



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B01J 8/26 (2018.08); B01J 38/00 (2018.08); C10G 35/10 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2015138499, 09.09.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.09.2015

Дата регистрации:
02.04.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
10.09.2014 FR 1458504

(43) Дата публикации заявки: 16.03.2017 Бюл. № 8

(45) Опубликовано: 02.04.2019 Бюл. № 10

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО
"Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

БАЗЕР-БАШИ Фредерик (FR),
ЛЕМЭР Эрик (FR),
ЛАМБЕР Фабиан (FR)

(73) Патентообладатель(и):

ИФП ЭНЕРЖИ НУВЕЛЛЬ (FR)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2192925 C2, 20.11.2002. US 2014/
0083908 A1, 27.03.2014. FR 2992873 A1,
10.01.2014. US 3033779 A, 08.05.1962.

(54) РЕАКТОР РЕГЕНЕРАЦИИ, СПОСОБНЫЙ РЕГЕНЕРИРОВАТЬ КАТАЛИЗАТОРЫ В РАЗНЫХ РАБОЧИХ УСЛОВИЯХ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области каталитического риформинга, в частности к реактору регенерации катализаторов, установке каталитического риформинга, содержащей такой регенератор, и способу каталитического риформинга. Реактор регенерации катализатора в движущемся слое содержит камеру, вытянутую в вертикальном направлении и разделенную на зоны регенерации, простирающиеся вертикально по высоте камеры, в которых под действием силы тяжести движутся частицы катализатора, при этом каждая зона регенерации содержит последовательно в порядке движения

катализаторов: секцию горения, секцию оксихлорирования, находящуюся ниже секции горения и содержащую средства подвода катализатора из секции горения, и секцию обжига, находящуюся ниже секции оксихлорирования, причем зоны регенерации отделены друг от друга разделителем, непроницаемым для катализаторов и газов, чтобы катализаторы в каждой из зон можно было регенерировать в разных рабочих условиях. Изобретение обеспечивает повышение эффективности способа риформинга с непрерывной регенерацией катализатора. 3 н. и 13 з.п. ф-лы, 6 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

B01J 8/26 (2018.08); B01J 38/00 (2018.08); C10G 35/10 (2018.08)(21)(22) Application: **2015138499, 09.09.2015**(24) Effective date for property rights:
09.09.2015Registration date:
02.04.2019

Priority:

(30) Convention priority:
10.09.2014 FR 1458504(43) Application published: **16.03.2017** Bull. № 8(45) Date of publication: **02.04.2019** Bull. № 10

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**BAZER-BASHI Frederik (FR),
LEMER Erik (FR),
LAMBER Fabian (FR)**

(73) Proprietor(s):

IFP ENERZHI NUVELL (FR)(54) **REGENERATION REACTOR CAPABLE OF REGENERATING CATALYSTS UNDER DIFFERENT WORKING CONDITIONS**

(57) Abstract:

FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: invention relates to the field of catalytic reforming, in particular to a catalyst regeneration reactor, a catalytic reforming unit containing such a regenerator and a catalytic reforming method. Said catalyst regeneration reactor in a moving bed comprises a chamber elongated in the vertical direction and divided into regeneration zones extending vertically along the height of the chamber, in which the catalyst particles move under gravity, at the same time, each regeneration zone contains successively in the order of movement of the catalysts: a combustion

section, an oxychlorination section below the combustion section and containing means for supplying the catalyst from the combustion section and a burning section below the oxychlorination section, moreover, the regeneration zones are separated from each other by a separator impermeable to catalysts and gases, so that the catalysts in each of the zones can be regenerated under different operating conditions.

EFFECT: invention improves the efficiency of the reforming process with continuous catalyst regeneration.

16 cl, 6 dwg

Настоящее изобретение относится к области конверсии углеводородов, более конкретно к области каталитического риформинга. Объектом изобретения является реактор регенерации (или регенератор) катализаторов, установка каталитического риформинга, в которой применяется регенератор согласно изобретению, а также способ каталитического риформинга.

Уровень техники

Конверсия (или каталитический риформинг) углеводородных фракций типа нефти хорошо известна в области первичной нефтепереработки. Эта реакция позволяет получить из этих углеводородных фракций основу для топлива с высоким октановым числом и/или ароматические фракции для нефтехимии, обеспечивая нефтеперерабатывающие заводы водородом, необходимым для других процессов.

Способ каталитического риформинга состоит в соединении углеводородной фракции, содержащей парафиновые соединения и нафтены, с водородом и катализатором риформинга, например, из платины, и в превращении парафиновых соединений и нафтен в ароматические соединения с одновременным получением водорода. Так как реакции, осуществляемые в процессе риформинга (реакции изомеризации, дегидрирования и дегидроциклизации) являются эндотермическими, необходимо нагревать поток, отбираемый из одного реактора, прежде чем направить его в следующий реактор.

Со временем катализатор риформинга деактивируется из-за отложения кокса на его активных центрах. Как следствие, чтобы сохранить приемлемой производительность установки риформинга, катализатор необходимо регенерировать, чтобы удалить отложения и тем самым восстановить его активность.

Существуют различные типы способов риформинга. Первый тип относится к способам, называемым "нерегенеративными", когда катализатор остается в работе в течение длительного периода, но его активность снижается со временем, что заставляет постепенно повышать температуру реакторов, то есть иметь переменную селективность в ходе рабочего цикла. Все реакторы обязательно выключают, что полностью останавливает производство на нефтеперерабатывающем заводе, чтобы регенерировать катализатор перед производственным циклом.

Согласно другому способу каталитического риформинга, называемому "полурегенеративным", катализатор часто регенерируют в случае, когда используется несколько реакторов, содержащих неподвижный слой катализатора. Один из реакторов находится на регенерации, тогда как другие реакторы находятся в эксплуатации; затем заменяют один из работающих реакторов, когда катализатор в нем требуется регенерировать, и таким образом все реакторы поочередно отключаются для регенерации, а затем снова вводятся в действие без прерывания работы установки.

Наконец, существует способ риформинга, называемый "с непрерывной регенерацией катализатора" (CCR, от английского Continuous Catalytic Reforming - непрерывный каталитический риформинг), который предполагает, что реакция проводится в одном реакторе, в котором катализатор непрерывно течет сверху вниз, а регенерация осуществляется непрерывно в дополнительном реакторе, при этом катализатор возвращается в основной реактор, чтобы не прерывать реакцию. Можно сослаться на документ FR 2160269, который описывает способ каталитического риформинга с непрерывной регенерацией катализатора, в котором используется несколько соединенных последовательно реакторов с движущимися слоями радиального типа и один специальный регенератор. Согласно способу из FR 2160269, углеводородная фракция в смеси с водородом последовательно обрабатывается в каждом из реакторов

каскада, тогда как катализатор непрерывно переходит через все реакторы. Катализатор, извлекаемый на выходе последнего реактора, проводится на регенерацию в регенератор, после выхода из которого регенерированный катализатор снова постепенно вводится в первый реактор риформинга. Документ US 7985381 подробно описывает реактор регенерации катализатора риформинга, содержащий зону горения, зону оксихлорирования и зону обжига. Катализатор движется в вертикальном направлении, опускаясь в регенератор. Он проходит из зоны оксихлорирования в зону обжига через кольцевой венец. Обжиговой газ, нагнетаемый снизу зоны обжига, проходит в противотоке слою катализатора в зону обжига и затем собирается во второй кольцевой зоне, расположенной на периферии реактора. В эту вторую кольцевую зону вводится газ оксихлорирования для смешения с собранным обжигowym газом, чтобы смесь проходила затем через эту зону оксихлорирования. Существуют и другие технологические решения для введения газа оксихлорирования в реактор иначе, чем посредством внешних заслонок или многоточечного распределителя, из которых можно назвать решение тарельчатого типа, описанное в документе FR2992874, и решение типа смесительной камеры, описанное в документе FR2993794.

В способах риформинга согласно уровню техники обычно используется единственный тип катализатора, чтобы осуществить превращение в ароматические соединения. Однако, по мере продвижения реакции риформинга, преобладающие реакции не остаются теми же; реакции дегидрирования нафтенных в ароматику протекают скорее в первых реакционных зонах, тогда как реакции дегидроциклизации парафинов в ароматику и гидрокрекинг протекают в основном в последних реакционных зонах. В то же время, количество кокса на поверхности катализатора повышается преимущественно в последних реакционных зонах, что приводит к более высокой дезактивации катализатора, который работает в этих последних реакционных зонах.

Таким образом, очевидно, что способы риформинга "с непрерывной регенерацией катализатора" можно усовершенствовать с точки зрения эффективности и, таким образом, с точки зрения степени конверсии.

Сущность изобретения

Целью изобретения является разработать регенератор, способный одновременно и раздельно обрабатывать в разных рабочих условиях катализаторы риформинга в зависимости от степени их дезактивации, в частности, в зависимости от их степени закоксовывания. Регенератор согласно изобретению может также применяться в установке каталитического риформинга с непрерывной регенерацией катализатора, в которой используется по меньшей мере два разных типа катализаторов, подходящих для осуществления конкретных каталитических реакций в зависимости от глубины конверсии.

Таким образом, настоящее изобретение относится к реактору регенерации катализатора в движущемся слое, содержащему камеру, вытянутую в вертикальном направлении, причем указанная камера разделена на по меньшей мере две зоны регенерации, простирающиеся вертикально по высоте указанной камеры, в которых под действием силы тяжести движутся частицы катализатора, причем каждая зона регенерации содержит последовательно в порядке движения катализаторов:

а) секцию горения (CO);

б) секцию оксихлорирования (O), находящуюся ниже секции горения и содержащую средства подвода катализатора из секции горения (CO) в секцию оксихлорирования (O);

с) секцию обжига (CA), находящуюся ниже секции оксихлорирования.

Зоны регенерации отделены друг от друга разделителем, непроницаемым для катализаторов и газов, чтобы катализаторы в каждой из зон могли быть регенерированы в разных рабочих условиях.

Таким образом, регенератор согласно изобретению позволяет обрабатывать катализаторы в особых рабочих условиях, например, с разными скоростями течения катализатора, или с разными расходами реакционного газа, или с разными температурами, а также при разных составах газов, в зависимости от степени дезактивации катализатора и, в частности, в зависимости от степени закоксовывания.

Регенератор согласно изобретению может быть модифицирован так, чтобы содержать более двух зон регенерации.

Согласно одному варианту осуществления, каждая секция горения содержит кольцевое пространство, ограниченное двумя решетками, проницаемыми для газа и непроницаемыми для катализаторов, в котором под действием силы тяжести движется катализатор.

Альтернативно, каждая секция горения образована частью кольцевого пространства, причем кольцевое пространство ограничено двумя сетками, проницаемыми для газа и непроницаемыми для катализаторов, и разделенными на части разделителями, непроницаемыми для катализаторов и газа. Например, сетки выбраны из решетки и перфорированной пластины.

Согласно одному предпочтительному варианту осуществления, каждая секция оксихлорирования образована путем деления одной зоны камеры на отделения разделителем, непроницаемым для катализаторов и газа.

Предпочтительно, каждая секция обжига образована путем деления одной зоны камеры на отделения разделителем, непроницаемым для катализаторов и газа.

Согласно одному предпочтительному варианту осуществления, секция оксихлорирования отделена от секции обжига секцией смешения, предназначенной для получения смеси газа оксихлорирования и обжигового газа.

Другой целью изобретения является предложить установку каталитического риформинга и способ риформинга, которые оптимизированы как с точки зрения использования катализаторов, так и производственных расходов.

Таким образом, объектом изобретения является установка каталитического риформинга с непрерывной регенерацией катализатора, содержащая:

- по меньшей мере одну первую реакционную зону и по меньшей мере одну вторую реакционную зону, причем первая и вторая реакционные зоны содержат соответственно по меньшей мере один первый движущийся слой катализатора и по меньшей мере один второй движущийся слой катализатора;
- регенератор, способный одновременно и по отдельности регенерировать катализаторы из первой и второй реакционных зон в разных рабочих условиях;
- средства перемещения потока, выходящего из первой реакционной зоны, во вторую реакционную зону;
- средства подвода катализатора из первой реакционной зоны в регенератор;
- средства подвода катализатора из второй реакционной зоны в регенератор;
- средства перемещения регенерированного катализатора из регенератора в первую реакционную зону;
- средства перемещения регенерированного катализатора из регенератора во вторую реакционную зону.

Согласно одному варианту осуществления, первая и вторая реакционные зоны расположены в одном реакторе по вертикали друг над другом.

Альтернативно, первая и вторая реакционные зоны устроены соответственно в по меньшей мере одном первом реакторе и в по меньшей мере одном втором реакторе, которые находятся рядом друг с другом.

5 Согласно одному варианту осуществления, катализатор из первой реакционной зоны отличается по составу от катализатора из второй реакционной зоны.

Предпочтительно, движущиеся слои катализатора в первой и второй реакционных зонах находятся в кольцевом пространстве, ограниченном двумя разнесенными цилиндрическими решетками, причем указанные решетки проницаемы для газов и непроницаемы для катализаторов.

10 Изобретение относится также к способу каталитического риформинга углеводородного сырья, включающему следующие стадии:

а) обработка углеводородного сырья в присутствии водорода в по меньшей мере одной первой реакционной зоне, содержащей по меньшей мере один движущийся слой катализатора;

15 б) непрерывное и раздельное извлечение потока и катализатора из первой реакционной зоны;

с) обработка потока, выходящего из первой реакционной зоны, в присутствии водорода в по меньшей мере одной второй реакционной зоне, содержащей по меньшей мере один движущийся слой катализатора;

20 д) непрерывное и раздельное извлечение продукта риформинга и катализатора из второй реакционной зоны;

е) проведение катализаторов из первой и второй реакционных зон в регенератор согласно изобретению и регенерация указанных катализаторов в разных рабочих условиях;

25 ф) раздельное возвращение регенерированных катализаторов в соответствующие первую и вторую реакционные зоны.

Согласно изобретению, катализатор из первой реакционной зоны может иметь состав, отличающийся или такой же, как состав катализатора из второй реакционной зоны. Под термином "состав" понимаются компоненты, из которых образован катализатор, а именно, подложка и активная металлическая фаза.

Предпочтительно, течение сырья, выходящих потоков, первого и второго катализаторов в движущихся слоях осуществляется прямоточно в нисходящем направлении. Предпочтительно, движущиеся слои являются слоями радиального типа.

35 Согласно одному варианту осуществления, первая и вторая реакционные зоны имеют вертикальную конфигурацию в реакторе, причем первая реакционная зона находится выше второй реакционной зоны.

Альтернативно, первая и вторая реакционные зоны расположены рядом друг с другом соответственно в по меньшей мере одном первом реакторе и в по меньшей мере одном втором реакторе.

40 В рамках изобретения способ может включать более двух реакционных секций, каждая из которых работает с катализаторами разного состава. Например, в способе может использоваться каскад из трех или четырех реакционных секций. Конечно, можно использовать один или несколько движущихся слоев катализатора на реакционную секцию.

45 Подробное описание изобретения

Другие характеристики и преимущества изобретения станут более понятными после изучения нижеследующего описания, проводимого в сочетании с чертежами, на которых: фиг. 1 показывает регенератор катализатора согласно изобретению в виде сечения

вертикальной плоскостью;

фиг. 2 показывает сечение плоскостью, перпендикулярной вертикальной оси, регенератора с фиг. 1 в зоне горения;

фиг. 3 показывает сечение плоскостью, перпендикулярной вертикальной оси, регенератора в зоне горения, согласно другой форме осуществления;

фиг. 4 показывает сечение плоскостью, перпендикулярной вертикальной оси, регенератора в зоне горения, согласно альтернативному варианту осуществления;

фиг. 5 является видом в перспективе зон оксихлорирования и обжига регенератора согласно изобретению;

фиг. 6 является упрощенной принципиальной схемой способа согласно изобретению.

На фиг. 1 реактор регенерации (или регенератор) катализатора состоит из камеры 2 по существу цилиндрической формы, содержащей секции горения СО, секции оксихлорирования О и секции обжига СА. Камера может иметь форму цилиндра с вертикальной осью, причем цилиндр закрыт с обоих концов. Секции горения СО, оксихлорирования О и обжига СА расположены в реакторе 1 друг над другом. В реакторе 1 эти секции могут иметь одинаковый диаметр или разные диаметры. На фиг. 1 регенератор 1 содержит две зоны регенерации, простирающиеся по вертикальной оси от верха до низа реактора, которые предназначены для одновременной регенерации катализаторов риформинга в разных рабочих условиях. Подлежащие регенерации катализаторы вводят сверху реактора 1 через один или несколько патрубков 3 и 3', сообщающихся соответственно с резервуарами 4 и 4', чтобы катализаторы, содержащиеся в указанных резервуарах, не смешивались внутри регенератора. После прохождения через секцию регенерации катализаторы выводятся из реактора 1 через патрубки 5 и 5', находящиеся снизу реактора 1. Под действием силы тяжести катализаторы движутся в реакторе сверху вниз, проходя зону регенерации, которая содержит последовательно секции горения СО, оксихлорирования О и обжига СА. Катализаторы находятся в виде твердых зерен, например, в форме шариков диаметром от 0,5 до 20 мм, чтобы облегчить их циркуляцию в реакторе 1. Зерна катализатора состоят из пористой подложки, например, из оксида алюминия, на которую были нанесены различные соединения, в частности, платины и хлора и, возможно, олова, рутения, иридия и/или фосфора. Регенерируемые катализаторы, циркулирующие в каждой зоне регенерации, обычно имеют разные степени закоксовывания.

Катализаторы, введенные соответственно через патрубки 3 и 3' в реактор 1, поступают в резервуары 4 и 4', которые позволяют подавать катализаторы в секции горения СО регенератора. Резервуары 4 и 4' отделены друг от друга разделителем 6, непроницаемым для катализаторов и газа, например, металлической пластиной.

В примере с фиг. 1 регенератор в каждой зоне регенерации содержит секцию горения СО, позволяющую сжечь кокс, осажденный на катализаторах. Секция горения СО может содержать одну или несколько ступеней. Реактор 1 с фиг. 1 содержит две ступени Z1 и Z2 одинаковой конструкции. Согласно одному частному варианту осуществления, секция горения СО может содержать, кроме того, зону контроля горения, например, такая описана в документе FR 2761907. Как показано на фиг. 1, оба катализатора, содержащиеся в резервуарах 4, 4', вытекают под действием силы тяжести в соответствующие секции горения СО через один или несколько транспортировочных стояков 7 и 7'. В варианте осуществления с фиг. 1 катализаторы вводятся и удерживаются соответственно в зонах горения 8 и 8' ступени Z1. Зоны 8, 8' в форме полукольца ограничены сетками 9, 9' цилиндрической формы, проницаемыми для газа и непроницаемыми для катализаторов. Например, сетки 9 и 9' могут иметь форму решетки

или перфорированной пластины. Решетка может быть сеткой Джонсона, хорошо известной специалисту. Следует отметить, что форма зон 8, 8' не обязательно должна быть полукруглой, они могут быть U-образной формы.

Согласно фиг. 2, которая показывает сечение плоскостью, перпендикулярной вертикальной оси, регенератора с фиг. 1 с гравитационным течением катализаторов, на уровне секции горения СО видно, что кольцевое пространство 30, общее для секций горения, ограничено двумя сетками 9 и 9', проницаемыми для газа и непроницаемыми для катализаторов. Сетки 9 и 9' расположены концентрически. Кроме того, кольцевое пространство 30 разделено на две полукольцевые зоны (или отделения) 8 и 8', объемы которых по существу одинаковы, разделителем 34, непроницаемым для катализаторов и газа. Разделитель 34, который проходит по всей высоте кольцевого пространства 30, может быть, например, сплошной пластиной. Полукольцевые зоны (или отделения) 8 и 8' выполнены так, чтобы вмещать соответственно катализаторы без их смешения друг с другом. Как показано на фиг. 2, полукольцевые зоны (или отделения) 8 и 8' соединены соответственно с по меньшей мере одной линией питания 7 и 7', позволяющей вводить катализаторы в каждую из указанных зон (или отделений). Центральные объемы 12 и 12', расположенные между разделителем 34 и внутренней сеткой 9', являются объемами для сбора газов для горения.

Как видно из фиг. 2, разделитель 34 жестко скреплен с камерой 2. Этот вариант осуществления выгоден, когда используют два газа для горения разного состава, которые предназначены для обработки конкретных катализаторов, содержащихся в полукольцевых зонах 8 и 8', и которые, таким образом, могут быть извлечены без смешения объемов 12 и 12' сбора газа.

Альтернативно и как указано на фиг. 2, разделитель 34 (указан пунктиром) не обязательно размещен так, чтобы проходить через центр камеры 2, его положение может быть смещено относительно центра таким образом, чтобы разделять кольцевое пространство 30 на два сегмента кольца разного объема.

Согласно другому варианту осуществления, представленному на фиг. 3, разделитель содержит две пластины, непроницаемые для катализаторов и газа, пересекающие кольцевое пространство 30, длина которых равна радиусу камеры 2. Разделительные пластины 34 жестко соединены одним концом с камерой 2 и друг с другом через другой конец. Этот вариант осуществления выгоден, так как в зависимости от угла, образуемого разделителями 34 друг с другом, можно делить кольцевое пространство 30 на сегменты кольца под разными углами и, следовательно, на разные объемы. В примере, описанном в связи с фиг. 3, кольцевое пространство 30 разделено на две зоны (или отделения) 8 и 8', объемы которых составляют соответственно $3/4$ и $1/4$ полного объема кольцевого пространства 30.

Как указано на фиг. 1, 2 и 3, секция горения СО каждой зоны регенерации содержит по меньшей мере одно средство 17, 17' введения газа для горения. Этот вариант осуществления выгоден, так как он позволяет не только регулировать расходы газа в разных зонах горения в зависимости от скорости гравитационного течения катализатора, но также позволяет использовать газы разного состава в зависимости от количества кокса, осажденного на катализаторах. Согласно фиг. 2 и 3, секция горения СО каждой зоны регенерации содержит, кроме того, по меньшей мере одно средство 19 и 19' выпуска газа для горения.

Фиг. 4 показывает другой, альтернативный, вариант осуществления секций горения СО в зонах регенерации, отличающийся от варианта с фиг. 1-3 тем, что все зоны горения СО полностью независимы друг от друга. Каждая зона (или отделение) горения 8 и 8'

содержит соответственно кольцевое пространство 30 и 30', ограниченное двумя решетками 9 и 9' цилиндрической формы, расположенными концентрически. Каждое внутреннее пространство 12, 12', ограниченное внутренней решеткой 9', служит

5 Зоны (или отделения) горения 8, 8' оборудованы также по меньшей мере одним средством 7 ввода катализатора. Секция горения СО содержит, кроме того, по меньшей мере средства 17 и 17' подвода газа для горения и по меньшей мере средства 19 и 19' удаления газа для горения. Этот вариант осуществления выгоден, когда нет необходимости использовать газы для горения разного состава для обработки
10 катализаторов, содержащихся в зонах горения 8 и 8'. Кроме того, зоны горения 8 и 8' ограничены газонепроницаемым разделителем 34, например, сплошной пластиной, которая жестко соединена на обоих концах с камерой 2. Этот вариант осуществления выгоден, когда используют газы для горения разной природы для обработки конкретных катализаторов, содержащихся в зонах горения 8 и 8', или когда предполагается
15 осуществлять реакцию горения с одним и тем же газом для горения, но используя разные рабочие условия (температура, расход газа для горения) в двух зонах горения 8 и 8'.

Согласно фиг. 1, пространство, заключенное между внешней решеткой 9 и камерой 2, закрыто на своем нижнем конце пластиной 11. Центральное пространство, ограниченное внутренней решеткой 9', факультативно закрыто со своего верхнего
20 конца газонепроницаемой пластиной 13. Катализаторы, содержащиеся в зонах (или отделениях) 8 и 8', переносятся под действием силы тяжести в зоны (или отделения) соответственно 14 и 14' горения ступени Z2 по линиям питания 15 и 15'. Зоны (или отделения) 14 и 14' предпочтительно выполнены так же, как зоны (или отделения) 8 и 8' ступени Z1. В варианте осуществления с фиг. 1 зоны (или отделения) 14 и 14'
25 образованы кольцевым пространством, ограниченным двумя сетками 16 и 16', проницаемыми для газа и непроницаемыми для катализаторов, например, решетками или двумя перфорированными пластинами, предпочтительно трубчатыми цилиндрическими, установленными концентрически. Кольцевое пространство 30 разделено, кроме того, разделителем 34, непроницаемым для катализаторов и газа, на
30 две полукольцевые зоны (или отделения) 14 и 14' по существу одинакового объема.

При работе поток газа для горения, содержащего кислород, вводится в камеру 2 сверху ступени Z1 средствами 17 и 17' подвода газа для горения. На ступени Z1 поток газа движется согласно стрелкам, указанным на фиг. 1, проходя через слои катализатора, содержащиеся в зонах (или отделениях) горения 8 и 8'. Действительно, непроницаемые
35 пластины 13 и 11 заставляют газ для горения, поступающий через отверстие, проходить на периферию зон (или отделений) 8 и 8' в центральные сборники 12 и 12', проходя через слои катализатора, содержащиеся в цилиндрических объемах 8 и 8'. Поток газа для горения, содержащий кислород, вводится между ступенями Z1 и Z2 через патрубок 18. Второй поток смешивается с первым потоком газа, прошедшим через ступень Z1. Для
40 ступени Z2, аналогично, газ для горения проходит через слои катализатора, находящиеся в объемах 14 и 14', в соответствии со стрелками, показанными на фиг. 1. После прохождения через слои катализатора, удерживаемые в объемах 14 и 14', газ для горения собирается в сборнике и выводится из ступени Z2 через патрубки 19 и 19'. Как указано на фиг. 1, в конфигурации, когда зона горения содержит две ступени горения Z1 и Z2, регенератор содержит, кроме того, промежуточное средство удаления 10 газа для
45 горения, размещенное между указанными ступенями. Газ для горения, отводимый промежуточным средством удаления 10, охлаждается газом, содержащим свежий кислород, и затем повторно вводится в регенератор через патрубок 18.

Согласно другому варианту осуществления, секция горения СО может быть устроена так, чтобы газ для горения двигался изнутри наружу через зоны (или отделения) 8, 8', 14 и 14'. Альтернативно, секции горения СО могут быть устроены так, чтобы движение газа осуществлялось введением снизу указанных секций и выведением сверху указанных секций.

Учитывая, что зоны горения изолированы друг от друга газонепроницаемым разделителем, можно применять разные рабочие условия для сжигания кокса в зависимости от количества кокса, осажденного на катализаторы, циркулирующие в зонах горения.

Согласно фиг. 1, катализаторы в зонах (или отделениях) горения 14 и 14' ступени Z2 втекают в секции оксихлорирования О через патрубки 20 и 20'. Между секциями горения и оксихлорирования О предпочтительно устанавливается газонепроницаемая пластина 21, чтобы предотвратить циркуляцию газа между этими двумя секциями.

Функцией секций оксихлорирования О зон регенерации является наполнить зерна катализатора хлором и повторно распределить активный металл на их поверхности, чтобы улучшить распределение указанного металла в зернах катализатора. В каждой секции оксихлорирования О катализаторы втекают в соответствующие внутренние зоны (или отделения) 22 и 22' реактора. Зоны (или отделения) 22 и 22' отделены разделителем 23, непроницаемым для катализаторов и газа, образуя два независимых отделения оксихлорирования, чтобы обрабатывать катализаторы по отдельности и в разных рабочих условиях (например, при разных скоростях течения катализатора, или при разных расходах активного газа, или при разных температурах, или же при разных составах газа). Как показано на фиг. 1, дно каждого отделения оксихлорирования 22 и 22' снабжено по меньшей мере одним патрубком 24 и 24', который позволяет нагнетать газ оксихлорирования в отделения оксихлорирования 22 и 22', соответственно.

Альтернативно реактор может содержать одно средство нагнетания газа, общее для отделений 22 и 22', позволяющее вводить газ оксихлорирования. Газ оксихлорирования содержит соединение хлора и может находиться при температуре в интервале от 350°C до 550°C, предпочтительно от 460°C до 530°C. Вверху каждого отделения оксихлорирования 22 и 22' предусмотрен по меньшей мере один патрубок 25, позволяющий выводить газ оксихлорирования из секций оксихлорирования О. Газ оксихлорирования, введенный через патрубки 24 и 24', движется, поднимаясь, через отделения оксихлорирования 22 и 22' в противотоке гравитационному течению зерен катализатора и выводится из камеры 2 через патрубок 25. Следует подчеркнуть, что газы оксихлорирования, которые вводятся через патрубки 24 и 24', могут или одинаковый или разный состав, а также вводиться с разными расходами.

Катализаторы, достигающие низа отделений оксихлорирования 22 и 22', продолжают течь в соответствующие секции обжига СА, которые содержат также отделения обжига 26, 26'. Отделения обжига 26 и 26' отделены друг от друга разделителем 27, непроницаемым для катализаторов и газа, чтобы можно было обрабатывать катализаторы в каждом отделении и в разных рабочих условиях (например, при разных скоростях течения катализатора, или при разных расходах химически активного газа, или при разных температурах, или же при разных составах газа). Задачей секции обжига СА является, в частности, высушить зерна катализатора. Отделения обжига 26 и 26' секции обжига СА снабжены патрубками 28 и 28', позволяющими вводить обжиговой газ. Обжиговой газ обычно является воздухом или воздухом, лишенным кислорода, и может находиться при температуре в интервале от 400°C до 550°C. Обжиговые газы, которые вводятся через патрубки 28 и 28', могут иметь одинаковый состав или разные

составы.

Чтобы однородно распределить обжиговой газ в слое катализатора отделений 26 и 26', патрубки 28 и 28' могут входить соответственно в объемы 29 и 29', находящиеся на периферии камеры 2. Объемы 29 и 29' открыты в их нижней части, находящейся
 5 внизу отделений секции обжига СА, чтобы газ, введенный через патрубки 28 и 28', распределялся в слоях катализатора по всей периферии, начиная от дна отделений 26 и 26'. Таким образом, введенный обжиговой газ движется, поднимаясь, в противотоке гравитационному течению катализатора, проходя через отделения 26 и 26', а затем
 10 через отделения 22 и 22', смешиваясь с газом оксихлорирования, и выводится из камеры 2 через патрубок 25. Альтернативно, обжиговой газ можно отводить непосредственно из отделений обжига 26 и 26', не проводя его через секцию оксихлорирования. Альтернативно, обжиговой газ, выходящий из каждой зоны, можно снова смешивать, прежде чем перераспределять в каждую зону (или отделение) оксихлорирования 22 и 22'.

15 Можно также предусмотреть секцию смешения между секцией оксихлорирования и секцией обжига. Секция смешения содержит, например, тарельчатый распределитель, выполненный так, чтобы осуществлять однородное смешение обжигowego газа с газом оксихлорирования и гомогенно распределять газовую смесь.

Фиг. 5 является детальным перспективным изображением секции смешения,
 20 находящейся между секциями оксихлорирования О и обжига в регенераторе согласно изобретению.

Согласно фиг. 5, секция смешения 60 помещается между низом секций оксихлорирования О и верхом секций обжига СА. Секция смешения 60 накрыта тарелкой 61. Тарелка 61 представляет собой пластину, не пропускающую зерна катализатора.
 25 Например, тарелка 61 является сплошным диском с сечением, равным сечению камеры 2. Альтернативно, тарелка 61 может быть волнистой, например, образуя конусы или раструбы вокруг описываемых ниже труб 62.

Через тарелку 61 проходит несколько труб 62, которые позволяют зернам катализатора течь от секции оксихлорирования О до секции обжига СА. Трубы 62 идут
 30 от тарелки 61 на высоту Н. Число, расположение, сечение и/или высота Н труб 62 определяются так, чтобы обеспечить прохождение потока катализатора между секциями оксихлорирования О и обжига СА. Кроме того, секция смешения 60 разделена на два объема или отделения 64 и 64' разделителем 63, например, газонепроницаемой пластиной 63, простирающейся на высоту Н указанной секции смешения 60. Как показано на фиг.
 35 5, разделитель 63 находится справа от разделителей 23 и 27, которые делят соответственно секции оксихлорирования О и обжига СА на два отделения.

Тарелка 61 в сочетании с трубами 62 и пластиной 63 позволяет установить границы смесительных объемов 64 и 64'. Смесительные объемы 64 и 64' распространяются на высоту Н труб 62. Действительно, тарелка 61 в сочетании с трубами 62 позволяет
 40 избежать присутствия катализатора в смесительных объемах 64 и 64' под тарелкой 61 на высоту Н. Трубы 62 могут быть по существу вертикальными. Например, оси труб 62 образуют угол от 0° до 15° с вертикальным направлением. Патрубки 24 и 24', входящие через камеру 2 в отделения 64 и 64' секции смешения 60, позволяют ввести газ оксихлорирования в указанные отделения 64 и 64'. Нижняя часть отделений 64 и 64'
 45 позволяет прохождение газа. Например, нижняя часть является открытой. Таким образом, обжиговой газ, движущийся в вертикальном направлении, поднимаясь в отделения 26 и 26' секции обжига СА, выходит в секцию смешения 60, чтобы осуществить смешение обжигowego газа с газом оксихлорирования в секции смешения 60, которая

не содержит зерен катализатора, что позволяет достичь хорошего смешения газов. Кроме того, патрубки 24 и 24' могут образовать боковую подачу газа в секцию смешения 60, то есть патрубки 24 и 24' могут быть горизонтальными и пересекать камеру 2. Ввод газа оксихлорирования сбоку по горизонтальным патрубкам 24 и 24' еще больше

улучшает смешение с обжиговым газом, движущимся в перекрестном потоке относительно газа оксихлорирования, вводимого горизонтально через патрубки 24 и 24'. Альтернативно, можно расположить газопроницаемую пластину на нижней поверхности секции смешения 60. Пластина 66, например, решетка или перфорированная пластина, позволяет прохождение обжигового газа из секции обжига в секцию смешения 60. В данном случае трубы 62 проходят через пластину 66, создавая проходы для зерен катализатора, соединяясь между секциями оксихлорирования О и обжига СА. Сетка или перфорированная пластина позволяет вводить обжиговый газ с высокой скоростью, не увлекая твердые частицы слоя катализатора из секции обжига в секцию смешения. Кроме того, пластина 66 может повысить механическую прочность тарелки 61, жестко соединяя трубы 62, с одной стороны, с пластиной 66 и, с другой стороны, с тарелкой 61.

Как показано на фиг. 5, тарелка 61 содержит множество отверстий 67, которые позволяют проходить смеси газов из секции смешения 60 в секцию оксихлорирования О. Размер отверстий рассчитан так, чтобы позволить прохождение газа, но не пропускать зерна катализатора. Увеличение числа точек введения газа через отверстия 67 на сечении реактора позволяет очень хорошо распределить газовую смесь по всему сечению реактора. Например, отверстия 67 могут быть снабжены устройством, обычно называемым "bubble cap" (колпачковая тарелка) или любой другой системой, позволяющей пропускать газ, но задерживать зерна катализатора.

Альтернативно можно использовать решение типа смесительной камеры, согласно документу FR 2993794.

Разумеется, в рамках изобретения регенератор может содержать более двух зон регенерации, тем самым позволяя по отдельности регенерировать в каждой из указанных зон катализатор в разных рабочих условиях, выбираемых в зависимости от степени дезактивации катализатора и, в частности, в зависимости от степени закоксовывания.

Не выходя за рамки изобретения, катализаторы, которые регенерируются соответственно в каждой зоне регенерации, могут иметь разные составы с точки зрения природы подложки и активной металлической фазы.

Способ каталитического риформинга, в котором применяется регенератор согласно изобретению, описывается с обращением к фиг. 6. Способ с фиг. 6 называется способом "с непрерывной регенерацией катализатора" (CCR, от английского Continuous Catalytic Reforming), который предполагает, что реакция проводится в реакционных секциях, в которых катализатор непрерывно течет сверху вниз, а регенерация осуществляется непрерывно в дополнительном реакторе, при этом катализатор возвращается в реакционные секции, чтобы не прерывать реакцию.

Установка риформинга 40 содержит по меньшей мере одну первую и по меньшей мере одну вторую реакционные секции 41 и 42. На фиг. 6 каждая реакционная секция 41 и 42 состоит из двух последовательных реакторов с движущимся слоем катализатора, расположенных рядом. Более точно, первая реакционная секция 41 содержит два реактора риформинга 43 и 43' с движущимся слоем, средства перемещения (не показанные на фиг. 6) потока, выходящего снизу реактора 43, вверх реактора 43', средства перемещения (не показаны на фиг. 6) потока, выходящего снизу реактора 43' во вторую реакционную секцию 42, и средства перемещения 45 катализатора, собранного

внизу реактора 43, к верху реактора 43'.

Аналогично, вторая реакционная секция 42 содержит два реактора риформинга 44 и 44' с движущимся слоем, средства перемещения (не показанные на фиг. 6) потока, выходящего снизу реактора 44, к верху реактора 44' и средства перемещения 46 катализатора, собранного внизу реактора 44, к верху реактора 44'.

Согласно изобретению, первая реакционная секция 41 может использовать особый катализатор с составом, отличающимся от состава катализатора, используемого во второй реакционной секции 42.

Каждая из реакционных секций 41 и 42 содержит также средства перемещения 49 и 51 катализатора, собранного на выходе из последнего реактора каждой реакционной секции, к регенератору 1 согласно изобретению, который способен регенерировать одновременно и по отдельности катализаторы, использующиеся в реакционных секциях.

В первой реакционной секции 41 протекает в основном реакция дегидрирования нафтеновых соединений с образованием ароматики, тогда как во второй реакционной секции протекают в основном реакции дегидроциклизации n-парафинов с образованием ароматики, гидрокрекинг парафинов и нафтеновых соединений с образованием короткоцепочечных насыщенных углеводородных соединений (C3, C4) и образование кокса, являющегося основной причиной дезактивации катализатора. Понятно, что катализаторы, которые выходят из первой реакционной зоны 41, имеют более низкую степень дезактивации, чем выходящие из второй реакционной зоны 42. Следовательно, выгодно использовать менее жесткие рабочие условия регенерации для восстановления активности катализаторов из первой реакционной зоны 41, чем для катализаторов, выходящих из второй реакционной зоны 42.

Как следует из фиг. 6, предварительно нагретое углеводородное сырье, содержащее парафиновые соединения и нафтенy, направляют по линии 47 вместе с водородом в голову реактора 43 первой реакционной секции 41. Катализатор, аккумулированный в верхнем бункере 48, вводят в голову реактора 43, откуда он течет под действием силы тяжести и выходит снизу. Таким образом, углеводородное сырье приводится в контакт с движущимся слоем катализатора, давая первый реакционный поток, который выводится снизу первого реактора 43. Катализатор и первый поток, возможно нагретый, выходящие из первого реактора 43, проводят затем в голову второго реактора 43', где они движутся, опускаясь. В результате первый поток снова приходит в контакт с катализатором, давая второй поток, который отбирается на выходе снизу указанного второго реактора 43'. Что касается катализатора, собирающегося на дне второго реактора 43', его проводят в накопительный бункер 53 сверху регенератора 1 средством перемещения 49, например, подъемным устройством. Затем первый катализатор регенерируется в регенераторе 1, откуда он отбирается и проводится по линии 50 в бункер 48, находящийся над первым реактором 43.

Второй поток, выходящий из второго реактора 43' первой реакционной секции 41, направляется в голову первого реактора 44 второй реакционной секции 42, где он приводится в контакт с катализатором, содержащимся в движущемся слое с гравитационным течением, производя третий поток. Третий поток, отбираемый снизу реактора 44, направляют в голову второго реактора 44' второй реакционной секции 42 средством перемещения (на фиг. 6 не показано). Катализатор, собранный на выходе снизу реактора 44, проводят в голову реактора 44' средством перемещения 46 (например, подъемником) и приводят в контакт с третьим потоком, получая продукт риформинга, который отбирают снизу второго реактора 44' второй реакционной секции 42.

Катализатор, который под действием силы тяжести вытекает из реактора 44', загружают

по линии 51 в бункер 53', находящийся в голове регенератора 1. Катализатор, скопившийся на выходе из второй реакционной зоны 42, регенерируют в регенераторе 1, а затем проводят по линии 52 в бункер 54, установленный над первым реактором 44 второй реакционной секции 42. Накопительные бункеры 53 и 53' для отработанных катализаторов могут быть заменены единственным бункером, имеющим два отделения для хранения, разделенные стенкой, непроницаемой для катализаторов. Аналогично, накопительные бункеры 48 и 54 для регенерированных катализаторов могут быть заменены единственным бункером с отделениями, разделенными стенкой, непроницаемой для катализаторов.

Согласно одному альтернативному варианту осуществления, способ по изобретению применяется в каждой реакционной секции в реакторе, в котором движущиеся слои катализатора расположены вертикально друг на друге.

Согласно другой альтернативе, можно также разместить первую и вторую реакционные зоны в вертикальной конфигурации в одном реакторе с первой реакционной зоной 41, которая находится над второй реакционной зоной 42.

Предпочтительно, движущийся слой или слои из реакционных зон являются движущимися слоями радиального типа, в которых углеводородное сырье движется через слой катализатора, следуя радиальному течению от внешнего периметра слоя к центру реактора, который содержит центральный коллектор потока.

В качестве примера, реакционные секции функционируют в следующих рабочих условиях:

- средняя температура на входе в реакционную секцию от 470°C до 570°C;
- давление от 0,3 до 1,5 МПа;
- отношение (массовый расход сырья/масса катализатора) от 1 до 10 ч⁻¹;
- мольное отношение H₂/углеводороды от 0,8 до 8.

В рамках изобретения способ может включать более двух реакционных секций, каждая из которых работает с катализаторами одинакового или разного состава. Например, в способе можно использовать три или четыре последовательные реакционные секции.

В способе, проиллюстрированном на фиг. 6, используется по два движущихся слоя катализатора на реакционную секцию. Однако, можно, конечно, использовать один или несколько движущихся слоев катализатора на реакционную секцию.

Углеводородное сырье обычно представляет собой углеводородную фракцию типа нефти, богатой парафиновыми и нафтеновыми соединениями и относительно бедной ароматическими углеводородами. Сырье предпочтительно имеет интервал кипения от 50°C до 250°C. Сырьевая нефтя, которую можно обрабатывать указанным способом, происходит, например, с атмосферной перегонки сырой нефти или конденсата природного газа. Способ согласно изобретению применим также к тяжелой нефти, полученной в установке каталитического крекинга (FCC), коксования, гидрокрекинга, или же к бензину парового крекинга.

(57) Формула изобретения

1. Реактор регенерации (регенератор) катализатора в движущемся слое (1), содержащий камеру (2), вытянутую в вертикальном направлении, причем указанная камера разделена по меньшей мере на две зоны регенерации, простирающиеся вертикально по высоте указанной камеры, в которых под действием силы тяжести движутся частицы катализатора, причем каждая зона регенерации содержит последовательно в порядке движения катализаторов:

а) секцию горения (СО);

б) секцию оксихлорирования (О), находящуюся ниже секции горения и содержащую средства подвода катализатора из секции горения (СО) в секцию оксихлорирования (О);

5 с) секцию обжига (СА), находящуюся ниже секции оксихлорирования, отличающийся тем, что зоны регенерации отделены друг от друга разделителем, непроницаемым для катализаторов и газов, чтобы катализаторы в каждой из зон можно было регенерировать в разных рабочих условиях.

2. Регенератор по п. 1, причем каждая из секций горения содержит кольцевое
10 пространство, ограниченное двумя сетками, проницаемыми для газа и непроницаемыми для катализаторов, в котором под действием силы тяжести движется катализатор.

3. Регенератор по п. 1, причем каждая секция горения образована частью кольцевого пространства (30), причем кольцевое пространство (30) ограничено двумя сетками (9, 9'), проницаемыми для газа и непроницаемыми для катализаторов, и разделено на части
15 разделителями (34), непроницаемыми для катализаторов и газа.

4. Регенератор по одному из пп. 2 и 3, причем сетки выбраны из решетки и перфорированной пластины.

5. Регенератор по п. 1, причем каждая секция оксихлорирования получена путем разделения одной зоны камеры (2) на отделения (22, 22') разделителем (23),
20 непроницаемым для катализаторов и газа.

6. Регенератор по п. 1, причем каждая секция обжига получена разделением одной зоны камеры (2) на отделения (26, 26') разделителем (27), непроницаемым для катализаторов и газа.

7. Регенератор по п. 1, причем секция оксихлорирования отделена от секции обжига
25 секцией смешения, предназначенной для получения смеси газа оксихлорирования и обжигового газа.

8. Установка каталитического риформинга (40) с непрерывной регенерацией катализатора, содержащая:

- по меньшей мере одну первую реакционную зону (41) и по меньшей мере одну
30 вторую реакционную зону (42), причем первая и вторая реакционные зоны содержат соответственно по меньшей мере один первый движущийся слой катализатора и по меньшей мере один второй движущийся слой катализатора;

- регенератор (1) по одному из предыдущих пунктов, способный одновременно и по отдельности регенерировать катализаторы из первой и второй реакционных зон (41,
35 42) в разных рабочих условиях;

- средства перемещения потока, выходящего из первой реакционной зоны (41), во вторую реакционную зону (42);

- средства подвода (49) катализатора из первой реакционной зоны (41) в регенератор (1);

40 - средства подвода (51) катализатора из второй реакционной зоны (42) в регенератор (1);

- средства перемещения (50) регенерированного катализатора из регенератора (1) в первую реакционную зону (41);

45 - средства перемещения (52) регенерированного катализатора из регенератора (1) во вторую реакционную зону (42).

9. Установка каталитического риформинга (40) по п. 8, причем первая и вторая реакционные зоны (41, 42) расположены в одном реакторе по вертикали друг над другом.

10. Установка каталитического риформинга (40) по п. 8, причем первая и вторая реакционные зоны (41, 42) устроены соответственно в по меньшей мере одном первом реакторе и в по меньшей мере одном втором реакторе, расположенных рядом.

5 11. Установка каталитического риформинга (40) по одному из пп. 8-10, причем катализатор в первой реакционной зоне (41) отличается по составу от катализатора во второй реакционной зоне (42).

12. Способ каталитического риформинга углеводородного сырья, включающий следующие стадии:

10 а) обработка углеводородного сырья в присутствии водорода в по меньшей мере одной первой реакционной зоне (41), содержащей по меньшей мере один движущийся слой катализатора;

б) непрерывное и раздельное извлечение потока и катализатора из первой реакционной зоны (41);

15 в) обработка потока, выходящего из первой реакционной зоны (41), в присутствии водорода в по меньшей мере одной второй реакционной зоне (42), содержащей по меньшей мере один движущийся слой катализатора;

д) непрерывное и раздельное извлечение продукта риформинга и катализатора из второй реакционной зоны (42);

20 е) проведение катализаторов из первой и второй реакционных зон в регенератор (1) по одному из пп. 1-7 и регенерация указанных катализаторов в разных рабочих условиях;

ф) возвращение по отдельности регенерированных катализаторов в соответствующие первую и вторую реакционные зоны (41, 42).

13. Способ по п. 12, в котором состав катализатора в первой реакционной зоне (41) отличается от состава катализатора во второй реакционной зоне (42).

25 14. Способ по п. 12 или 13, в котором течение сырья, выходящих потоков, катализаторов осуществляется прямоточно в нисходящем направлении.

15. Способ по п. 12, в котором первая и вторая реакционные зоны (41, 42) имеют вертикальную конфигурацию в реакторе, причем первая реакционная зона (41) находится выше второй реакционной зоны (42).

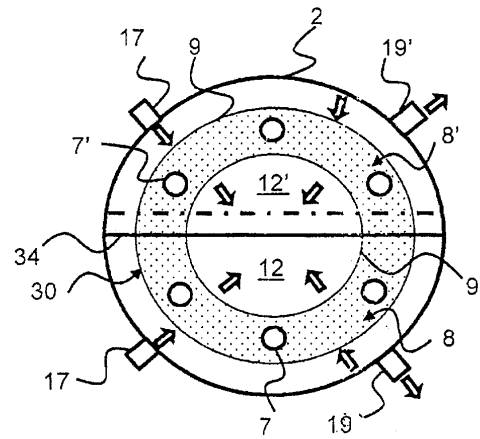
30 16. Способ по п. 12, в котором первая и вторая реакционные зоны (41, 42) расположены рядом друг с другом соответственно в по меньшей мере одном первом реакторе и в по меньшей мере одном втором реакторе.

35

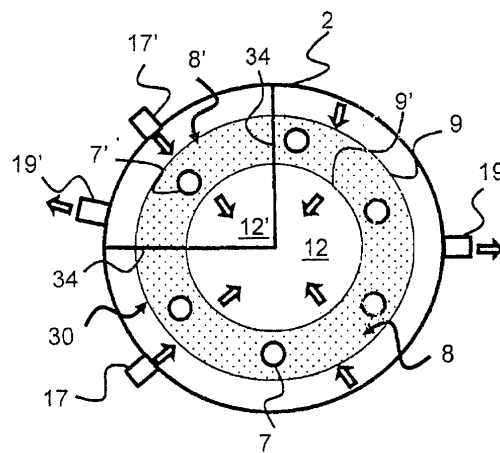
40

45

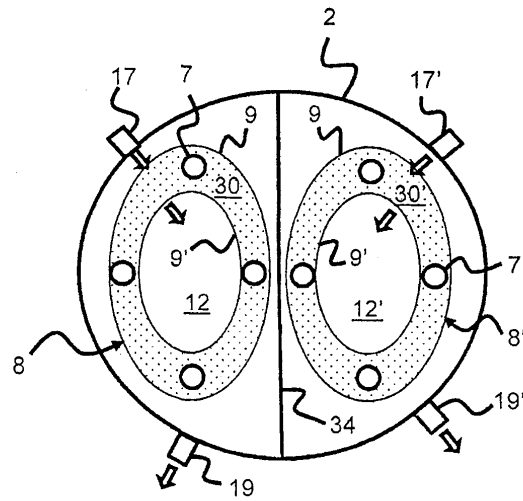




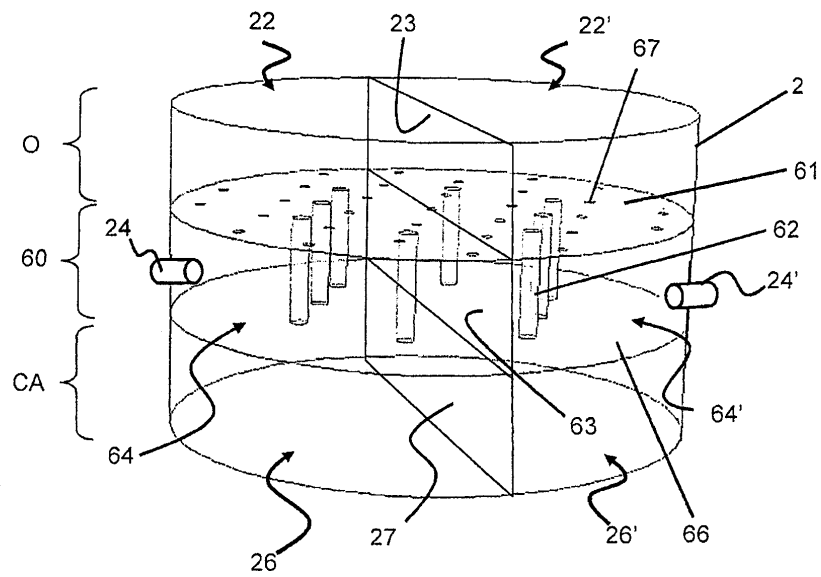
ФИГ. 2



ФИГ. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5

