



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 94098

(13) C2

(51) МПК (2011.01)

C23C 16/04

C23C 16/46

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

(54) ТЕХНОЛОГІЧНА ПІЧ І ПОДІБНЕ УСТАТКУВАННЯ

1

(21) а200812518

(22) 24.04.2007

(24) 11.04.2011

(86) РСТ/ЕР2007/053973, 24.04.2007

(31) 0651455

(32) 25.04.2006

(33) FR

(46) 11.04.2011, Бюл.№ 7, 2011 р.

(72) ЛОНВЕН ЛОРАН, FR, ЖУАННАР ФІЛІП, FR

(73) МЕССЬЄ-БУГАТТІ, FR

(56) US 6284312, В1, 04.09.2001

WO 95/16803, А1, 22.06.1995

US 6228174, В1, 08.05.2001

(57) 1. Піч для хімічної інфільтрації з газової фази/хімічного осадження з газової фази, яка містить зовнішній кожух (12, 12') печі, розташований в кожусі печі реакційну камеру (14, 14'), призначену для прийому елемента, що підлягає обробці, нагрівальну систему (22) для нагрівання щонайменше реакційної камери і систему циркуляції газу-реагенту, призначену для введення газу-реагенту в реакційну камеру ззовні кожуха печі і для проведення газу-реагенту з реакційної камери зовні кожуха печі, яка **відрізняється** тим, що зовнішній кожух печі і реакційна камера задають перший об'єм між внутрішньою стороною кожуха печі і зовнішньою стороною реакційної камери і другий об'єм всередині реакційної камери, перший об'єм розділений на першу частину, яка задає зону нагрівання і в якій розміщена нагрівальна система, і другу частину, в якій розташований газ-реагент, причому зона нагрівання герметично ізольована від газу-реагенту в другій частині, а також тим, що додатково містить систему (34) циркуляції інертного газу, виконану і розміщену з можливістю подачі інертного газу в зону нагрівання із швидкістю, що забезпечує позитивний перепад тиску по відношенню до тиску газу-реагенту всередині іншої частини першого об'єму, в якій присутній газ-реагент, з тим, щоб перешкоджати потоку газу-реагенту в зону нагрівання для запобігання контакту газу-реагенту з нагрівальною системою.

2. Піч за п. 1, яка **відрізняється** тим, що містить перший датчик (38) тиску, виконаний і розміщений з можливістю визначення тиску (P1) в зоні нагрівання, при цьому система циркуляції інертного газу містить регулятор (36) потоку, виконаний з

2

можливістю функціонування у відповідності з тиском, визначеним в зоні нагрівання, так, щоб задавати витрату інертного газу, що веде до наперед заданого тиску в зоні нагрівання.

3. Піч за п. 2, яка **відрізняється** тим, що містить другий датчик (40) тиску, виконаний і розміщений з можливістю визначення тиску (P2) в другій частині першого об'єму, в якій присутній газ-реагент, при цьому регулятор потоку системи циркуляції інертного газу виконаний і розміщений з можливістю управління потоком інертного газу в зону нагрівання, щонайменше частково виходячи з тиску (P2), визначеного в другій частині першого об'єму, так, щоб одержувати наперед заданий позитивний перепад тиску між зоною нагрівання і зоною реагенту.

4. Піч за будь-яким з пп. 1-3, яка **відрізняється** тим, що містить пристрій тривоги, призначений для сигналізації про зміну потоку інертного газу, необхідного для підтримки заданого тиску в зоні нагрівання.

5. Піч за будь-яким з пп. 1-4, яка **відрізняється** тим, що нагрівальна система є індуктивною нагрівальною системою.

6. Піч за будь-яким з пп. 1-4, яка **відрізняється** тим, що нагрівальна система є резистивною нагрівальною системою.

7. Піч за будь-яким з пп. 1-6, яка **відрізняється** тим, що реакційна камера містить один або більшу кількість елементів (16) стінки, елемент (18) підлоги і верхній елемент (20).

8. Піч за п. 7, яка **відрізняється** тим, що містить трубопровід (26) впускання газу-реагенту, розташований з можливістю проведення газу-реагенту ззовні кожуха печі до отвору (24) впускання газу-реагенту, виконаного в реакційній камері.

9. Піч за п. 7 або 8, яка **відрізняється** тим, що має отвір (28) випускання газу-реагенту, виконаний в реакційній камері.

10. Піч за п. 9, яка **відрізняється** тим, що містить випуск (30) газу-реагенту, виконаний в кожусі печі.

11. Піч за п. 2 або 3, яка **відрізняється** тим, що містить контролер, призначений для автоматичного управління регулятором потоку на основі тиску, визначеного в зоні нагрівання, або тиску, визначеного в другій області першого об'єму, або на основі обох вказаних тисків.

(13) C2

(11) 94098

(19) UA

12. Піч за п. 1, яка **відрізняється** тим, що містить розділяючу стінку для відділення зони нагрівання від другої частини першого об'єму, причому розді-

ляюча стінка включає щонайменше один керамічний шар.

Даний винахід в самому загальному вигляді стосується термокамер, печей, технологічних камер і подібного устаткування, в якому газ-реагент вводиться як частина технологічної операції. В окремому прикладі здійснення винахід стосується печей для хімічної інфільтрації з газової фази/хімічного осадження з газової фази (CVI/CVD-печей), в які вводиться газ-реагент як складова способу ущільнення пористих елементів, таких як пористі заготовки для гальм.

Використовування термокамер, печей, технологічних камер і іншого подібного устаткування, в яке як частина технологічної операції вводиться газ-реагент, загальновідоме. (Термін "піч", що надалі зустрічається в описі, слід розуміти як термін, який в рівному ступені застосовується до термокамер і інших технологічних камер цього типу в цілому). Прикладом в цьому відношенні може служити інфільтрація з газової фази, де газ-реагент, що є прекурсором, вводиться у піч, в яку поміщають пористі елементи (такі як, наприклад, пористі заготовки гальмівних дисків, але не обмежуючись даними елементами).

Як правило, традиційна піч включає зовнішній кожух печі, передбачений в ньому робочий простір або реакційну камеру, куди поміщають підлягаючі обробці об'єкти або елементи, систему для переміщення газу-реагенту в піч і з печі, а також нагрівальну систему для нагрівання щонайменше внутрішньої частини реакційної камери.

Газ-реагент відомим способом примушують просочуватися (забезпечують його інфільтрацію) у пористу структуру пористих елементів. Газ-реагент може бути вуглеводневим газом, таким як пропан.

В одному з відомих прикладів газ-реагент вводиться у внутрішній об'єм, який визначається стопкою по суті вирівняних кільцевих заготовок гальмівних дисків, поміщених у реакційну камеру печі. Газ примушують рухатися з внутрішнього об'єму стопки до зовнішньої частини стопки шляхом дифундування через пористу (наприклад волоконну) структуру заготовок і/або через проміжки між сусідніми заготовками.

За допомогою нагрівальної системи нагрівається щонайменше внутрішня частина реакційної камери. Таким чином, через відносно високу температуру заготовок гальмівних дисків, газ-реагент піддається піролізу і залишає продукт розпаду на внутрішніх поверхнях пористої структури. У разі вуглеводневого газу, наприклад, продуктом розпаду є піровуглець, так що в результаті одержується вуглецевий композитний матеріал (такий, як матеріал системи вуглець-вуглець).

Прикладом традиційної нагрівальної системи для таких печей може служити індукційна нагрівальна система. В такій системі реакційна камера може бути виготовлена з такого матеріалу, як графіт, з тим, щоб грати роль суспендатора. Передба-

чається також система для забезпечення необхідного магнітного поля, наприклад, у вигляді однієї або більшої кількості електричних обмоток, які функціонально примикають щонайменше до частини суспендатора. Коли на електричні обмотки подається достатній змінний струм, одержуване магнітне поле відомим чином викликає індукційний нагрів суспендатора.

Іншим видом традиційної нагрівальної системи є резистивне нагрівання, де електричний струм проходить через резистивний елемент, який в результаті нагрівається. Використовування резистивного нагрівання звичайно тягне за собою використання резистивного елемента додатково до конструкції, що задає реакційну камеру.

Для збільшення теплового ККД як у разі індукційної нагрівальної системи, так і у разі резистивної нагрівальної системи навколо зовнішньої частини реакційної камери може бути передбачена теплоізоляція.

Проте газ-реагент, введений у реакційну камеру, прагне просочитися або дифундувати з реакційної камери у простір, що знаходиться в межах печі, але зовні реакційної камери.

Зокрема, в процесі CVI/CVD газ-реагент є прекурсором для осаджуваного продукту розпаду (такого як карбідне або вуглецеве відкладення). Якщо газ-реагент доходить до ізоляції або нагрівальної системи, то на цих конструкціях можуть утворюватися і накопичуватися осадження, що викликає погіршення функціонування, надійності і/або довговічності.

В світлі вищевикладеного, у CVI/CVD-печі бажано по суті ізолювати нагрівальну систему (і відповідну теплоізоляцію при її наявності) від газу-реагенту, що використовується в печі.

З цією метою даний винахід припускає заведення зони в кожусі CVI/CVD-печі, в якій нагрівальна система (включаючи відповідну теплоізоляцію при її наявності) по суті ізолювана від контакту з газом-реагентом, що використовується в CVI/CVD-процесі.

В одному аспекті ізолювана зона (іноді така, що називається в цьому документі "зоною нагрівання") в кожусі печі фізично ізолювана елементом стінки, розташованим в межах кожуха печі так, щоб задавати зону нагрівання.

В додатковому аспекті даний винахід припускає введення потоку інертного газу в зону нагрівання так, щоб встановити незначний позитивний перепад тиску по відношенню до тиску газу-реагенту всередині реакційної камери. Даний перепад тиску додатково стримує проникнення газу-реагенту в зону нагрівання.

Даний винахід можна зрозуміти краще при розгляді прикладених креслень, де

фіг.1 є схематичним видом поперечного перерізу технологічної печі по даному винаходу, в якій використовується індукційна система нагрівання; і

фіг.2 є частковим видом поперечного перерізу, що ілюструє альтернативне використання резистивної нагрівальної системи як передбачено у даному винаході.

Для спрощення опису винаходу спочатку буде показаний приклад печі, що індукційно нагрівається Далі, з посиланням на фіг.2, буде проілюстрована можливість застосування даного винаходу для печі, яка використовує резистивне нагрівання.

Взагалі, піч 10, яка використовується для процесу CVI/CVD, містить зовнішній кожух 12 печі, який відділяє внутрішню частину печі 10 від зовнішнього оточення і задає в ній деякий об'єм.

Всередині об'єму печі 10 передбачений сусцептор 14. Як добре відомо в даній області техніки, сусцептор, як правило, є конструкцією, яка нагрівається у присутності магнітного поля, що створюється змінним струмом. Сусцептор 14 в CVI/CVD-печі може містити, наприклад, одну або більшу кількість стінок 16, підлогу 18 і верхній елемент 20, які спільно визначають інший об'єм або реакційну камеру в межах загального об'єму всередині печі 10. Підлягаючі обробці об'єкти, такі як пористі заготовки гальмівних дисків, поміщають в об'єм, що задається сусцептором 14.

Система для нагрівання печі в загальному вигляді показана під посилальним позначенням 22. Наприклад, у разі печі, що індукційно нагрівається, нагрівальна система 22 представляє собою одну або більшу кількість звичайних електричних обмоток, приєднаних до зовнішнього джерела електропостачання відповідної потужності. Передбачається, що електричні обмотки такого типу добре відомі фахівцям в даній області техніки, і тому тут не ілюструються і детально не описуються.

Щоб збільшити ефективність нагрівання сусцептора 14, на зовнішній частині однієї або більшої кількості поверхонь сусцептора 14 передбачена теплоізоляція 23. Береться ізоляція, яка звичайно використовується в даній області техніки, така як матеріал теплоізоляції з керамічною основою або ізоляція з вуглецевих волокон, особливо, вуглецеві волокна, створюючи послідовно складені шари.

В сусцепторі 14 передбачені один або більша кількість отворів 24 впускання газу (з метою спрощення зображення на фіг.1 показаний один отвір 24 впускання газу). Газ-реагент (наприклад, вуглеводневий газ) вводиться у піч 10 за допомогою трубопроводу 26, який перетинає стінку 12 печі із зовнішньої сторони. Трубопровід 26 щонайменше співпадає з отвором 24 впускання газу і може прикріплюватися до нього або відносно нього будь-яким відповідним способом, наприклад, болтами або за допомогою зварювання В загальному значенні, краще, щоб на межі між трубопроводом 26 і сусцептором 14 було лише незначне просочування газу-реагенту або не було взагалі ніякого просочування Потік газу-реагенту через трубопровід 26 показаний на фіг.1 стрілкою, позначеною як А.

Як правило, газ-реагент випускається (за допомогою звичайних способів переміщення газу, таких як вентилятори, всмоктуючі газодувки і т.п., які не показані) або виходить будь-яким іншим способом з робочого простору за допомогою одно-

го або більшої кількості отворів 28 випускання газу, як це показано стрілками, позначеними як В. Далі, газ-реагент виходить або примушується до виходу з печі 10 за допомогою одного або більшої кількості випусків 30 печі, як це в цілому показано стрілками, позначеними як С.

Згідно з прикладом здійснення даного винаходу внутрішній об'єм печі, що визначається кожухом 12, може бути поділений так, щоб визначити межі вищезазначеної зони нагрівання. Наприклад, як видно на фіг.1, передбачена кільцева "планка", або стінка 32, яка проходить в радіальному напрямі між внутрішньою поверхнею кожуха 12 і зовнішньою поверхнею сусцептора 14. Стінка 32 нерухомо фіксується за допомогою звичайних способів фіксації, придатних для умов функціонування всередині печі 10. Якщо говорити більш конкретно, то стінка 32 герметизується (наприклад, за допомогою зварювання або використання фізичних герметизуючих елементів) як на її внутрішньому краї, так і на зовнішньому краї по радіальному напрямі так, щоб внаслідок цього виходило повністю газонепроникне ущільнення, яке перешкоджає проходженню газу. Бажано, щоб стінка 32 містила збірку з шарів, наприклад, у вигляді стосу жорстких і/або гнучких керамічних шарів.

Інертний газ, такий як аргон або азот, подається в зону нагрівання за допомогою трубопроводу 34 подачі інертного газу, як показано на фіг.1 стрілкою, позначеною як D.

Потік (витрата) D інертного газу може регулюватися традиційним клапаном 36. За допомогою даного регулювання клапана 36 можна отримати потік D газу, який буде підтримувати в зоні нагрівання наперед заданий тиск P1 (який визначається схематично зображенням датчиком 38 тиску).

Паралельно цьому, іншим датчиком 40 тиску вимірюється тиск P2 в іншій частині об'єму, заданого в кожусі 32 печі, в якій присутній газ-реагент (яка іноді називається в цьому документі "зоною реагенту").

Визначені таким чином тиск P1 і P2 може бути разом переданий на клапаний контролер 42 (переважно, автоматичний клапаний контролер), так щоб потік D інертного газу підтримував заданий позитивний перепад тиску в зоні нагрівання відносно решти об'єму в кожусі 10 печі. Наприклад, підтримуваний перепад тиску може складати від приблизно +0,5 до приблизно +5 мілібар на користь зони нагрівання, а точніше, від приблизно +1 до приблизно +2 мілібар на користь зони нагрівання. Цей незначний надмірний тиск в зоні нагрівання також перешкоджає будь-якому просочуванню або іншому надходженню газу-реагенту в зону нагрівання.

Як згадується вище, краще автоматичне визначення тиску P1 і P2. Наприклад, перепад тиску між тиском, визначеним кожним з датчиків 38, 40 тиску, може автоматично обчислюватися через рівні інтервали і передаватися на клапаний контролер 42. Там цей результат може бути використаний для автоматичного регулювання потоку В інертного газу в зону нагрівання.

Слід розуміти, що потік інертного газу, крім того, можна контролювати. При цьому незвичайно високу витрату інертного газу з метою підтримки заданого тиску в зоні нагрівання слід сприймати як ознаку витіку газу в цільній конструкції зони нагрівання, зокрема, через стінку 32. Це визначення може використовуватися для подачі тривожного сигналу, який сприймається користувачем, або ж воно може бути використано як сигнал для запуску системи управління з метою автоматичного запуску процедури реагування.

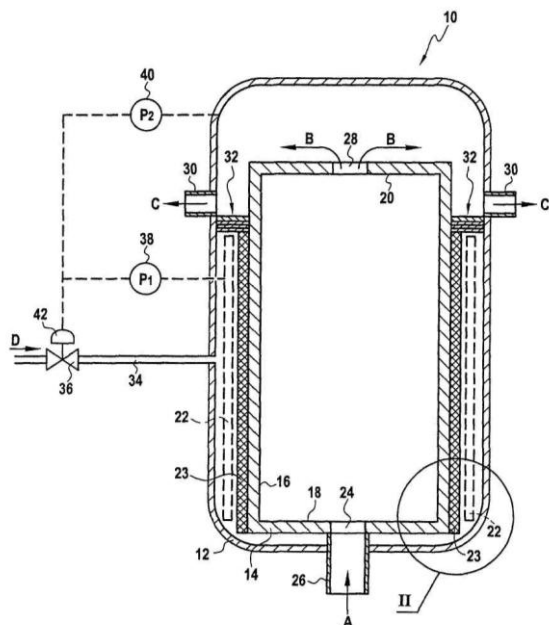
Застосування даного винаходу по відношенню до печі, яка замість цього нагрівається за допомогою резистивної нагрівальної системи, по суті не відрізняється від застосування у разі печі, що індуктивно нагрівається. Фіг.2 є частковим видом поперечного перерізу, який ілюструє приклад розміщення елементів у резистивній нагрівальній системі, проте, у принципі, тут застосовні ті ж самі ідеї, які пояснювалися вище. Саме, частина об'єму, яка визначається кожухом 12' печі, в якій розташована резистивна нагрівальна система, відокремлена із забезпеченням газонепроникності від решти об'єму кожуха 12' печі, де присутній газ-реагент. Реакційна камера 14' розташована в кожусі 12' печі; туди поміщаються об'єкти, що підлягають обробці. Потім один або більша кількість резистивних елементів 25 можуть бути розміщені у

зіткненні із зовнішньою частиною реакційної камери 14' або щонайменше поряд з нею. Резистивні елементи 25 можуть мати різні традиційні конструкції. В одному характерному прикладі резистивні елементи є витягнутими елементами.

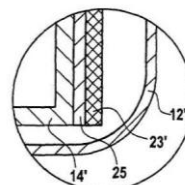
Так само як і в печі, що індукційно нагрівається, для збільшення теплового ККД печі може бути передбачений шар теплоізоляції 23'.

Проте, не дивлячись на інше розташування системи нагрівання у разі використання резистивного нагріву, всередині кожуха 12' застосовна точно така ж загальна конфігурація, як і у печі, що індукційно нагрівається. Саме, елементи резистивної нагрівальної системи аналогічним чином ізолюються від частини печі, що містить газ-реагент, тому опис розміщення розділяючої стінки і системи інертного газу тут не повторюється.

Не дивлячись на те, що даний винахід був описаний вище з посиланням на певні конкретні приклади в цілях ілюстрації і пояснення винаходу, слід розуміти, що винахід не обмежений посиланнями на специфічні деталі цих прикладів. Точніше кажучи, фахівець в даній області техніки легко повинен зрозуміти, що в переважних варіантах здійснення можуть бути виконані модифікації і зміни без виходу за рамки винаходу, охарактеризованого у доданій формулі винаходу.



Фіг.1



Фіг.2