



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 85837

(13) C2

(51) МПК (2009)

B01J 8/00

B01J 19/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ В ПСЕВДОІЗОТЕРМІЧНИХ УМОВАХ ТА ПСЕВДОІЗОТЕРМІЧНИЙ ХІМІЧНИЙ РЕАКТОР

1

(21) a200508784
(22) 15.01.2004
(24) 10.03.2009
(86) РСТ/ЕР2004/000233, 15.01.2004
(31) 03003573.7
(32) 17.02.2003
(33) ЕР
(46) 10.03.2009, Бюл.№ 5, 2009 р.
(72) ФІЛІППІ ЕРМАННО, ІТ/СН, РІЗЗІ ЕНРІКО, ТА-РОЗЗО МІРКО, ІТ/СН
(73) МЕТАНОЛ КАСАПЕ С.А.
(56) ЕР 0094208 А2, 16.11.1983
US 4488239 А, 11.12.1984
FR 2256778 А, 01.08.1975
GB 1088009 А, 18.11.1967
JP 59039342 А, 03.03.1984
(57) 1. Спосіб контролю температури хімічної реакції, яку здійснюють в наявному в реакторі (1) шарі (24) каталізатора в псевдоізоітермічних умовах, які підтримують за допомогою принаймні одного зануреного в шар (24) каталізатора теплообмінника (12), через який пропускають відповідний плинний теплоносі, який **відрізняється** тим, що температуру контролюють, підтримуючи швидкість плинного теплоносія у відповідному теплообміннику (12) у визначеному інтервалі, у якому коефіцієнт теплопередачі в теплообміннику (12) менше коефіцієнта теплопередачі в шарі (24) каталізатора.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що швидкість плинного теплоносія у відповідному теплообміннику регулюють у визначених межах та-

2

ким чином, щоб коефіцієнт теплообміну в теплообмінниках (12) не перевищував 2/3 від коефіцієнта теплообміну в шарі (24) каталізатора.
3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що псевдоізоітермічну реакцію проводять у реакторі (1) принаймні з двома зануреними в шар (24) каталізатора теплообмінниками (12), при цьому під час реакції в шарі каталізатора безупинно вимірюють різницю ΔT між температурою шару каталізатора біля теплообмінників і граничною температурою T_1 у середній точці між теплообмінниками та на основі виміряної різниці температур ΔT регулюють швидкість плинного теплоносія, що пропускають через теплообмінники, відповідним чином змінюючи коефіцієнт теплопередачі в теплообмінниках.
4. Псевдоізоітермічний хімічний реактор з шаром (24) каталізатора і принаймні двома зануреними в каталізатор теплообмінниками (12), який **відрізняється** тим, що він обладнаний системою (20) регулювання температури в розташованій між теплообмінниками (12) зоні (15) реакції в шарі каталізатора, яка містить датчик (23) для безперервного вимірювання різниці ΔT між температурою в центральній частині зони (15) і температурою цієї зони (15) біля теплообмінників (12), з'єднаний з датчиком (23) блок (21) керування і з'єднаний з блоком (21) керування регулятор (22) витрати, призначений для регулювання витрати (F_0) плинного теплоносія через теплообмінники (12).

Даний винахід стосується способу проведення хімічних реакцій у контрольованих псевдоізоітермічних умовах або, іншими словами, в умовах, у яких температуру реакції підтримують у вузькому інтервалі значень з невеликими відхиленнями від заданої температури реакції Т. Даний винахід стосується, зокрема, способу регулювання температури реакції в шарі каталізатора реактора, у якому реакцію проводять у псевдоізоітермічних умовах за допомогою принаймні одного зануреного в шар

каталізатора теплообмінника, через який пропускають відповідний плинний теплоносі.

Відомо, що в даний час температуру псевдоізоітермічних реакцій у каталітичних реакторах контролюють шляхом теплообміну плинного теплоносія, що пропускається через відповідні теплообмінники, з шаром каталізатора, у який занурені теплообмінники та у якому протікає реакція.

Відомо також, що для підвищення виходу реакції постійно ведуться різного роду дослідження,

(13) C2

(11) 85837

(19) UA

спрямовані на оптимізацію такого теплообміну. У процесі теплообміну необхідно забезпечити максимальну теплопередачу між плинним теплоносієм і шаром каталізатора, тобто максимально підвищити коефіцієнт теплопередачі і у теплообмінниках, через які пропускають плинний теплоносій, і в шарі каталізатора.

Було встановлено, однак, що при такій оптимізації процесу теплообміну в шарі каталізатора виникає значний перепад температури. При цьому, зокрема, температура в шарі каталізатора змінюється від температури теплообмінників, а точніше, від температури зовнішньої стінки теплообмінників, до другої температури в тих точках шару каталізатора, які максимально віддалені від теплообмінників.

У приведеному нижче описі та у формулі винаходу друга температура називається "граничною температурою" T_1 .

При проведенні в реакторі екзотермічних реакцій гранична температура T_1 повинна відповідати заданому максимальному значенню температури T_{\max} , вище якої ефективність реакції різко падає через виникнення побічних реакцій, які зменшують вихід реакції, і зниження ефективності каталізатора.

При проведенні в реакторі ендотермічних реакцій гранична температура T_1 повинна відповідати температурі, нижче якої реакція припиняється.

При нерівномірному розподілі температури умови в шарі каталізатора вже не є псевдоізотермічними, і загальний вихід реакції відповідно падає.

В основу даного винаходу була покладена задача розробити простий у здійсненні спосіб контролю псевдоізотермічності хімічної реакції в шарі каталізатора за рахунок зменшення різниці (ΔT) температур між температурою шару каталізатора біля стінок теплообмінників і граничною температурою T_1 або, іншими словами, зменшення перепаду температур між температурою зовнішньої стінки теплообмінника і граничною температурою T_1 .

Пропоноване у винаході рішення усуває недоліки відомих у даний час способів проведення хімічних реакцій у контрольованих псевдоізотермічних умовах.

Зазначена вище задача вирішується за допомогою пропонованого у винаході способу контролю температури хімічної реакції, яка протікає в наявному в реакторі шарі каталізатора в псевдоізотермічних умовах, які підтримуються за допомогою принаймні одного зануреного в шар каталізатора теплообмінника, через який пропускають відповідний плинний теплоносій, який відрізняється тим, що швидкість плинного теплоносія у відповідному теплообміннику підтримують у визначеному інтервалі, у якому коефіцієнт теплопередачі в теплообміннику менше коефіцієнта теплопередачі у шарі каталізатора.

Зменшення коефіцієнта теплопередачі в теплообміннику до величини, що є меншою коефіцієнта теплопередачі в шарі каталізатора, дозволяє збільшити перепад температур всередині теплообмінника і відповідно підвищити температуру його

стінки. У результаті цього відбувається зниження згаданої вище різниці температур ΔT між температурою шару каталізатора біля стінки теплообмінника і граничною температурою T_1 .

При цьому несподівано було встановлено, що на відміну від відомих рекомендацій відповідне зниження коефіцієнта теплопередачі в теплообмінниках істотно збільшує рівномірність температури (знижує перепад температур ΔT) суміші, що проходить через шар каталізатора, вихідних реагентів і продукту реакції та дозволяє підвищити ефективність реакції та збільшити загальний конверсійний вихід реакції.

У кращому, але такому, що не обмежує обсяг винаходу, варіанті швидкість плинного теплоносія у відповідному теплообміннику регулюють у визначених межах таким чином, щоб коефіцієнт теплообміну в теплообмінниках не перевищував $2/3$ від коефіцієнта теплообміну в шарі каталізатора.

Пропонований у винаході спосіб дозволяє вирішити зазначену вище задачу й усунути зазначені вище недоліки відомих способів проведення хімічних реакцій у псевдоізотермічних умовах.

В одному з найбільш кращих варіантів здійснення даного винаходу пропонується використовувати принаймні два занурених у шар каталізатора теплообмінника, при цьому описаний вище спосіб відрізняється тим, що в процесі проведення реакції в шарі каталізатора безупинно вимірюють різницю температур ΔT між температурою шару каталізатора біля теплообмінників і граничною температурою T_1 у середній точці між теплообмінниками і на основі вимірної різниці температур ΔT регулюють швидкість плинного теплоносія, що пропускається через теплообмінники, відповідним чином змінюючи коефіцієнт теплопередачі в теплообмінниках.

Інші відмітні риси і переваги даного винаходу більш докладно розглянуті нижче на прикладі одного з варіантів, що не обмежує обсяг винаходу, здійснення пропонованого в ньому способу з посиланням на прикладені креслення.

На прикладених до опису кресленнях показано:

на Фіг.1 - схематичне зображення в поздовжньому розрізі псевдоізотермічного реактора, призначеного для проведення хімічних реакцій пропонованим у винаході способом,

на Фіг.2 - схематичне зображення реактора, призначеного для проведення псевдоізотермічних реакцій відомих способом, і крива відносних значень його температурного поля,

Фіг.3 - схематичне зображення в поздовжньому розрізі ділянки псевдоізотермічного реактора, показаного на Фіг.1, і крива відносних значень його температурного поля і

на Фіг.4 - схематичне збільшене зображення в поперечному розрізі окремих деталей псевдоізотермічного реактора, показаного на Фіг.1.

На Фіг.1 показаний позначений позицією 1 псевдоізотермічний хімічний реактор, призначений для синтезу різних хімічних речовин, таких як аміак, метанол, формальдегід і азотна кислота, пропонованим у винаході способом.

Реактор 1 має циліндричний корпус 2, кришку 3 і днище 4, патрубок 5 для подачі вихідних реагентів, патрубок 6 для відбору продуктів реакції, патрубок 7 для подачі плинного теплоносія у теплообмінники і патрубок 8 для виходу плинного теплоносія з реактора.

Реактор 1 має також обмежений пунктирними лініями 24a та 24b шар 24 каталізатора, який утримується в ньому відомим чином, всередині якого розташований блок 9 теплообмінників, що складається з декількох теплообмінників 12. Знизу теплообмінники 12 через розподільник 10 з'єднані з патрубком 7, через який до них подається плинний теплоносіє, а зверху через колектор 11 з'єднані з патрубком 8, через який з реактора виходить плинний теплоносіє, що пройшов через теплообмінники. Теплообмінники 12 можна виконати, наприклад, за типом звичайних трубчастих або пластинчастих теплообмінників.

На Фіг.2 та 3 більш детально показана одна з ділянок псевдоізотермічного реактора, призначеного для проведення різних хімічних реакцій відомим способом і, відповідно, така ж ділянка реактора 1, призначеного для проведення різних хімічних реакцій пропонуваним у винаході способом.

Зображені на цих кресленнях деталі реакторів, що аналогічні один одному і/або аналогічні таким же деталям реактора, який показаний на Фіг.1, позначені однаковими позиціями.

Позицією 13 на кресленнях позначені стінки розташованих у шарі 24 каталізатора теплообмінників 12. При цьому позицією 13a позначена зовнішня поверхня або поверхня, що примикає до каталізатора, стінки 13 теплообмінника 12.

Під час роботи реактора плинний теплоносіє проходить через зону 14 всередині теплообмінників 12, а суміш вихідних реагентів і продуктів реакції проходить між сусідніми теплообмінниками 12 через розташовану в шарі 24 каталізатора зону 15 реакції.

Температурне поле реакторів показане на Фіг.2 та 3 у вигляді кривих 17 та 19. Кривою 17 зображений розподіл температури в зоні 14 всередині теплообмінників 12, а кривою 19 зображений розподіл температури у зоні 15 всередині шару 24 каталізатора. Загальне поле температур всередині відповідного псевдоізотермічного реактора визначається обома лініями 17 та 19.

У відомих реакторах (Фіг.2) криві 17 мають невелику кривизну і практично являють собою прямі лінії, перпендикулярні стінкам 13 теплообмінників 12. Обумовлено це високим коефіцієнтом передачі тепла (максимально можливим) всередині теплообмінників 12.

І навпаки, криві 19, що відбивають розподіл температур у зоні 15 шару 24 каталізатора, у відомих реакторах (Фіг.2) мають значну кривизну і по суті форму дуги. Пов'язано це з істотно меншим коефіцієнтом передачі тепла в шарі 24 каталізатора відносно коефіцієнта передачі тепла в теплообмінниках 12 і, як наслідок цього, з великою різницею (неоднорідністю температурного поля) між температурою стінки (поверхня 13a) теплообмінників 12 і температурою суміші вихідних реагентів і

продуктів реакції, що протікає через зону 15 реакції.

Іншими словами, температура в двох зонах 14 і 15 змінюється від мінімального значення T_{\min} , що дорівнює температурі всередині теплообмінників 12 у центрі зони 14, до максимального значення T_{\max} (що еквівалентне зазначеній вище граничній температурі T_1) у центрі зони 15 шару 24 каталізатора (тобто до температури в середній точці між двома сусідніми теплообмінниками 12).

Між двома зонами 14 та 15 існує значний перепад температур ΔT_{tot} , що, як показано на Фіг.2, виникає головним чином у зоні 15 і створює велику нерівномірність температури в шарі 24 каталізатора, що знижує ефективність реактора і приводить у зв'язку з зазначеними вище причинами до зниження конверсійного виходу.

Розташована в зоні 15 частина перепаду температур ΔT_{tot} позначена символом ΔT і дорівнює описаній вище різниці між граничною температурою T_1 (що відповідає максимальній температурі T_{\max}) і температурою зовнішньої поверхні 13a теплообмінників 12.

У зоні 15 на певній ділянці інтервалу (або при певному перепаді) температур ΔT реакція протікає в нормальних умовах і забезпечує оптимальний вихід реакції (у псевдоізотермічних умовах). Ця ділянка розташована між температурою T_{\max} (що дорівнює температурі T_1) і температурою T_0 , нижче якої реакція або взагалі припиняється, або протікає в неоптимальних умовах.

Як показано на Фіг.2, у значній частині зони 15 шару 24 каталізатора, що позначена позицією 18, температура реакції нижче оптимальних значень, результатом чого є зниження загальної ефективності реактора і падіння конверсійного виходу реакції.

Пропонований у винаході спосіб дозволяє зменшити коефіцієнт теплопередачі в теплообмінниках 12 до значень, менших коефіцієнта теплопередачі в шарі 24 каталізатора, шляхом відповідного регулювання швидкості плинного теплоносія, що проходить через теплообмінники 12 (зокрема, як показано на Фіг.3, її зменшенням у порівнянні зі звичайним реактором, показаним на Фіг.2).

При цьому, як показано на Фіг.3, відбувається збільшення перепаду температур у теплообмінниках 12 (крива 17 на Фіг.3 має більшу кривизну, ніж на Фіг.2) і збільшення температури їх зовнішньої поверхні 13a.

Пропонований у винаході спосіб дозволяє при такому ж, що й у відомому реакторі (Фіг.2), перепаді температур ΔT_{tot} між зонами 14 і 15 зменшити перепад температур у зоні 15 шару 24 каталізатора, тобто зменшити різницю ΔT між граничною температурою T_1 (яка відповідає максимальній температурі T_{\max}) і температурою зовнішньої поверхні 13a теплообмінників 12.

При цьому істотно знижується кривизна кривої зміни температури (лінія 19) у зоні 15 і, як показано на Фіг.3, температура в шарі каталізатора змінюється в інтервалі температур $(T_{\max}-T_0)$, при яких реакція протікає в оптимальних (псевдоізотермічних) умовах з високою ефективністю і високим виходом.

Таке вирівнювання температури забезпечує можливість ефективного протікання реакції практично у всій зоні 15 шару 24 каталізатора і відповідне збільшення загального виходу реакції.

Відповідно до найбільш кращого варіанта пропонується безупинно вимірювати різницю ΔT між граничною температурою T_1 (що відповідає максимальній температурі T_{max}) і температурою зовнішньої поверхні 13а теплообмінників 12 і в залежності від цієї різниці температур ΔT регулювати швидкість плинного теплоносія в теплообмінниках 12, відповідним чином змінюючи коефіцієнт теплопередачі всередині теплообмінників 12 і різницю (перепад) температур ΔT у зоні 15 шару 24 каталізатора.

Для цього показаний на Фіг.1 псевдоізотермічний реактор обладнують схематично показаною на Фіг.4 системою 20, призначеною для безперервного вимірювання температури в зоні 15 шару 24 каталізатора і також безперервної зміни в залежності від виміряного перепаду температур швидкості плинного теплоносія в теплообмінниках 12.

Зображені на Фіг.4 деталі реактора, що аналогічні показаним на інших кресленнях, позначені тими ж позиціями.

До складу системи 20 (Фіг.4) входить принаймні один датчик 23 (наприклад, термopара), розташований у зоні 15 реакції і призначений для

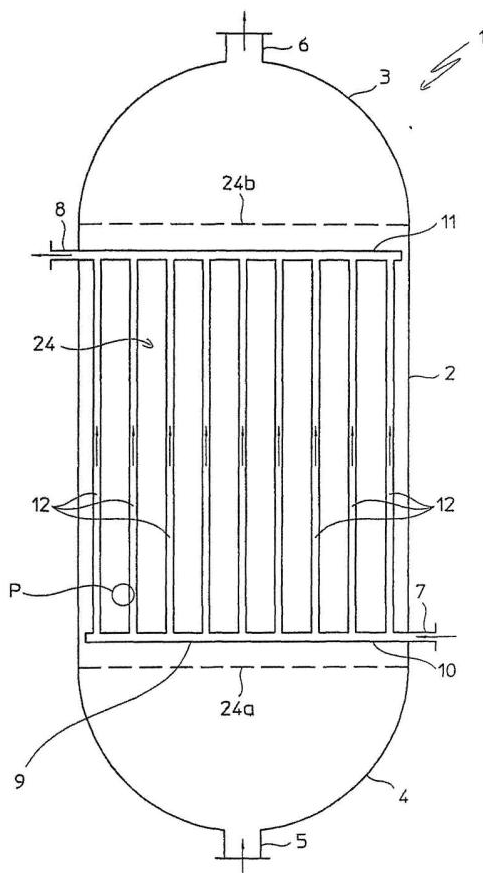
безперервного вимірювання різниці ΔT між температурою в центральній частині зони 15 і температурою зовнішньої поверхні 13а теплообмінників 12.

До складу системи 20 входить також блок 21 керування, з'єднаний лінією 25 з датчиком 23 температури і призначений для обробки вимірних даних, і з'єднаний з блоком 21 керування (лінією 26) регулятор 22 витрати F_0 плинного теплоносія в теплообмінниках 12. Як такий регулятор витрати можна використовувати, наприклад, звичайний клапан або насос, призначений для подачі в теплообмінники плинного теплоносія.

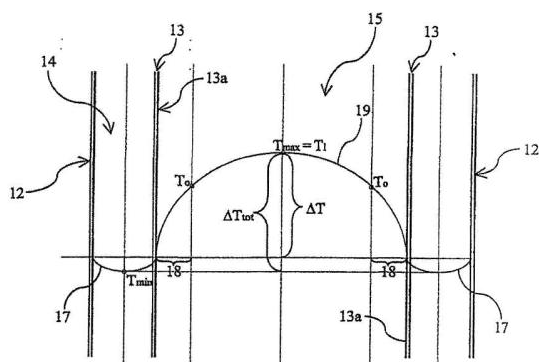
Буквою Р на Фіг.4 позначена границя внутрішньої частини показаного на Фіг.1 реактора 1 з зображенням у більш великому масштабі окремих елементів пропонованої у винаході системи 20 регулювання температурного поля реактора.

Пропонована у винаході система дозволяє безупинно контролювати перепад температур ΔT в зоні 15 реакції та у динамічному режимі з високою точністю відповідно до даних калібрування регулювати витрату F_0 плинного теплоносія через теплообмінники 12.

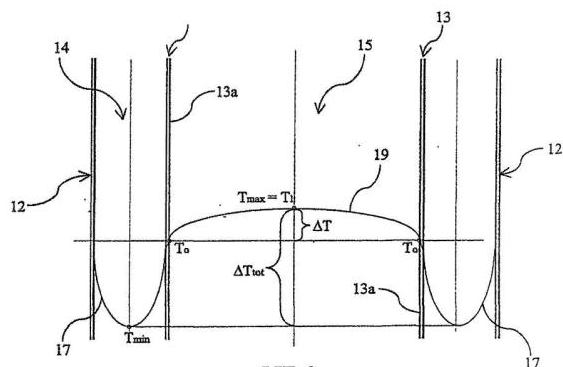
Винахід не виключає можливості інших очевидних для спеціалістів варіантів його здійснення і внесення в розглянуті вище варіанти змін і удосконалень, що не виходять за обсяг винаходу, який визначається його формулою.



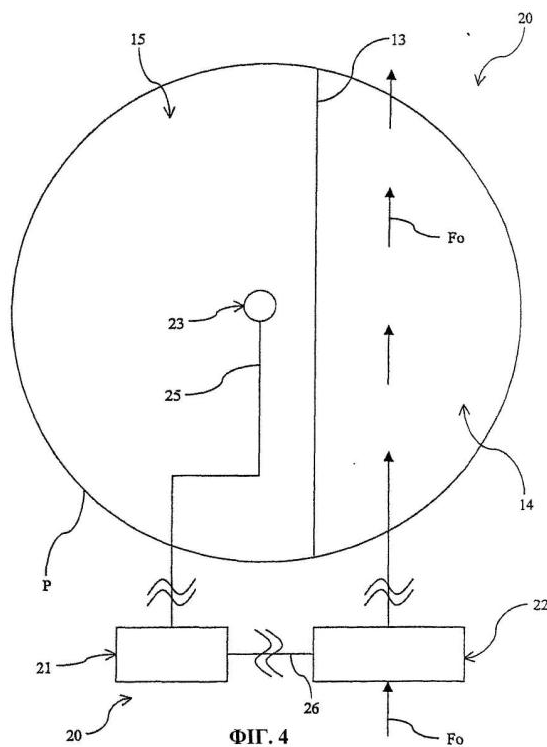
ФІГ. 1



ФІГ. 2 (Рівень техніки)



ФІГ. 3



ФІГ. 4