



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **102525** (13) **C2**  
(51) МПК (2013.01)

**B01J 10/00**

**B01J 19/00**

**B01J 19/24** (2006.01)

**C08G 63/78** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	<b>а 2010 01423</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Дебруін Брюс Роджер (US), Юнт Томас Ллойд (US), Уайндс Ларрі Кейтс (US), Мойєр Уеслі Томас (US)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>07.07.2008</b>	(73) Власник(и):	<b>ГРУПО ПЕТРОТЕМЕКС, С.А. ДЕ С.В., Ricardo Margain No. 444, Torre sur, Piso 16 Col. Valle del Campestre 66265 San Pedro Garza Garcia, Nuevo Leon, Mexico (MX)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>25.07.2013</b>	(74) Представник:	<b>Мошинська Ніна Миколаївна, реєстр. №115</b>
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>11/776,603</b>	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	<b>US 2 820 815 A, 21.01.1958 GB 1 122 538 A, 07.08.1968 US 3 927 982 A, 23.12.1975 US 6 096 838 A, 01.08.2000 WO 2006/083250 A, 10.08.2006 US 4 019 866 A, 26.04.1977</b>
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>12.07.2007</b>		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	<b>US</b>		
(41) Публікація відомостей про заявку:	<b>25.05.2010, Бюл.№ 10</b>		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>25.07.2013, Бюл.№ 14</b>		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	<b>PCT/US2008/008304, 07.07.2008</b>		

## (54) СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІМЕРУ СКЛАДНОГО ПОЛІЕФІРУ, СПОСІБ ПОЛІКОНДЕНСАЦІЇ І РЕАКТОРНИЙ ПРИСТРІЙ

### (57) Реферат:

Реакторний пристрій здатний до функціонування таким чином, що сприяє хімічній реакції в реакційному середовищі, що протікає через нього. Реакторний пристрій містить теплообмінник для нагрівання реакційного середовища і розділювальний резервуар для видалення пари з нагрітого реакційного середовища.

UA 102525 C2

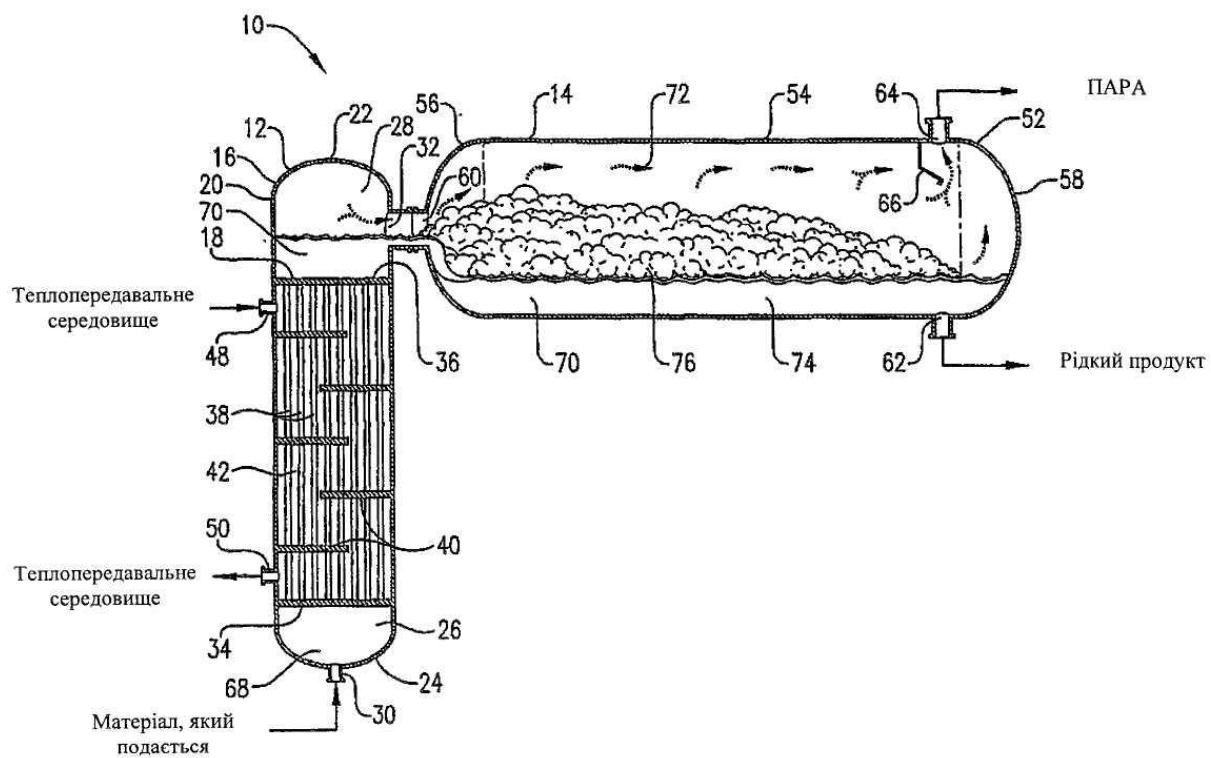


Fig. 1

Рівень техніки, що передує даному винаходу

1. Галузь техніки, до якої належить винахід

Даний винахід стосується реакторів для оброблення реакційних середовищ, що містять рідину. В іншому аспекті даний винахід стосується реакторів для етерифікації і поліконденсації, застосовуваних для виробництва складних поліефірів з розплавленої фази.

2. Опис попереднього рівня техніки

Полімеризація в розплавленій фазі може бути використана для виробництва різних складних поліефірів, таких як, наприклад, поліетилентерефталат (PET). Поліетилентерефталат широко застосовується в контейнерах для напоїв, їжі і т. д., а також в синтетичних волокнах і смолах. Прогрес в технології виробничих процесів в поєднанні зі збільшеною потребою привели до зростаючого конкурентного ринку в галузі виробництва і продажу поліетилентерефталату. Тому для виробництва поліетилентерефталату бажаний дешевий високоефективний процес.

Звичайно обладнання для виробництва складного поліефіру в розплавленій фазі, включаючи обладнання, застосовуване для одержання поліетилентерефталату, використовує стадію етерифікації і стадії поліконденсації. На стадії етерифікації вихідні матеріали для полімеру (тобто реагенти) перетворюються в мономері і/або олігомери складного поліефіру. На стадії поліконденсації мономері складного поліефіру, що залишають стадію етерифікації, перетворюються в полімерний продукт, що має бажану кінцеву середню довжину молекулярного ланцюга.

У багатьох видах обладнання для виробництва складного поліефіру в розплавленій фазі етерифікація і поліконденсація виконуються в одному або декількох реакторах безперервної дії, таких як, наприклад, ємнісні реактори безперервної дії з перемішуванням (CSTR). Однак CSTR й інші реактори безперервної дії мають ряд недоліків, які можуть призводити до збільшених капітальних і експлуатаційних витрат і/або витрат на технічне обслуговування для всього обладнання для виробництва складного поліефіру. Наприклад, механічні мішалки й різні контрольні-вимірювальні прилади, звичайно пов'язані з CSTR, є складними, які дорого коштують і можуть вимагати значних експлуатаційних витрат.

Крім того, в звичайних CSTR часто використовуються труби для внутрішнього теплообміну, які займають частину внутрішнього об'єму реактора. Для того, щоб компенсувати втрати в ефективному об'ємі реактора, CSTR з трубами для внутрішнього теплообміну вимагають збільшеного загального об'єму, що збільшує капітальні витрати. Крім того, зміювики для внутрішнього теплообміну, звичайно пов'язані з CSTR, можуть небажаним чином впливати на режими течії реакційного середовища всередині резервуара, що призводить до втрат у ступені перетворення. Щоб збільшити ступінь перетворення і вихід продукту, в багатьох звичайних видах обладнання для виробництва складного поліефіру застосовувалося декілька CSTR, які функціонують послідовно, що додатково збільшує як капітальні, так і експлуатаційні витрати.

Таким чином, є потреба у високоефективному способі виробництва складного поліефіру, який мінімізує капітальні й експлуатаційні витрати і витрати на технічне обслуговування при збереженні або поліпшенні якості продукту.

Суть винаходу

В одному з варіантів здійснення даного винаходу наданий спосіб, що включає: (а) нагрівання первинного реакційного середовища, яке протікає у верхньому напрямку через теплообмінник, щоб одержати тим самим нагріте реакційне середовище; і (b) виведення пари з нагрітого реакційного середовища в горизонтально-розташованому розділювальному резервуарі, щоб тим самим одержати переважно рідкий продукт, при цьому щонайменше частина пари, що є побічним продуктом хімічної реакції, виводиться в теплообміннику і/або в розділювальному резервуарі, і розділювальний резервуар має відношення довжини до діаметра (L:D) в інтервалі від приблизно 1,25:1 до приблизно 8:1.

В іншому варіанті здійснення даного винаходу запропонований спосіб поліконденсації, що включає: (а) нагрівання первинного реакційного середовища в теплообміннику, щоб надати тим самим нагріте реакційне середовище; і (b) виведення пари з нагрітого реакційного середовища в горизонтально-розташованому розділювальному резервуарі, щоб тим самим одержати переважно рідкий продукт, при цьому щонайменше частина пари, що є побічним продуктом реакції поліконденсації, виводиться в теплообміннику і/або в розділювальному резервуарі, і розділювальний резервуар має відношення довжини до діаметра (L:D) в інтервалі від приблизно 1,25:1 до приблизно 8:1.

У ще одному варіанті здійснення даного винаходу наданий спосіб етерифікації, що включає: (а) нагрівання первинного реакційного середовища, яке протікає у верхньому напрямку через теплообмінник, щоб надати тим самим нагріте реакційне середовище; і (b) виведення пари з нагрітого реакційного середовища в горизонтально-розташованому розділювальному

резервуарі, щоб тим самим одержати переважно рідкий продукт, при цьому щонайменше частина пари, що є побічним продуктом реакції етерифікації, виводиться в теплообміннику і/або в розділювальному резервуарі.

У ще одному варіанті здійснення даного винаходу запропонований реакторний пристрій, що містить вертикальний теплообмінник і горизонтально-розташований розділювальний резервуар. Теплообмінник має впускний отвір і випускний отвір. Розділювальний резервуар має впускний отвір для матеріалу, що подається, випускний отвір для пари і випускний отвір для рідини. Впускний отвір для матеріалу, що подається з'єднаний з можливістю протікання текучого середовища з випускним отвором теплообмінника, і розділювальний резервуар має відношення довжини до діаметра (L:D) в інтервалі від приблизно 1,25:1 до приблизно 8:1. Випускний отвір для рідини відокремлений в горизонтальному напрямку щонайменше приблизно на  $1,25D$  від впускного отвору для матеріалу, що подається, і випускний отвір для рідини відокремлений у вертикальному напрямку менш ніж на приблизно  $2D$  від впускного отвору для матеріалу, що подається.

Короткий опис креслень

Фіг. 1 являє собою схематичне зображення реакторного пристрою, сконфігурованого відповідно до одного з варіантів здійснення даного винаходу і прийнятого для застосування в обладнанні для виробництва складного полієфіру в розплавленій фазі.

Докладний опис

Фіг. 1 ілюструє приклад реакторного пристрою, сконфігурованого відповідно до одного з варіантів здійснення даного винаходу. Конфігурація і функціонування реакторного пристрою, зображеного на Фіг. 1, описані в деталях нижче. Хоча певні частини представленого нижче опису стосуються головним чином реакторів, використовуваних в процесі виробництва складного полієфіру в розплавленій фазі, реакторні пристрої, сконфігуровані відповідно до варіантів здійснення даного винаходу, можуть знайти застосування в широкому діапазоні хімічних процесів. Наприклад, реакторні пристрої, сконфігуровані відповідно до певних варіантів здійснення даного винаходу, можуть бути застосовані вигідним чином у будь-якому процесі, в якому хімічні реакції утворюються в рідкій фазі реакційного середовища, і пара утворюється в результаті хімічної реакції. Крім того, реакторні пристрої, сконфігуровані відповідно до певних варіантів здійснення даного винаходу, можуть бути з вигодою застосовані в хімічних процесах, які вдосконалені за допомогою збільшення площі поверхні реакційного середовища.

При зверненні тепер до Фіг. 1, на ній проілюстрований реакторний пристрій 10, що містить теплообмінник 12 і розділювальний резервуар 14.

Теплообмінник 12 містить корпус 16, витягнутий у вертикальному напрямку, і серцевину 18, розміщену в корпусі 16. Корпус 16 містить вертикальний трубчастий елемент 20 з парою кінцевих кришок 22, 24, з'єднаних з верхнім і нижнім кінцями трубчастого елемента 20. У певних варіантах здійснення даного винаходу теплообмінник 12 може мати співвідношення висоти і ширини (H:W) в інтервалі від приблизно 1,25:1 до приблизно 40:1, від приблизно 1,5:1 до приблизно 15:1 або від 2:1 до 8:1, де H - максимальний внутрішній розмір корпусу 16 теплообмінника, виміряний в подовжньому напрямку корпусу 16 теплообмінника, і W - максимальний внутрішній розмір корпусу 16 теплообмінника, виміряний перпендикулярно подовжньому напрямку корпусу 16 теплообмінника. У певних варіантах здійснення H може знаходитися в інтервалі від приблизно 5 до приблизно 100 футів (1,524-30,48 м), від приблизно 10 до приблизно 75 футів (3,048-22,86 м) або від 20 до 50 футів (6,096-15,24 м), у той час як W може знаходитися в інтервалі від приблизно 1 до приблизно 50 футів (0,3048-15,24 м), від приблизно 2 до приблизно 30 футів (0,6096-9,144 м) або від 4 до 20 футів (1,2192-6,096 м).

Внутрішній об'єм корпусу 16 теплообмінника включає нижню загальну зону 26 і верхню загальну зону 28, відокремлені одна від одної серцевиною 18 теплообмінника. Корпус 16 теплообмінника має впускний отвір 30, сформований в нижній кінцевій кришці 24 поблизу дна корпусу 16 теплообмінника, і випускний отвір 32 теплообмінника, сформований в бічній стінці трубчастого елемента 20 поблизу вершини корпусу 16 теплообмінника. Впускний отвір 30 теплообмінника з'єднаний з можливістю протікання текучого середовища з нижньою загальною зоною 26, у той час як випускний отвір 32 теплообмінника з'єднаний з можливістю протікання текучого середовища з верхньою загальною зоною 28.

Серцевина 18 теплообмінника містить нижню трубу решітку 34, верхню трубу решітку 36, декілька теплообмінних труб 38 і декілька перегородок 40. Нижні й верхні трубні решітки 34, 36 можуть бути по суті плоскими пластинами, які герметично з'єднані (наприклад, приварені) з внутрішньою поверхнею стінки корпусу 16 теплообмінника. Теплообмінні труби 38 з'єднані з нижньою і верхньою трубними решітками 34, 36 і витягнуті між ними. Нижні і верхні трубні решітки 34, 36 мають декілька отворів, які відповідають відкритим кінцям труб 38, так що текуче

середовище може протікати у верхньому напрямку через труби 38 з нижньої загальної зони 26 у верхню загальну зону 28. Відповідно єдиний шлях для протікання текучого середовища між нижньою і верхньою загальними зонами 26, 28 проходить через труби 38.

Міжтрубний простір 42 утворений в серцевині 18 між верхніми і нижніми трубними решітками 34, 36 і з зовнішньої сторони труб 38. Міжтрубний простір 42 сконфігурований для приймання теплопередавального середовища, яке обмінюється теплом з текучим середовищем, що протікає у верхньому напрямку через труби 38. Як зображено на Фіг. 1, корпус 16 теплообмінника має впускний отвір 48 для теплопередавального середовища, щоб приймати теплопередавальне середовище в міжтрубний простір 42 і впускний отвір 50 для теплопередавального середовища, щоб випускати теплопередавальне середовище з міжтрубного простору 42. Теплопередавальне середовище зображене як таке, що протікає в протитоку по відношенню до реакційного середовища. Фахівцям в даній галузі буде зрозуміло, що, як альтернатива, корпус 16 теплообмінника може мати отвір 50 для приймання теплопередавального середовища з міжтрубний простір 42 і отвір 48 для випускання теплопередавального середовища з міжтрубного простору 42 (тобто теплопередавальне середовище може протікати в тому ж напрямку, що і реакційне середовище). Перегородки 40 витягнуті в міжтрубний простір 42 і діють таким чином, що примушують теплопередавальне середовище в міжтрубному просторі 42 протікати через міжтрубний простір 42 по звивистому шляху. Теплообмінник 12 функціонує таким чином, щоб нагрівати реакційне середовище, що протікає у верхньому напрямку через серцевину 18 теплообмінника, за допомогою непрямого теплообміну з теплопередавальним середовищем в міжтрубному просторі 42. Результуюче нагріте реакційне середовище виводиться з теплообмінника 12 через впускний отвір 32 теплообмінника і потім вводиться в розділювальний резервуар 14.

Розділювальний резервуар 14 містить горизонтально-розташований корпус 52 резервуара, який містить подовжений трубчастий елемент 54 і пару кінцевих кришок 56, 58 з'єднаних з протилежними кінцями трубчастого елемента 54. Корпус 52 резервуара має впускний отвір 60 для матеріалу, що подається, впускний отвір 62 для рідкого продукту і впускний отвір 64 для пари. У певних варіантах здійснення даного винаходу розділювальний резервуар 14 має відношення довжини до діаметра ( $L:D$ ) менш ніж приблизно 10:1, в інтервалі від приблизно 1,25:1 до приблизно 8:1, в інтервалі від приблизно 1,5:1 до приблизно 6:1 або в інтервалі від 2:1 до 4,5:1, де  $L$  - максимальний внутрішній розмір корпусу 52 резервуара, виміряний в подовжньому напрямку корпусу 52 резервуара, і  $D$  - максимальний внутрішній розмір корпусу 52 резервуара, виміряний перпендикулярно подовжньому напрямку корпусу 52 резервуара. У певних варіантах здійснення  $L$  може знаходитися в інтервалі від приблизно 10 до приблизно 200 футів (3,048-60,96 м), від приблизно 20 до приблизно 150 футів (6,096-45,72 м) або від 30 до 80 футів (9,144-24,384 м), у той час як  $D$  може знаходитися в інтервалі від приблизно 1 до приблизно 50 футів (0,3048-15,24 м), від приблизно 2 до приблизно 30 футів (0,6096-9,144 м) або від 4 до 20 футів (1,2192-6,096 м).

Як проілюстровано Фіг. 1, теплообмінник 12 і розділювальний резервуар 14 розташовані в безпосередній близькості один з одним. Відповідно, відстань між впускним отвором 32 теплообмінника і впускним отвором 60 для матеріалу, що подається може бути меншою ніж приблизно  $5D$ , менше ніж приблизно  $2D$  або менше ніж  $1D$ . Більше того у варіанті здійснення, проілюстрованому Фіг. 1, теплообмінник 12 і розділювальний резервуар 14 з'єднані безпосередньо один з одним (тобто з'єднані без розміщення проміжного виробничого обладнання між впускним отвором 32 теплообмінника і впускним отвором 60 для матеріалу, що подається). Як правило, впускний отвір 32 теплообмінника і впускний отвір 60 для матеріалу, що подається з'єднані один з одним звичайним фланцевим з'єднанням, при цьому перша половина фланцевого з'єднання витягнута від бічної стінки корпусу 16 теплообмінника, а друга половина фланцевого з'єднання витягнута від кінцевої кришки 56 корпусу 52 розділювального резервуара.

Впускний отвір 60 для матеріалу, що подається, впускний отвір 62 для рідкого продукту і впускний отвір 64 для пари можуть бути розташовані таким чином, щоб поліпшити розділення пара/рідина в розділювальному резервуарі 14. Відстань в горизонтальному напрямку між впускним отвором 60 для матеріалу, що подається і впускними отворами 62, 64 для рідини і пари може становити щонайменше приблизно  $1,25D$ , щонайменше приблизно  $1,5D$  або щонайменше  $2D$ . Відстань у вертикальному напрямку між впускним отвором 60 для матеріалу, що подається і впускним отвором 64 для рідини може бути меншою приблизно  $2D$  і знаходитися в інтервалі від приблизно  $0,2D$  до приблизно  $1D$ , в інтервалі від приблизно  $0,25D$  до приблизно  $0,75D$  або в інтервалі від  $0,3D$  до  $0,5D$ . Відстань у вертикальному напрямку між впускним отвором 62 для рідкого продукту і впускним отвором 64 для пари може становити

щонайменше приблизно 0,5D, щонайменше приблизно 0,75D або приблизно 1D. Як показано на Фіг. 1, розділювальний резервуар 14 може також містити витягнуту вниз відбивну перегородку 66. Відбивна перегородка 66 може бути, як правило, розташована між впускним отвором 60 для матеріалу, що подається і впускним отвором 64 для пари, однак ближче до впускного отвору 64 для пари, ніж до впускного отвору 60 для матеріалу, що подається. Відбивна перегородка 66 може бути витягнута вниз від верхньої частини корпусу 52 резервуара безпосередньо поруч з впускним отвором 64 для пари.

Хоча корпус 16 теплообмінника і корпус 52 розділювального резервуара представлені на Фіг. 1 як такі, що мають в основному циліндричну конфігурацію, потрібно зазначити, що ці корпуси можуть мати різні конфігурації в поперечному перерізі (наприклад, квадратні, прямокутні, овальні і т. п.). Хоча корпус 16 теплообмінника і труби 38 показані на Фіг. 1 як подовжені вздовж вертикальної осі в подовжньому напрямку, потрібно зазначити, що подовжня вісь корпусу 16 теплообмінника і труб 38 необов'язково повинна бути точно вертикальною. Наприклад, подовжня вісь корпусу 16 теплообмінника і/або труб 38 може бути орієнтована під нахилом приблизно 30 градусів по відношенню до вертикального напрямку, в межах приблизно 15 градусів по відношенню до вертикального напрямку або в межах приблизно 5 градусів по відношенню до вертикального напрямку. Хоча корпус 52 розділювального резервуара показаний на Фіг. 1 як горизонтально-розташований, потрібно зазначити, що подовжня вісь корпусу 52 розділювального резервуара необов'язково повинна бути точно горизонтальною. Наприклад, подовжня вісь корпусу 52 розділювального резервуара може бути орієнтована під нахилом приблизно 30 градусів по відношенню до горизонтального напрямку, в межах приблизно 15 градусів по відношенню до горизонтального напрямку або в межах приблизно 5 градусів по відношенню до горизонтального напрямку.

Як зображено на Фіг. 1, розділювальний резервуар 14 може бути в основному пустим резервуаром. Опційно розділювальний резервуар 14 може бути забезпечений трубами для внутрішнього теплообміну, змійовиками для внутрішнього теплообміну, зовнішньою сорочкою і/або зовнішнім підігріванням, щоб нагрівати реакційне середовище в розділювальному резервуарі 14. В одному з варіантів здійснення даного винаходу менш ніж приблизно 50 відсотків, менш ніж приблизно 25 відсотків, менш ніж приблизно 10 відсотків, менш ніж приблизно 5 відсотків або 0 відсотків загального тепла, доданого до реакційного середовища в розділювальному резервуарі 14, додається за допомогою труб або змійовиків для внутрішнього теплообміну.

Як указано вище, реакторний пристрій 10 може вимагати невеликого механічного перемішування оброблюваного в ньому реакційного середовища або потреба в такому перемішуванні може бути відсутня. Хоча реакційне середовище, оброблювана в реакторному пристрої 10, може до деякої міри перемішуватися внаслідок протікання через реакторний пристрій 10, це перемішування потоку не є безперервною дією. В одному з варіантів здійснення даного винаходу менш ніж приблизно 50 відсотків, менш ніж приблизно 25 відсотків, менш ніж приблизно 10 відсотків, менш ніж приблизно 5 відсотків або 0 відсотків загального перемішування реакційного середовища, оброблюваного в теплообміннику 12 і/або розділювальному резервуарі 14 реакторного пристрою 10, забезпечується безперервною дією. Відповідно, реакторні пристрої, сконфігуровані відповідно до певних варіантів здійснення даного винаходу, можуть функціонувати без будь-яких механічних перемішувальних пристроїв. Це є прямою протилежністю звичайним реакторам-резервуарам з безперервною дією (CSTR), в яких застосовується майже виключно механічне перемішування.

Тепер буде детально описане функціонування реакторного пристрою 10. Загалом, реакторний пристрій 10 може бути застосований для сприяння протіканню хімічної реакції в реакційному середовищі за допомогою нагрівання реакційного середовища в теплообміннику 12 і подальшого відведення пари з реакційного середовища в розділювальному резервуарі 14. Конкретні приклади хімічних реакцій, які можуть бути проведені в реакторному пристрої, представлені нижче. Загалом, однак, реакторний пристрій 10 може бути застосований для сприяння протіканню реакції будь-якого типу, коли (1) потрібне підведення тепла, (2) реакція протікає в рідкій фазі реакційного середовища, (3) з реакційного середовища утворюється пара, і (4) бажане відділення пари від реакційного середовища.

Процес, виконуваний в реакторному пристрої 10, може починатися за допомогою введення переважно рідкого матеріалу, що подається в теплообмінник 12 через впускний отвір 30 теплообмінника. Матеріал, що подається утворює первинне реакційне середовище 68 в нижній загальній зоні 26 теплообмінника 12. Первинне реакційне середовище 68 потім проходить у верхньому напрямку через труби 38 серцевини 18. У той же самий час гаряче теплопередавальне середовище циркулює через міжтрубний простір 42 від впускного отвору 48

для теплопередавального середовища до випускного отвору 50 для теплопередавального середовища. Теплопередавальне середовище може протікати, як правило, в нижньому напрямку через міжтрубний простір 42 (тобто в протитоку до напрямку протікання реакційного середовища 68 в трубах 38). Коли теплопередавальне середовище протікає через міжтрубний простір 42, воно оточує труби 38 і стикається з їх зовнішньою стороною, щоб тим самим нагрівати первинне реакційне середовище 68, що протікає у верхньому напрямку по трубах 38. Відповідно, первинне реакційне середовище 68, що протікає у верхньому напрямку по трубах 38, нагрівається за допомогою непрямого теплообміну з теплопередавальним середовищем в міжтрубному просторі 42, утворюючи за допомогою цього нагріте реакційне середовище 70, яке випускається з верхньої частини серцевини 18 і вводиться у верхню загальну зону 28 теплообмінника 12. Нагріте реакційне середовище 70 потім витікає з теплообмінника 12 через випускний отвір 32 теплообмінника і вводиться в розділювальний резервуар 14 через впускний отвір 60 для матеріалу, що подається.

У розділювальному резервуарі 14 пара 72 відділяється від нагрітого реакційного середовища 70. Пара 72 може бути утворена в теплообміннику 12 і/або в розділювальному резервуарі 14. Пара 72 може містити побічний продукт хімічної реакції, що протікає в реакторному пристрої 10, і/або леткий компонент матеріалу, що подається в теплообмінник, який випаровується в реакторному пристрої 10.

Як проілюстровано Фіг. 1, нагріте реакційне середовище 70 може містити в основному рідку частину 74 і піну 76. Піна 76 може бути утворена в теплообміннику 12 і/або в розділювальному резервуарі 14. Незалежно від того, містить нагріте реакційне середовище 70 піну чи ні, в основному рідка частина 74 нагрітого реакційного середовища 70 протікає загалом горизонтально вздовж дна розділювального резервуара 14 в напрямку до випускного отвору 62 для рідини. Коли в основному рідка частина 74 нагрітого реакційного середовища 70 протікає через розділювальний резервуар 14, пара 72 протікає в основному зверху нагрітого реакційного середовища 70 в напрямку випускного отвору 64 для пари.

Відбивна перегородка 66, яка розташована поблизу випускного отвору 64 для пари, сконфігурована таким чином, щоб забезпечити те, що піна або залучена рідина по суті не випускаються з розділювального резервуара 14 через випускний отвір 64 для пари. Крім того, довжина розділювального резервуара 14, швидкість потоку рідини через розділювальний резервуар 14, об'єм розділювального резервуара 14, площа поверхні нагрітого реакційного середовища 70 і глибина нагрітого реакційного середовища 70 в розділювальному резервуарі 14 сприяють забезпеченню того, що піна по суті не випускається з розділювального резервуара 14 через випускний отвір 62 для рідкого продукту. Як правило, максимальна глибина в основному рідкої частини 74 реакційного середовища 70 в розділювальному резервуарі 14 може бути менше приблизно 0,75D, менше приблизно 0,6D, менше приблизно 0,5D або менше 0,3D. Як правило, в основному рідка частина 74 реакційного середовища 70 займає менше приблизно 50 відсотків, менше приблизно 25 відсотків або менше 15 відсотків загального внутрішнього об'єму розділювального резервуара. Після проходження через розділювальний резервуар 14 в основному рідка частина 74 нагрітого реакційного середовища 70 випускається з розділювального резервуара 14 через випускний отвір 62 для рідкого продукту як переважно рідкий продукт, і пара 72 випускається з розділювального резервуара 14 через випускний отвір 64 для пари.

Як указано вище, реакторні пристрої, сконфігуровані відповідно до варіантів здійснення реакторів за даним винаходом, можуть бути застосовані в різних хімічних процесах. В одному з варіантів здійснення реакторний пристрій, сконфігурований відповідно до даного винаходу, застосовується в обладнанні для виробництва складного полієфіру в розплавленій фазі, здатного до виробництва будь-якого з множини складних полієфірів з різних вихідних матеріалів. Приклади складних полієфірів, які можуть бути вироблені в розплавленій фазі відповідно до варіантів здійснення даного винаходу, включають, однак не обмежуючись ними, поліетилентерефталат (PET), який містить гомополімери і співполімери PET; повністю ароматичні або рідкокристалічні складні полієфіри; біодеградовані складні полієфіри, такі як ті, що містять залишки бутандіолу, терефталевої кислоти і адипінової кислоти; гомополімер і співполімери полі(циклогександиметилентерефталату); і гомополімери і співполімери 1,4-циклогександиметанолу (CHDM) і циклогександикарбонової кислоти або диметилциклогександикарбоксилату. Коли виробляється співполімер поліетилентерефталату (PET), такий співполімер може містити щонайменше 90, щонайменше 91, щонайменше 92, щонайменше 93, щонайменше 94, щонайменше 95, щонайменше 96, щонайменше 97, щонайменше 98 мольних відсотків повторюваних ланок етилентерефталату і аж до 10, аж до 9, аж до 8, аж до 7, аж до 6, аж до 5, аж до 4, аж до 3 або аж до 2 мольних відсотків повторюваних

ланок додаткового співмономеру. Звичайно повторювані ланки співмономеру можуть бути утворені одним або декількома співмономерами, вибраними з групи, що складається з ізофталевої кислоти, 2,6-нафталіндикарбонової кислоти, CHDM і діетиленгліколю.

Як правило, спосіб одержання складного полієфіру відповідно до певних варіантів здійснення даного винаходу може містити дві основні стадії - стадію етерифікації і стадію поліконденсації. На стадії етерифікації вихідні матеріали для складного полієфіру, які можуть містити щонайменше один спирт і щонайменше одну кислоту, підлягають етерифікації, щоб тим самим одержати мономери і/або олігомери складного полієфіру. На стадії поліконденсації мономери і/або олігомери складного полієфіру від стадії етерифікації реагують з утворенням складного полієфіру, що є кінцевим продуктом. Для цілей даного винаходу у відношенні поліетилентерефталату (PET) мономери мають довжини ланцюга менше 3, олігомери мають довжини ланцюга від приблизно 7 до приблизно 50 (компоненти з довжиною ланцюга від 4 до 6 ланок можуть розглядатися як мономер або олігомер), і полімери мають довжини ланцюга більш ніж приблизно 50. Димер, наприклад, EG-TA-EG-TA-EG, має довжину ланцюга 2, тример 3 і т. д.

Вихідний кислотний матеріал, застосовуваний на стадії етерифікації, може бути дикарбоною кислотою, так що складний полієфір, що є кінцевим продуктом, містить щонайменше один залишок дикарбонової кислоти, що має від приблизно 4 до приблизно 15 або від 8 до 12 атомів вуглецю. Приклади дикарбонових кислот, прийнятних для застосування в даному винаході, можуть включати, однак не обмежуючись ними, терефталеву кислоту, фталеву кислоту, ізофталеву кислоту, нафталін-2,6-дикарбонову кислоту, циклогександикарбонову кислоту, циклогексанацетооцтову кислоту, дифеніл-4,4'-дикарбонову кислоту, дифеніл-3,4'-дикарбонову кислоту, 2,2-диметил-1,3-пропандіолдикарбонову кислоту, янтарну кислоту, глутарову кислоту, адипінову кислоту, азелаїнову кислоту, себацінову кислоту і їх суміші. В одному з варіантів здійснення вихідний кислотний матеріал може бути відповідним ефіром, таким як диметилтерефталат, замість терефталевої кислоти.

Спиртовий вихідний матеріал, застосовуваний на стадії етерифікації, може бути діолом, так що складний полієфір, що є кінцевим продуктом, може містити щонайменше один залишок діолу, такого як, наприклад, ті, що утворюються від циклоаліфатичних діолів, що мають від приблизно 3 до приблизно 25 атомів вуглецю або від 6 до 20 атомів вуглецю. Прийнятні діоли можуть містити, однак не обмежуючись ними, етиленгліколь (EG), діетиленгліколь, триетиленгліколь, 1,4-циклогександиметанол, пропан-1,3-діол, бутан-1,4-діол, пентан-1,5-діол, гексан-1,6-діол, неопентилгліколь, 3-метилпентандіол-(2,4), 2-метилпентандіол-(1,4), 2,2,4-триметилпентандіол-(1,3), 2-етилгександіол-(1,3), 2,2-дітилпропандіол-(1,3), гександіол-(1,3), 1,4-ди-(гідроксіетокси)- бензол, 2,2-біс-(4-гідроксициклогексил)- пропан, 2,4-дигідрокси-1,1,3,3-тетраметилциклобутан, 2,2,4,4-тетраметилциклобутандіол, 2,2-біс-(3-гідроксіетоксифеніл)-пропан, 2,2-біс-(4-гідроксипропоксифеніл)- пропан, ізосорбід, гідрохінон, BDS-(2,2-(сульфонілбіс)4,1- феніленокси)біс(етанол) і їх суміші.

Крім того, вихідні матеріали можуть містити один або декілька співмономерів. Прийнятні співмономери можуть містити, наприклад, співмономери, що містять терефталеву кислоту, диметилтерефталат, ізофталеву кислоту, диметилізофталат, диметил-2,6-нафталіндикарбоксилат, 2,6-нафталіндикарбонову кислоту, етиленгліколь, діетиленгліколь, 1,4-циклогександиметанол (CHDM), 1,4-бутандіол, політетраметиленгліколь, транс-DMCD, тримелітовий ангідрид, диметилциклогексан-1,4-дикарбоксилат, диметилдекалін-2,6-дикарбоксилат, декаліндиметанол, декагідронафталін-2,6-дикарбоксилат, 2,6-дигідроксиметилдекагідронафталін, гідрохінон, гідроксибензойну кислоту і їх суміші.

Як на стадії етерифікації, так і на стадії поліконденсації спосіб одержання складного полієфіру в розплавленій фазі може включати декілька стадій. Наприклад, стадія етерифікації може включати стадію первинної етерифікації для одержання частково етерифікованого продукту, який потім додатково етерифікується на стадії вторинної етерифікації. Також стадія поліконденсації може включати стадію попередньої полімеризації для одержання частково конденсованого продукту, який потім піддається обробці на заключній стадії, щоб тим самим одержати кінцевий полімерний продукт.

Реакторний пристрій, сконфігурований відповідно до певних варіантів здійснення даного винаходу, може бути застосований в системі для виробництва складного полієфіру в розплавленій фазі як реакторний пристрій вторинної етерифікації для виконання стадії вторинної етерифікації, як реакторний пристрій преполімеризації для виконання стадії преполімеризації і/або як кінцевий реакторний пристрій для виконання заключної стадії. В одному з варіантів здійснення дві або більше стадії вторинної етерифікації, стадія преполімеризації і заключна стадія можуть бути об'єднані і виконуватися в єдиному



реакторному пристрої, сконструйованому відповідно до даного винаходу. Докладний опис умов процесу для даного винаходу при його застосуванні як реакторний пристрій для етерифікації, реакторного пристрою для преполімеризації і/або кінцевого реакторного пристрою представлений нижче з посиланнями на Фіг. 1. Потрібно розуміти, що умови процесу, описані

5 нижче, не обмежуються варіантом здійснення, представленим на Фіг. 1.

При звертанні знову до Фіг. 1, коли реакторний пристрій 10 застосовується як реакторний пристрій для вторинної етерифікації в процесі виробництва складного полієфіру в розплавленій фазі (наприклад, процесі одержання поліетилентерефталату (PET)), то в реакторному пристрої 10 може виконуватися декілька хімічних реакцій. Наприклад, хоча етерифікація може бути

10 основною хімічною реакцією, виконуваною в реакторному пристрої 10, поліконденсація певною мірою може також виконуватися в реакторному пристрої 10. Якщо реакторний пристрій 10 застосовується як реактор для вторинної етерифікації, то матеріал, що подається, який вводиться у впускний отвір 30 теплообмінника 12, може мати середній ступінь конверсії в інтервалі від приблизно 70 до приблизно 95 відсотків, від приблизно 75 до приблизно 90

15 відсотків або від 80 до 88 відсотків, у той час як переважно рідкий продукт, що виводиться з випускного отвору 62 для рідкого продукту розділювального резервуара 14, може мати середній ступінь конверсії щонайменше приблизно 80 відсотків, щонайменше приблизно 90 відсотків, щонайменше приблизно 95 відсотків або щонайменше 98 відсотків. Як правило, реакція етерифікації, виконувана в реакторному пристрої 10, збільшує середній ступінь конверсії

20 реакційного середовища, обробленого в реакторному пристрої 10, щонайменше приблизно на 2 процентні точки, щонайменше приблизно на 5 відсоткових точок або щонайменше 10 відсоткових точок між впускним отвором 30 теплообмінника і випускним отвором 62 для рідкого продукту. Крім того, середня довжина ланцюга матеріалу, що подається, який вводиться у впускний отвір 30 теплообмінника 12 може бути менше приблизно 5, менше приблизно 2 або

25 менше ніж 1, у той час як переважно рідкий продукт, що виводиться з випускного отвору 62 для рідкого продукту розділювального резервуара 14, може мати середню довжину ланцюга в інтервалі від приблизно 1 до приблизно 20, від приблизно 2 до приблизно 15 або від 5 до 12. Як правило, середня довжина ланцюга реакційного середовища, обробленого в реакторному пристрої 10, може збільшуватися на величину в інтервалі від приблизно 1 до приблизно 20, від

30 приблизно 2 до приблизно 15 або від 5 до 12 між впускним отвором 30 теплообмінника і випускним отвором 62 для рідкого продукту.

Коли реакторний пристрій 10 застосовується як реакторний пристрій для вторинної етерифікації в процесі виробництва складного полієфіру в розплавленій фазі, матеріал, що подається в теплообмінник, може поступати у впускний отвір 30 теплообмінника при

35 температурі в інтервалі від приблизно 160 до приблизно 330 °C, від приблизно 195 до приблизно 285 °C або від 240 до 270 °C, у той час як нагріте реакційне середовище 70, що виходить з випускного отвору 32 теплообмінника, може мати температуру в інтервалі від приблизно 180 до приблизно 350 °C, від приблизно 215 до приблизно 305 °C або від 260 до 290 °C. Таким чином, теплообмінник 12 може бути використаний для збільшення температури

40 первинного реакційного середовища 68 на величину щонайменше приблизно 5 °C, в інтервалі від приблизно 10 до приблизно 50 °C або в інтервалі від 15 до 40 °C. Нагрівання, забезпечуване теплообмінником 12, може знаходитися в інтервалі від приблизно 100 до приблизно 5000 британських теплових одиниць/фунт реакційного середовища (БТО/фунт) (233-11630 кДж/кг), в інтервалі від приблизно 400 до приблизно 2000 БТО/фунт (930-4652 кДж/кг) або в інтервалі від

45 600 до 1500 БТО/фунт (1396-3489 кДж/кг).

Коли реакторний пристрій 10 застосовується як реактор для вторинної етерифікації, нагріте реакційне середовище 70 може вводиться в розділювальний резервуар 14 через впускний отвір 60 при температурі в інтервалі від приблизно 180 до приблизно 350 °C, від приблизно 215 до приблизно 305 °C або від 260 до 290 °C. Переважно рідкий продукт, що виводиться з випускного

50 отвору 62 для рідкого продукту, може мати температуру, що відрізняється не більш ніж на приблизно 50 °C, 25 °C або 10 °C від температури нагрітого реакційного середовища 70, що вводиться у впускний отвір 60. В одному з варіантів здійснення температура рідкого продукту, що виводиться з випускного отвору 62 для рідкого продукту, може знаходитися в інтервалі від

55 приблизно 180 до приблизно 350 °C, від приблизно 215 до приблизно 305 °C або від 260 до 290 °C. Середня температура нагрітого реакційного середовища 70 в розділювальному резервуарі 14 може підтримуватися в інтервалі від приблизно 180 до приблизно 350 °C, від приблизно 215 до приблизно 305 °C або від 260 до 290 °C. Середня температура реакційного середовища 70 є середньою величиною для щонайменше трьох температур, виміряних в точках, що знаходяться на однакових відстанях вздовж шляху протікання основного потоку

60 реакційного середовища 70 через розділювальний резервуар 14, при цьому вимірювання

температури виконувалися поблизу центра поперечного перерізу в основному рідкої частини 74 реакційного середовища 70 (тобто поблизу місця, найбільш віддаленого в поперечному перерізі від стінки резервуара і від верхньої поверхні в основному рідкої частини). Коли реакторний пристрій 10 застосовується як реактор для вторинної етерифікації, тиск в паровому просторі теплообмінника 12 і розділювального резервуара 14 (виміряний у випускних отворах 32 і 64, відповідно) може підтримуватися менше приблизно 70 фунтів/кв. дюйм (надл. тиск) (483 кПа), в інтервалі від приблизно -4 до приблизно 10 фунтів/кв. дюйм (надл. тиск) (від -28 до 69 кПа) або в інтервалі від 2 до 5 фунтів/кв. дюйм (надл. тиск) (від 14 до 34,5 кПа).

При звертанні знову до Фіг. 1, коли реакторний пристрій 10 застосовується як реакторний пристрій для преполімеризації в процесі виробництва складного полієфіру в розплавленій фазі (наприклад, процесі одержання поліетилентерефталату (PET)), то в реакторному пристрої 10 може виконуватися декілька хімічних реакцій. Наприклад, хоча поліконденсація може бути переважуючою хімічною реакцією, виконуваною в реакторному пристрої 10, етерифікація певною мірою може також виконуватися в реакторному пристрої 10. Коли реакторний пристрій 10 застосовується як реактор для преполімеризації, середня довжина ланцюга вихідного матеріалу, що вводиться у впускний отвір 30 теплообмінника 12, може знаходитися в інтервалі від приблизно 1 до приблизно 20, від приблизно 2 до приблизно 15 або від 5 до 12, у той час як середня довжина ланцюга переважно рідкого продукту, що виводиться з випускного отвору 62 для рідкого продукту розділювального резервуара 14, може знаходитися в інтервалі від приблизно 5 до приблизно 50, від приблизно 8 до приблизно 40 або від 10 до 30. Як правило, середня довжина ланцюга реакційного середовища, обробленого в реакторному пристрої 10, може збільшуватися щонайменше приблизно на 2, на величину в інтервалі від приблизно 5 до приблизно 30 або в інтервалі від приблизно 8 до приблизно 20 між впускним отвором 30 теплообмінника і випускним отвором 62 для рідкого продукту.

Коли реакторний пристрій 10 застосовується як реакторний пристрій для преполімеризації в процесі виробництва складного полієфіру в розплавленій фазі, матеріал, що подається в теплообмінник, може поступати у впускний отвір 30 теплообмінника при температурі в інтервалі від приблизно 200 до приблизно 330 °C, від приблизно 245 до приблизно 285 °C або від 250 до 270 °C, у той час як нагріте реакційне середовище 70, що виходить з випускного отвору 32 теплообмінника, може мати температуру в інтервалі від приблизно 220 до приблизно 350 °C, від приблизно 265 до приблизно 305 °C або від 270 до 290 °C. Таким чином, теплообмінник 12 може бути використаний для збільшення температури первинного реакційного середовища 68 на величину щонайменше приблизно 5 °C, в інтервалі від приблизно 10 до приблизно 50 °C або в інтервалі від 15 до 40 °C. Нагрівання, забезпечуване теплообмінником 12, може знаходитися в інтервалі від приблизно 100 до приблизно 5000 британських теплових одиниць/фунт реакційного середовища (БТО/фунт) (233-11630 кДж/кг), в інтервалі від приблизно 400 до приблизно 2000 БТО/фунт (930-4652 кДж/кг) або в інтервалі від 600 до 1500 БТО/фунт (1396-3489 кДж/кг).

Коли реакторний пристрій 10 застосовується як реактор для преполімеризації, нагріте реакційне середовище 70 може вводиться в розділювальний резервуар 14 через впускний отвір 60 при температурі в інтервалі від приблизно 220 до приблизно 350 °C, від приблизно 265 до приблизно 305 °C або від 270 до 290 °C. Переважно рідкий продукт, що виводиться з випускного отвору 62 для рідкого продукту, може мати температуру, яка відрізняється не більш ніж на приблизно 50 °C, 25 °C або 10 °C від температури нагрітого реакційного середовища 70, що вводиться у впускний отвір 60. В одному з варіантів здійснення температура рідкого продукту, що виводиться з випускного отвору 62 для рідкого продукту, знаходиться в інтервалі від приблизно 220 до приблизно 350 °C, від приблизно 265 до приблизно 305 °C або від 270 до 290 °C. Середня температура нагрітого реакційного середовища 70 в розділювальному резервуарі 14 може підтримуватися в інтервалі від приблизно 220 до приблизно 350 °C, від приблизно 265 до приблизно 305 °C або від 270 до 290 °C. Тиск в паровому просторі теплообмінника 12 і розділювального резервуара 14 може підтримуватися в інтервалі від приблизно 0 до приблизно 300 мм рт. ст. (0-40 кПа), від приблизно 1 до приблизно 50 мм рт. ст. (0,133-6,67 кПа) або в інтервалі від 20 до 30 мм рт. ст. (2,67-4,0 кПа).

При звертанні знову до Фіг. 1, коли реакторний пристрій 10 застосовується як кінцевий реакторний пристрій в процесі виробництва складного полієфіру в розплавленій фазі (наприклад, процесі одержання поліетилентерефталату (PET)), то середня довжина ланцюга матеріалу, що подається, який вводиться у впускний отвір 30 теплообмінника 12, може знаходитися в інтервалі від приблизно 5 до приблизно 50, від приблизно 8 до приблизно 40 або від 10 до 30, у той час як середня довжина ланцюга переважно рідкого продукту, що виводиться з випускного отвору 62 для рідкого продукту розділювального резервуара 14, може знаходитися

в інтервалі від приблизно 30 до приблизно 210, від приблизно 40 до приблизно 80 або від 50 до 70. Як правило, середня довжина ланцюга реакційного середовища, обробленого в реакторному пристрої 10, може збільшуватися щонайменше приблизно на 10, щонайменше приблизно на 25 або щонайменше на 50 між впускним отвором 30 теплообмінника і впускним отвором 62 для рідкого продукту.

Коли реакторний пристрій 10 застосовується як кінцевий реакторний пристрій в процесі виробництва складного полієфіру в розплавленій фазі, матеріал, що подається в теплообмінник, може поступати у впускний отвір 30 теплообмінника при температурі в інтервалі від приблизно 200 до приблизно 330 °C, від приблизно 245 до приблизно 285 °C або від 250 до 270 °C, у той час як нагріте реакційне середовище 70, що виходить з впускного отвору 32 теплообмінника, може мати температуру в інтервалі від приблизно 220 до приблизно 350 °C, від приблизно 265 до приблизно 305 °C або від 270 до 290 °C. Таким чином, теплообмінник 12 може бути використаний для збільшення температури первинного реакційного середовища 68 на величину щонайменше приблизно 5 °C, в інтервалі від приблизно 10 до приблизно 50 °C або в інтервалі від 15 до 40 °C. Нагрівання, забезпечуване теплообмінником 12, може знаходитися в інтервалі від приблизно 100 до приблизно 5000 британських теплових одиниць/фунт реакційного середовища (БТО/фунт) (233-11630 кДж/кг), в інтервалі від приблизно 400 до приблизно 2000 БТО/фунт (930-4652 кДж/кг) або в інтервалі від 600 до 1500 БТО/фунт (1396-3489 кДж/кг).

Коли реакторний пристрій 10 застосовується як кінцевий реактор, нагріте реакційне середовище 70 може вводиться в розділювальний резервуар 14 через впускний отвір 60 при температурі в інтервалі від приблизно 220 до приблизно 350 °C, від приблизно 265 до приблизно 305 °C або від 270 до 290 °C. Переважно рідкий продукт, що виводиться з впускного отвору 62 для рідкого продукту, може мати температуру, яка відрізняється не більш ніж на приблизно 50 °C, 25 °C або 10 °C від температури нагрітого реакційного середовища 70, що вводиться у впускний отвір 60. В одному з варіантів здійснення температура рідкого продукту, що виводиться з впускного отвору 62 для рідкого продукту, знаходиться в інтервалі від приблизно 220 до приблизно 350 °C, від приблизно 265 до приблизно 305 °C або від 270 до 290 °C. Середня температура нагрітого реакційного середовища 70 в розділювальному резервуарі 14 може підтримуватися в інтервалі від приблизно 220 до приблизно 350 °C, від приблизно 265 до приблизно 305 °C або від 270 до 290 °C. Тиск в паровому просторі теплообмінника 12 і розділювального резервуара 14 може підтримуватися в інтервалі від приблизно 0 до приблизно 30 мм рт. ст. (0-4,0 кПа), від приблизно 1 до приблизно 20 мм рт. ст. (0,133-2,67 кПа) або в інтервалі від 2 до 10 мм рт. ст. (0,267-1,33 кПа).

Реакторні пристрої, сконфігуровані відповідно до варіантів здійснення даного винаходу, можуть надати численні переваги при застосуванні як реакторів на стадіях етерифікації і/або поліконденсації процесу виробництва складного полієфіру. Такі реакторні пристрої можуть бути особливо вигідними, коли вони застосовуються як реактори для вторинної етерифікації або преполімеризації в процесі одержання поліетилентерефталату. Крім того, такі реакторні пристрої добре прийнятні для застосування в обладнанні для виробництва поліетилентерефталату в промислових масштабах, що забезпечує виробництво поліетилентерефталату з продуктивністю щонайменше приблизно 10000 фунтів (4536 кг) на годину, щонайменше приблизно 100000 фунтів (45360 кг) на годину, щонайменше приблизно 250000 фунтів (113398 кг) на годину або щонайменше 500000 фунтів (226796 кг) на годину.

В одному з варіантів здійснення даного винаходу наданий спосіб, що включає: (а) нагрівання первинного реакційного середовища, що протікає у верхньому напрямку через теплообмінник, щоб надати тим самим нагріте реакційне середовище; і (b) виведення парів з нагрітого реакційного середовища в горизонтально-розташованому розділювальному резервуарі, щоб тим самим одержати переважно рідкий продукт, при цьому щонайменше частина парів, що є побічним продуктом хімічної реакції, виводиться в теплообміннику і/або в розділювальному резервуарі, і розділювальний резервуар має відношення довжини до діаметра (L:D) в інтервалі від приблизно 1,25:1 до приблизно 8:1. Особливості, описані для реакційного середовища, теплообмінника і розділювального резервуара для варіанта здійснення, показаного на Фіг. 1, застосовні до цього варіанта здійснення.

В одному з прикладів способу розділювальний резервуар з'єднаний безпосереднім чином з теплообмінником. Крім того, розділювальний резервуар може бути розташований на відстані менше приблизно 5D, менше приблизно 2D або менше ніж 1D від теплообмінника.

В одному з прикладів способу розділювальний резервуар містить по суті горизонтальну трубу і пару кінцевих кришок, з'єднаних з протилежними кінцями труби. Крім того, розділювальний резервуар може мати співвідношення L:D менше приблизно 10:1, в інтервалі

від приблизно 1,25:1 до приблизно 8:1, в інтервалі від приблизно 1,5:1 до приблизно 6:1 або в інтервалі від 2:1 до 4,5:1.

В одному з прикладів способу нагріте реакційне середовище утворює піну в теплообміннику і/або в розділювальному резервуарі. Нагріте реакційне середовище, яке утворює піну, може містити піну і в основному рідку частину, при цьому піна по суті не випускається з розділювального резервуара.

В одному з прикладів способу хімічна реакція містить етерифікацію і/або поліконденсацію. Докладний опис реактора 10 за фіг. 1, реактор, застосовуваний як для другої стадії етерифікації, преполімеризації і/або як кінцевий реактор, представлений вище, застосовний до цього прикладу даного винаходу. А саме, характеристики матеріалу, що подається (наприклад, ступінь конверсії і/або довжина ланцюга), температура, тиск, збільшення ступеню конверсії, збільшення середньої довжини ланцюга, характеристики продукту і підвідна теплота всі застосовні до цього прикладу даного винаходу.

В одному з прикладів способу продукт видаляється через випускний отвір для продукту реактора, при цьому реакційне середовище утворює продукт в реакторі. Крім того, коли хімічна реакція містить поліконденсацію, продукт може бути продуктом поліконденсації. Внутрішня в'язкість (It. V.) вказаного продукту або продукту поліконденсації може знаходитися в інтервалі від приблизно 0,3 до приблизно 1,2, від приблизно 0,35 до приблизно 0,6 або від 0,4 до 0,5 дл/г. В одному з прикладів внутрішня в'язкість (It. V.) вказаного продукту або продукту поліконденсації знаходиться в інтервалі від приблизно 0,1 до приблизно 0,5, від приблизно 0,1 до приблизно 0,4 або від 0,15 до 0,35 дл/г. В одному з прикладів матеріал, що подається вводиться у впускний отвір для матеріалу, що подається реактора, щоб утворити реакційне середовище і внутрішня в'язкість (It. V.) матеріалу, що подається знаходиться в інтервалі від приблизно 0,1 до приблизно 0,5, від приблизно 0,1 до приблизно 0,4 або від 0,15 до 0,35 дл/г.

Величини внутрішньої в'язкості (It. V.) представлені в дл/г при їх обчисленні з характеристичної в'язкості, виміряної при 25 °C в 60 % фенолу і 40 % 1,1,2,2-тетрахлоретану по масі. Полімерні зразки можуть бути розчинені в розчиннику при концентрації 0,25 г/50 мл. В'язкість розчину полімеру може бути визначена, наприклад, при застосуванні віскозиметра Rheotek зі скляним капіляром. Опис принципу роботи цього віскозиметра може бути знайдений в ASTM D 4603. Характеристична в'язкість обчислюється з виміряної в'язкості розчину. Приведені нижче рівняння описують такі вимірювання в'язкості розчину і подальші обчислення характеристичної в'язкості (Ih. V.) і обчислення внутрішньої в'язкості (It. V.) з характеристичної в'язкості (Ih. V.):

$$\eta_{inh} = [\ln(t_s/t_o)]/C,$$

де

$\eta_{inh}$  = Характеристична в'язкість при 25 °C при концентрації полімеру 0,5 г/ 100 мл 60 % фенолу і 40 % 1,1,2,2-тетрахлоретану по масі

ln = Натуральний логарифм

$t_s$  = Час протікання зразка через капілярну трубку

$t_o$  = Час протікання чистого розчинника через капілярну трубку

C = Концентрація полімеру в грамах на 100 мл розчинника (0,50 %)

Внутрішня в'язкість є граничною величиною питомої в'язкості полімеру при нескінченному розріджуванні. Вона визначається з наступного рівняння:

$$\eta_{int} = \lim_{C \rightarrow 0} (\eta_{sp}/C) = \lim_{C \rightarrow 0} (\ln \eta_r)/C,$$

$$C \rightarrow 0 \quad C \rightarrow 0$$

де

$\eta_{int}$  = Внутрішня в'язкість

$\eta_r$  = Відносна в'язкість =  $t_s/t_o$

$\eta_{sp}$  = Питома в'язкість =  $\eta_r - 1$

Внутрішня в'язкість (It. V. або  $\eta_{int}$ ) може бути оцінена при застосуванні рівняння Білмейєра таким чином:

$$\eta_{int} = 0,5 [e^{0,5 \times \ln \eta_r} - 1] + (0,75 \times \ln \eta_r)$$

Посиланням для оцінки внутрішньої в'язкості (співвідношення Білмейєра) є J. Polymer Sci., 4, pp. 83-86 (1949).

В'язкість полімерних розчинів може бути також визначена при застосуванні модифікованого диференціального віскозиметра Viscotek (опис принципу роботи віскозиметрів з перепадом тиску може бути знайдений в ASTM D 5225) або інших методів, відомих фахівцям в даній галузі.

В іншому варіанті здійснення даного винаходу наданий спосіб поліконденсації, що включає: (а) нагрівання первинного реакційного середовища в теплообміннику, щоб надати тим самим нагріте реакційне середовище; і (b) виведення пари з нагрітого реакційного середовища в горизонтально-розташованому розділювальному резервуарі, щоб тим самим одержати переважно рідкий продукт, при цьому щонайменше частина пари, що є побічним продуктом реакції поліконденсації, виводиться в теплообміннику і/або в розділювальному резервуарі, і розділювальний резервуар має відношення довжини до діаметра (L:D) менше приблизно 10:1, в інтервалі від приблизно 1,25:1 до приблизно 8:1, в інтервалі від приблизно 1,5:1 до приблизно 6:1 або в інтервалі від 2:1 до 4,5:1. Особливості, описані для реакційного середовища, теплообмінника і розділювального резервуара для варіанта здійснення, показаного на Фіг. 1, застосовні до цього варіанта здійснення.

В одному з прикладів способу поліконденсації середня довжина ланцюга первинного реакційного середовища, введенного в теплообмінник, знаходиться в інтервалі від приблизно 1 до приблизно 20, від приблизно 2 до приблизно 15 або від 5 до 12, при цьому середня довжина ланцюга переважно рідкого продукту щонайменше приблизно на 2, на величину в інтервалі від приблизно 5 до приблизно 30 або від 8 до 20 більше середньої довжини ланцюга первинного реакційного середовища, введенного в теплообмінник.

В одному з прикладів способу поліконденсації температура нагрітого реакційного середовища, що виходить з теплообмінника, знаходиться в інтервалі від приблизно 220 до приблизно 350 °C, від приблизно 265 до приблизно 305 °C або від 270 до 290 °C, і тиск в паровому просторі в розділювальному резервуарі підтримується в інтервалі від приблизно 0 до приблизно 300 мм рт. ст. (0-40 кПа), від приблизно 1 до приблизно 50 мм рт. ст. (0,133-6,67 кПа) або від 20 до 30 мм рт. ст. (2,67-4,0 кПа).

В одному з прикладів способу поліконденсації переважно рідкий продукт містить поліетилентерефталат, щонайменше частково утворений реакцією поліконденсації.

В одному з прикладів способу поліконденсації розділювальний резервуар з'єднаний безпосереднім чином з теплообмінником і розташований на відстані менше ніж 5D, менше ніж 2D або менше ніж 1D від теплообмінника.

В одному з прикладів способу поліконденсації первинне реакційне середовище протікає у верхньому напрямку через декілька по суті вертикальних труб теплообмінника під час нагрівання.

В одному з прикладів способу поліконденсації розділювальний резервуар містить по суті горизонтальну трубу і пару кінцевих кришок, з'єднаних з протилежними кінцями труби.

В одному з прикладів способу поліконденсації розділювальний резервуар містить впускний отвір для матеріалу, що подається для приймання щонайменше частини нагрітого реакційного середовища, випускний отвір для пари для випускання щонайменше частини пари і випускний отвір для рідини для випускання щонайменше частини переважно рідкого продукту, при цьому випускний отвір для рідини і випускний отвір для пари розташовані на відстані в горизонтальному напрямку щонайменше приблизно 1,25D, щонайменше приблизно 1,5D або щонайменше 2D від впускного отвору для матеріалу, що подається.

В одному з прикладів способу поліконденсації нагріте реакційне середовище містить в основному рідку частину, при цьому максимальна глибина в основному рідкої частини в розділювальному резервуарі становить менше приблизно 0,75D, менше приблизно 0,6D, менше приблизно 0,5D або менше ніж 0,3D.

В одному з прикладів способу поліконденсації внутрішня в'язкість (lt. V.) вихідного матеріалу, що подається для поліконденсації знаходиться в інтервалі від приблизно 0,1 до приблизно 0,5, від приблизно 0,1 до приблизно 0,4 або від приблизно 0,15 до приблизно 0,35 дл/г. В одному з прикладів внутрішня в'язкість (lt. V.) продукту поліконденсації знаходиться в інтервалі від приблизно 0,3 до приблизно 1,2, від приблизно 0,35 до приблизно 0,6 або від 0,4 до 0,5 дл/г.

У ще одному варіанті здійснення даного винаходу наданий спосіб етерифікації, що включає: (а) нагрівання первинного реакційного середовища, що протікає у верхньому напрямку через теплообмінник, щоб надати тим самим нагріте реакційне середовище; і (b) виведення пари з нагрітого реакційного середовища в горизонтально-розташованому розділювальному резервуарі, щоб тим самим одержати переважно рідкий продукт, при цьому щонайменше частина пари, що є побічним продуктом реакції етерифікації, виводиться в теплообміннику і/або в розділювальному резервуарі. Особливості, описані для реакційного середовища, теплообмінника і розділювального резервуара для варіанта здійснення, показаного на Фіг. 1, застосовні до цього варіанта здійснення.

В одному з прикладів способу етерифікації середній ступінь конверсії первинного реакційного середовища, введеного в теплообмінник, знаходиться в інтервалі від приблизно 70 до приблизно 95, від приблизно 75 до приблизно 90 або від 80 до 88 відсотків, при цьому середній ступінь конверсії переважно рідкого продукту щонайменше приблизно на 2, щонайменше приблизно на 5 або щонайменше приблизно на 10 відсоткових точок більше ступеню конверсії первинного реакційного середовища, введеного в теплообмінник.

В одному з прикладів способу етерифікації середня довжина ланцюга переважно рідкого продукту знаходиться в інтервалі від приблизно 1 до приблизно 20, від приблизно 2 до приблизно 15 або від 5 до 12.

В одному з прикладів способу етерифікації температура нагрітого реакційного середовища, що виходить з теплообмінника, знаходиться в інтервалі від приблизно 180 до приблизно 350 °C, від приблизно 215 до приблизно 305 °C або від 260 до 290 °C, і тиск в паровому просторі в розділювальному резервуарі підтримується менше приблизно 70 фунтів/кв. дюйм (надп. тиск) (483 кПа), в інтервалі від приблизно -4 до приблизно 10 фунтів/кв. дюйм (надп. тиск) (від -28 до 69 кПа) або в інтервалі від 2 до 5 фунтів/кв. дюйм (надп. тиск) (від 14 до 34,5 кПа).

В одному з прикладів способу етерифікації переважно рідкий продукт містить поліетилентерефталатний олігомер.

В одному з прикладів способу етерифікації теплообмінник містить декілька по суті вертикальних труб, через які первинне реакційне середовище протікає під час нагрівання.

В одному з прикладів способу етерифікації розділювальний резервуар містить по суті горизонтальну трубу і пару кінцевих кришок, з'єднаних з протилежними кінцями труби.

В одному з прикладів способу етерифікації розділювальний резервуар має відношення довжини до діаметра (L:D) менше приблизно 10:1, в інтервалі від приблизно 1,25:1 до приблизно 8:1, в інтервалі від приблизно 1,5:1 до приблизно 6:1 або в інтервалі від 2:1 до 4,5:1. Крім того, розділювальний резервуар може бути безпосереднім чином з'єднаний з теплообмінником, при цьому розділювальний резервуар розташований на відстані менше ніж 5D, менше ніж 2D або менше ніж 1D від теплообмінника. Крім цього, розділювальний резервуар може містити впускний отвір для матеріалу, що подається для приймання щонайменше частини нагрітого реакційного середовища, впускний отвір для пари для випускання щонайменше частини пари і впускний отвір для рідини для випускання щонайменше частини переважно рідкого продукту, при цьому впускний отвір для рідини відокремлений в горизонтальному напрямку щонайменше приблизно на 1,25D, щонайменше приблизно на 1,5D або щонайменше на 2D від впускного отвору для матеріалу, що подається, і впускний отвір для пари відокремлений в горизонтальному напрямку щонайменше приблизно на 1,25D, щонайменше приблизно на 1,5D або щонайменше на 2D від впускного отвору для матеріалу, що подається.

В одному з прикладів способу етерифікації розділювальний резервуар має відношення довжини до діаметра (L:D) менше приблизно 10:1, в інтервалі від приблизно 1,25:1 до приблизно 8:1, в інтервалі від приблизно 1,5:1 до приблизно 6:1 або в інтервалі від 2:1 до 4,5:1. Крім того, розділювальний резервуар може бути безпосереднім чином з'єднаний з теплообмінником, при цьому розділювальний резервуар розташований на відстані менше ніж 5D, менше ніж 2D або менше ніж 1D від теплообмінника. Крім того, нагріте реакційне середовище може містити в основному рідку частину, при цьому максимальна глибина в основному рідкої частини в розділювальному резервуарі становить менше приблизно 0,75D, менше приблизно 0,6D, менше приблизно 0,5D або менше ніж 0,3D.

У ще одному варіанті здійснення даного винаходу наданий реакторний пристрій, що містить вертикальний теплообмінник і горизонтально-розташований розділювальний резервуар. Теплообмінник має впускний отвір і впускний отвір. Розділювальний резервуар має впускний отвір для матеріалу, що подається, впускний отвір для пари і впускний отвір для рідини. Впускний отвір для матеріалу, що подається з'єднаний з можливістю протікання текучого середовища з впускним отвором теплообмінника, і розділювальний резервуар має відношення довжини до діаметра (L:D) менше приблизно 10:1, в інтервалі від приблизно 1,25:1 до приблизно 8:1, в інтервалі від приблизно 1,5:1 до приблизно 6:1, або в інтервалі від 2:1 до 4,5:1. Впускний отвір для рідини відокремлений в горизонтальному напрямку щонайменше приблизно на 1,25D, щонайменше приблизно на 1,5D або щонайменше на 2D від впускного отвору для матеріалу, що подається, і впускний отвір для рідини відокремлений у вертикальному напрямку на відстань менше приблизно 2D, в інтервалі від приблизно 0,2D до приблизно 1D, від приблизно 0,25D до приблизно 0,75D або від 0,3D до 0,5D від впускного отвору для матеріалу, що подається. Особливості, описані для реакційного середовища, теплообмінника і розділювального резервуара для варіанта здійснення, показаного на Фіг. 1, застосовні до цього варіанта здійснення.

В одному з прикладів реакторного пристрою розділювальний резервуар з'єднаний безпосереднім чином з теплообмінником, і впускний отвір для матеріалу, що подається розташований на відстані менше ніж  $5D$ , менше ніж  $2D$  або менше ніж  $1D$  від впускного отвору для рідини.

5 В одному з прикладів реакторного пристрою впускний отвір теплообмінника розташований вище впускного отвору теплообмінника.

В одному з прикладів реакторного пристрою теплообмінник містить декілька по суті вертикальних труб, при цьому теплообмінник функціонує таким чином, що нагріває текуче середовище, що протікає у верхньому напрямку по трубах.

10 В одному з прикладів реакторного пристрою впускний отвір для рідини розташований на відстані у вертикальному напрямку менше приблизно  $2D$ , в інтервалі від приблизно  $0,2D$  до приблизно  $1D$ , від приблизно  $0,25D$  до приблизно  $0,75D$  або від  $0,3D$  до  $0,5D$  нижче впускного отвору для матеріалу, що подається.

15 В одному з прикладів реакторного пристрою розділювальний резервуар містить по суті пряму і по суті горизонтальну трубу і пару кінцевих кришок, з'єднаних з протилежними кінцями труби. Крім того, одна з кінцевих кришок може мати впускний отвір для матеріалу, що подається.

20 В одному з прикладів реакторного пристрою розділювальний резервуар містить по суті пряму і по суті горизонтальну трубу і пару кінцевих кришок, з'єднаних з протилежними кінцями труби, і впускний отвір для рідини розташований поблизу від нижньої частини труби, при цьому впускний отвір для пари розташований поблизу від верхньої частини труби.

25 В одному з прикладів реакторного пристрою розділювальний резервуар містить витягнуту вниз відбивну перегородку, розташовану, як правило, між впускним отвором для матеріалу, що подається і впускним отвором для пари, при цьому відбивна перегородка розташована ближче до впускного отвору для пари, ніж до впускного отвору для матеріалу, що подається.

В одному з прикладів реакторного пристрою співвідношення  $L:D$  менше приблизно  $10:1$ , в інтервалі від приблизно  $1,25:1$  до приблизно  $8:1$ , в інтервалі від приблизно  $1,5:1$  до приблизно  $6:1$  або в інтервалі від  $2:1$  до  $4,5:1$ .

30 В одному з прикладів реакторного пристрою реакторний пристрій не містить будь-яких механічних перемішувальних пристроїв.

В одному з прикладів реакторного пристрою розділювальний резервуар не містить будь-яких труб для внутрішнього теплообміну.

Інтервали числових значень

35 Даний опис використовує числові інтервали, щоб кількісно охарактеризувати певні параметри, що стосуються даного винаходу. Потрібно розуміти, що коли приведені числові інтервали, то такі інтервали повинні інтерпретуватися як такі, що забезпечують точну підтримку не тільки обмежень формули винаходу, які вказують лише більш низьку величину інтервалу, але і обмежень формули винаходу, які вказують лише більш високу величину інтервалу. Наприклад, приведений числовий інтервал від 10 до 100 забезпечує точну підтримку

40 обмеження формули винаходу, вираженого як "більше 10" (без верхньої межі), і обмеження формули винаходу, вираженого як "менше 100" (без нижньої верхньої межі).

Визначення

Як це використано тут, терміни з відсутністю прикметника або займенника, що визначає число, означають один або декілька.

45 Як це використано тут, термін "перемішування" стосується роботи, розсіяної всередині реакційного середовища і що спричиняє протікання і/або змішування текучого середовища.

Як це використано тут, термін "і/або" при використанні в списку з двох або більше пунктів, означає, що будь-який один з приведених пунктів може бути застосований сам по собі, або може бути застосована будь-яка комбінація з двох або більше приведених пунктів. Наприклад,

50 якщо склад описаний як такий, що містить компоненти А, В і/або С, то склад може містити лише один А; один В; один С; А і В в комбінації; А і С в комбінації; В і С в комбінації; або А, В і С в комбінації.

Як це використано тут, термін "середня довжина ланцюга" означає середнє число повторюваних ланок в полімері. Для складного полієфіру середня довжина ланцюга означає

55 число повторюваних кислотних і спиртових ланок. Середня довжина ланцюга є синонімом чисельного значення середнього ступеню полімеризації (DP). Середня довжина ланцюга може бути визначена різними засобами, відомими фахівцям в даній галузі. Наприклад,  $^1H$  ЯМР може бути застосований для безпосереднього визначення довжини ланцюга на основі аналізу кінцевих груп, і розсіяння світла може бути застосовано для вимірювання середньомасової

60 молекулярної маси з кореляціями, використовуваними для визначення довжини ланцюга. Довжина

ланцюга часто розраховується на основі кореляцій із застосуванням вимірювань гель-проникаючої хроматографії (ГПХ) і/або вимірювань в'язкості.

Як це використано тут, терміни "що містить", "містить" і "містять" є необмежувальними перехідними термінами, використовуваними для переходу від об'єкта, вказаного перед даним терміном, до одного або декількох елементів, вказаних після терміну, при цьому елемент або елементи, перераховані після перехідного терміну, необов'язково є єдиними елементами, які складають даний об'єкт.

Як це використано тут, терміни "що має в своєму складі", "має в своєму складі" і "мають в своєму складі" мають те ж саме необмежувальне значення, що і терміни "що містить", "містить" і "містять", приведені вище.

Як це використано тут, термін "конверсія" використовується для опису властивості рідкої фази потоку, який підданий етерифікації, при цьому ступінь конверсії етерифікованого потоку вказує відсотковий вміст первинних кислотних кінцевих груп, які конвертовані (тобто етерифіковані) в складноефірні групи. Ступінь конверсії може бути визначений як число конвертованих кінцевих груп (тобто спиртових кінцевих груп), поділене на загальне число кінцевих груп (тобто спиртових плюс кислотних кінцевих груп), виражене як відсотковий вміст.

Як це використано тут, термін "з'єднаний безпосереднім чином" стосується способу з'єднання двох резервуарів один з одним з можливістю протікання між ними текучого середовища без застосування проміжного з'єднувача, що має по суті менший діаметр в порівнянні з даними двома резервуарами.

Як це використано тут, термін "етерифікація" стосується реакцій етерифікації і реакцій обміну для складного ефіру.

Як це використано тут, терміни "що має", "має" і "мають" мають те ж саме необмежувальне значення, що і терміни "що містить", "містить" і "містять", приведені вище.

Як це використано тут, термін "горизонтально-розташований" означає, що максимальний горизонтальний розмір більше максимального вертикального розміру.

Як це використано тут, терміни "що включає", "включає" і "включають" мають те ж саме необмежувальне значення, що і терміни "що містить", "містить" і "містять", приведені вище.

Як це використано тут, термін "механічне перемішування" стосується перемішування реакційного середовища, зумовленого фізичним переміщенням одного або декількох жорстких або гнучких елементів проти або всередині реакційного середовища.

Як це використано тут, термін "прохідний переріз" стосується площі пропускнуго перерізу, прийнятного для протікання текучого середовища, при цьому площа пропускнуго перерізу вимірюється в площині, перпендикулярній напрямку протікання потоку через отвір.

Як це використано тут, термін "труба" стосується в основному прямого подовженого трубчастого елемента, що має, як правило, циліндричну бічну стінку.

Як це використано тут, терміни "поліетилентерефталат" і "PET" включають гомополімери поліетилентерефталату і співполімери поліетилентерефталату.

Як це використано тут, терміни "співполімер поліетилентерефталату" і "співполімер PET" означає поліетилентерефталат, який модифікований одним або декількома додатковими співмономерами в кількості аж до 10 мольних відсотків. Наприклад, терміни "співполімер поліетилентерефталату" і "співполімер PET" включають поліетилентерефталат, модифікований ізофталевою кислотою в кількості аж до 10 мольних відсотків з розрахунку на 100 мольних відсотків карбонової кислоти. В іншому прикладі терміни "співполімер поліетилентерефталату" і "співполімер PET" включають поліетилентерефталат, модифікований 1,4-циклогександиметанолом (CHDM) в кількості аж до 10 мольних відсотків з розрахунку на 100 мольних відсотків діолу.

Як це використано тут, термін "складний поліефір" стосується не тільки звичайних складних поліефірів, але також включає похідні складного поліефіру, такі як, наприклад, полімери на базі простих і складних поліефірів, аміді складного поліефіру і аміді полімерів на базі простих і складних поліефірів.

Як це використано тут, "переважно рідкий" означає більше 50 об'ємних відсотків рідини.

Як це використано тут, термін "реакційне середовище" стосується будь-якого середовища, що піддається хімічній реакції.

Як це використано тут, термін "залишок" стосується частини, яка є результируючим продуктом хімічної речовини в ході конкретної реакції або подальшого складу або ж хімічного продукту, незалежно від того, чи є дана частина дійсно одержаною з даної хімічної речовини.

Як це використано тут, термін "вертикальний" вказує на кут в межах 45 градусів від вертикального напрямку.



Як це використано тут, термін "паровий побічний продукт" включає пару, утворену за допомогою бажаної хімічної реакції, (тобто паровий попутний продукт) і будь-яку пару, утворену за допомогою інших реакцій (тобто побічних реакцій) реакційного середовища.

Як це використано тут, термін "витягнутий у вертикальному напрямку" означає, що  
5 максимальний вертикальний розмір більше максимального горизонтального розміру.

Вимагання за даним винаходом, не обмежені розкритими варіантами здійснення.

Приклади варіантів здійснення даного винаходу, описані вище, повинні використовуватися лише як ілюстрація і не повинні розглядатися в обмежуючому значенні по відношенню до обсягу заявленого винаходу. Різні модифікації описаних вище прикладів варіантів здійснення можуть  
10 бути легко зроблені фахівцями в даній галузі без відхилення від обсягу даного винаходу, що визначається представленою нижче формулою винаходу.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- 15 1. Спосіб виробництва полімеру складного поліефіру, при якому: (а) вводять первинне реакційне середовище в теплообмінник, де вказане первинне середовище містить поліетилентерефталат, (b) нагрівають первинне реакційне середовище, що протікає у верхньому напрямку через теплообмінник, щоб одержати тим самим нагріте реакційне середовище; і (c) відділяють пари з вказаного нагрітого реакційного середовища у витягнутому в  
20 горизонтальному напрямку розділювальному резервуарі, щоб тим самим одержати переважно рідкий продукт, при цьому щонайменше частина вказаних парів є побічним продуктом хімічної реакції, яка проходить у вказаному теплообміннику і/або у вказаному розділювальному резервуарі, де вказаний розділювальний резервуар має відношення довжини до діаметра (L:D) в інтервалі від приблизно 1,25:1 до приблизно 8:1, і вказаний розділювальний резервуар безпосереднім чином з'єднаний з вказаним теплообмінником.
- 25 2. Спосіб за п. 1, в якому відстань між вказаним розділювальним резервуаром і вказаним теплообмінником складає менше ніж 5D.
3. Спосіб за п. 1, в якому вказаний теплообмінник містить декілька по суті вертикальних труб, по яких вказане первинне реакційне середовище протікає під час вказаного нагрівання.
- 30 4. Спосіб за п. 1, в якому вказане нагріте реакційне середовище протікає по суті горизонтально у вказаному розділювальному резервуарі.
5. Спосіб за п. 1, в якому вказаний розділювальний резервуар містить по суті горизонтальну трубу і пару кінцевих кришок, з'єднаних з протилежними кінцями вказаної труби.
- 35 6. Спосіб за п. 5, в якому вказаний розділювальний резервуар має відношення L:D в інтервалі від приблизно 1,5:1 до приблизно 6:1.
7. Спосіб за п. 1, в якому вказаний розділювальний резервуар має впускний отвір для щонайменше частини вказаного нагрітого реакційного середовища, що подається, і випускний отвір для випуску щонайменше частини вказаного, переважно рідкого, продукту, причому відстань в горизонтальному напрямку між вказаним впускним отвором і випускним отвором для  
40 рідини може складати щонайменше приблизно 1,25D.
8. Спосіб за п. 7, в якому відстань у вертикальному напрямку між вказаним впускним отвором і випускним отвором для рідини знаходиться в інтервалі від приблизно 0,2D до приблизно 1D.
9. Спосіб за п. 7, в якому вказаний розділювальний резервуар містить випускний отвір для випуску щонайменше частини вказаної пари, і де відстань в горизонтальному напрямку між  
45 вказаним впускним отвором і вказаним випускним отвором для пари може становити щонайменше приблизно 1,25D.
10. Спосіб за п. 1, в якому вказаний теплообмінник містить корпус та декілька труб, розташованих усередині вказаного корпусу, причому вказаний корпус витягнутий уздовж поздовжньої осі, яка може бути орієнтована під нахилом в межах 30 градусів відносно до  
50 горизонтального напрямку.
11. Спосіб за п. 1, в якому вказаний розділювальний резервуар витягнутий уздовж поздовжньої осі, яка може бути орієнтована під нахилом в межах 30 градусів відносно до горизонтального напрямку.
12. Спосіб за п. 1, в якому вказане нагріте реакційне середовище утворює піну у вказаному  
55 теплообміннику і/або у вказаному розділювальному резервуарі.
13. Спосіб за п. 12, в якому вказане нагріте реакційне середовище містить піну і переважно рідку частину, при цьому піна по суті не випускається з розділювального резервуара.
14. Спосіб за п. 1, в якому вказане нагріте реакційне середовище містить переважно рідку частину, причому максимальна глибина вказаної, переважно рідкої, частини в розділювальному  
60 резервуарі складає менше ніж приблизно 0,6D.

15. Спосіб за п. 1, в якому середня довжина ланцюга вказаного поліетилентерефталату у вказаному, переважно рідкому, продукті щонайменше в 2 рази вища, ніж середня довжина ланцюга вказаного первинного реакційного середовища, що подається в теплообмінник.

5 16. Спосіб за п. 15, в якому поліетилентерефталат у вказаному первинному реакційному середовищі у вказаному теплообміннику має середню довжину ланцюга в інтервалі від приблизно 1 до приблизно 20.

17. Спосіб за п. 16, в якому температура вказаного нагрітого реакційного середовища, введеного у вказаний розділювальний резервуар, підтримується в інтервалі від приблизно 220 до приблизно 350 °C, при цьому тиск в паровому просторі у вказаному розділювальному резервуарі підтримується в інтервалі від приблизно 0 до приблизно 39996 Па (від 0 до 300 мм рт. ст.).

18. Спосіб за п. 1, в якому середня довжина ланцюга вказаного поліетилентерефталату у вказаному по суті рідкому продукті щонайменше у 10 разів більша середньої довжини ланцюга вказаного первинного реакційного середовища, введеного у вказаний теплообмінник.

15 19. Спосіб за п. 18, у якому вказаний поліетилентерефталат у первинному реакційному середовищі, введеному у вказаний теплообмінник, має середню довжину ланцюга у діапазоні від приблизно 5 до приблизно 50.

20. Спосіб за п. 19, у якому температуру вказаного нагрітого реакційного середовища, введеного у вказаний розділювальний резервуар, підтримують у інтервалі від приблизно 220 до приблизно 350 °C, при цьому тиск у паровому просторі у вказаному розділювальному резервуарі підтримують у інтервалі від приблизно 0 до приблизно 39996 Па (від 0 до 300 мм рт. ст.).

21. Спосіб за п. 1, в якому вказаний поліетилентерефталат являє собою співполімер поліетилентерефталату, що містить щонайменше 90 мольних відсотків повторюваних ланок етилентерефталату і аж до 10 відсотків повторюваних ланок додаткового співмономера.

22. Спосіб за п. 21, в якому вказані повторювані ланки додаткового співмономера є похідними від додаткового співмономера, вибраного з групи, що складається з ізофталевої кислоти, 2,6-нафталіндикарбонової кислоти, 1,4-циклогександиметанолу, діетиленгліколю і комбінацій двох або більше вказаних речовин.

30 23. Спосіб за п. 22, в якому вказаний додатковий співмономер містить ізофталеву кислоту.

24. Спосіб за п. 7, у якому вказаний поліетилентерефталат у вказаному по суті рідкому продукті виходить з вказаного розділювального резервуара зі швидкістю щонайменше приблизно 10000 фунтів (4536 кг) на годину.

35 25. Спосіб за п. 1, у якому ні вказаний теплообмінник, ні розділювальний резервуар не містять механічних перемішувальних пристроїв.

26. Спосіб за п. 1, який додатково включає нагрівання вказаного реакційного середовища у вказаному розділювальному резервуарі, де менше ніж 50 відсотків загального тепла у вказаному розділювальному резервуарі 14 забезпечують за допомогою труб або зміювиків для внутрішнього теплообміну.

40 27. Спосіб за п. 1, який додатково включає перемішування вказаного реакційного середовища у вказаному розділювальному резервуарі, де менше ніж 50 відсотків перемішування забезпечують механічним перемішуванням.

28. Спосіб поліконденсації, при якому: (а) нагрівають первинне реакційне середовище у теплообміннику, щоб отримати тим самим нагріте реакційне середовище, причому вказане первинне реакційне середовище містить поліетилентерефталат; та (b) відділяють пари з вказаного нагрітого реакційного середовища у витягнутому у горизонтальному напрямку розділювальному резервуарі, щоб тим самим отримати переважно рідкий продукт, при цьому щонайменше частина вказаних парів є побічним продуктом хімічної реакції, що проходить у вказаному теплообміннику і/або у вказаному розділювальному резервуарі, де вказаний розділювальний резервуар має відношення довжини до діаметра (L:D) у інтервалі від приблизно 1,25:1 до приблизно 8:1, і вказаний розділювальний резервуар безпосередньо з'єднаний з вказаним теплообмінником.

50 29. Спосіб поліконденсації за п. 28, у якому середня довжина ланцюга вказаного поліетилентерефталату у вказаному первинному реакційному середовищі, введеному у вказаний теплообмінник, знаходиться у інтервалі від приблизно 1 до приблизно 20, причому середня довжина ланцюга вказаного поліетилентерефталату у вказаному, переважно рідкому, продукті щонайменше у 2 рази вища, ніж середня довжина ланцюга вказаного поліетилентерефталату у вказаному первинному реакційному середовищі, яке подається у вказаний теплообмінник.

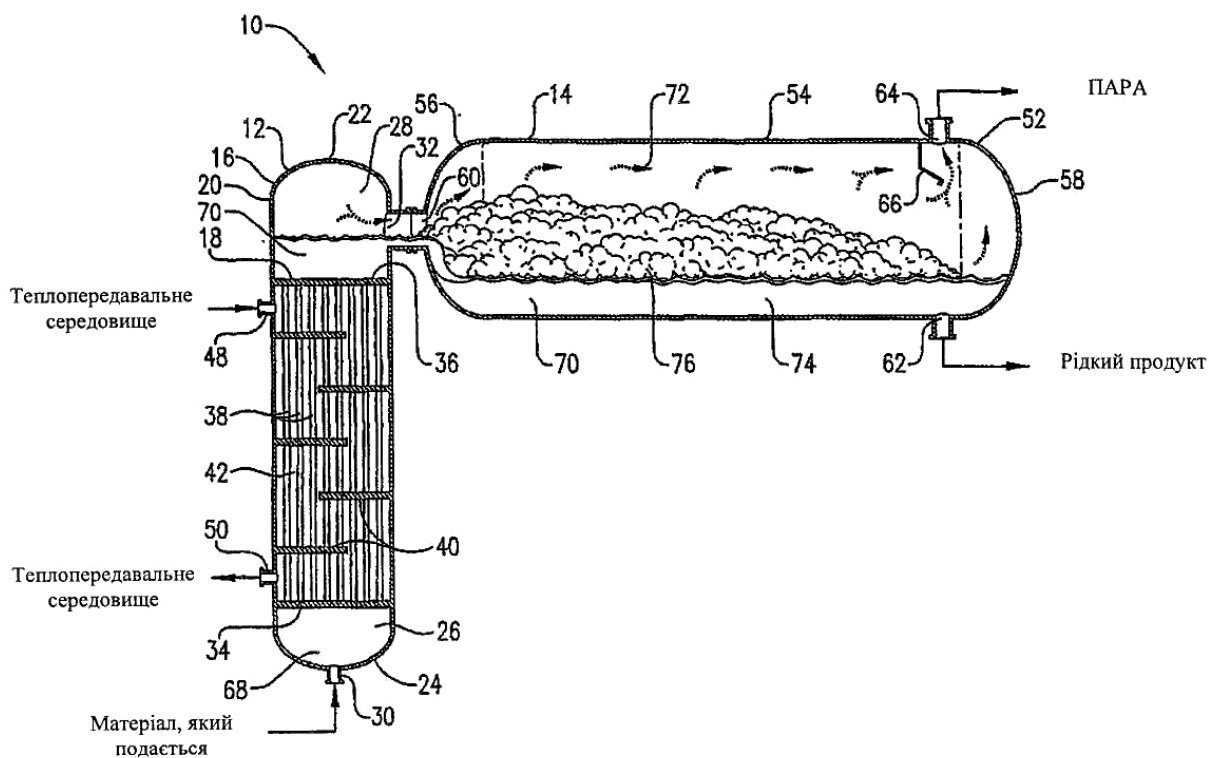
30. Спосіб поліконденсації за п. 28, в якому температура вказаного нагрітого реакційного середовища, яке виходить із вказаного теплообмінника, знаходиться у інтервалі від приблизно 220 до приблизно 350 °C, при цьому тиск в паровому просторі у вказаному розділювальному резервуарі підтримують в інтервалі від приблизно 0 до приблизно 39996 Па (від 0 до 300 мм рт. ст.).
31. Спосіб поліконденсації за п. 28, в якому відстань між вказаним розділювальним резервуаром і вказаним теплообмінником складає менше ніж 5D.
32. Спосіб поліконденсації за п. 28, в якому вказане первинне середовище під час вказаного нагрівання протікає вгору через декілька по суті вертикальних труб вказаного теплообмінника.
33. Спосіб поліконденсації за п. 28, в якому вказаний розділювальний резервуар містить по суті горизонтальну трубу і пару кінцевих кришок, з'єднаних з протилежними кінцями вказаної труби.
34. Спосіб поліконденсації за п. 28, в якому вказаний розділювальний резервуар має впускний отвір для щонайменше частини вказаного нагрітого реакційного середовища, що подається, випускний отвір для випуску щонайменше частини вказаної пари, і випускний отвір для випуску щонайменше частини вказаного, переважно рідкого, продукту, причому відстань в горизонтальному напрямку між вказаним впускним отвором і випускним отвором для рідини становить щонайменше приблизно 1,25D, причому відстань в горизонтальному напрямку між вказаним випускним отвором для пари і впускним отвором складає щонайменше приблизно 1,25D.
35. Спосіб поліконденсації за п. 28, в якому вказане нагріте реакційне середовище містить переважно рідку частину, причому максимальна глибина переважно рідкої частини в розділювальному резервуарі складає менше ніж приблизно 0,6D.
36. Спосіб за будь-яким з пунктів 1, 16 або 29, в якому внутрішня в'язкість  $It.V$ . вказаного поліетилентерефталату у вказаному по суті рідкому продукті знаходиться в інтервалі від приблизно 0,1 до приблизно 0,5 дЛ/г.
37. Спосіб за п. 1 або 19, в якому внутрішня в'язкість  $It.V$ . вказаного поліетилентерефталату у вказаному по суті рідкому продукті знаходиться в інтервалі від приблизно 0,3 до приблизно 1,2 дЛ/г.
38. Реакторний пристрій, який містить: вертикальний теплообмінник і горизонтально розташований розділювальний резервуар, в якому вказаний теплообмінник має впускний отвір теплообмінника і випускний отвір теплообмінника, в якому вказаний розділювальний резервуар має впускний отвір для матеріалу, що подається, випускний отвір для пари і випускний отвір для рідини, в якому вказаний впускний отвір для матеріалу, що подається, з'єднаний з можливістю протікання текучого середовища з вказаним випускним отвором теплообмінника і вказаний розділювальний резервуар має відношення довжини до діаметра (L:D) в інтервалі від приблизно 1,25:1 до приблизно 8:1, в якому вказаний випускний отвір для рідини відділений в горизонтальному напрямку щонайменше на відстань 1,25D від вказаного впускного отвору для матеріалу, що подається, і в якому вказаний випускний отвір для рідини відділений у вертикальному напрямку на відстань менше ніж 2D від вказаного впускного отвору для матеріалу, що подається, і в якому вказаний розділювальний резервуар безпосередньо з'єднаний з вказаним теплообмінником.
39. Пристрій за п. 38, в якому відстань між вказаним впускним отвором для матеріалу, що подається, і випускним отвором для рідини становить менше ніж 5D.
40. Пристрій за п. 38, в якому випуск вказаного теплообмінника розташований вище, ніж впуск вказаного теплообмінника.
41. Пристрій за п. 40, в якому вказаний теплообмінник містить декілька по суті вертикальних труб, причому вказаний теплообмінник нагріває середовище, яке тече вгору по вказаних трубах.
42. Пристрій за п. 38, в якому відстань у вертикальному напрямку між вказаним впускним отвором і випускним отвором для рідини знаходиться в інтервалі від приблизно 0,2D до приблизно 1D.
43. Пристрій за п. 38, в якому вказаний розділювальний резервуар містить переважно пряму, по суті горизонтальну трубу і пару кінцевих кришок, з'єднаних з протилежними кінцями вказаної труби.
44. Пристрій за п. 43, в якому одна із вказаних кінцевих кришок має впускний отвір для матеріалу, що подається.
45. Пристрій за п. 43, в якому вказаний випускний отвір для рідини розташований поблизу дна вказаної труби, причому вказаний випускний отвір для пари розташований поблизу верхньої частини вказаної труби.
46. Пристрій за п. 43, в якому вказаний розділювальний резервуар містить витягнуту вниз перегородку, розташовану між вказаним впускним отвором і вказаним отвором для випуску

пари, причому вказана перегородка розташована ближче до вказаного випускного отвору для пари, ніж до вказаного впускного отвору.

47. Пристрій за п. 43, в якому вказане співвідношення L:D знаходиться в інтервалі від приблизно 1,5:1 до приблизно 6:1.

5 48. Пристрій за п. 43, в якому вказаний реакторний пристрій не містить ніяких пристроїв для механічного перемішування.

49. Пристрій за п. 38, в якому вказаний розділювальний резервуар не містить ніяких труб для внутрішнього теплообміну.



Фіг. 1

Комп'ютерна верстка І. Мироненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601