



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 44364

(13) C2

(51) 6 B01D1/22, C02F1/08

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

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ТЕПЛО-, МАСООБМІННИХ І РЕАКЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

1

2

(21) 99063124

(22) 08 06 1999

(24) 15 02 2002

(46) 15 02 2002, Бюл. № 2, 2002 р.

(72) Янковський Микола Андрійович, Перепадя Микола Петрович, Мазниченко Сергій Васильович, Туголуков Олександр Володимирович, Степанов Валерій Андрійович, Подерягін Микола Васильович, Шутенко Леонід Іванович, Енін Леонід Федорович, Белецька Світлана Юхимівна

(73) Горлівське відкрите акціонерне товариство "Концерн Стирол"

(56) 1 SU 1621994 A1, 23 01 1991

2 SU 1703160 A1, 07 01 1992

3 GB 1060858 A, 08 03 1967

4 SU 1787480 A, 15 01 1993

5 SU 1869486 A, 15 08 1991

6 WO 81/02112 A1, 06 08 1981

7 WO 92/20419 A1, 26 11 1992

8 WO 92/22366 A1, 23 12 1992

(57) 1 Пристрій для проведення тепло-, масообмінних і реакційних процесів, який містить послідовно з'єднані між собою по лінії парогазової суміші збірник циркуляційної вихідної рідини, трубчастий вертикальний теплообмінник, сепаратор парорідинної фази, колектор вторинної (сокової) пари, циркуляційний насос, з'єднувальні трубопроводи і технологічні патрубки для підводу вихідної циркуляційної рідини, грюючого агента, створення

вакууму, для відводу інертних газів, концентрованого розчину і конденсату, виводу вторинної (сокової) пари, який відрізняється тим, що трубчастий вертикальний теплообмінник виконаний у вигляді грюючих труб, всередині яких концентрично розташована багатокаскадна плівкоутворююча насадка, що являє собою центральні трубки меншого діаметра з отворами, які розташовані із кроком  $h$  між рядами, над отворами закріплені втулки, ступінчасті по внутрішньому діаметру, встановлені із зазором  $\sigma$  між внутрішньою поверхнею грюючої трубки і зовнішньою поверхнею втулки і з зазором  $\sigma_2$  між внутрішньою поверхнею втулки і зовнішньою поверхнею центральної трубки, у верхній частині центральні трубки обладнані опорно-центруючими втулками, а в нижній - центруючими ребрами, у верхній частині грюючих трубок виконані вертикальні щілини

2 Пристрій за п. 1, який відрізняється тим, що у верхній частині теплообмінника і нижній, між теплообмінником і збірником циркуляційної вихідної рідини, розташовані відповідно верхня і нижня сепараційні камери, з'єднані із сепаратором

3 Пристрій за п. 1 або 2, який відрізняється тим, що сепаратор розташований над теплообмінником, між верхньою сепараційною камерою і колектором вторинної (сокової) пари і має тангенціальний вхід із обох сепараційних камер

Винахід відноситься до пристроїв для проведення тепло-, масообмінних і реакційних процесів в системі газ (пара) - рідина, при проведенні рідиннофазних екзо-, ендотермічних реакцій, зокрема для дистиляції і може бути використаний в хімічній, нафтохімічній і суміжних з ними галузях промисловості

Відомо спосіб проведення тепло-, масообмінних і реакційних процесів і трубчастий плівковий апарат для його здійснення

Спосіб полягає в подачі вихідного розчину у вигляді тонкої плівки на зовнішню поверхню контактних трубок теплообмінника, введенні у внутрішню порожнину контактних трубок грюючої пари і

підтримання в апараті, в зоні контакту вихідного розчину з контактними трубками, вакууму визначеної величини. Апарат містить вертикальний трубчастий теплообмінник із трубними дошками для кріплення контактних трубок, збірники розчину, дистиляту і конденсату, патрубки, відповідно, введення і виведення теплоагента, введення вихідного розчину і дистиляту, введення грюючої пари, виведення конденсату і підключення вакууму

[1 А с СРСР N 1703160, МКВ В 01 D 1/06, 1/22, опуб. 07 01 92 БВ N 1] Спосіб за допомогою апарата здійснюють таким чином у міжтрубний простір теплообмінника вводиться знизу вгору теплоагент, зверху вниз через патрубок у трубний

(13) C2

(11) 44364

(19) UA

простір подається грюча пара, а вихідний розчин у вигляді тонкої плівки зверху вниз надходить на зовнішню поверхню контактних трубок через спеціальний плівкоутворювач. В апараті, в трубному просторі, між основними і контактними трубками, підтримується вакуум визначеної величини, при якому відбувається інтенсивне випарювання розчину з поверхні контактних труб. Утворені пари конденсуються на внутрішній поверхні теплообмінних трубок і у вигляді дистилату стікають у нижню частину апарата і відводяться через вивідний патрубок. Упарений розчин стікає по зовнішній поверхні контактних трубок, збирається в збірнику і також через вивідний патрубок виводиться із апарата. Недоліками способу й апарата є низький коефіцієнт корисної дії через чутливість контактних трубок до відхилення їх від вертикального положення, тобто відрив плівки розчину від поверхні контактних трубок, а також зниження якості дистилату в результаті попадання окремих бризок розчину з поверхні контактних трубок в процесі кипіння-випарювання.

Найбільш близьким за технічною сутністю та ефекту, що досягається є спосіб проведення тепло-, масообмінних і реакційних процесів, який полягає у взаємодії потоків грючого агента і розчину, що подається зверху вниз у вигляді плівки і плівково-трубчастий апарат, який містить вертикальний трубчастий теплообмінник із плівкоутворюючою насадкою, сепаратор парорідинної фази, збірник циркуляційної води, колектор вторинної пари, циркуляційний насос, з'єднувальні трубопроводи і технологічні патрубки. Причому розчин, який упарюється, у плівкоутворюючу насадку подається під надмірним тиском.

Вихідна рідина примусово подається на плівкоутворюючу насадку, де формується і далі у вигляді рівномірної плівки стікає вниз по внутрішній поверхні порожнистих трубок плівкоутворювача і вертикальних трубок теплообмінника. Пари, які утворилися при випарюванні рідини, надходять у сепаратор і виводяться через паровий патрубок [2 А С СРСР N 1621994, МКВ В 01 Д 1/22, БВ N 3 1987г.]

Недоліками способу і плівково-трубчастого апарата є обмеженість по продуктивності внаслідок збільшення опору виходу парорідинної фази в сепаратор в районі плівкоутворюючої насадки в один бік - знизу вгору і, як наслідок, збільшення теплоенергетичних витрат. У процесі роботи не виключена можливість відриву плівки із внутрішньої поверхні труб.

В основу винаходу поставлена задача вдосконалення пристрою для проведення тепло-, масообмінних і реакційних процесів шляхом створення вакууму визначеної величини в між-трубному і трубному просторі теплообмінника, що забезпечує інтенсивне випарювання рідини з внутрішньої поверхні теплообмінних труб незалежно від їх довжини і навіть при деякому відхиленні теплообмінних труб від вертикального положення, спрямування утвореної парорідинної суміші до джерел вакуумування з обох кінців теплообмінних елементів, що збільшує час контактування, повзучої зверху вниз плівки з грючою поверхнею трубок, інтенсифікує процес тепло- і масообміну, під-

вищує ефективність пристрою в цілому.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрої для проведення тепло-, масообмінних і реакційних процесів взаємодію грючого агента і рідини, що подається зверху вниз, здійснюються як під надмірним тиском, так і під вакуумом, утворену при цьому газорідинну суміш відбирають у двох напрямках і окремо подають у сепаратор, в якості грючого агента використовують тепло низькопотенційної відпрацьованої пари після парових турбін крупнотонажних агрегатів виробництва аміаку, метанолу або теплових електростанцій, пристрій містить послідовно з'єднані між собою по лінії парогазової суміші збірник циркуляційної вихідної води, трубчастий вертикальний теплообмінник, сепаратор парорідинної фази, колектор вторинної (сокової) пари, циркуляційний насос, з'єднувальні трубопроводи і технологічні патрубки для підводу вихідної циркуляційної рідини, грючого агента, створення вакууму, для відводу інертних газів, концентрованого розчину і конденсату, виводу вторинної (сокової) пари, згідно із запропонованою конструкцією, трубчастий вертикальний теплообмінник виконаний у вигляді грючих труб, всередині яких концентрично розташована багатокаскадна плівкоутворююча насадка, що являє собою центральні трубки меншого діаметра з отворами, які розташовані із кроком  $h$  між рядами, над отворами закріплені втулки, ступінчасті по внутрішньому діаметру, встановлені із зазором  $\sigma$  між внутрішньою поверхнею грючої трубки і зовнішньою поверхнею втулки і з зазором  $\sigma_2$  між внутрішньою поверхнею втулки і зовнішньою поверхнею центральної трубки, у верхній частині центральні трубки постачені опорно-центруючими втулками, а в нижній - центруючими ребрами, у верхній частині грючих трубок виконані вертикальні щілини, у верхній частині теплообмінника і нижній, між теплообмінником і збірником циркуляційної вихідної рідини, розташовані відповідно верхня і нижня сепараційні камери, з'єднані із сепаратором, який розташований над теплообмінником, між верхньою сепараційною камерою і колектором вторинної (сокової) пари і має тангенціальний вхід із обох сепараційних камер.

Використання тепла низькопотенційної відпрацьованої пари при створенні достатнього перепаду по вакууму, в трубному просторі більш глибокого, ніж в міжтрубному, дозволяє забезпечити інтенсивне випарювання рідини з внутрішньої поверхні теплообмінних труб і дає можливість значно підвищити коефіцієнт корисної дії пристрою, утилізувати тепло після парових турбін виробництва крупнотонажних агрегатів аміаку, метанолу або теплових електростанцій, що робить процес економічним, знижує енерговитрати на одиницю продукції.

Наявність багатокаскадної плівкоутворюючої насадки, що являє собою центральні трубки меншого діаметра, встановлені концентрично грючим із зазором  $\sigma_1$ , достатнім для установки плівкоутворювачів, виконаних у вигляді ступінчатих по внутрішньому діаметру втулок, закріплених із кроком  $h$  на центральних трубках над отворами в них і з зазором  $\sigma = 1 - 1,5$  мм між зовнішньою поверхнею втулок і внутрішньою поверхнею теплообмінних

трубок і з зазором  $\sigma_2$ , достатнім для проходу пари в центральні трубки через отвори в них, дає можливість не тільки сформувати рідинну плівку, але і відразу, починаючи від торця трубчастого теплообмінного елемента, рівномірно розподіляти її по всій поверхні теплообміну, що поліпшує ефективність тепло- і масообміну, підвищує продуктивність апарата по випарній волозі і підвищує якість готового продукту.

Розміщення багатокаскадної плівкоутворюючої насадки у випарному апараті із падаючою плівкою робить його нечутливим при наявності відхилення гріючих трубок від вертикального положення.

Установка зверху над теплообмінником і низу, між теплообмінником і збірником циркуляційної рідини, попередніх сепараційних камер дозволяє відбирати вторинну (сокову) пару із центральних трубок у двох напрямках, що забезпечує попередню грубу сепарацію вторинної пари від бризок і значно (в 2 рази) знизити опір руху пари в цих трубках і як наслідок підвищити продуктивність установки в цілому.

Наявність збірника циркуляційної рідини і його розміщення низу пристрою у сукупності із насосом дозволяє створювати максимальне навантаження незалежно від температури приходящої підживильної рідини.

Сутність винаходу пояснюється кресленнями, де

на фіг. 1 - подано пристрій для здійснення способу проведення тепло-, масообмінних і реакційних процесів,

на фіг. 2 - вертикальний розріз А-А пристрою на фіг. 1,

на фіг. 3 - вузол 1 по трубках на фіг. 2.

Пристрій для проведення тепло-, масообмінних і реакційних процесів містить збірник 1 циркуляційної вихідної упарюваної рідини, вертикальний трубчастий теплообмінник 2, горизонтальний центробіжний сепаратор 3 парорідинної фази, колектор 4 вторинної (сокової) пари, циркуляційний насос 5, з'єднувальні трубопроводи 6, 7, 8, 9, 10, 11, технологічні патрубки для підводу рідини, що упарюється циркуляційної - 12, свіжої вихідної - 13, гріючої пари 16, у верхній частині теплообмінника 2 установлена попередня сепараційна камера 17, а в нижній, між теплообмінником 2 і збірником 1, зовні обечайки збірника, друга попередня сепараційна камера 18, яка сполучається із внутрішнім простором збірника 1 отворами 19, камера 18 постачена люком 20. Збірник 1 постачений рівнеміром 21. На з'єднувальному трубопроводі 6 між збірником 1 і циркуляційним насосом 5 установлений запірний клапан 22. На з'єднувальному трубопроводі 7 установлений запірний клапан 23 і трубопровід 24 із регулюючим клапаном 25 для виводу концентрованого розчину. Вертикальний трубчастий теплообмінник 2 із сповзаючою зверху вниз плівкою містить гріючі трубки 26, всередині яких концентрично змонтована багатокаскадна плівкоутворююча насадка, яка містить трубки 27 меншого діаметра з отворами 28 і кроком 300-600 мм між рядами по висоті, на яких над рядами отворів закріплені втулки 29, ступінчаті повнутрішньої діаметру та встановлені із зазором ( $\sigma = 1 - 1,5$  мм між внутрішньою поверхнею трубки 26 і зовнішньою поверхнею втулки 29 і з зазором  $\sigma_2$  між внутрішньою поверхнею втулки

29 і зовнішньою поверхнею трубки 27, достатнім для вільного проходу вторинної пари, причому між трубками 27 і трубками 26 повинен бути забезпечений зазор  $\sigma_1$ , достатній для розміщення ступінчатої втулки 29. Трубки 27, у верхній частині, постачені опорно-центруючими втулками 30 і в нижній частині центруючими ребрами 31, а гріючі трубки 26 у верхній частині - вертикальними щілинами 32 для проходу рідини, яка випарюється, усередину Верхньої і нижньої сепараційні камери 17, 18 за допомогою трубопроводів 8, 9 з'єднані із сепаратором 3, причому вхід у сепаратор виконаний тангенціальним, в нижній частині сепаратор за допомогою дренажних трубопроводів 11 з'єднаний із збірником 1 для вилучення із сепаратора бризок, які уносяться із вторинною парою і з'єднаний із збірним колектором 4 вторинної пари з'єднувальними трубопроводами 10. Відбір пари відбувається по осі сепаратора 3. Сепаратор 3 установлений на обслуговуючому майданчику 33, що спирається на попередню сепараційну камеру 17.

Спосіб проведення тепло-, масообмінних і реакційних процесів за допомогою пристрою здійснюють таким чином.

Спочатку, до заповнення циркуляційного збірника 1 вихідним розчином, що випарюється, наприклад, водою, через патрубок 14 в міжтрубний простір вертикального трубчастого теплообмінника 2 подається гріючий агент (пара) і включається в роботу (при використанні тепла низькопотенціальної відпрацьованої пари після парових турбін різного призначення) система ступінчатого роздільного вакуумування через патрубок 15 по гріючій парі і через збірний колектор 4 більш глибокий по вторинній (соковій) парі, потім включається в роботу циркуляційний насос 5, який подає розчин (наприклад, воду), який упарюється, через щілини 32 всередину трубок 26 і при досягненні температури циркуляційного розчину (води) нижче температури кипіння при заданих умовах по вакууму на  $5 - 10^\circ\text{C}$ , починається процес інтенсивного пароутворення (випарування) циркуляційної рідини на внутрішній поверхні гріючих трубок 26, звідки вторинна (сокова) пара через отвори 28 надходить всередину трубок 27 і далі рухається в двох напрямках вгору і вниз через сепараційні камери 17 і 18 по трубопроводах 8 і 9 в центробіжний сепаратор 3, відокремлюється від бризок і через трубопроводи 10 надходить у збірний колектор 4 і далі на конденсацію або для інших цілей. Одночасно при досягненні заданої температури циркуляційного розчину (води) включається в роботу регулюючий клапан 25 для виводу із системи концентрованого розчину, підтримання рівня в збірнику 1. Через штуцер 13 відбувається підживлення свіжим розчином (водою), що упарюється.

Таким чином запропонований спосіб проведення тепло-, масообмінних і реакційних процесів і пристрій для його здійснення дозволяють утилізувати тепло відпрацьованої пари низького температурного потенціалу після парових турбін виробництва крупнотонажних агрегатів аміаку, метанолу або теплових електростанцій, знизити енерговитрати на одиницю продукції, інтенсифікувати процес тепло- і масообміну, значно (в 2 рази) знизити опір руху пари в трубчастих елементах теплообмінника і, як наслідок, підвищити продуктивність установки в цілому.

