

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **025397**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2016.12.30

(21) Номер заявки
201190279

(22) Дата подачи заявки
2010.05.10

(51) Int. Cl. **B01J 8/06** (2006.01)
B01J 19/24 (2006.01)
C10G 2/00 (2006.01)

(54) **РЕАКТОР ДЛЯ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИХ ИЛИ ЭНДОТЕРМИЧЕСКИХ
КАТАЛИТИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ**

(31) **MI2009A 000826**

(32) **2009.05.13**

(33) **IT**

(43) **2012.06.29**

(86) **PCT/EP2010/002871**

(87) **WO 2010/130399 2010.11.18**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ЭНИ С.П.А. (IT)

(72) Изобретатель:
**Йоване Массимо, Дзеннаро Роберто,
Форцатти Пио, Гроппи Жанпьеро,
Льетти Лука, Тронкони Энрико,
Висконти Карло Джорджо, Россини
Стефано, Миньоне Эльса (IT)**

(74) Представитель:
Поликарпов А.В. (RU)

(56) **US-A-4378336
GB-A-2322633
US-A1-2002038066
US-A-3957619
US-A-4101287**

(57) Реактор для реакции Фишера-Тропша, которую осуществляют в трехфазной системе, по существу, состоящей из газообразной фазы реагентов, прореагировавшей жидкой фазы и твердой каталитической фазы, где твердая каталитическая фаза состоит из уплотненных или структурированных тел каталитического материала, заключенных в полости по меньшей мере одной сотовой монолитной конструкции с высокой теплопроводностью.

B1

025397

**025397
B1**

Настоящее изобретение относится к реактору для экзотермических или эндотермических каталитических реакций.

Более конкретно, настоящее изобретение также относится к реактору для экзотермических или эндотермических многофазных каталитических реакций.

Еще более конкретно, настоящее изобретение относится к реактору для реакции Фишера-Тропша.

В настоящем описании всю информацию и упоминаемые рабочие и нерабочие условия следует рассматривать как предпочтительные, даже если это не указано в явной форме.

Как известно, реакция Фишера-Тропша является химической реакцией, которая протекает в по существу трехфазных системах, где поток газообразной фазы контактирует с твердым катализатором, а продукт реакции состоит, главным образом, из жидких и газообразных углеводородов. В частности, газообразная фаза реагентов представляет собой смесь водорода и монооксида углерода (синтез-газ) с молярным отношением H_2/CO от 1 до 3, жидкая фаза в основном состоит из линейных углеводородов (парафиновых восков) с большим числом атомов углерода, а твердая фаза представлена катализатором.

Экзотермическая природа реакции Фишера-Тропша (35-45 ккал/моль) приводит к необходимости применения теплообменных устройств для регулирования температуры в рабочих пределах реакции и для предотвращения образования локальных "точек перегрева", приводящих к разрушению катализатора.

Например, в международной заявке на патент WO 2008/074496 предложено осуществлять реакцию Фишера-Тропша в реакторах, определяемых как "суспензионная барботажная колонна", в которых реакция Фишера-Тропша протекает в трехфазных системах, где синтез-газ барботирует, в форме пузырей, в суспензии катализатора в реакционной жидкости. Реакционная система, непрерывно перемешиваемая восходящим потоком газа, позволяет легко отводить теплоту реакции с помощью системы теплообменных труб, погруженных в жидкость, в которых циркулирует охлаждающая текучая среда, например вода.

Хотя реакторы типа "суспензионной барботажной колонны" позволяют получать чрезвычайно благоприятные выходы реакции наряду с эффективным регулированием температуры, они имеют ряд недостатков при эксплуатации. Прежде всего, продукт реакции следует отделять от катализатора: суспензию катализатора в реакционной жидкости собирают из реактора, что делает необходимым проведение стадии разделения, либо внутри, либо снаружи реактора как такового.

Во-вторых, реакционную систему необходимо эксплуатировать при подходящих гидродинамических условиях, чтобы обеспечить однородное диспергирование катализатора.

Наконец, промышленные реакторы последнего поколения для синтеза Фишера-Тропша, в частности реакторы, в которых применяют технологию "суспензионной барботажной колонны", имеют большие габариты. Например, они могут представлять собой цилиндрические конструкции высотой 60 м и диаметром порядка 10 м. Управление такими реакторами и, в частности, их техническое обслуживание, например техническое обслуживание труб теплообменного устройства, может быть затруднительным. Действительно, простая замена поврежденной трубы теплообменного устройства в реакторе высотой 40-60 м или более может представлять собой непростую операцию.

Альтернативой реакторам типа "суспензионной барботажной колонны" являются реакторы с неподвижным слоем. Такие реакторы по существу состоят из устройства, включающего кожух или оболочку и пару из верхнего и нижнего закрывающих элементов, где обычно обеспечены средства подачи реагентов и средства выпуска продуктов реакции. Внутри оболочки вставлены трубы, каждая из которых заполнена катализатором, например, в форме гранул.

Газообразные реагенты, например синтез-газ, текут внутри труб, контактируют с частицами катализатора и вступают в реакцию.

Теплоту реакции отводят с помощью непрерывного потока охлаждающей текучей среды, например воды, которая занимает свободный объем внутри оболочки.

Основные ограничения конфигурации неподвижного слоя существенно зависят от сопротивления массопереносу внутри частиц (ответственного, например, за низкую активность и селективность по отношению к жидкому продукту, в случае реакции Фишера-Тропша) и радиального теплопереноса внутри реактора (который может приводить к образованию локальных "точек перегрева" с возможной дезактивацией части катализатора). Кроме того, могут также возникать перепады давления, даже очень большие, в зависимости от структуры неподвижного слоя и, в частности, от соотношения высоты и диаметра труб и размеров частиц катализатора. Наконец, реакторы с неподвижным слоем характеризуются очень низкой удельной производительностью (на единицу объема используемого катализатора), и по этой причине, чтобы увеличить ее, нужно использовать особенно большое количество катализатора и, следовательно, обеспечивать большие габариты реактора.

Альтернативным решением, по отношению к традиционным реакторам с неподвижным слоем или суспензионным барботажным реакторам, являются многотрубные реакторы с монолитными катализаторами. Пример такого решения можно найти в опубликованной заявке на патент US 2005/0142049 A1.

Согласно тому, что описано в данной заявке на патент, экзотермические реакции, такие как селективное каталитическое окисление бензола или н-бутана до малеинового ангидрида, окисление о-ксилола до фталевого ангидрида или синтез Фишера-Тропша, или эндотермические реакции, такие как паровой риформинг углеводородов до синтез-газа (H_2 и CO), можно выполнять в многотрубных реакторах, за-

груженных проводящими монолитными катализаторами. Такие реакторы включают сосуд, внутри которого размещено множество труб. Каждая труба из пучка труб включает катализатор и состоит из металлической монолитной сотовой конструкции, которая является носителем катализатора.

Монолитная конструкция, включенная в каждую трубу, состоит из сплошного цилиндрического тела, внутри которого имеется множество параллельных каналов. Такие монолитные конструкции также описаны, например, в патенте US 6881703.

Каталитический материал распределен на внутренних стенках каналов монолита с помощью технологии нанесения покрытия из жидкой суспензии с последующей сушкой ("washcoating"), таким образом, что он находится в контакте с реагентами, протекающими в каждом канале монолита.

Монолитная конструкция обеспечивает хороший теплообмен с терморегулирующей текучей средой, циркулирующей в сосуде снаружи труб, поскольку материал монолита, отличающийся хорошей теплопроводностью, благоприятствует радиальной передаче тепла.

Ограничение многотрубных реакторов с монолитными катализаторами, нанесенными из жидкой суспензии с последующей сушкой ("washcoated"), состоит в том, что доступность каталитической активной фазы на единицу объема реактора меньше, чем в традиционных реакторах. По этой причине нужно увеличивать реакционные объемы, чтобы получить заметную производительность.

Теперь Заявитель обнаружил, что решением вышеупомянутых проблем может быть использование реактора с меньшими габаритными размерами благодаря более высокой объемной плотности активной фазы катализатора и более эффективной системе отведения теплоты реакции. Поэтому реакторы по настоящему изобретению имеют меньшие габаритные размеры по сравнению с традиционными реакторами или реакторами, известными из уровня техники. Эта характеристика реакторов, описанных в настоящем изобретении, позволяет размещать их на борту кораблей и/или на специальных наземных транспортных средствах, чтобы перемещать их в отдаленные районы, где находятся источники сырья для синтеза-газа, например морские и/или наземные месторождения природного газа, для которых применение крупногабаритных реакторов, таких как реакторы с неподвижным слоем типа "суспензионной барботажной колонны", реакторы с неподвижным слоем или многотрубные реакторы, загруженные традиционными монолитными катализаторами, нецелесообразно или невозможно.

Поэтому объектом настоящего изобретения является реактор для экзотермических или эндотермических химических реакций в присутствии катализатора, например реактор для реакции Фишера-Тропша, где катализатор состоит из уплотненных тел (например, сфер, цилиндров, колец и т.д.) или структурированных тел (например, пен, сеток, проволок и т.д.), которые введены и заключены в полости множества элементов, имеющих монолитную структуру, с высокой теплопроводностью, способных благоприятствовать переносу теплоты реакции к охлаждающей/нагревающей текучей среде или от охлаждающей/нагревающей текучей среды, циркулирующей внутри рубашки реактора, и в которую утоплены монолитные конструкции.

Более конкретно, объектом настоящего изобретения является реактор для экзотермических/эндотермических химических реакций в присутствии катализатора, предпочтительно твердого, включающий:

- a) по существу, цилиндрический сосуд, оборудованный средствами подачи и выпуска терморегулирующей текучей среды для химической реакции;
- b) верхний закрывающий элемент и нижний закрывающий элемент, соответственно, расположенные в верхней и нижней части сосуда;
- c) средства подачи газообразной фазы реагентов, расположенные в верхнем закрывающем элементе и/или в нижнем закрывающем элементе;
- d) средства выпуска прореагировавшей фазы, расположенные в верхнем закрывающем элементе и/или в нижнем закрывающем элементе;
- e) множество монолитных конструкций, как таковых или коаксиально вставленных внутрь трубчатых конструкций, расположенных внутри сосуда (a) между верхним закрывающим элементом и нижним закрывающим элементом, причем каждая монолитная конструкция состоит, по существу, из цилиндрического тела, внутри которого расположены параллельные каналы, проходящие в осевом направлении от одного конца до другого, пригодные для заполнения катализатором.

Реактор, являющийся объектом настоящего изобретения, особенно и предпочтительно подходит для реакции Фишера-Тропша, которая протекает в трехфазной системе, по существу, состоящей из газообразной фазы реагентов, прореагировавшей жидкой фазы и твердой каталитической фазы, состоящей из уплотненных тел (например, сфер, цилиндров, колец и т.д.) или структурированных тел (например, пен, сеток, проволок и т.д.), помещенных внутрь каналов монолитной конструкции.

Согласно настоящему изобретению сосуд является, по существу, цилиндрическим и может иметь любой размер, но предпочтительно характеризуется высотой, составляющей, например, от 1 до 10 м, и диаметром от 1 до 5 м. По существу, цилиндрический сосуд и верхний и нижний закрывающие элементы обычно изготовлены из углеродистой стали, коррозионно-стойкой стали или состоят из стали, связанной с металлами, выбранными из металлов групп 5-10, таких как ванадий, ниобий, хром, молибден, вольфрам, марганец, никель и т.д. Толщина стенки корпуса зависит от температуры и давления, при которых

протекает реакция, но обычно может составлять от 20 до 100 мм. Реактор, являющийся объектом настоящего изобретения, может быть расположен либо вертикально, либо горизонтально.

Множество монолитных конструкций, как таковых или вставленных внутрь трубчатых конструкций, введено внутрь, по существу, цилиндрического сосуда. Эти монолитные конструкции находятся в виде пучка труб, расположенных на расстоянии друг от друга, вставленных внутрь цилиндрического сосуда и погруженных в терморегулирующую жидкость, имеющую температуру реакции, например воду, в случае экзотермических реакций, или диатермическое масло, в случае эндотермических реакций.

Пучок имеет диаметр, по существу равный внутреннему диаметру цилиндрического контейнера (а), или немного меньше, и занимает объем от 50 до 90% от общего объема тела (а), предпочтительно от 60 до 80%. Пучок включает множество монолитных конструкций, количество которых составляет от 10 до 20000, предпочтительно от 100 до 10000, более предпочтительно от 1000 до 8000.

Каждая монолитная конструкция состоит, по существу, из цилиндрического тела диаметром от 1 до 10 см, имеющего непрерывную сотовую конструкцию, термически связанную, которая в рабочем режиме позволяет отводить теплоту реакции, в случае экзотермической реакции, или подводить тепло, в случае эндотермической реакции, с высоким коэффициентом радиального теплообмена. Таким образом, непрерывная сотовая монолитная конструкция представлена в виде множества продольных каналов с поперечным сечением, предпочтительно имеющим форму квадрата или прямоугольника с длиной стороны от 0,5 до 5 мм, утопленных в сплошное тело. Поперечное сечение продольных каналов монолитной конструкции не обязательно является квадратным или прямоугольным. Также могут быть получены многоугольные сечения, а также сечения, имеющие круглую, полукруглую и эллиптическую или более сложную форму.

Монолитная конструкция, являющаяся объектом настоящего изобретения, не служит в качестве носителя катализатора, но должна благоприятствовать эффективному отведению теплоты реакции. По этой причине она изготовлена из материала, обладающего собственной теплопроводностью более 10 Вт/(м*К), предпочтительно, от 100 до 400 Вт/(м*К). Для стабильности размеров при температурах реакции, материал выбирают из металлов, таких как сталь, такого же типа, как и для цилиндрического корпуса, алюминий, алюминиевый сплав или медь. Металл, предпочтительно, представляет собой алюминий или алюминиевый сплав. В качестве альтернативы, можно использовать теплопроводящие керамические материалы, такие как карбид кремния.

Пример изготовления монолитной конструкции согласно настоящему изобретению представлен в патенте US 6881703 или в международной заявке на патент WO 2005/011889.

Катализатор, в форме уплотненных тел (например, сфер, цилиндров, колец и т.д.) или структурированных тел (например, жестких пен, сеток, проволок и т.д.), размещен внутри каждого канала монолитной конструкции так, чтобы заполнить объем с коэффициентом заполнения, представляющим собой отношение объем катализатора/объем продольного канала, составляющим от 0,2 до 0,8. При таком размещении катализатора можно достичь оптимального компромисса между падениями давления потоков вдоль реактора, доступностью подходящего количества катализатора на единицу объема реактора и эффективным отведением теплоты реакции, благодаря непрерывной проводящей монолитной конструкции.

Реактор, являющийся объектом настоящего изобретения, можно использовать, в частности, для экзотермических каталитических реакций, таких как реакция Фишера-Тропша, где поток газообразной фазы реагентов, состоящей из смеси СО и Н₂ (синтез-газ), вступает в контакт, по существу, с неподвижным слоем катализатора, например гранулами, образуя жидкую/парообразную фазу, при температуре и давлении реакции, состоящую из парафиновых восков.

В частности, реактор для реакций типа Фишера-Тропша представляет собой реактор, в котором происходят химические реакции, протекающие в трехфазных системах, где поток газообразной/парообразной фазы контактирует с твердой фазой и образует парообразную фазу и жидкую фазу, которая смачивает катализатор. В этом случае газообразная/парообразная фаза, главным образом, состоит из синтез-газа и легких продуктов реакции, парообразная/жидкая фаза состоит из тяжелого продукта реакции, т.е. углеводородов, в основном, с большим числом атомов углерода, а твердая фаза представлена катализатором.

Синтез-газ предпочтительно получают путем парового риформинга и/или частичного окисления природного газа или других углеводородов, на основе реакций, описанных, например, в патенте US 5645613. В качестве альтернативы, синтез-газ можно получать с помощью других технологий производства, таких как, например, автотермический риформинг, КЧО (каталитическое частичное окисление) или газификация угля или других углеродсодержащих продуктов высокотемпературным водяным паром, как описано в "Catalysis Science and Technology", vol. 1 Springer-Verlag. New York, 1981.

В результате реакции Фишера-Тропша получают по существу две фазы, причем более легкая парообразная фаза состоит, главным образом, из смеси легких углеводородов с числом атомов углерода от 1 до 25 и температурой кипения при атмосферном давлении для фракции C₅-C₂₅, равной или ниже приблизительно 150°C, и побочных продуктов реакции, таких как водяной пар, СО₂, спирты и т.д.

Вторая полученная фаза состоит, главным образом, из парафиновых восков, жидких при температуре реакции, включающих смеси линейных, разветвленных углеводородов, насыщенных и ненасыщен-

ных углеводородов с большим числом атомов углерода. Обычно они представляют собой смеси углеводородов, для которых температура кипения при атмосферном давлении превышает 150°C, например составляет от 160 до 380°C.

Реакцию Фишера-Тропша осуществляют при температуре, равной или выше 150°C, например, от 200 до 350°C, поддерживая давление внутри реактора от 0,5 до 30 МПа. Более существенные подробности реакции Фишера-Тропша можно найти в "Catalysis Science and Technology", упоминаемой выше.

Катализатор обычно представляет собой катализатор на основе кобальта или железа, нанесенный на инертное твердое тело. Катализатор, который предпочтительно подходит к реактору согласно настоящему изобретению, представляет собой катализатор на основе кобальта, распределенного на твердом носителе, состоящем по меньшей мере из одного оксида элемента, выбранного из одного или более следующих элементов: Si, Ti, Al, Zr, Mg.

Предпочтительными носителями являются диоксид кремния, оксид алюминия или диоксид титана.

Кобальт присутствует в катализаторе в количестве от 1 до 50 мас.%, обычно от 5 до 35% относительно общей массы. Кроме того, используемый катализатор может включать другие дополнительные элементы. Например, он может включать относительно общей массы от 0,05 до 5 мас.%, предпочтительно от 0,1 до 3 мас.% рутения и от 0,05 до 5 мас.%, предпочтительно от 0,1 до 3 мас.% по меньшей мере третьего элемента, выбранного из элементов, принадлежащих к группе 3 (правила номенклатуры ИЮПАК). Катализаторы такого типа известны в литературе и описаны так же как и их приготовление в EP 756895.

Дополнительные примеры катализаторов также основаны на кобальте, но содержат тантал в качестве промотирующего элемента, в количестве 0,05-5 мас.% относительно общей массы, предпочтительно 0,1-3 мас.%. Эти катализаторы готовят заранее путем нанесения соли кобальта на инертный носитель (диоксид кремния или оксид алюминия), например, с помощью технологии влажной пропитки, за которой следует стадия обжига и, при необходимости, стадия восстановления и пассивации продукта обжига.

Производное тантала (в частности, алкоголяты тантала) наносят на полученный таким образом предшественник катализатора, предпочтительно с помощью технологии влажной пропитки, после чего проводят обжиг и, при необходимости, восстановление и пассивацию.

Независимо от химического состава катализатора его используют в структурированной форме или в форме частиц, например сферических гранул со средним размером менее 3 мм, предпочтительно от 0,3 до 1 мм.

Для лучшего понимания реактора для экзотермических/эндотермических химических реакций, являющегося объектом настоящего изобретения, дадим ссылку на прилагаемые чертежи, которые представляют собой иллюстративное и неограничивающее воплощение изобретения. В частности, на фиг. 1 схематически представлено продольное сечение реактора, тогда как на фиг. 2 и 3 представлены детали одной из монолитных конструкций, расположенной в его внутреннем пространстве, и присутствующий в ней катализатор.

Согласно фиг. 1 реактор 1 по существу состоит из цилиндрического сосуда А и двух закрывающих элементов В1 и В2. Цилиндрический корпус А снабжен входным отверстием (2) и выходным отверстием (3) для терморегулирующей текучей среды для протекающей химической реакции, тогда как закрывающие элементы В1 и В2 снабжены входным отверстием (4) и/или выходным отверстием (5) для реагентов и продуктов реакции. В качестве альтернативы, входное и выходное отверстия можно поменять местами.

Внутри цилиндрического сосуда А расположен пучок (6) монолитных конструкций, детали которых можно увидеть на фиг. 2. Каждая монолитная конструкция (7) состоит из цилиндрического тела (8), внутри которого находится множество каналов (9), утопленных в сплошное тело (10). Катализатор, например, в виде слоя (11), заполненного гранулами, размещен внутри каналов, как показано на фиг. 3.

Функционирование реактора, например, для экзотермической реакции Фишера-Тропша понятно из вышеприведенного описания и чертежей. После загрузки катализатора (11) в монолитные конструкции подают синтез-газ, например, через входной канал (4). По мере прохождения внутри каналов, заполненных монолитными конструкциями, газообразные реагенты контактируют с катализатором и вступают в реакцию с образованием парообразной/жидкой фазы, в основном состоящей из парафиновых восков с высокой молекулярной массой. Продукт реакции выпускают через выходной канал (5) вместе с побочными продуктами реакции, газообразными/парообразными углеводородами и непрореагировавшими реагентами. Во время реакции выделяется тепло, которое отводят с помощью охлаждающей текучей среды, которую подают и выпускают через отверстия (2) и (3). Благодаря монолитной конструкции и теплопроводящему материалу, из которого изготовлены монолиты, теплота реакции передается путем теплопроводности охлаждающей текучей среде с более высокой эффективностью по сравнению со случаем традиционного реактора с неподвижным слоем.

Чтобы продемонстрировать повышенную эффективность теплообмена и повышенную производительность, достигаемые в настоящем изобретении, ниже представлен практический пример, только с целью иллюстрации, а не ограничения изобретения.

Пример.

Вначале рассмотрим однотрубный реактор с внешним охлаждением, состоящий из сотового монолита с квадратными каналами длиной 1 м, изготовленного из алюминия, с внешним диаметром, равным 25,4 мм, и плотностью ячеек, составляющей 4 ячейки на квадратный сантиметр.

Каналы этого монолита, для которых доля вакуумных полостей равна 0,57, были покрыты (с помощью технологии нанесения покрытия из жидкой суспензии с последующей сушкой) слоем катализатора для синтеза Фишера-Тропша на основе кобальта на носителе из оксида алюминия, имеющем толщину, равную 50 мкм.

Реактор работает при давлении в головной части, равном 2 МПа (20 бар), и подаче 5000 см³(н.у.)/(ч·г_{кат}) предварительно нагретой до 235°C смеси СО и Н₂ с отношением между двумя этими веществами, равным 2,1 моль Н₂ на 1 моль СО. Температуру охлаждающей текучей среды поддерживают постоянной и равной 235°C.

Общая удельная производительность данного реактора равна 35 кг/(ч·м³), а падение давления пренебрежимо мало. Профиль температуры монолита является практически плоским и отличается от температуры охлаждающей текучей среды менее чем на 2°C (Т_{max} = 237°C).

Затем рассмотрим такой же однотрубный реактор с внешним охлаждением, состоящий из сотового монолита с квадратными каналами длиной 1 м, изготовленного из алюминия, с внешним диаметром, равным 25,4 мм, и плотностью ячеек, составляющей 4 ячейки на квадратный сантиметр. Однако в данном случае каналы монолита заполнены частицами катализатора, представляющего собой кобальт на носителе из оксида алюминия, имеющими внешний диаметр 500 мкм.

Реактор работает при давлении в головной части, равном 2 МПа (20 бар), и подаче 5000 см³(н.у.)/(ч·г_{кат}) предварительно нагретой до 228°C смеси СО и Н₂ с отношением между двумя этими веществами, равным 2,1 моль Н₂ на 1 моль СО. Температуру охлаждающей текучей среды поддерживают постоянной и равной 228°C.

Общая удельная производительность данного реактора равна 264 кг/(ч·м³), а падение давления, несколько более сильное, чем в предыдущем случае, все еще является приемлемым и равно 76 кПа (0,76 бар). Хотя профиль температуры монолита является более заметным, чем в предыдущем случае, разность температур также остается меньше 3°C, а профиль температуры монолита отличается от температуры охлаждающей текучей среды не более чем на 11°C (Т_{max} = 239°C).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Реактор для экзотермических/эндотермических химических реакций, которые проводят в присутствии твердого катализатора, включающий:

- а) по существу, цилиндрический сосуд, оборудованный средствами подачи и выпуска терморегулирующей текучей среды для химической реакции;
- б) верхний закрывающий элемент и нижний закрывающий элемент, соответственно, расположенные в верхней и нижней части сосуда;
- с) средства подачи газообразной фазы реагентов, расположенные в верхнем закрывающем элементе и/или в нижнем закрывающем элементе;
- д) средства выпуска прореагировавшей фазы, расположенные в верхнем закрывающем элементе и/или в нижнем закрывающем элементе;

е) множество сотовых монолитных конструкций, как таковых или коаксиально вставленных внутрь трубчатых конструкций, расположенных внутри, по существу, цилиндрического сосуда (а) между верхним закрывающим элементом и нижним закрывающим элементом, причем каждая монолитная конструкция состоит, по существу, из цилиндрического сплошного тела, имеющего диаметр от 1 до 10 см, внутри которого расположен ряд параллельных каналов (труб) с поперечным сечением, имеющим форму квадрата или прямоугольника с длиной стороны от 0,5 до 5 мм, проходящих в осевом направлении от одного конца до другого, разделенных непрерывной сотовой матрицей и заполненных катализатором в структурированной форме или в форме частиц со средним размером от 0,3 до менее 3 мм, размещенных внутри каждого канала так, чтобы заполнить объем с коэффициентом заполнения (объем катализатора/объем продольного канала), составляющим от 0,2 до 0,8, причем сотовые монолитные конструкции изготовлены из материала, имеющего собственную теплопроводность более 10 Вт/(м·К).

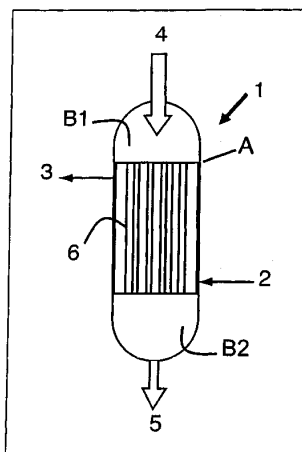
2. Реактор по п.1, в котором ряд монолитных конструкций образует пучок, имеющий диаметр, по существу, равный внутреннему диаметру цилиндрического сосуда (а), или немного меньше его, и занимающий объем от 50 до 90% от общего объема тела (а).

3. Реактор по п.2, в котором пучок включает от 10 до 20000 монолитных конструкций.

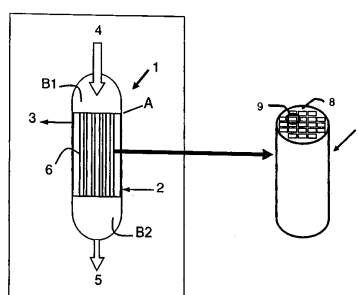
4. Реактор по любому из предшествующих пунктов, в котором монолитная конструкция представлена в виде ряда продольных каналов с квадратным или прямоугольным поперечным сечением с длиной стороны от 0,5 до 5 мм, утопленных в сплошное тело.

5. Способ осуществления экзотермических/эндотермических каталитических реакций, включающий подачу реагентов в реактор по любому из пп.1-4.

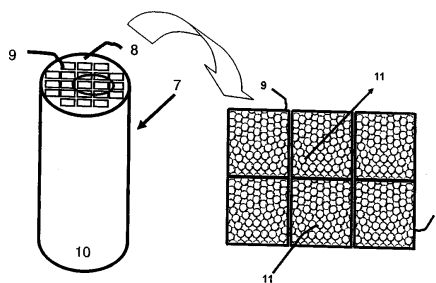
6. Способ по п.5, в котором реакция представляет собой реакцию Фишера-Тропша.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

