



УКРАЇНА

(19) UA (11) 94927 (13) C2

(51) МПК (2011.01)

C10G 2/00

B01J 8/04 (2006.01)

B01J 23/74 (2006.01)

B01J 23/46 (2006.01)

B01J 23/16 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

**(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ПРОДУКТУ В КОНДЕНСОВАНІЙ ФАЗІ З ОДНОГО АБО ДЕКІЛЬКОХ ГАЗОФАЗОВИХ РЕАГЕНТІВ**

1

2

(21) а200809071

(22) 22.11.2006

(24) 25.06.2011

(86) PCT/GB2006/004359, 22.11.2006

(31) 05257795.4

(32) 19.12.2005

(33) EP

(46) 25.06.2011, Бюл.№ 12, 2011 р.

(72) ГЕМЕРС САНДЕР, NL/GB

(73) БП ЕКСПЛОРЕЙШН ОПЕРЕЙТИНГ КОМПАНІ  
ЛІМІТЕД, GB

(56) DE 2929300 A1, 29.01.1981

GB 2132111 A, 04.08.1984

EP 0261870 A, 30.03.1988

(57) 1. Спосіб одержання продукту в конденсованій фазі з одного або декількох газофазових реагентів, який включає подачу одного або декількох реагентів в реактор, в якому один або декілька реагентів взаємодіють в газовій фазі у присутності твердого каталізатора, що включає один або декілька каталітичних компонентів, з утворенням щонайменше одного продукту, який в реакційних умовах знаходиться в конденсованій фазі, який відрізняється тим, що твердий каталізатор має дві або більше число зон, в яких тривалість контакту одного або декількох газофазових реагентів з одним або декількома каталітичними компонентами різна.

2. Спосіб за п. 1, в якому кожна зона твердого каталізатора має різні концентрації одного або декількох каталітичних компонентів.

3. Спосіб за п. 1 або п. 2, в якому дві або більше число зон твердого каталізатора мають різні площі поперечного перерізу та об'єм.

4. Спосіб за одним з пп. 1-3, в якому твердий каталізатор містить такі частинки як сфери, бісер, гранули або екструдати.

5. Спосіб за одним з пп. 1-4, в якому твердий каталізатор включає носій, вибраний з одного або декількох серед діоксиду кремнію, оксиду алюмінію, діоксиду кремнію та оксиду алюмінію, діоксиду титану, діоксиду цирконію, оксиду церію і оксиду цинку.

6. Спосіб за одним з пп. 1-5, в якому щонайменше один каталітичний компонент є металом, активним для синтезу Фішера-Тропша, вибраним з одного або декількох серед кобальту, заліза, рутенію, нікелю, молібдену, вольфраму і ренію.

7. Спосіб за одним з пп. 1-6, в якому реагентом служить синтез-газ і щонайменше один продукт в конденсованій фазі включає суміш вуглеводнів, яка в реакційних умовах є рідиною.

8. Спосіб за п. 7, в якому з суміші вуглеводнів одержують дизельне або авіаційне паливо.

9. Спосіб за одним з пп. 1-8, в якому реактор включає одну або декілька вставок.

10. Спосіб за п. 9, в якому одна або декілька вставок містять твердий каталізатор, а простір між вставками оточений теплопровідним середовищем.

Дійсний винахід відноситься до області гетерогенного каталізу, більш конкретно до вдосконаленого способу перетворення одного або декількох газофазових реагентів в продукт в конденсованій фазі у присутності твердого каталізатору.

Синтез за Фішером-Тропшем є відомою реакцією для одержання вуглеводнів з синтез-газу (суміш монооксиду вуглецю і водню), в якій синтез-газ вводять в контакт з гетерогенним каталізатором з одержанням суміші вуглеводнів. Синтез-газ як правило одержують за такими способами, як ри-

(13) C2

(11) 94927

(19) UA

формінг вугілля або природного газу з водяною парою або часткове окислення природного газу, і він може бути також одержаний з біомаси. Одним застосуванням синтезу за Фішером-Тропшем є одержання вуглеводневих рідин і/або восків, які можна використовувати як паливо або при одержанні палива за допомогою таких процесів, як гідрокрекінг.

Під час гетерогенно каталізуємих процесів синтезу вуглеводнів за Фішером-Тропшем одержувані вуглеводні, які в реакційних умовах є рідкими або твердими речовинами, можуть конденсуватися на поверхні каталізатору, який інгібує контакт синтез-газу як реагенту з поверхнею каталізатора і приводить до зменшеного перетворення реагентів.

Для регулювання реакційних температур в процесах, які включають реагенти і продукти, які в реакційних умовах знаходяться в газовій фазі, до теперішнього часу описані реактори змінного діаметру. Так, наприклад, в WO 03/011449 описаний апарат, в якому площу поперечного перетину шару твердого каталізатора уздовж його подовжньої осі збільшують використанням формованих вставок, що несуть теплопровідний матеріал, а в заявці DE 2929300 описаний реактор змінного діаметру для регулювання температури каталізатора в ендотермічних або екзотермічних реакціях, в якому форму вставок, що несуть теплопровідний матеріал, варіюють за їх довжиною. Проте здійснення описаних в ній способів не дозволяє одержувати продукти, які в реакційних умовах знаходяться в конденсованій фазі і, отже, вона не відноситься до проблеми покриття твердого каталізатора продуктом в конденсованій фазі.

Відповідно до дійсного винаходу пропонується спосіб одержання продукту в конденсованій фазі з одного або декількох газофазових реагентів, який включає подачу одного або декількох реагентів в реактор, в якому один або декілька реагентів взаємодіють в газовій фазі у присутності твердого каталізатора, який включає один або декілька каталітичних компонентів, з утворенням щонайменше одного продукту в конденсованій фазі, який характеризується тим, що твердий каталізатор володіє двома або більшим числом зон, в яких тривалість контакту одного або декількох газофазових реагентів з одним або декількома каталітичними компонентами різна.

При виконанні дійсного винаходу тривалість контакту одного або декількох газофазових реагентів з одним або декількома каталітичними компонентами твердого каталізатора всередині двох або більшого числа зон твердого каталізатора різна. Завдяки різній тривалості контактів всередині різних зон ступені перетворення одного або декількох газофазових реагентів в продукт в конденсованій фазі можуть бути оптимізовані збереженням відношення щонайменше одного продукту в конденсованій фазі до одного або декількох каталітичних компонентів (надалі названого відношенням продукту в конденсованій фазі до каталітичного компонента) в кожній зоні у межах визначеного інтервалу значень.

Визначений інтервал значень для відношення продукту в конденсованій фазі до каталітичного

компоненту може опиратись, наприклад, на результати експериментальних спостережень або на теоретичні моделі. Цей інтервал як правило вибирають, очевидно, так, щоб оптимізувати ефективність процесу, наприклад, збереженням низьких відношень продукту в конденсованій фазі до каталітичного компонента в зонах, в яких існує низький ступінь перетворення реагентів, або збереженням високих відношень продукту до каталітичного компонента, коли потрібні знижені ступені перетворення. Інтервал значень для такого відношення звичайно залежить від зміни концентрації продукту в конденсованій фазі всередині кожної зони каталізатора.

Так, наприклад, в зонах твердого каталізатора, в яких кількість продукту в конденсованій фазі велика, покриття каталізатора щонайменше одним продуктом в конденсованій фазі звичайно також виявляється великим і приводить до низьких ступенів перетворення реагентів. Отже, ступені перетворення реагентів можуть бути поліпшені збільшенням тривалості контакту між одним або декількома газофазовими реагентами і одним або декількома каталітичними компонентами всередині цієї зони твердого каталізатора. І навпаки, в зонах твердого каталізатора, в яких міститься мала кількість продукту в конденсованій фазі, відношення продукту в конденсованій фазі до каталітичного компонента виявляється, очевидно, низьким, внаслідок чого покриття каталізатора виявляється, очевидно, невеликим, а ступені перетворення можуть бути високими. Таким чином, зменшення тривалості контакту може бути досягнуте зниження ступеня перетворення.

У переважних варіантах виконання дійсного винаходу тривалість контакту одного або декількох газофазових реагентів з одним або декількома каталітичними компонентами в кожній зоні твердого каталізатора можна варіювати завдяки наявності зон твердого каталізатора з різними концентраціями каталітичних компонентів і/або зон твердого каталізатора з різними площею поперечного перетину і об'ємом.

Таким чином, в одному варіанті виконання винаходу твердий каталізатор включає зони, які володіють різними концентраціями одного або декількох каталітичних компонентів. При цьому з метою досягти різної тривалості контакту між одним або декількома газофазовими реагентами і одним або декількома каталітичними компонентами площа поперечного перетину і/або об'єм твердого каталізатора в різних зонах твердого каталізатора може бути аналогічним. Таким чином, твердий каталізатор, що володіє двома або більшим числом зон з однаковими площею поперечного перетину і об'ємом, але з різними концентраціями одного або декількох каталітичних компонентів, характеризується різною тривалістю контакту одного або декількох газофазових реагентів з одним або декількома каталітичними компонентами. Отже, для незалежного збереження відношення щонайменше одного продукту в конденсованій фазі до одного або декількох каталітичних компонентів в кожній зоні у межах визначеного інтервалу значень можна використовувати

твердий каталізатор, який володіє двома або більшим числом зон з різними концентраціями одного або декількох каталітичних компонентів.

Додатково або за іншим варіантом дві або більше число зон твердого каталізатора володіють різними площею поперечного перетину і об'ємом, що приводить до різної об'ємної швидкості газофазових реагентів всередині різних зон твердого каталізатора. Концентрація одного або декількох каталітичних компонентів всередині всіх зон твердого каталізатора може бути аналогічною або різною, внаслідок чого тривалість контакту одного або декількох газофазових реагентів з одним або декількома каталітичними компонентами в двох або більшому числі зон твердого каталізатора різна. В переважному варіанті концентрація одного або декількох каталітичних компонентів всередині всіх зон твердого каталізатора у всьому твердому каталізаторі однорідна, що може зменшити складність завантаження каталізатора в реактор.

Завдяки наявності збільшених площі поперечного перетину і об'єму твердого каталізатора в зонах, в яких ступені перетворення реагентів виявляються низькими, відношення продукту в конденсованій фазі до каталітичного компоненту є зменшеним, що приводить до зменшеного покриття каталізатора і поліпшених ступенів перетворення реагентів. І навпаки, завдяки наявності зменшених площі поперечного перетину і об'єму може бути досягнуто збільшене покриття одного або декількох каталітичних компонентів продуктом в конденсованій фазі, що може зменшити ступені перетворення реагентів в цій зоні. Цей останній випадок може виявитися перевагою, наприклад для екзотермічних реакцій, в яких в переважному варіанті з метою уникнути пошкодження або дезактивації каталізатора ступінь екзотермії всередині зони твердого каталізатора зменшують. Завдяки такому засобу для незалежного збереження відношення щонайменше одного продукту в конденсованій фазі до одного або декількох газофазових реагентів в кожній зоні у межах визначеного інтервалу значень можна використовувати твердий каталізатор, який володіє двома або більшим числом зон з різними площею поперечного перетину і об'ємом.

Додаткова перевага цього варіанту виконання дійсного винаходу полягає в тому, що твердий каталізатор може бути розподілений всередині реактора так, щоб в зонах, в яких необхідні зменшені відношення щонайменше одного продукту в конденсованій фазі до одного або декількох каталітичних компонентів, могли знаходитися більш значні об'єми каталізатора і менші об'єми каталізатора могли знаходитися в зонах, в яких потрібні більш високі відношення, що покращує використання твердого каталізатора. Між зонами з різними площею поперечного перетину і об'ємом можна безперервно варіювати площею поперечного перетину твердого каталізатора або, за іншим варіантом, її можна варіювати дискретним, східчастим шляхом, внаслідок чого кожна зону шару каталізатора визначають індивідуальною східчастою зміною площі поперечного перетину.

Твердий каталізатор може включати, наприклад, формовану вставку, таку як моноліт, шар волоконних матеріалів і сітка, або шар твердих частинок, таких як сфери, бісер, гранули і екструдати. В переважному варіанті твердий каталізатор включає ущільнені частинки каталізатора, оскільки ці частинки можуть бути легко впроваджені в реактор так, щоб вони пристосувалися до варіювань в ньому діаметра.

Твердий каталізатор включає один або декілька каталітичних компонентів, які каталізують перетворення одного або декількох газофазових реагентів в щонайменше один продукт в конденсованій фазі. В ньому може утримуватися єдиний каталітичний компонент, наприклад перехідний метал або сполука перехідного металу, або в ньому може міститися більше одного каталітичного компоненту, такого як додаткові співкаталізatori і промотори каталізаторів. Цей один або декілька каталітичних компонентів можуть бути нанесеними або не нанесеними на носій.

Концентрацію одного або декількох каталітичних компонентів всередині зони твердого каталізатора можна варіювати, наприклад змішуванням каталітично інертних частинок з частинками, які включають один або декілька каталітичних компонентів. За іншим варіантом або більш того, коли один або декілька каталітичних компонентів знаходяться на носіїві, тоді різні зони твердого каталізатора можуть включати зони, що володіють різним вмістом одного або декількох каталітичних компонентів на носіїві.

Реактор може включати одну або декілька вставок. В переважному варіанті виконання винаходу реактор включає одну або декілька подовжньо розміщених вставок, які володіють двома або більшим числом зон із змінними площею поперечного перетину і об'ємом. Твердий каталізатор може знаходитися або всередині однієї або декількох вставок, або в реакторному просторі між однією або декількома вставками і внутрішніми стінками реактора. Залежно від того, де знаходиться каталізатор, або вставки, або вільну від каталізатора зону між вставками і внутрішніми стінками реактора можна використовувати для розміщення теплообмінного середовища з метою регулювання температури всередині реактора. Теплообмінне середовище може закінчуватися або прямоточно відносно потоку одного або декількох газоподібних реагентів, або протиточно відносно потоку одного або декількох газоподібних реагентів.

Під час проведення реакції утворюється один або декілька продуктів, щонайменше один з яких в реакційних умовах знаходиться в конденсованій фазі. Винахід особливо підходить для процесів, в яких продукти в реакційних умовах знаходяться в рідкій фазі, оскільки рідкі продукти з більшою легкістю відділяють від твердого каталізатора порівняно з воскоподібними продуктами або іншими твердими продуктами.

У одному варіанті виконання дійсного винаходу два газофазові реагенти прямоточно подають в реактор і пропускають над нерухомим каталітичним шаром, який характеризується однорідною концентрацією каталітичних компонентів, де газо-

фазові реагенти взаємодіють з утворенням рідкофазового продукту. В початковій точці контакту обох газофазових реагентів з твердим каталітичним шаром концентрація рідкофазового продукту низька. У міру протікання реакції концентрація рідкофазового продукту підвищується, і у міру проходження газофазових реагентів уздовж шару твердого каталізатора він стає більш концентрованим. Це може привести до більш високого ступеня покриття твердого каталізатора рідкофазовим продуктом в подальших зонах твердого каталізатора щодо напрямку потоку газофазових реагентів. Завдяки наявності збільшених площі поперечного перетину і об'єму твердого каталізатора в подальших зонах відношення рідкого продукту до одного або декількох каталітичних компонентів зменшується, що приводить до меншого покриття каталізатора, а також до збільшеної тривалості контакту газофазових реагентів з твердим каталізатором всередині цих зон. Результатом є підвищення ступенів перетворення реагенту в зонах з більш значними площею поперечного перетину і об'ємом.

У альтернативному варіанті виконання винаходу площу поперечного перетину і об'єм твердого каталізатора в зоні, суміжній з початковою точкою контакту з одним або декількома газофазовими реагентами, зменшують. Цей варіант міг би бути доцільним, наприклад, в реакціях, в яких існує затримка між початковим контактом одного або декількох реагентів з твердим каталізатором і початком екзотермічної реакції. Таким чином, на початку доцільно мати в розпорядженні низьку швидкість потоку реагентів над твердим каталізатором з метою збільшення тривалості контакту реагентів з одним або декількома каталітичними компонентами і для сприяння ініціації реакції. Після того, як реакцію ініціюють і швидкість реакції збільшується, тепло, яке генерується екзотермією, потенційно може викликати пошкодження або дезактивацію каталізатора і може привести до більш низької селективності відносно цільового продукту і зменшеного терміну служби каталізатора. Отже, зменшенням площі поперечного перетину і об'єму суміжної подальшої зони твердого каталізатора підвищують швидкість потоку реагентів над каталізатором, що зменшує тривалість контакту реагентів з твердим каталізатором, а це може привести до більш низьких ступенів перетворення реагентів і швидкості реакції. Більше того, зменшенням площі поперечного перетину і об'єму може бути збільшене відношення продукту в конденсованій фазі до одного або декількох каталітичних компонентів, що додатково сприяє зменшенню ступеня перетворення одного або декількох газофазових реагентів. Для того, щоб поліпшити ступені перетворення, коли в протилежному випадку могло б виникнути збільшене покриття твердого каталізатора рідким продуктом, подальші зони твердого каталізатора необов'язково можуть володіти збільшеними площею поперечного перетину і об'ємом. За іншим варіантом зони твердого каталізатора, які знаходяться далі, можуть володіти навіть ще меншими площею поперечного перетину і об'ємом.

Твердий каталізатор може мати в своєму розпорядженні зазори або ділянки, які вільні від каталізатора. Так, наприклад, у варіантах виконання винаходу, в яких твердий каталізатор включає частинки, і різні зони твердого каталізатора володіють різними концентраціями каталітичного компоненту (компонентів), різні каталізаторні зони можна відділяти ґратами з метою запобігти поперечному змішуванню частинок в різних зонах. В таких варіантах об'єм між ґратами може не бути заповненим каталізатором цілком і інертними частинками, наприклад в результаті осідання частинок.

Коли існує більше одного газоподібного реагенту, ці реагенти можуть бути направлені в реактор або розділено, або заздалегідь змішаними. Спочатку вони всі можуть входити в контакт з твердим каталізатором на одній і тій же ділянці твердого каталізатора або їх можна додавати в різних місцях твердого каталізатора. Початкова точка контакту одного або декількох реагентів з твердим каталізатором є точкою, в якій всі реагенти в газовій фазі спочатку контактують між собою і у присутності твердого каталізатора. В переважному варіанті один або декілька газоподібних реагентів проходять над твердим каталізатором прямою чиною.

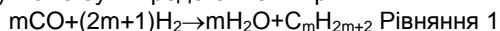
Один або декілька газофазових реагентів можуть бути направлені в реактор в газовій фазі або, за іншим варіантом, у вигляді конденсованої фази, яка всередині реактора випаровується, внаслідок чого вона входить в контакт з твердим каталізатором в газовій фазі.

Спосіб за дійсним винаходом може, що необхідно, включати використання декількох реакторів, розміщених послідовно, внаслідок чого будь-яку композицію, яка видаляється з першого реактора, направляють в другий реактор, а композицію, що видаляється з другого реактора, направляють в третій реактор і т.д. В цьому варіанті композиція, що видаляється з кожного реактора, включає продукт в конденсованій фазі і реагенти, які не прореагували. Щонайменше деяку кількість продукту в конденсованій фазі видаляють, що необов'язково, в точці між реакторами і подачею, наприклад, в секцію очищення. В такому варіанті кожний реактор включає твердий каталізатор і щонайменше перший реактор звичайно містить твердий каталізатор з двома або більшим числом зон, в яких тривалість контакту одного або декількох газофазових реагентів з одним або декількома каталітичними компонентами різна, як про це сказано вище.

Один або декілька потоків, які містять продукти, що видаляються з одного або декількох реакторів, як правило направляють в зону очищення, в якій реагенти і небажані побічні продукти, що не прореагували, видаляють і необов'язково повертають в реактор або в будь-який один або декілька реакторів.

Дійсний винахід прийнятний для використання при одержанні вуглеводнів, що гетерогенно каталізуються, з синтез-газу синтезом за Фішером-Тропшем, наприклад при одержанні дизельного або авіаційного палива або його попередника. Си-

нтез вуглеводнів за Фішером-Тропшем з синтез-газу може бути представлений рівнянням 1:



При здійсненні цього способу як правило одержують продукт, що включає вуглеводні з числами вуглецевих атомів в інтервалі, який звичайно залежить, крім іншого, від співвідношення  $\text{CO}:\text{H}_2$  в синтез-газі, технологічних умов і від каталізатора. В реакційних умовах вуглеводні або їх суміші в переважному варіанті є рідиною. В переважному варіанті вуглеводневе число знаходиться головним чином в інтервалі, де значення "m" з рівняння 1 перевищує 5.

Об'ємне відношення водню до монооксиду вуглецю ( $\text{H}_2:\text{CO}$ ) в синтез-газі як реагентів в переважному варіанті знаходиться в інтервалі від 0,5:1 до 5:1, більш переважно від 1:1 до 3:1. а найбільш переважно від 1,8:1 до 2,2:1. Один або декілька газоподібних реагентів можуть також включати інші газоподібні компоненти, такі як азот, діоксид вуглецю, вода, метан і інші насичені і/або ненасичені легкі вуглеводні, причому кожний в переважному варіанті міститься в концентрації нижче 30 об. %.

Температура реакції Фішера-Тропша в переважному варіанті знаходиться в інтервалі від 100 до 400 °C, більш переважно від 150 до 350 °C, а найбільш переважно від 150 до 250 °C. Тиск в переважному варіанті знаходиться в інтервалі від 1 до 100 бар (від 0,1 до максимум 10 МПа), більш переважно від 5 до 75 бар (від 0,5 до 7,5 МПа), а найбільш переважно від 10 до 40 бар (від 1,0 до 4,0 МПа).

Один або декілька газоподібних реагентів можуть також включати матеріали, які повертаються в процес, виділені де-небудь з процесу, такі як реагенти, що не прореагували, і виділені з вуглеводневого продукту під час очищення.

Синтез-газ як правило пропускають над каталітичним шаром при середньочасовій швидкості подачі газу (СШПГ) в інтервалі від 100 до 10000 г<sup>-1</sup> (об'єми газів, приведені до нормальних температур і тиску), переважно від 250 до 5000 г<sup>-1</sup>, зокрема від 250 до 3000 г<sup>-1</sup>, а більш переважно від 250 до 2000 г<sup>-1</sup>.

Каталізатор як правило є порошкоподібним каталізатором в нерухомому шарі і включає метал, активний для каталізу процесу Фішера-Тропша. Переважні метали вибирають з одного або декількох серед кобальту, заліза, рутенію, нікелю, молібдену, вольфраму і ренію, переважно кобальту і/або заліза, ще більш переважний кобальт. В переважному варіанті метал наносять на носій, наприклад на носій, який включає один або декілька із діоксиду кремнію, оксиду алюмінію, діоксиду кремнію/оксиду алюмінію, діоксиду титану, діоксиду цирконію, оксиду церію і оксиду цинку. В переважному варіанті носій є оксидом алюмінію і/або оксидом цинку, більш переважно оксид цинку. В найпереважнішому варіанті каталізатор включає кобальт на носіїві з оксиду цинку. Каталітичні композиції, прийнятні для процесів Фішера-Тропша і при виконанні дійсного винаходу, описані, наприклад, в EP-A-0261870 і EP-A-0209980.

Винахід далі проілюстрований з посиланням на креслення, де:

на фіг. 1 представлено схематичне зображення подовжніх перетинів двох реакторів, які демонструють концентрацію продукту в конденсованій фазі в трьох різних зонах двох різних реакторів, що містять аналогічний твердий каталізатор;

на фіг.2 представлено схематичне зображення подовжнього перетину реактора відповідно до дійсного винаходу, який включає заповнені каталізатором вставки;

на фіг.3 показаний ряд поперечних розрізів реактора, приведеного на фіг.2.

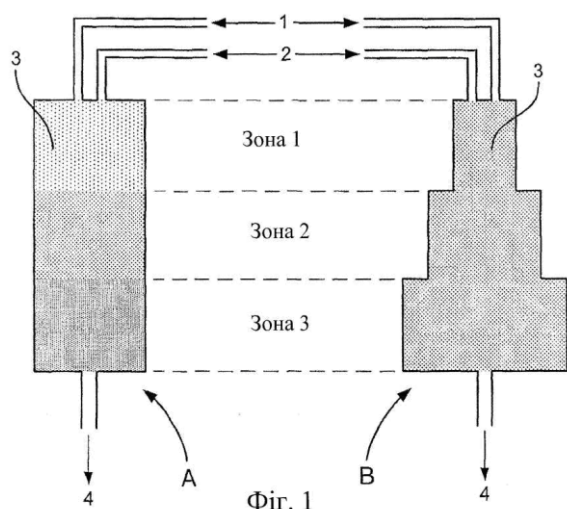
На фіг. 1 продемонстрована різниця концентрації продукту в конденсованій фазі в трьох зонах реактора А з твердим каталізатором, який володіє зонами з постійними площами поперечного перетину і об'ємом і однорідною концентрацією одного або декількох каталітичних компонентів, і реактора В з твердим каталізатором, який володіє аналогічним твердим каталізатором, але із зонами з різними площею поперечного перетину і об'ємом. Отже, твердий каталізатор реактора А не відноситься до дійсного винаходу, тоді як твердий каталізатор реактора В відповідає справжньому винаходу. Обидва реагенти 1 і 2 подають в кожний реактор прямоточно і зверху вниз, і вони взаємодіють в газовій фазі у присутності твердого каталізатора (не показаний) з утворенням продукту 4 в конденсованій фазі. Концентрація продукту 3 в конденсованій фазі всередині реактора виражена ступенем ретушування, де світле ретушування відповідає низькій концентрації продукту в конденсованій фазі, а темне ретушування відповідає високій концентрації продукту в конденсованій фазі. В реакторі А об'єм всіх зон твердого каталізатора є однаковим. Оскільки концентрація продукту від зони 1 до зони 3 підвищується, наслідком є збільшення відношення продукту в конденсованій фазі до одного або декількох каталітичних компонентів у відповідних зонах. В реакторі В відношення підтримують постійним у всіх трьох зонах твердого каталізатора збільшенням площі поперечного перетину і об'єму в подальших зонах. Таким чином, ступені перетворення реагентів в трьох зонах твердого каталізатора в реакторі В оптимізують зменшення ступеня покриття каталізатора продуктом в конденсованій фазі шляхом зменшення відношення продукту в конденсованій фазі до одного або декількох каталітичних компонентів.

На фіг.2 показаний реактор 11 з множиною вставок 12, які містять частинки каталізатора 18 Фішера-Тропша. В реакторний простір між вставками 13 через впускний пристрій 14 направляють охолоджуючий агент і видаляють через випускний пристрій 15. У вставки, які містять каталізатор, через впускний пристрій 17 направляють синтез-газ 16 і його вводять в контакт з твердим каталізатором 18 всередині вставок. Вуглеводневі продукти в конденсованій фазі і реагенти, які не прореагували, зі вставок, що містять каталізатор, видаляють через випускний пристрій 19. Діаметр вставок поступово збільшується від верхньої частини шарів твердого каталізатора, де газоподібні реагенти спочатку входять в контакт з каталізатором.

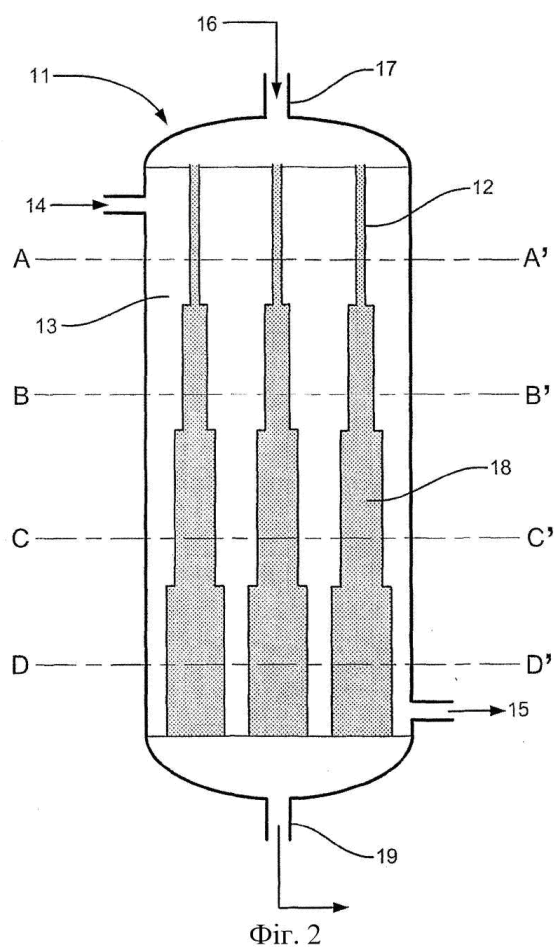
ром в складі шарів твердого каталізатора, утворюючи окремі зони твердого каталітичного шару з різними площами поперечного перетину. Із збільшенням площі поперечного перетину об'єм шарів твердого каталізатора збільшується.

На фіг.3 проілюстровано чотири поперечні розрізи реактора 11, показаного на фіг. 1, в площинах A-A', B-B', C-C' і D-D'.

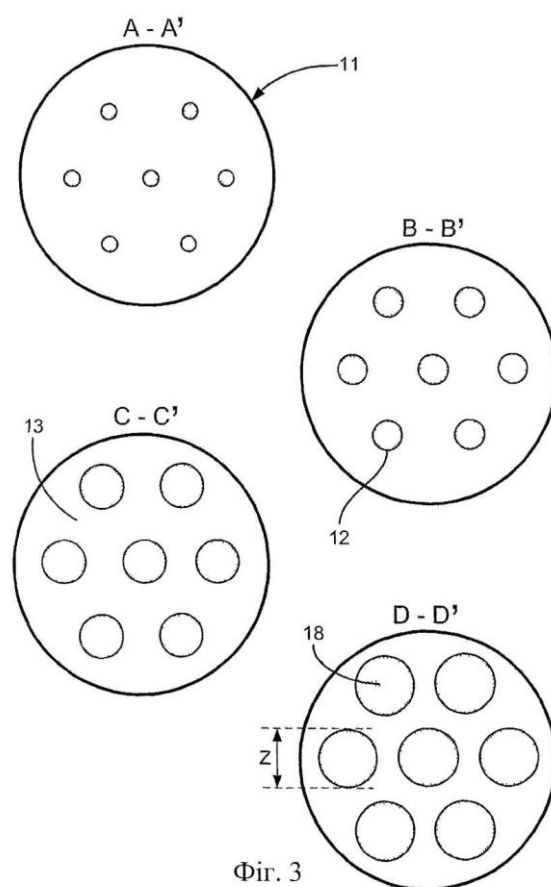
Вставки 12 і площа поперечного перетину шарів твердого каталізатора 18 в них на різних глибинах володіють різними діаметрами Z. Простір 13 між вставками заповнено охолоджуючим агентом.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3