышленного реактора обессеривания, был сконструирован испытательный реактор 100 в половинном масштабе от промышленного, показанный на фиг.7. Испытательный реактор 100 был выполнен из стали, за исключением плоской лицевой обшивки из плексигласа, которая обеспечивает обзор. Испытательный реактор 100 содержал камеру давления 102 высотой 44 дюйма, расширяющуюся в диаметре от 24 до 54 дюйма, реакторную секцию 104 высотой 21 фут и диаметром 54 дюймов, расширенную секцию 106, которая была высотой 8 футов и расширялась в диаметре от 54 до 108 дюймов, и секцию 108 разбавленной фазы, имеющую высоту 4 фута и диаметр 108 дюймов. Распределительная решетка, имеющая 22

40 отверстия, была размещена в реакторе 100 вблизи места соединения камеры давления 102 и реакторной секции 104. Испытательный реактор 100 включает также первичный и вторичный циклоны 110, 112, которые возвращают катализатор приблизительно на 1 фут выше распределительной решетки. Псевдоожижающий воздух подавался в камеру давления 102 из компрессора 114 через линию подачи 116 воздуха. Скорость потока воздуха, подаваемого в реактор 100, в фактических кубических футах в минуту, измерялась с использованием трубки Пито. Во время испытания условия потока подбирались для четырех заданных скоростей газа, в том числе 0,75, 1,0, 1,5 и 1,75

45 фт/с. Катализатор загружали в реактор 100 из внешнего бункера для катализатора, который загружался из барабанного питателя катализатора. Высота кипящего слоя (номинально 4, 7 и 12 футов) достигалась путем добавления или удаления катализатора.

Испытания с трассером проводились, чтобы сравнить степень осевой дисперсии в реакторе 100, когда применялся ряд горизонтальных элементов дефлекторов, и в реакторе без внутренних дефлекторов. Во время тестов с трассерами с горизонтальными

дефлекторами в реакторе размещали пять разделенных по вертикали блоков дефлекторов. Каждый блок дефлекторов (показанных на фиг.5) содержал несколько параллельных цилиндрических стержней. Цилиндрические стержни имели диаметр 2,375 дюймов и находились на расстоянии шести дюймов друг от друга между центрами. Промежуток между стержнями обеспечивал каждому звену дефлектора пропускное сечение около 65%. Блоки дефлекторов находились в реакторе 100 на расстоянии двух футов друг от друга по вертикали, и каждый блок дефлекторов был повернут относительно соседнего элемента дефлектора так, что цилиндрические стержни соседних, разделенных по вертикали блоков дефлекторов проходили по существу перпендикулярно друг к другу, тем самым создавая в целом сетчатую картину дефлекторов (показанную на фиг.6).

Тесты трассером проводились путем впрыска метана (чистотой 99,99%) в реактор 100 в качестве непоглощающего трассера. Метан впрыскивался импульсами 120 см^3 в модельную схему. Давление в схеме было повышено до примерно 40 ф/кв. дюйм. После наполнения схемы в течение двух минут в модель впрыскивали воздух, прочищая схему, проходящий со скоростью около 10 станд. куб.фут/ч. Как показано на фиг.7, метан впрыскивали в линию 116 подачи воздуха, используемую для внесения псевдоожижающего воздуха в камеру 102 давления.

Для измерения выходной концентрации подачи метана по времени применяли анализатор 118 Monitor фирмы Foxboro, модель TN-1000 118, тем самым получая распределение по времени пребывания метана в реакторе 100. Анализатор 118 имел двойные детекторы, в том числе детектор ионизации пламени (ДИП) и фотоионизационный детектор (ФИД), и отбирал пробы со скоростью одно измерение в секунду. Для обнаружения метана использовали ДИП. Метан отбирали из линии 120 вывода, как показано на фиг.7. Хотя было предпочтительно отбирать метан непосредственно выше кипящего слоя катализатора, в такой конфигурации нельзя было эффективно исключить мелкие частицы катализатора из линии отбора проб и засорения фильтра в анализаторе 118. Данные собирались анализатором 118 электронным путем, и после того, как эксперимент был завершен, эти данные переносились на персональный компьютер. Отбор проб длился от трех до четырех минут, в зависимости от скорости газа и высоты слоя катализатора, пока концентрация газа-индикатора не возвращалась на базисную линию.

Чтобы измерить осевую дисперсию в реакторе 100, измерялась выходная концентрация метана из реактора 100 как функция времени. Другими словами, кривая распределения времени пребывания или кривая индикатора измерялась для одного импульса метана. При малых отклонениях от поршневого режима течения, когда число Пекле было больше, чем примерно 100, кривая трассера была узкая и выглядела симметричной и гауссовой. Для чисел Пекле менее 100 кривая индикатора широкая и идет достаточно медленно, так что она меняет форму и растягивается с образованием несимметричной кривой. Во всех испытаниях с трассером-метаном кривая времени пребывания была вытянутой и несимметричной. Растянutosть для разных вариантов этих кривых переводилась в числа Пекле.

Чтобы определить число Пекле из измеренной дисперсии пика и измеренного среднего времени пребывания, применялась модель "замкнутой системы". В такой замкнутой системе предполагалось, что газообразный метан до и после слоя катализатора проходит в поршневом потоке, так что аксиальная дисперсия газа образуется только из-за катализатора. Для замкнутой системы число Пекле связано с дисперсией и средним временем пребывания следующим уравнением:

$$\frac{\sigma^2}{t^2} = 2(1/Pe)^2 [1 - \exp(-Pe)].$$

В этом уравнении σ^2 является дисперсией, а t^2 есть квадрат среднего времени пребывания. Таким образом, расчет числа Пекле зависит от расчета этих двух параметров. Среднее время пребывания является средневзвешенным временем и может быть определено из следующего уравнения, где знаменатель есть площадь под кривой:

$$\bar{t} = \frac{\int_0^{\infty} t C dt}{\int_0^{\infty} C dt}.$$

Дисперсия показывает, как растянута по времени кривая, и определяется из следующего уравнения:

$$\sigma^2 = \frac{\int_0^{\infty} t^2 C dt}{\int_0^{\infty} C dt} - \bar{t}^2.$$

Если экспериментальных точек много и они близки, среднее время и дисперсия могут быть определены из следующих уравнений:

$$\bar{t} = \frac{\sum_i t_i C_i \Delta t_i}{\sum_i C_i \Delta t_i} = \frac{\sum_i t_i C_i}{\sum_i C_i}$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_i t_i^2 C_i \Delta t_i}{\sum_i C_i \Delta t_i} - \bar{t}^2 = \frac{\sum_i t_i^2 C_i}{\sum_i C_i} - \bar{t}^2.$$

Так как метан отбирается ниже по потоку от псевдооживленного слоя, кривая распределения метана по времени пребывания может включать вклад в дисперсию пика и время от объемов, которые находятся ниже слоя катализатора и выше анализатора 118.

Удачно, что дисперсии и время аддитивны, пока вклады в дисперсию пика и время, происходящие в одной емкости, не зависят от другой емкости. Таким образом, полная дисперсия и полное среднее время являются просто суммой дисперсий и средних времен, относящихся к индивидуальным объемам, и могут быть выражены следующим образом:

$$\sigma_{\text{полная}}^2 = \sigma_{\text{катализатора}}^2 + \sigma_{\text{расширенной секции}}^2 + \sigma_{\text{циклонов/труб}}^2 + \sigma_{\text{отбора проб}}^2$$

$$\bar{t}_{\text{полное}} = \bar{t}_{\text{катализатора}} + \bar{t}_{\text{расширенной секции}} + \bar{t}_{\text{циклонов/труб}} + \bar{t}_{\text{отбора проб}}$$

Были проведены специальные эксперименты по впрыску, чтобы определить вклад в дисперсию и время от отбора проб, расширенной секции 106, объема циклонов 110, 112 и объема труб. Результаты этих экспериментов могут затем быть вычтены из полной дисперсии и среднего времени для получения значений, относящихся только к катализатору.

Табл.6 суммирует результаты по рассчитанным числам Пекле для тестов по псевдооживлению с применением тонкодисперсного катализатора жидкокатолизитического крекинга при разной высоте слоя, с и без перпендикулярных горизонтальных дефлекторов (ГД) в реакторе.

ТАБЛИЦА 6					
		Без ГД		5 перпендикулярных ГД	
Высота слоя (фт)	Заданная U_0 (фт/с)	Измеренная U_0 (фт/с)	Число Пекле	Измеренная U_0 (фт/с)	Число Пекле
11	0,75	0,86	2,00	0,92	9,50
11	1,00	1,12	2,30	1,16	18,80
11	1,50	1,48	2,30	1,47	11,80
11	1,75	1,74	1,80	1,65	20,70
7	0,75	0,82	11,70	0,90	19,10
7	1,00	1,12	13,90	1,15	22,70
7	1,50	1,47	14,10	1,43	21,10
7	1,75	1,74	12,70	1,71	19,10

Табл.7 суммирует результаты по рассчитанным числам Пекле для тестов по псевдооживлению, применяющих крупный катализатор жидкого каталитического крекинга, с

и без перпендикулярных ГД в реакторе.

ТАБЛИЦА 7					
		Без ГД		5 перпендикулярных ГД	
Высота слоя (фт)	Заданная U_0 (фт/с)	Измеренная U_0 (фт/с)	Число Пекле	Измеренная U_0 (фт/с)	Число Пекле
11	0,75	0,83	6,9	0,93	8,8
11	1,00	1,18	6,2	1,15	10,0
11	1,50	1,45	6,0	1,49	9,3
11	1,75	1,65	6,0	1,71	10,2

Табл.8 суммирует свойства крупнодисперсных и тонкодисперсных катализаторов жидкого каталитического крекинга, применявшихся в тестах с метками.

ТАБЛИЦА 8		
Характеристика	"Тонкий" катализатор	"Грубый" катализатор
ρ_s , г/см ³ (по смещению He)	2,455	2,379
ρ_p , г/см ³ (а)	0,973	1,075
ρ_b , г/см ³	0,805	0,807
Объем пор, мл/г (вдавливание Hg)	0,62	0,51
Al ₂ O ₃ , вес.% (b)	49	49
Влажность (LOI), вес.%	31,54	24,09
Индекс Девидсона (DI)	7,08	7,74
d_{sv} (с), микрон	51	60
0-20 микрон, вес.%	2,40	0,47
0-40 микрон, вес.%	26,74	14,44
Распределение частиц по размер		
>212 микрон	0	0
212-180 микрон	0	0
180-106 микрон	4,54	10,04
106-90 микрон	5,87	9,52
90-45 микрон	53,94	59,48
45-38 микрон	12,48	9,14
<38 микрон	23,17	11,82
Классификация по Гельдарту	A	A
Индекс превдооживления	5,39	3,88
U_{mf} , см/с (расчет)	0,08	0,13
LOI - ограничивающий окислительный индекс.		

Результаты, приведенные в табл.6 и 7, показывают, что аксиальная дисперсия была значительно снижена (на что указывает увеличенное число Пекле), когда в реакторную секцию 104 реактора 100 с псевдоожиженным слоем было добавлено пять перпендикулярных горизонтальных дефлекторов.

В рамках данного изложения изобретения и приложенной формулы могут быть сделаны разумные изменения, модификации и переделки, не выходящие за рамки настоящего изобретения.

Формула изобретения

1. Установка обессеривания, содержащая реактор с псевдоожиженным слоем, определяющий вертикальную реакционную зону удлинённой формы, внутри которой тонкодисперсные твердые частицы сорбента контактируют с углеводородсодержащим потоком текучей среды для получения обессеренного углеводородсодержащего потока и наполненных серой частиц сорбента, причем реактор включает ряд разнесенных по вертикали усиливающих контакт элементов, обычно расположенных горизонтально в реакционной зоне, при этом каждый из усиливающих контакт элементов включает множество проходящих, по существу, параллельно отделенных друг от друга в боковом направлении дефлекторов удлинённой формы, причем дефлекторы удлинённой формы проходят поперек соседних усиливающих контакт элементов с углом перекрещивания, составляющим от примерно 60 до примерно 120°, регенератор с псевдоожиженным слоем для контакта, по меньшей мере, части наполненных серой частиц с кислородсодержащим

регенерирующим потоком, получая тем самым регенерированные частицы сорбента, и установку восстановления с псевдооживленным слоем для контакта, по меньшей мере, части регенерированных частиц сорбента с водородсодержащим восстанавливающим потоком.

5 2. Установка обессеривания по п.1, в которой каждый из усиливающих контакт элементов определяет пропускное сечение, через которое проходят углеводородсодержащий поток текучей среды и частицы сорбента, причем пропускное сечение каждого из усиливающих контакт элементов составляет от примерно 40 до
10 примерно 90% площади поперечного сечения реакционной зоны при вертикальном размещении этого соответствующего усиливающего контакт элемента, при этом расстояние по вертикали между соседними усиливающими контакт элементами составляет примерно от 0,02 до примерно 0,5 высоты реакционной зоны, а каждый из дефлекторов имеет в основном цилиндрическую внешнюю поверхность.

3. Установка обессеривания по п.1, в которой высота реакционной зоны составляет от
15 примерно 7,62 м до примерно 22,86 м, а ширина реакционной зоны составляет от примерно 0,91 м до примерно 2,44 м, расстояние по вертикали между соседними усиливающими контакт элементами составляет от примерно 0,05 до примерно 0,2 высоты реакционной зоны, каждый из усиливающих контакт элементов определяет пропускное сечение, через
20 которое проходят углеводородсодержащий поток текучей среды и частицы сорбента, при этом пропускное сечение каждого из усиливающих контакт элементов составляет от примерно 55 до примерно 75% площади поперечного сечения реакционной зоны при вертикальном размещении этого соответствующего усиливающего контакт элемента, при этом угол перекрещивания составляет от 80° до примерно 100°, а дефлекторы удлиненной
25 формы проходят, по существу, перпендикулярно к соседним указанным усиливающим контакт элементам.

4. Установка обессеривания по п.1, дополнительно включающая первую линию для транспортировки наполненных серой частиц сорбента из реактора в регенератор, вторую
30 линию для транспортировки регенерированных частиц сорбента из регенератора в установку восстановления, и третью линию для транспортировки восстановленных частиц сорбента из регенератора в реактор, шлюзовой бункер реактора, расположенный по потоку между реактором и регенератором, причем бункер реактора предназначен для передачи
наполненных серой частиц сорбента из углеводородной среды с высоким давлением в кислородную среду с низким давлением, и приемник реактора, расположенный по потоку между реактором и регенератором и взаимодействующий с шлюзовым бункером реактора
35 для перевода потока наполненного серой сорбента в первую линию из непрерывного в периодический режим.

5. Реакторная система с псевдооживленным слоем, содержащая вертикальную емкость удлиненной формы, определяющую реакционную зону, поток, содержащий газообразные углеводороды, проходящий вверх через реакционную зону с приведенной скоростью,
40 составляющей от примерно 0,076 до примерно 1,524 м/с (примерно от 0,25 до примерно 5,0 фт/с), псевдооживленный слой твердых частиц, расположенных, по существу, в реакционной зоне, причем твердые частицы псевдооживляются посредством прохождения через них потока, содержащего газообразные углеводороды, и ряд разделенных
вертикально усиливающих контакт элементов, расположенных в основном горизонтально в реакционной зоне, при этом каждый из усиливающих контакт элементов включает
45 множество проходящих, по существу, параллельно, разделенных в боковом направлении дефлекторов удлиненной формы, которые проходят поперек соседних усиливающих контакт элементов с углом перекрещивания, составляющим от 60° до примерно 120°.

6. Реакторная система с псевдооживленным слоем по п.5, в которой объемная скорость в
50 реакционной зоне составляет от примерно 2 до примерно 12 ч⁻¹, твердые частицы имеют средний размер от примерно 20 до примерно 150 мкм, плотность твердых частиц составляет от примерно 0,5 до примерно 1,5 г/см³, а мольное отношение водорода к углеводороду в углеводородсодержащем потоке составляет от примерно 0,1:1 до примерно

3:1.

7. Реакторная система с псевдоожиженным слоем по п.5, в которой приведенная скорость составляет от примерно 0,15 до примерно 0,76 м/с, объемная скорость в реакционной зоне составляет от примерно 3 до примерно 8 ч⁻¹, средний размер твердых частиц составляет от примерно 50 до примерно 100 мкм, плотность твердых частиц составляет от примерно 0,8 до примерно 1,3 г/см³, мольное отношение водорода к углеводороду углеводородсодержащего потока составляет от примерно 0,2:1 до примерно 1:1, и углеводородсодержащий поток включает углеводород, выбранный из группы, состоящей из бензина, крекинг-бензина, дизельного топлива и их смесей.

8. Реакторная система с псевдоожиженным слоем по п.5, в которой отношение высоты псевдоожиженного слоя к ширине псевдоожиженного слоя составляет от примерно 2:1 до примерно 7:1, а плотность псевдоожиженного слоя составляет от примерно 480 до примерно 800 кг/м³.

9. Реактор с псевдоожиженным слоем для контакта проходящего вверх потока, содержащего газообразные углеводороды с твердыми частицами, содержащий вертикальный корпус удлиненной формы, определяющий границы нижней реакционной зоны, внутри которой твердые частицы в основном псевдоожижены потоком, содержащим газообразные углеводороды, и верхней зоны отделения, внутри которой твердые частицы в основном отделяются от углеводородсодержащего потока, и ряд разнесенных по вертикали усиливающих контакт элементов, расположенных в основном горизонтально в реакционной зоне, при этом каждый из усиливающих контакт элементов содержит множество проходящих, по существу, параллельно разделенных в боковом направлении дефлекторов удлиненной формы, которые проходят поперек соседних усиливающих контакт элементов с углом перекрещивания, составляющим от 60° до примерно 120°.

10. Реактор с псевдоожиженным слоем по п.9, в котором расстояние по вертикали между соседними усиливающими контакт элементами составляет от примерно 0,02 до примерно 0,5 высоты реакционной зоны, при этом каждый из усиливающих контакт элементов определяет пропускное сечение, через которое проходят углеводородсодержащий поток и твердые частицы, при этом пропускное сечение каждого из усиливающих контакт элементов составляет от примерно 40 до примерно 90% от площади поперечного сечения реакционной зоны при вертикальном размещении этого соответствующего усиливающего контакт элемента, причем отношение высоты к ширине реакционной зоны составляет от примерно 2:1 до примерно 15:1, а максимальная площадь поперечного сечения зоны отделения, по меньшей мере, в два раза больше, чем максимальная площадь поперечного сечения реакционной зоны.

11. Реактор с псевдоожиженным слоем по п.9, в котором высота реакционной зоны составляет от примерно 7,62 м до примерно 22,86 м, а ширина реакционной зоны составляет от примерно 0,91 м до примерно 2,44 м расстояние по вертикали между соседними усиливающими контакт элементами составляет от примерно 0,05 до примерно 0,2 высоты реакционной зоны, при этом каждый из усиливающих контакт элементов определяет пропускное сечение, через которое проходят углеводородсодержащий поток и твердые частицы, при этом пропускное сечение каждого из усиливающих контакт элементов составляет от примерно 55 до примерно 75% площади поперечного сечения реакционной зоны при вертикальном размещении этого соответствующего усиливающего контакт элемента, причем каждый из дефлекторов имеет в основном цилиндрическую внешнюю поверхность, дефлекторы удлиненной формы проходят по существу перпендикулярно соседним усиливающим контакт элементам, причем каждый из дефлекторов представляет собой цилиндрический прут или трубку диаметром от примерно 5,08 см до примерно 7,62 см, причем дефлекторы отделены друг от друга в боковом направлении в интервале от примерно 10,16 до примерно 20,32 см между центрами.

12. Реактор с псевдоожиженным слоем по п.9, дополнительно включающий распределительную решетку, определяющую дно реакционной зоны, причем распределительная решетка содержит пароприемный лист, имеющий форму, по существу,

диска, и множество колпачков, причем каждый колпачок имеет отверстие для текучей среды, через которое среда, входящая в камеру давления через отверстие для текучей среды, может проходить вверх в реакционную зону, при этом распределительная решетка содержит от примерно 15 до примерно 90 колпачков, предпочтительно от примерно 30 до
5 примерно 60 отверстий.

13. Реактор с псевдооживленным слоем по п.9, в котором корпус имеет входное отверстие для текучей среды для приема потока, содержащего газообразные углеводороды, в реакционную зону, выходное отверстие для текучей среды для отвода потока, содержащего газообразные углеводороды, из зоны отделения, входное отверстие
10 для твердой фазы для приема твердых частиц в реакционную зону и выходное отверстие для твердой фазы для выведения твердых частиц из реакционной зоны, при этом входное отверстие для твердой фазы, выходное отверстие для твердой фазы и выходное отверстие для текучей среды отделены друг от друга, причем реактор дополнительно включает фильтр, расположенный вблизи от входного отверстия для текучей среды,
15 обеспечивающий возможность прохождения потока, содержащего газообразные углеводороды, через входное отверстие для текучей среды, одновременно блокируя прохождение твердых частиц через выходное отверстие для текучей среды.

14. Реактор с псевдооживленным слоем по п.9, в котором максимальная площадь поперечного сечения зоны отделения, по меньшей мере, в три раза больше, чем
20 максимальная площадь поперечного сечения реакционной зоны, при этом реакционная зона выполнена в основном цилиндрической, а зона отделения определяет секцию отделения, включающую нижнюю секцию в основном в форме усеченного конуса, в основном цилиндрическую среднюю секцию и верхнюю крышку, причем отношение высоты к ширине реакционной зоны составляет от примерно 4:1 до примерно 8:1.

15. Способ обессеривания, включающий стадии

(а) контактирование углеводородсодержащего потока текучей среды с твердыми тонкодисперсными частицами сорбента, содержащими металлический промотор с пониженной валентностью и окись цинка, в корпусе реактора с псевдооживленным слоем в условиях обессеривания, достаточных для удаления серы из углеводородсодержащего
30 потока текучей среды и превращения, по меньшей мере, части окиси цинка в сульфид цинка, получая обессеренный углеводородсодержащий поток и наполненные серой частицы сорбента,

(b) одновременно со стадией (а), контактирование, по меньшей мере, части углеводородсодержащего потока и частиц сорбента с рядом по существу горизонтальных, разнесенных по вертикали перекрещенных групп дефлекторов, снижая аксиальную
35 дисперсию в реакторе с псевдооживленным слоем и улучшая удаление серы из углеводородсодержащего потока текучей среды,

(с) контактирование наполненных серой частиц сорбента с кислородсодержащим регенерирующим потоком в корпусе регенератора в условиях регенерации, достаточных
40 для превращения, по меньшей мере, части сульфида цинка в окись цинка, получая регенерированные частицы сорбента, содержащие невосстановленный металлический промотор, и

(d) контактирование регенерированных частиц сорбента с водородсодержащим восстанавливающим потоком в корпусе установки восстановления в условиях
45 восстановления, достаточных для восстановления невосстановленного металлического промотора, получая восстановленные частицы сорбента.

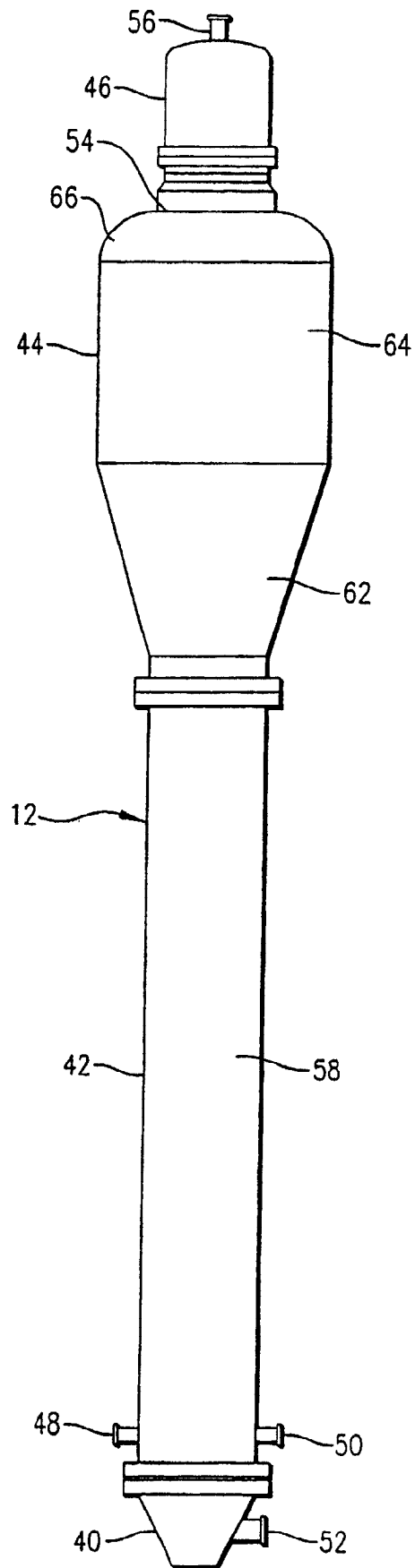
16. Способ обессеривания по п.15, дополнительно включающий стадию

(е) контактирования указанных восстановленных частиц сорбента с углеводородсодержащим потоком текучей среды в корпусе реактора с псевдооживленным
50 слоем в условиях обессеривания, при этом промотирующий компонент с пониженной валентностью включает металлический промотор, выбранный из группы, состоящей из никеля, кобальта, железа, магния, вольфрама, серебра, золота, меди, платины, цинка, олова, рутения, молибдена, сурьмы, ванадия, индия, хрома, палладия, или промотирующий

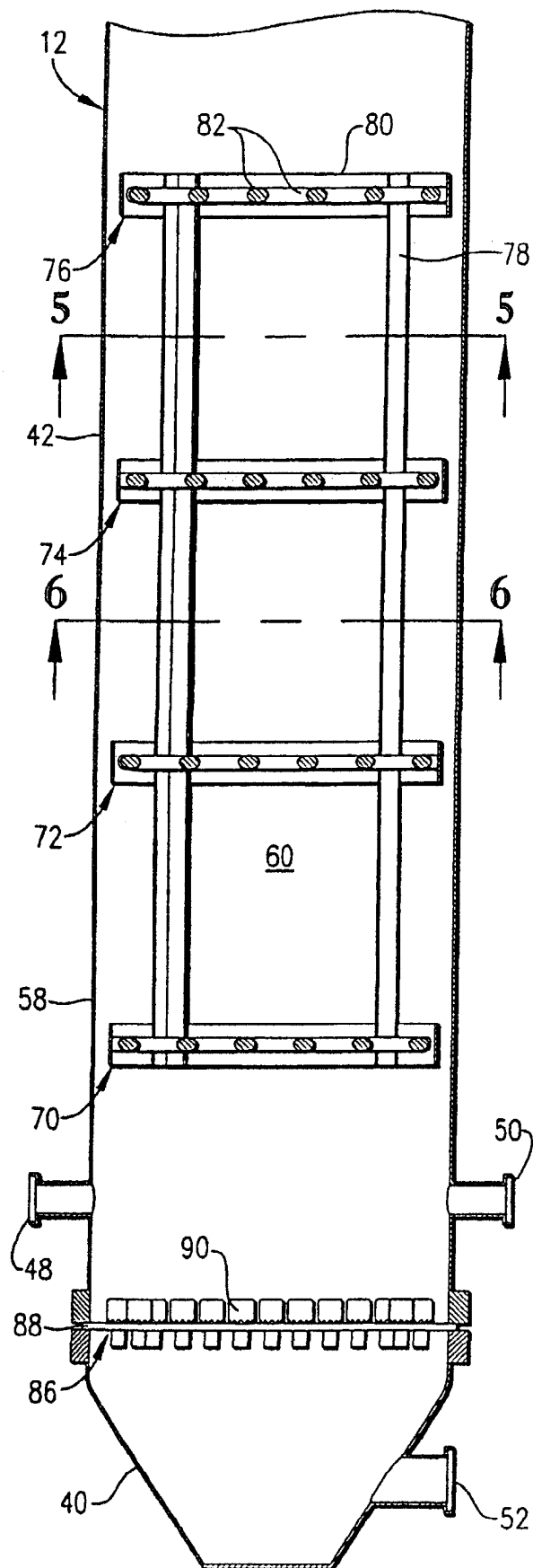
компонент с пониженной валентностью включает никель.

17. Способ обессеривания по п.15, в котором углеводородсодержащий поток текучей среды содержит углеводороды, которые в основном находятся в жидком состоянии при стандартной температуре и давлении, при этом углеводородсодержащий поток текучей среды имеет мольное отношение водорода к углеводороду от примерно 0,1:1 до примерно 3:1, причем углеводородсодержащий поток текучей среды включает углеводород, выбранный из группы, состоящей из бензина, крекинг-бензина, дизельного топлива и их смесей.

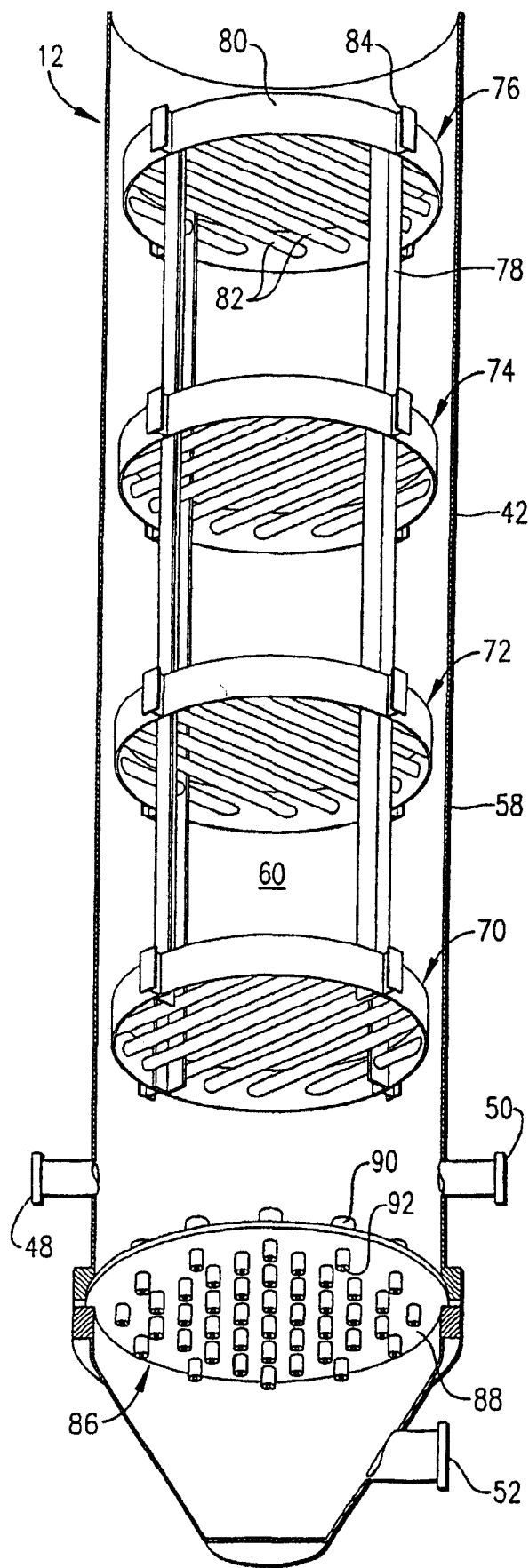
18. Способ обессеривания по п.15, в котором каждый из группы дефлекторов имеет пропускное сечение, составляющее от примерно 40% до примерно 90% площади поперечного сечения корпуса реактора при вертикальном размещении этой соответствующей группы дефлекторов, при этом ряд групп дефлекторов включает от 3 до 7 индивидуальных групп дефлекторов, причем расстояние по вертикали между соседними индивидуальными группами дефлекторов составляет от примерно 0,152 до примерно 1,83 м, и каждая группа дефлекторов содержит множество проходящих, по существу, параллельно, отделенных друг от друга в боковом направлении отдельных элементов удлиненной формы, причем каждый элемент выполнен в виде цилиндрического прута или трубки.



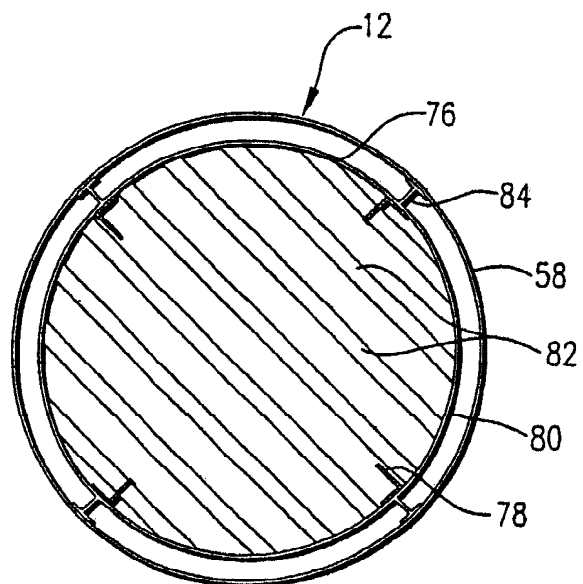
Фиг. 2



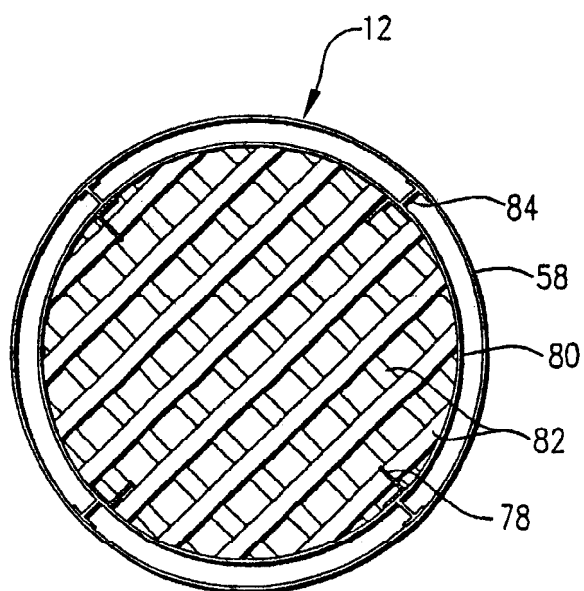
Фиг.3



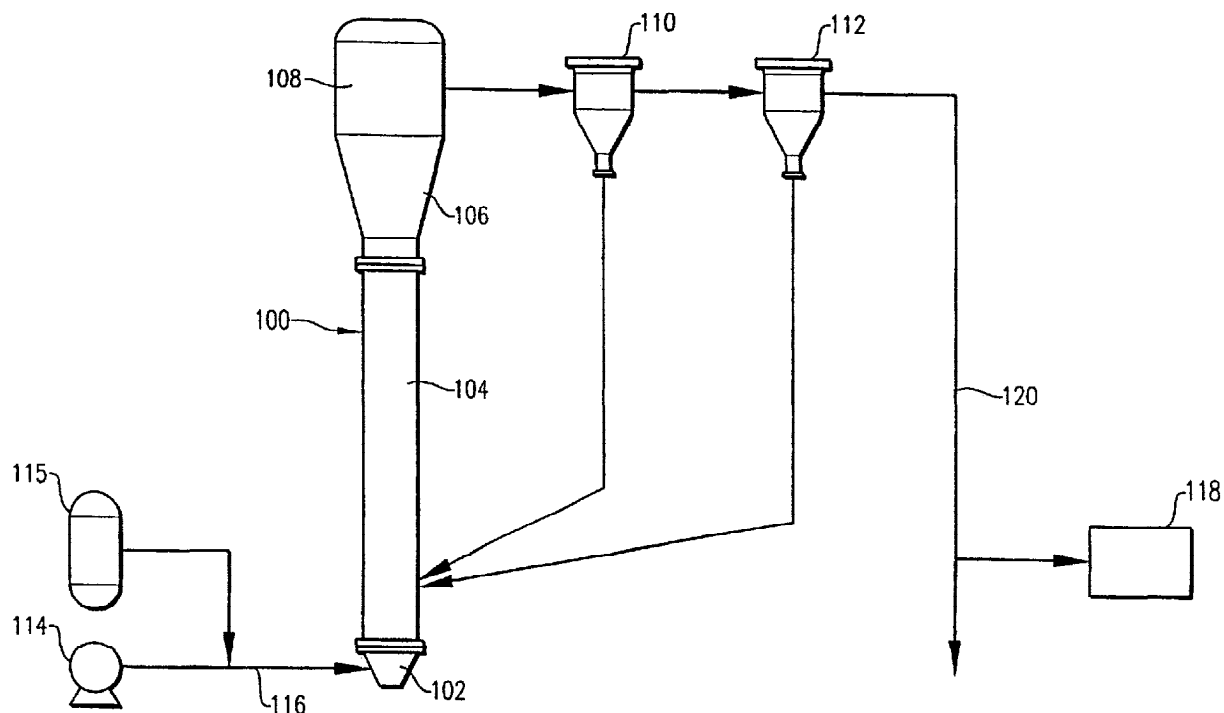
Фиг.4



Фиг.5



Фиг.6



Фиг. 7