



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 81798

(13) C2

(51) МПК (2006)

B01J 8/04

C01C 1/04 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД(54) ПСЕВДОІЗОТЕРМІЧНИЙ ХІМІЧНИЙ РАДІАЛЬНИЙ РЕАКТОР ТА СПОСІБ ОПТИМІЗАЦІЇ
ПСЕВДОІЗОТЕРМІЧНИХ КАТАЛІТИЧНИХ РЕАКЦІЙ

1

2

(21) a200508343

(22) 15.01.2004

(24) 11.02.2008

(86) РСТ/ЕР2004/000232, 15.01.2004

(31) 03001868.3

(32) 29.01.2003

(33) ЕР

(72) ФІЛІППІ ЕРМАННО, ІТ/СН, РІЗЗІ ЕНРІКО,
ТАРОЗЗО МІРКО, ІТ/СН

(73) МЕТАНОЛ КАСАЛЕ С.А.

(56) US 4769220 A, 06.08.1988

US 5035867 A, 30.07.1991

US 5013426 A, 07.05.1991

DE 4120788 A1, 07.01.1993

DE 10116150 A1, 10.10.2002

DE 2803945 A1, 03.08.1978

(57) 1. Псевдоізотермічний радіальний хімічний реактор для проведення каталітичних реакцій, що містить циліндричний корпус (2), закритий з протилежних кінців відповідними плоскими днищами (3) та (4), і зону (8) реакції, у якій знаходиться шар (11) відповідного каталізатора і велика кількість розташованих у ньому теплообмінників (22), який відрізняється тим, що він має щонайменше одну другу зону (26) реакції, у якій знаходиться шар (29) відповідного каталізатора і велика кількість розташованих у ньому теплообмінників (36) і яка сполучена з першою зоною (8) реакції.

2. Хімічний реактор за п. 1, який відрізняється тим, що перша і друга зони (8) і (26) реакції розташовані послідовно.

3. Хімічний реактор за п. 2, який відрізняється тим, що теплообмінники, розташовані щонайменше в одній з зон (8) або (26) реакції, з'єднані з трубопроводами, що виходять з реактора назовні.

4. Хімічний реактор за п. 3, який відрізняється тим, що теплообмінники (22) та (36), розташовані в двох зонах (8) та (26) реакції, сполучені один з одним.

5. Хімічний реактор за п. 4, який відрізняється тим, що щонайменше один з теплообмінників (22) або (36) виконаний у вигляді плоского порожнистого прямокутника.

6. Хімічний реактор за п. 5, який відрізняється тим, що теплообмінники (22) розташовані радіально навколо осі (A-A) реактора.

7. Спосіб оптимізації псевдоізотермічних каталітичних реакцій, який полягає в тому, що вихідні реагенти подають у зону (8) реакції, у якій знаходиться шар (11) каталізатора і велика кількість розташованих у шарі (11) каталізатора теплообмінників (22), який відрізняється тим, що збирають реагенти і продукти реакції, які виходять з зони (8) реакції, реагенти і продукти реакції направляють у другу зону (26) реакції, у якій знаходиться шар (29) відповідного каталізатора і відповідна велика кількість розташованих у другому шарі (29) каталізатора теплообмінників (36), таким чином реагенти і продукти реакції подають у другу зону (26) реакції, де завершують реакцію в другому шарі (29) каталізатора.

Даний винахід стосується псевдоізотермічного радіального хімічного реактора, що призначений для проведення каталітичних реакцій та має по суті циліндричний корпус, закритий з протилежних кінців відповідними плоскими днищами, і зону реакції щонайменше з одним шаром відповідного каталізатора і великою кількістю закріплених на корпусі теплообмінників.

Під терміном "псевдоізотермічний реактор", що зустрічається в іншій частині опису та у

формулі винаходу, мається на увазі призначений для проведення хімічних реакцій реактор, у якому температуру реакції регулюють у вузькому діапазоні значень з невеликими відхиленнями від заданої оптимальної величини.

Крім того, під основною віссю реактора мають на увазі вісь, відносно якої вихідні реагенти і продукти реакції рухаються в зоні реакції в радіальному напрямку.

(13) C2

(11) 81798

(19) UA

Відомо, що при проведенні хімічних реакцій у всіх псевдоізотермічних реакторах дуже важливо, щоб вихідні реагенти і продукти реакції залишалися в реакторі впродовж певного часу, необхідного для повної взаємодії реагентів і теплообміну суміші реагентів і продуктів реакції з зовнішнім середовищем (наприклад, за допомогою розташованого в зоні реакції теплообмінника) і підтримування всередині реактора в міру протікання реакції відповідних псевдоізотермічних умов.

В даний час широко використовуються псевдоізотермічні реактори, у яких реагенти проходять через шар каталізатора в осьовому напрямку. Такі реактори мають високу продуктивність, однак через рух газу через шар каталізатора в осьовому напрямку в них виникають великі втрати тиску. Зменшити втрати тиску можна, як відомо, за рахунок зменшення висоти шару каталізатора з одночасним збільшенням радіуса реактора щоб уникнути зниження продуктивності. Виконані в такий спосіб реактори, тобто реактори з великим діаметром корпусу, з конструктивних міркувань економічно не ефективні.

Для зниження втрат тиску й одночасного рішення проблем конструктивного характеру і пов'язаного з цим зниження вартості псевдоізотермічних каталітичних реакторів були розроблені реактори з радіальним потоком газів у шарі каталізатора, які відрізняються порівняно великою висотою і великим співвідношенням між висотою реактора та його діаметром, що, наприклад, у реакторах синтезу аміаку досягає 10.

Такі реактори, що вирішують і проблему, зв'язану з високими втратами тиску, і проблеми економічного характеру, пов'язані з конструкцією корпусу великого діаметра, проте мають один специфічний і досить істотний недолік. Було встановлено, що в таких радіальних реакторах у зв'язку з великою довжиною шару каталізатора газоподібні реагенти після розподілу по стінці корпусу на вході в шар каталізатора мають низьку поперечну швидкість, недостатню для їх ефективного проходження через шар каталізатора. Низька швидкість реагентів, що проходять через шар каталізатора, негативно впливає на коефіцієнт теплопередачі між реагентами і розташованими в шарі каталізатора пластинчастими теплообмінниками. З цих причин оптимальний контроль псевдоізотермічності реакції у відомих радіальних каталітичних реакторах стає по суті неможливим.

В основу даного винаходу була покладена задача розробити хімічний реактор згаданого вище типу, конструктивні і функціональні особливості якого забезпечували б можливість ефективного контролю псевдоізотермічності реакції, що протікає в ньому, і дозволяли б усунути недоліки, що властиві відомих реакторам подібного типу.

Зазначена вище задача вирішується за допомогою псевдоізотермічного радіального хімічного реактора для проведення каталітичних реакцій, що має по суті циліндричний корпус,

закритий з протилежних кінців відповідними плоскими днищами, і зону реакції, у якій знаходиться шар відповідного каталізатора і велика кількість розташованих у ньому теплообмінників, та який відрізняється наявністю щонайменше однієї другої зони реакції, у якій знаходиться шар відповідного каталізатора і велика кількість розташованих у ньому теплообмінників і яка сполучається з першою зоною реакції.

Інші відмітні риси і переваги винаходу більш докладно розглянуті нижче на прикладі одного з варіантів виконання пропонованого в ньому хімічного реактора, що ілюструє, але не обмежує обсяг винаходу, з посиланням на прикладені до опису креслення.

Стислий опис креслень

На прикладених до опису кресленнях показано:

на фіг.1 - схематичне зображення в поздовжньому розрізі хімічного реактора, пропонованого в даному винаході, та

на фіг 2 і 3 - два схематичних зображення в поперечному перерізі реактора, показаного на фіг.1.

Кращий варіант здійснення винаходу

Схематично показаний на фіг.1 псевдоізотермічний радіальний хімічний реактор, позначений позицією 1, має вертикальну вісь А-А і призначений для проведення хімічних реакцій у шарі каталізатора, як приклад (що не обмежує обсяг винаходу) яких можна назвати, зокрема, синтез аміаку.

Реактор 1 має циліндричний корпус 2, закритий з протилежних кінців нижнім і верхнім плоскими днищами 3 і 4. У верхньому днищі 4 виконаний отвір 5 для подачі в реактор вихідних реагентів, а в нижньому днищі 3 - отвір 6 для відбору з реактора продуктів реакції.

У корпусі 2 реактора на його центральній осі розташований циліндричний патрон 7, що утворює у реакторі між верхньою площиною 9 і нижньою площиною 10 першу зону 8 реакції, у якій знаходиться шар 11 каталізатора, що утримується у зоні реакції звичайними і тому не показаними на кресленні засобами, через який у радіальному напрямку проходять газоподібні реагенти.

Границями шару 11 каталізатора в напрямку, паралельному осі А-А, є внутрішня 12 і зовнішня 13 стінки по сугі циліндричного круглого кошика 14, у яких виконані перфоровані отвори, що утворюють радіальні канали для проходження реагентів крізь шар 11 каталізатора.

Знизу кошик 14 з каталізатором закритий плоским днищем 16, розташованим у площині 10.

У центрі кошика на осі корпусу реактора розташована циліндрична труба 17, що з'єднує першу камеру 18 для збирання газоподібних реагентів, обмежену знизу площиною 9, з другою камерою 19, обмеженою зверху площиною 10, у якій збираються гази, що виходять з першої зони 8 реакції.

Кошик 14 розташований всередині патрона 7 з зазором 20, призначеним для розподілу газоподібних реагентів у шарі 11 каталізатора.

Аналогічним чином і центральна труба 17 розташована всередині кошика 14 з зазором 21, у якому збирає ея суміш вихідних реагентів і продуктів реакції, що виходять з шару 11 каталізатора.

У шарі 11 каталізатора знаходяться занурені в каталізатор і закріплені відповідним чином у кошику теплообмінники 22. Теплообмінники 22 мають форму плоских порожнистих, переважно розташованих у радіальних площинах прямокутників з паралельними осі А-А корпусу 2 довгими сторонами 23.

Теплообмінники 22 можна, не обмежуючи цим варіантом обсяг винаходу, розташувати в декількох концентричних рядах, осі яких збігаються з віссю корпусу 2 реактори.

Теплообмінники 22 мають розташовані на протилежних коротких сторонах вхідний патрубок 24 і вихідний патрубок 25 для робочого теплообмінного текучого середовища.

Відмінною рисою пропонованого у винаході реактора в кращому варіанті його виконання є наявність у корпусі 2 другої зони 26 реакції, обмеженої зверху площиною 27, а знизу - площиною 28, у якій знаходиться шар 29 відповідного каталізатора, через який у радіальному напрямку проходять газоподібні реагенти і продукти реакції.

Друга зона 26 реакції сполучається з першою зоною 8 реакції згаданою вище камерою 19, нижня границя якої розташована в площині 27.

Границями другого шару 29 каталізатора в напрямку, паралельному осі А-А, є внутрішня 30 і зовнішня 31 стінки циліндричного круглого кошика 32, у яких виконані перфоровані отвори, що утворюють радіальні канали для проходження реагентів через другий шар 29 каталізатора.

Знизу кошик 32 закритий плоским круглим днищем 34, розташованим у площині 28.

Другий кошик 32 розташований у патроні 7 з зазором 48, призначеним для розподілу реагентів у шарі 29 каталізатора. Зазор 48 між другим кошиком і патроном сполучається з першим шаром 11 каталізатора колектором 21 (внутрішнім отвором центральної труби першої зони реакції) та камерою 19, у якій збираються гази, що виходять з першої зони реакції.

Між другим кошиком 32 і віссю А-А корпусу 2 реактора розташована з'єднана трубою 47 з вихідним патрубком 6 реактора камера 35, у якій збирається газоподібна суміш реагентів і продуктів реакції, що виходить з другого шару 29 каталізатора.

У шарі 29 каталізатора знаходяться занурені в каталізатор і закріплені відповідним чином теплообмінники 36. Теплообмінники 36 мають форму плоских порожнистих прямокутників з паралельними осі А-А корпусу 2 довгими сторонами 37

Теплообмінники 36 можна, не обмежуючи цим варіантом обсяг винаходу, розташувати в декількох концентричних рядах, осі яких збігаються з віссю корпусу 2 реактори.

Теплообмінники 36 мають вхідний патрубок 38 і вихідний патрубок 39 для робочого текучого

теплоносія, що розташовані на одній і тій же короткій стороні теплообмінників 36.

Теплообмінники 36 з'єднані з центральною трубою 17 трубами 41 і колектором 42 тороїдної форми.

Теплообмінники 36 з'єднані також трубами 43 з теплообмінниками 22.

Під час роботи вихідні реагенти безупинно подають у реактор 1 через вхідний отвір 5.

1 Вихідні реагенти, що подаються в реактор, проходять по трубі 44 у кільцевий розподільник 45 і по трубах 46 попадають всередину кожного теплообмінника 22, у якому вихідні реагенти обмінюються теплом з каталізатором, що знаходиться в першій зоні 8 реакції.

Реагенти, що протікають через теплообмінники 22, а також через теплообмінники 36, виконують функцію робочого текучого теплоносія.

Потік реагентів, що виходить з теплообмінників 36, по трубах 41 потрапляє спочатку в тороїдний колектор 42, а з нього - у центральну трубу 17.

По центральній трубі 17 реагенти піднімаються вгору в камеру 18, з якої вони по зазору 20 опускаються вниз і, проходячи в радіальному напрямку через стінку 12 кошика 14, розподіляються в першій зоні 8 реакції, у якій вони частково вступають у реакцію.

Суміш реагентів і продуктів реакції, що виходить з зони 8 реакції, збирається в зазорі 21, з якого вона потрапляє в камеру 19, проходить по зазору 48 і розподіляється в другій зоні 26 реакції.

Реакція закінчується в другій зоні 26 реакції, причому через шар каталізатора 29, який знаходиться в ній, реагенти проходять у радіальному напрямку.

Продукти реакції, що виходять з другої зони 26 реакції, збираються в камері 35, з якої вони по трубі 47 попадають у вихідний патрубок реактора.

В описаному вище реакторі газоподібні реагенти розподіляються по стінках на вході у відповідний шар каталізатора на більш короткій відстані, ніж у відомих реакторах з одним шаром каталізатора, і тому проходять через шари 11 і 29 каталізатора з більшою радіальною швидкістю.

В результаті підвищується точність контролю ізомеричності реакції та збільшується вихід реактора, підвищується термін служби каталізатора і довговічність внутрішніх елементів реактора, що піддаються зносу.

Пропонований у кращому варіанті здійснення винаходу реактор дозволяє в залежності від інтенсивності теплообміну розташувати в кожному шарі каталізатора різну кількість теплообмінників.

Іншими словами, у пропонованому у винаході реакторі, поперечні перерізи якого в площинах В-В і С-С показані відповідно на фіг.2 та 3, у першому шарі 11 каталізатора, у якому реагенти мають максимальну концентрацію, а реакція протікає з відносно високою швидкістю і тому вимагає більш інтенсивного теплообміну, можна розташувати найбільшу кількість теплообмінників 22.

І. навпаки, у другому шарі 29 каталізатора в тому місці, де концентрація реагентів менше і де реакція протікає повільніше і тому вимагає менш

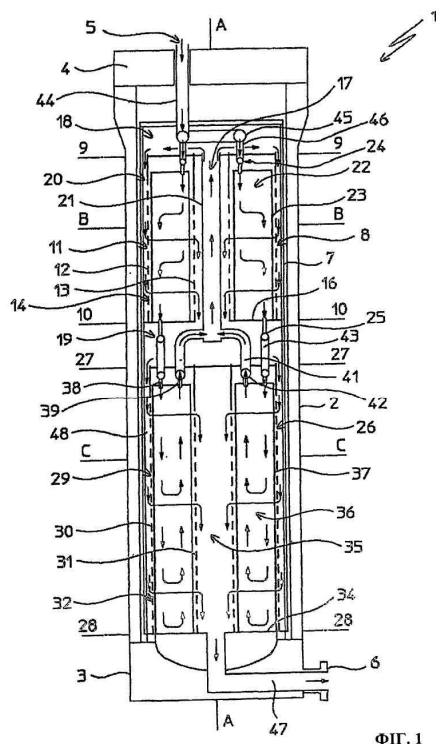
інтенсивного теплообміну, потрібна менша, ніж у першому шарі, кількість теплообмінників 36.

При цьому очевидно, що загальна кількість використовуваних у реакторі теплообмінників зменшується, і відповідно знижується його вартість.

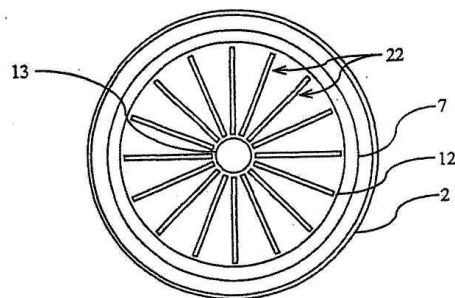
У пропонованому у винаході реакторі для регулювання швидкості газоподібних реагентів, що проходять через каталізатор, і тим самим контролю ізомеричності реакції можна змінювати і довжину кожного шару каталізатора (див., наприклад, варіант, показаний на фіг. 1).

Використання пропонованого у винаході реактора дозволяє також запропонувати відповідний спосіб оптимізації псевдоізомеричних каталітичних реакцій, який полягає в тому, що вихідні реагенти подають у зону 8 реакції, у якій знаходиться шар 11 каталізатора і велика кількість розташованих у шарі 11 каталізатора теплообмінників 22, збирають реагенти і продукти реакції, що виходять з зони 8 реакції, направляють реагенти і продукти реакції, що виходять з першої зони реакції, в другу зону 26 реакції, у якій знаходиться шар 29 відповідного каталізатора і відповідна велика кількість розташованих у другому шарі 29 каталізатора теплообмінників 36, подають реагенти і продукти реакції, що виходять з першої зони реакції, в другу зону 26 реакції та закінчують реакцію в другому шарі 29 каталізатора.

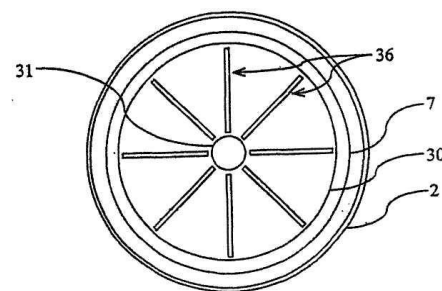
Винахід припускає можливість його реалізації різними шляхами, що не виходять за його обсяг, який визначається формулою винаходу.



ФІГ. 1



ФІГ. 2



ФІГ. 3