



УКРАЇНА

(19) UA (11) 76014 (13) C2
(51) МПК (2006)
F26B 3/32
F26B 17/30 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ СУШІННЯ СИПУЧИХ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

1

(21) 20040706098

(22) 22.07.2004

(24) 15.06.2006

(46) 15.06.2006, Бюл. № 6, 2006 р.

(72) Волошко Олександр Юрійович, Гриньов Борис Вікторович, Крамський Єгор Дмитрович, Самойлов Віктор Леонідович, Семиноженко Володимир Петрович, Солодовченко Сергій Іванович, Шишкін Олег Валерійович

(73) ІНСТИТУТ СЦИНТИЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, ЗАКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПАРК "ІНСТИТУТ МОНОКРИСТАЛІВ"

(56) SU 1816943 A, 23.05.1993

RU 2152571 C1, 10.07.2000

UA 56629 C2, 15.05.2003

JP 1067305, 14.03.1989

JP 2150687, 08.06.1990

WO 2004056468, 08.07.2004

RU 2230270 C1, 06.02.2003

(57) Пристрій для сушіння сипучих діелектричних матеріалів, що містить камеру резонатора, виконану із двох зрізаних конусів різної висоти та циліндричної частини, яка з'єднує їх між собою біль-

2

шими основами, і пристрій для продуву повітрям, який відрізняється тим, що резонатор є багатомодовим, співвідношення висот більшого по висоті зрізаного конуса, циліндричної частини і меншого по висоті зрізаного конуса камери резонатора складає 2:1:0,5, більший по висоті зрізаний конус фланцем горловини з'єднаний через вакуумщільний фланець з хвилевідним вводом НВЧ-енергії, камера встановлена з можливістю обертання за допомогою пристрою для обертання, а також з можливістю вертикального переміщення за рахунок її кріплення на стійках, що мають вигнуті частини, які утворюють кут 15-20° з горизонтальною основою пристрою, також як і вісь хвилевідного вводу, з боку дна камери по її осі встановлений діелектричний патрубок для відкачки об'єму камери, пристрій для продуву повітрям розташований коаксіально зазначеному патрубку зовні камери, з'єднаний з нею нероз'ємно та зв'язаний з пристроєм для обертання камери, усередині камери по її твірній розташовані ребра висотою $\lambda/10$, де λ - довжина хвилі НВЧ-випромінювання.

Винахід відноситься до техніки термообробки в надвисокочастотних (НВЧ) полях сипучих діелектричних матеріалів і може бути використаний у фармацевтичній, харчовій і хімічній промисловостях зокрема, при сушінні порошкоподібних йодидів лужних металів, використовуваних при вирощуванні монокристалів.

Кінетика процесів термодесорбції води у вихідних солях йодидів лужних металів (NaJ, LiJ, GsJ) складна. По-перше, вихідні солі надзвичайно гігроскопічні, і тому в них завжди утримується деяка кількість води, як гідратованої так і адсорбованої. По-друге, усі солі мають свої (два і більше) інтервали температур, при яких відбувається інтенсивне виділення гідратованої і адсорбованої води. Ця обставина приводить до різкого збільшення парів води, що власне, і стимулює процеси гідролізу солей, що становлять найбільшу небезпеку (при

гідролізі солей утворюються тверді включення (грудки), не придатні для подальшого використання, що в кінцевому рахунку приводить до перевитрати дорогого матеріалу).

Основною вимогою, що пред'являється до способів і пристроїв для сушіння, зокрема, йодидів лужних металів, є запобігання гідролізу солей при їхньому зневоднюванні й одержання висушеного матеріалу з вологістю не більш 0,01%.

Відомий пристрій для сушіння сипучих діелектричних матеріалів [заявка №92006113 РФ, кл. F26B3/34], що містить камеру з уведеннями НВЧ-енергії, розміщену в ній похилу обертову трубу з радіопрозорого матеріалу, приєднану до завантажувального і розвантажувального вузла, і вентиляційний короб, камера виконана роз'єднаною з її вентиляційним коробом, що охоплює, у якому розміщені НВЧ-джерела, їхні введення в камеру -

(13) C2

(11) 76014

(19) UA

оснащені герметичними заглушками з радіопрозорого матеріалу.

При цьому камера оснащена системою поглинання надлишкової НВЧ-енергії, похила обертаюча труба приєднана до завантажувального вузла за допомогою опорної осі, пропущеної через діафрагму труби, причому опорна вісь виконана полою і сполучена з корпусом шнекового живильника. Розвантажувальний бункер складається з бункера з розвантажувальним пристроєм відсічного типу для вивантаження сипучого матеріалу і паровідводного штуцера.

Даний пристрій містить поглинач надлишкової НВЧ-енергії, що ускладнює пристрій і збільшує енергоємність, крім того, сушіння матеріалів при атмосферному тиску здійснюється при більш високих температурах чим, наприклад, сушіння аналогічних матеріалів у вакуумі, що також приводить до збільшення енерговитрат і зниженню якості готової продукції.

Відомий пристрій для сушіння сипучих діелектричних матеріалів [пат. РФ №2152571, F2611/04, 3/347], що містить горизонтальну камеру, установлену з можливістю обертання на двох підшипниках, закріплених на кришках у бічних отворах барабана, нагрівальні елементи, підключені до джерела електромагнітних хвиль, пристрій подачі нагрітого повітря у внутрішню порожнину камери і вологовідводний пристрій. При цьому нагрівальні елементи виконані у виді системи хвилевідно-щілинних резонансних випромінювачів, а як джерело електромагнітних хвиль використаний НВЧ-генератор, при цьому хвилевід уведений у внутрішню порожнину металевого барабана через отвір у нерухомій кришці одного з бічних отворів барабана, а через отвори в нерухомій кришці іншого бічного отвору барабана введені канали підведення нагрітого повітря і відводу вологого повітря, крім того, на внутрішній циліндричній поверхні барабана виконані два ряди зустрічно-похилих ребер із кроком $20-45^\circ$, кут нахилу кожного ряду складає $45-60^\circ$ до твірної циліндричної поверхні барабана, при цьому один кінець кожного ребра з'єднаний з відповідною підставою циліндричної поверхні барабана, а інший кінець відстоїть від центра відповідної твірної на відстань $l = (0,1 \div 0,01)L$, де L - довжина барабана. Система хвилевідно-щілинних випромінювачів розгорнута на кут $40-45^\circ$ (до підстави сушарки в напрямку обертання барабана і оснащена чвертьхвильовими відбивачами. Канал підведення нагрітого повітря оснащений перфорованим екраном.

Недоліком даного пристрою є падіння НВЧ-енергії перпендикулярно шарові сировини, що приводить до виникнення великого відбиття НВЧ-енергії від сировини і, як наслідок, встановленню в системі НВЧ-генератор-хвилевідна лінія-багатомодовий резонатор коефіцієнта стоячої хвилі більш 2. У цьому випадку знижується КПД використання НВЧ-енергії (менш 50%), що приводить до значної перевитрати електроенергії. Крім того, велика площа зіткнення сировини, що висушується, з ребрами, збільшить надходження металевих домішок у речовину ОСЧ, що не припустимо по ТУ.

Відомий пристрій для сушіння сипучих діелектричних матеріалів [пат. України №56629А, кл.

F26B3/347], що містить НВЧ-тракт, з'єднаний із хвилеводом, усередині якого з можливістю обертання навколо подовжньої осі розміщена ємність для сипучого матеріалу, виконана з радіопрозорого матеріалу. Хвилевід виконаний у виді циліндричного багатомодового резонатора, усередині якого і коаксіально йому встановлена ампула, конусоподібним торцем з кутом при вершині порядку 150° , звернена до НВЧ-тракту. Протилежний її торець має патрубок для завантаження - вивантаження сировини, підключений до приводу обертання ампули, а також систему вакууммування і напуску сухого повітря, при цьому внутрішня поверхня ампули оснащена горизонтальними пластинами з радіопрозорого матеріалу і розташованими уздовж її осі.

Недоліком даного пристрою є відбиття НВЧ-енергії від конусоподібного кінця ампули, у результаті НВЧ-енергія використовується не ефективно. Сушіння сировини в ампулах не може забезпечити великих завантажень сировини (не більш 10кг) для одночасного його сушіння, що знижує продуктивність процесу в цілому.

Відомий пристрій для сушіння сипучих мілкодисперсних діелектричних матеріалів [а.с. №1522006, кл. F26B3/347], що містить вертикальну сушильну камеру у виді хвилеводу, оснащену завантажувальним і розташованим у нижній частині розвантажувальним пристроями з бункерами, підключені до камери НВЧ-генератор із пристроєм зв'язку і нагнітальний вентилятор. При цьому пристрій містить поглинач надлишкової НВЧ-енергії зі своїм пристроєм зв'язку, підключеним до нижньої частини камери, а розвантажувальний пристрій виконаний у виді трійника з перекидним клапаном і приєднаний до нагнітальної сторони вентилятора.

Відомий пристрій для сушіння сипучих матеріалів [а.с. №1816943 СРСР, кл. F26B3/347], що містить вертикально встановлену камеру, виконану з двох усічених конусів різної висоти, з'єднаних між собою циліндричною частиною. Більший по висоті усічений конус (горловина пристрою) з'єднаний з коаксіально-хвилеводним переходом введення НВЧ-енергії, що має внутрішній отвір для проходження матеріалу, що висушується. Коаксіально-хвилеводний перехід з'єднаний із трубою подачі оброблюваного матеріалу. Усередині більшого по висоті усіченого конуса по його осі встановлений додатковий усічений конусний елемент, і проміжний діелектричний конусний елемент, що між собою утворюють обігрівну шахту, для переміщення матеріалу, що висушується. По осі внутрішнього додаткового конусного елемента встановлені повітряний колектор і обоє конусних елемента оснащені системою поярусно розташованих радіальних каналів. Радіальні канали у внутрішньому елементі з'єднані з повітряним колектором, а в зовнішньому - з атмосферою. Причому діаметри зовнішнього і внутрішнього елементів обрані з умови забезпечення постійного хвильового опору по довжині камери. Менший по висоті усічений конус з'єднаний із трубою виводу матеріалу, що висушується. У циліндричній частині камери розташований поглинач надлишкової НВЧ-енергії.

Даний пристрій дозволяє здійснювати сушіння обмежених матеріалів, зокрема сипучих гранульо-

ваних, фракції яких більше поперечних розмірів радіальних каналів, тому що фракції матеріалу, що висушуються, менше поперечних розмірів радіальних каналів будуть викидатися разом з потоком повітря з камери нагрівання в навколишнє середовище, що неприпустимо особливо при сушінні токсичних сипучих матеріалів. Використання атмосферного повітря (не висушеного) для видалення вологи з матеріалу, що висушується, вологість якого нестабільна і залежить від вологості атмосфери, визначає кінцеву величину вологості матеріалу, що висушується.

Крім того, недоліком приведених пристроїв є те, що процес сушіння матеріалу здійснюється при атмосферному тиску. Для видалення вологи з матеріалу, що висушується, необхідно нагрівати його до високих температур. У цьому випадку може відбуватися розкладання деяких мікроелементів, що приводить до зниження якості готової продукції. Необхідність використання поглинача надлишкової НВЧ-енергії зв'язано з підвищенням рівня потужності НВЧ-генератора, що приводить до ускладнення пристрою і збільшує енергоємність, крім того, при продуві сухого повітря крізь вологий матеріал створюються зусилля, спрямовані як по осі камери, так і в радіальному напрямку, що може привести до комкоутворення. Відпрацьоване повітря через фільтруючу сітку видаляється з об'єму робочої камери несучи з собою легкі дрібні частки (пил, що завжди є присутнім у матеріалі, що висушується, тим більше він утвориться в результаті зіткнень часток матеріалу між собою і стінкою камери при русі їх у суспензії повітря), що приводить не тільки до втрат робочого продукту, а, що дуже важливо, до забруднення навколишнього середовища, особливо при сушінні шкідливих речовин, таких як, наприклад, порошок, тютюн, йодиди лужних металів і т.п.

Як прототип по кількості загальних ознак нами обраний останній з аналогів.

В основу дійсного винаходу поставлена задача розробки пристрою, що забезпечив би зниження енергоємності, поліпшення якості сушіння і екології навколишнього середовища.

Рішення задачі забезпечується тим, що пристрій для сушіння сипучих діелектричних матеріалів, що містить камеру резонатора, виконану із двох усічених конусів різної висоти, з'єднаних між собою більшими основами циліндричною частиною і пристрій для продуву повітрям, відповідно до винаходу, співвідношення висот більшого по висоті усіченого конуса, циліндричної частини і меншого по висоті усіченого конуса многомодового резонатора складає 2:1:0,5, більший по висоті усічений конус фланцем горловини з'єднаний через вакуумщільний і спеціальний фланець з хвилеводним введенням НВЧ-енергії, камера має можливість обертання, а також вертикального переміщення за рахунок її кріплення на стійках, вигнута частина яких, також як і вісь хвилеводного введення утворює кут 15-20° до обрію, з боку дна камери (меншої основи меншого по висоті усіченого конуса) по її осі введений діелектричний патрубок для відкачки об'єму камери, пристрій для продуву сухим повітрям розташований коаксіально зазначеному патрубкові зовні камери і нероз'ємно з нею з'єдна-

ний, на зазначеному пристрої розміщений пристрій для обертання камери, усередині камери по її твірній розташовані ребра висотою $\lambda/10$, де λ - довжина хвилі НВЧ-випромінювання.

Виконання ребер зазначеної висоти не збуджують електромагнітне поле НВЧ-енергії, але добре перемішують сировину, при цьому площа зіткнення сировини з ребрами незначна, що знижує надходження металевих домішок у сировину.

Кріплення камери на стійках, вигнута частина яких і вісь хвилеводного введення утворюють кут 15-20° до обрію, забезпечує розташування осі обертання камери також під кутом 15-20° до обрію і, отже, розташування сировини в камері в процесі сушіння у формі клина, вершиною, зверненою у бік НВЧ-випромінювання. При цьому падіння НВЧ-енергії на поверхню сировини відбувається також під кутом 15-20°, завдяки чому забезпечується практично повне (90-95%) поглинання НВЧ-енергії, пропорційно його товщині як по перерізу, так і по довжині, при цьому виключається перегрів сировини біля горловини камери, обертання камери також сприяє встановленню однорідної температури по всьому об'ємі, завдяки чому виключається гідроліз при сушінні кристалогідратів і розкладання термолабільних субстанцій, за рахунок чого поліпшується якість сушіння.

Співвідношення висот складових частин камери обрано з розумінням максимально можливого робочого об'єму при мінімальній внутрішній поверхні, що буде поглинати (хоча і незначно) НВЧ-енергію за рахунок кінцевої провідності матеріалу камери. Похиłe положення камери в робочому положенні забезпечує відкачку об'єму патрубком, що завжди знаходиться вище рівня сировини.

Вертикальне переміщення камери забезпечує можливість, при від'єднанні вакуумщільного фланця від камери, завантажувати і вивантажувати висушену сировину без додаткових пристроїв, крім цього, у пропонованому пристрої відсутній поглинач надлишкової НВЧ-енергії, що спрощує пристрій.

Спрощується процес узгодження камери з НВЧ-трактом у порівнянні з аналогами.

Споживання електроенергії знижується за рахунок збільшення КПД використання НВЧ-енергії.

Спеціальної конструкції фланець забезпечує можливість обертання камери при нерухомому хвилеводному тракті для введення НВЧ-енергії і збереження герметичності камери вакуумщільним фланцем, що спрощує пристрій.

Розташування пристрою для продуву сухим повітрям зовні камери коаксіально діелектричному патрубкові не вимагає введення додаткових елементів, що також спрощує пристрій.

На Фіг. приведений ескіз пристрою для сушіння сипучих матеріалів.

Пристрій містить камеру багатомодового резонатора, який складається з більшого по висоті усіченого конуса 1, з'єднаного циліндричною частиною 2 з меншим по висоті усіченим конусом 3, при цьому співвідношення їхніх висот складає 2:1:0,5. Більший по висоті усічений конус 1 фланцем 4 горловини камери через вакуумщільний фланець 5 і спеціальний фланець 6 з'єднаний хвилеводним введенням 7 з НВЧ-генератором 8.

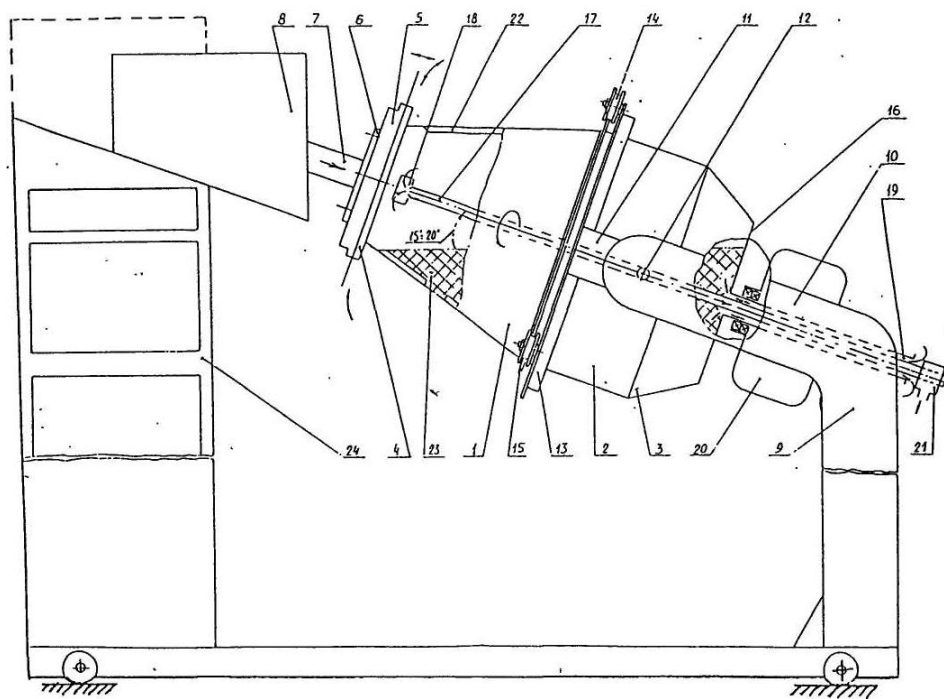
Камера кріпиться на стійках 9, вигнута частина 10 яких, так само як і вісь хвилеводного введення 7, утворюють кут $15-20^\circ$ з обрієм, що забезпечує при з'єднанні фланця 4 горловини камери з хвилеводним введенням 7 у робочому стані розташувати і вісь обертання камери під цим же кутом до обрію. У конкретному прикладі кріплення камери на вигнутій частині 10 стійок 9 забезпечено за допомогою напрямних 11, укріплених в осях 12, що забезпечують можливість вертикального переміщення камери. Напрямні 11 жорстко з'єднані з кільцем 13, на якому жорстко укріплені ролики, що центрують, 14. На самій камері жорстко розташоване кільце 15, що при обертанні камери «котиться» по роликах 14. Місце розташування кільця 15 на корпусі камери не має принципового значення. У конкретному прикладі воно розташоване на стику більшого по висоті усіченого конуса 1 з циліндричною частиною 2, а може розташовуватися і перед фланцем 4 горловини. З боку меншого по висоті усіченого конуса 3 через дно 16 камери по її осі введений діелектричний патрубок 17 для відкачки її об'єму, і оснащений насадкою-фільтром 18 для виключення попадання в нього сировини. У робочому положенні патрубок 17 завжди знаходиться вище рівня сировини. Пристрій для продуву сировини сухим повітрям являє собою повітряпровід 19, розташований коаксіально зазначеному патрубку 17 зовні камери і нероз'ємно з нею з'єднаний. Сухе повітря в нього подається з нагнітача (на мал. не приведений). На повітряпроводі 19 з черв'ячною передачею розташований електродвигун 20, що забезпечує обертання камери. Вакуумне ущільнення 21 забезпечує герметичність і виключає можливість порушення вакууму в камері за допомогою діелектричного патрубка 17. У середині камери по її твірній розташовані ребра 22. На мал. приведені також сировина 23 у камері і блок 24 живлення НВЧ-генератора.

Пристрій працює таким способом.

За допомогою напрямних 11, укріплених в осях 12, камеру установлюють фланцем 4 горловини вертикально угору для завантаження сировини, що висушується, 23 у необхідному об'ємі. Після цього камеру нахилиють, до фланця 4 горловини камери пристиковують вакуумщільний фланець 5, за допомогою якого здійснюють герметизацію камери, і спеціальний фланець 6, що з'єднують з хвилеводним введенням 7 з НВЧ-

генератора 8. Спеціальний фланець 6 забезпечує можливість обертання камери без порушення її герметичності, при цьому в робочому положенні вісь обертання камери утворює з рівнем обрію кут $15-20^\circ$, а патрубок 17 у результаті цього завжди буде знаходитися вище рівня сировини 23, забезпечуючи відкачку об'єму камери. Включають вакуумний насос (на мал. не показаний), приєднаний через вакуумне ущільнення 21 до патрубка 17, і здійснюють відкачку об'єму камери. Одночасно включають електродвигун 20 і камера починає обертання кільцем 15 по роликах, що центрують, 14 зі швидкістю 5-10 об/хв. При цьому вакуумне ущільнення 21 при обертанні камери залишається нерухомим, а патрубок 17 і трубка 19 обертаються разом з камерою. При досягненні тиску в камері $\leq 10^{-1}$ мм рт. ст., не припиняючи відкачки об'єму, включають напуск сухого повітря до передпробійного тиску, здійснюючи продувку сировини 23. Потім включають НВЧ-генератор 8. При обертанні камери сировина 23 перемішується як у радіальному, так і в подовжньому напрямку за рахунок ребер 20, зберігаючи увесь час форму клина, вершиною зверненою у бік НВЧ-генератора, забезпечуючи за рахунок цього рівномірність прогріву сировини по товщині і виключаючи її перегрів біля горловини камери. Вивантаження висушеної сировини здійснюється в наступній послідовності. Відключається НВЧ-генератор 8, виключається електропривід 20, через повітряпровід 19 здійснюється напуск сухого повітря в камеру до атмосферного тиску, відстикується вакуумщільний фланець 5 від фланця 4 горловини камери. Система НВЧ-генератор 8 - хвилеводне введення 7 - спеціальний фланець 6 - вакуумщільний фланець 5 відводяться на необхідну відстань для того, щоб камера змогла фланцем 4 горловини опуститися вниз на осях 12 для вивантаження сировини в спеціальні ємності.

У даному пристрої було проведено сушіння порошкоподібних йодидів лужних металів (NaJ, LiJ, GsJ) з вихідною вологістю 5-8%. У результаті проведеного сушіння вологість сировини склала $2 \cdot 10^{-3}\%$, споживання електроенергії знизилася до 0,1 квт·година/кг у порівнянні з 0,3 квт·година/кг третього аналога. Шкідливі викиди у вигляді парів йоду й інших газів практично були відсутні в порівнянні з прототипом.



Фіг.