



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **84354** (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) а200700677

(22) 22.01.2007

(24) 10.10.2008

(46) 10.10.2008, Бюл.№ 19, 2008 р.

(72) ВОЛОШКО ОЛЕКСАНДР ЮРІЙОВИЧ, UA, МО-  
ІСЕЇВ ВАДИМ БОРИСОВИЧ, UA, ПІНЧУКОВА НА-  
ТАЛІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА, UA, САМОЙЛОВ ВІКТОР  
ЛЕОНІДОВИЧ, UA, СЕМИНОЖЕНКО ВОЛОДИ-  
МИР ПЕТРОВИЧ, UA, СТЕЛЬМАХ ІГОР БОРИСО-  
ВИЧ, UA, ШИШКІН ОЛЕГ ВАЛЕРІЙОВИЧ, UA

(73) ЗАКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "ТЕХ-  
НОЛОГІЧНИЙ ПАРК "ІНСТИТУТ МОНОКРИСТА-  
ЛІВ", UA, ДЕРЖАВНА НАУКОВА УСТАНОВА "НА-  
УКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС "ІНСТИТУТ  
МОНОКРИСТАЛІВ" НАН УКРАЇНИ, UA

(56) SU 1816943 A1, 23.05.1993

JP 2150687, 08.06.1990

UA 76014 C2, 15.06.2006

US 2006/0237300 A1, 26.10.2006

US 4915506 A, 10.04.1990

RU 2151984 C1, 27.06.2000

RU 2187908 C1, 20.08.2002

US 4640020 A, 03.02.1987

SU 1522006 A1, 15.11.1989

(57) Пристрій для сушіння сипучих діелектричних матеріалів, що містить камеру багатомодового резонатора, закріплену на стійках з можливістю

2

вертикального переміщення та обертання, вико-  
нану із двох зрізаних конусів різної висоти та цилін-  
дричної частини, що з'єднує їх між собою біль-  
шими основами, при цьому більший по висоті  
зрізаний конус фланцем горловини з'єднаний че-  
рез обертове вакуум-щільне зчленування з хвиле-  
водним вводом НВЧ-енергії, діелектричний патру-  
бок для відкачки об'єму камери, що встановлений  
з боку днища камери по її осі, пристрій для проду-  
ву камери, розташований коаксіально діелектрич-  
ному патрубку зовні камери, який **відрізняється**  
тим, що співвідношення висот більшого по висоті  
зрізаного конуса, циліндричної частини та меншо-  
го по висоті зрізаного конуса складає 2,5:1:0,25, а  
кут між висотою та твірною більшого по висоті ко-  
нуса складає 20-21°, вісь хвилеводного вводу  
НВЧ-енергії утворює з горизонтальною основою  
пристрою кут 20-21°, діелектричний патрубок для  
відкачки об'єму камери, встановлений через обер-  
тове вакуумне ущільнення з боку днища і жорстко  
з'єднаний з вакуумним трубопроводом, причому  
патрубок зігнутий вверх відносно горизонтальної  
основи пристрою та оснащений насадкою-  
фільтром, а повітропровід пристрою для продуву  
камери введений в камеру з боку фланця горло-  
вини камери та оснащений на кінці розпилювачем.

Винахід відноситься до обладнання для су-  
шіння в мікрохвильовому полі сипучих діелектрич-  
них матеріалів і може бути використаний у хімічній,  
фармацевтичній та харчовій промисловості, зок-  
рема для сушіння порошкоподібних йодидів луж-  
них металів, що використовуються для вирощу-  
вання монокристалів, та сушіння органічних  
речовин.

Основною вимогою, що пред'являється до  
пристроїв для сушіння сипучих діелектричних ма-  
теріалів в мікрохвильовому полі, це забезпечення  
високої якості висушеного матеріалу та зниження  
енергоємності процесу сушіння.

Відомий пристрій для сушіння сипучих діелек-  
тричних матеріалів [пат. РФ №2152571,

F26B11/04, 3/347], що містить горизонтальну ка-  
меру, встановлену з можливістю обертання на  
двох підшипниках, закріплених на кришках у бічних  
отворах барабана, нагрівальні елементи, що вико-  
нані у вигляді системи хвилевідно-щільних резонансних випромінювачів та підключені до НВЧ-генератора, пристрій подачі нагрітого повітря у внутрішню порожнину камери і вологовідводний пристрій. При цьому хвилевід введений 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 канал підведення нагрітого повітря, оснащений перфорованим екраном, і канал відводу вологого повітря. Система

**C2**  
(13)

**84354**  
(11)

**UA**  
(19)

хвилевідно-щілинних резонансних випромінювачів розгорнута на кут  $40-45^\circ$  до підстави сушарки в напрямку обертання барабана і оснащена чверть-хвилевими відбивачами.

Недоліком даного пристрою 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 елементів та утворення небажаних сполучень, що призводить до зниження якості готової продукції. До того ж конструкція пристрою забезпечує падіння НВЧ-енергії перпендикулярно шарові сировини, що призводить до встановлення в системі НВЧ-генератор - хвилевідна лінія - багатоходовий резонатор стоячої хвилі з коефіцієнтом більш 2. У цьому випадку знижується ККД використання НВЧ-енергії, що призводить до значної перевитрати електроенергії.

Відомий пристрій для сушіння сипучих матеріалів [пат. України №56629, F26B3/347], що містить НВЧ-тракт, з'єднаний з хвилеводом, а також систему вакуумування і напуску сухого повітря. Хвилевід виконаний у вигляді циліндричного багатоходового резонатора, усередині якого і коаксіально йому з можливістю обертання навколо подовжньої осі встановлена ампула для сипучого матеріалу виконана з радіопрозорого матеріалу, конусоподібним торцем з кутом при вершині порядку  $150^\circ$  звернена до НВЧ-тракту. Протилежний її торець має патрубок для завантаження - вивантаження сировини, підключений до приводу обертання ампули.

Недоліком даного пристрою є відбиття НВЧ-енергії від конусоподібного кінця ампули, у результаті НВЧ-енергія використовується не ефективно.

Відомий пристрій для сушіння сипучих діелектричних матеріалів [пат. України №76014, кл. F26B17/30], що містить камеру багатомодового резонатора, виконану із двох зрізаних конусів різної висоти та циліндричної частини, яка з'єднує їх між собою більшими основами, при цьому співвідношення висот більшого по висоті зрізаного конуса, циліндричної частини і меншого по висоті конуса 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  $15-20^\circ\text{C}$  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.

До недоліків пристрою, що знижують якість сушіння та ефективність використання НВЧ-енергії, слід віднести, зокрема конструкцію вузлів продуву та відкачки об'єму камери. Конструкція цих вузлів сприяє налипанню дрібних частинок

матеріалу, який висушується, на обертове зчленування з хвилевідним вводом НВЧ-енергії, появі корки запеченого продукту і, відповідно, погіршенню проходження мікрохвильового випромінювання до камери. Крім того, особливості конструкції камери багатомодового резонатора, а саме заявлене співвідношення висот складових частин багатомодового резонатора, та заявлений кут нахилу осі хвилевідного вводу до горизонтальної основи пристрою, не в повній мірі забезпечують однорідність температурного поля в об'ємі матеріалу, який висушується, що, відповідно, знижує якість сушіння.

За сукупністю суттєвих ознак в якості прототипу нами обраний останній з аналогів.

В основу цього винаходу поставлене завдання розробки пристрою, що забезпечить підвищення якості сушіння та зменшення енергоємності.

Рішення завдання забезпечується тим, що в пристрої для сушіння сипучих діелектричних матеріалів, що містить камеру багатомодового резонатора, закріплену на стійках з можливістю вертикального переміщення та обертання, виконану із двох зрізаних конусів різної висоти та циліндричної частини, що з'єднує їх між собою більшими основами, при цьому більший по висоті зрізаний конус фланцем горловини з'єднаний через обертове зчленування з хвилевідним вводом НВЧ-енергії, діелектричний патрубок для відкачки об'єму камери, що встановлений з боку дна камери по її осі, пристрій для продуву камери, що розташований коаксіально патрубку зовні камери, відповідно до винаходу співвідношення висот більшого по висоті зрізаного конуса, циліндричної частини та меншого по висоті зрізаного конуса складає  $2.5:1.0,25$ , а кут між висотою та твірною більшого по висоті конуса складає  $20-21^\circ$ , вісь хвилевідного вводу НВЧ-енергії утворює кут  $20-21^\circ$  з горизонтальною основою пристрою, діелектричний патрубок для відкачки об'єму камери встановлений через обертове вакуумне ущільнення поблизу площини днища, зігнутий уверх відносно горизонтальної основи пристрою та оснащений насадкою-фільтром для виключення попадання в нього сировини, пристрій для продуву камери містить повітропровід, введений в камеру поблизу площини фланця горловини камери та оснащений на кінці розпилювачем.

Форма камери багатомодового резонатора, що задана співвідношенням висот складових частин камери та значенням кута між висотою та твірною більшого по висоті конуса, незначно погіршує такий показник, як «відношення максимального робочого об'єму до мінімальної внутрішньої поверхні». Але саме заявлена форма камери резонатора в поєднанні з заданим значенням нахилу вісі хвилевідного уведення, та відповідно камери в робочому положенні, під кутом  $20-21^\circ$  до горизонтальної основи пристрою забезпечують різке підвищення кількості сировини поблизу вводу НВЧ-енергії, практично повне поглинання НВЧ-енергії, однорідність температурного поля по всьому об'єму матеріалу, що висушується, за рахунок чого поліпшується якість сушіння. При цьому нова конструкція вузла відкачки камери, а саме введення діелектричного патрубку для відкачки об'єму

камери через обертове вакуумне ущільнення, що забезпечує його нерухомість відносно камери, яка обертається, розташування його поблизу площини днища камери, заявлена форма діелектричного патрубка та оснащення його насадкою - фільтром для виключення попадання в нього сировини, в поєднанні з заявленою конструкцією пристрою для продуву камери, що містить розташований зовні камери повітропровід з розпилювачем, який введений в камеру поблизу площини фланця горловини камери, створює можливість забезпечення оптимального технологічного режиму сушіння щодо підтримки заданих значень температури та тиску, виключає утворення конденсату та налипання дрібних частинок матеріалу на поверхні обертового НВЧ зчленування, таким чином підвищуючи ефективність використання НВЧ-енергії та якість висушеного матеріалу.

Винахід пояснюється кресленнями.

На Фіг.1 схематично зображений пристрій для сушіння сипучих діелектричних матеріалів.

На Фіг.2 приведений ескіз перерізу камери багатомодового резонатора.

Пристрій містить камеру багатомодового резонатора, який складається з більшого по висоті зрізаного конуса 1, меншого по висоті зрізаного конуса 2, що з'єднані між собою більшими основами циліндричною частиною 3. При цьому співвідношення висот зрізаного конуса 1, циліндричної частини 3 та зрізаного конуса 2 складає 2,5:1:0,25, а кут між висотою та твірною конуса 1 складає 20-21°. Зрізаний конус 1 фланцем 4 горловини камери через обертове НВЧ зчленування 5 з'єднаний хвилевідним введенням 6 з НВЧ-генератором 7. Хвилевідне введення 6 закріплене таким чином, що його вісь утворює з горизонтальною основою пристрою 8 кут 20-21°.

Камера кріпиться на стійках 9 з можливістю обертання та вертикального переміщення. У конкретному прикладі кріплення камери на стійках 9 забезпечено за допомогою напрямних 10, укріплених в осях 11, що забезпечують можливість вертикального переміщення камери від мотор-редуктора повороту (на Фіг.1, 2 не показаний). Напрямні 10 жорстко з'єднані з рамкою 12, на якій укріплені ролики 13, що центрують. На самій камері жорстко розташоване кільце 14, що при обертанні камери «котиться» по роликах 13. Мотор-редуктор обертання на Фіг.1, 2 не показаний.

З боку зрізаного конуса 2 по осі камери через обертове вакуумне зчленування 15 у днищі 16 для відкачки об'єму камери введений та розташований поблизу площини днища 16 діелектричний патрубок 17, зігнутий уверх та оснащений насадкою-фільтром 18 для виключення попадання в нього сировини 19. Діелектричний патрубок 17 жорстко з'єднаний через вакуумний трубопровід 20 з вакуумним насосом (на Фіг.1, 2 не показаний).

Зовні камери, коаксимально діелектричному трубопроводу 17 та трубопроводу 20 розташований пристрій для продуву камери, в який продувальний газ подається з нагнітача (на Фіг.1, 2 не показаний). Пристрій для продуву камери включає обертове вакуумне зчленування 21, розташоване на порожнистому валу 22, що нероз'ємно з'єднаний з

камерою та має отвори 23 для подачі продувального газу в камеру по повітропроводу 24. Повітропровід 24 нерухомо закріплений на поверхні камери, введений в камеру поблизу площини фланця 4 і оснащений на кінці розпилювачем 25.

Пристрій працює таким чином.

Включають мотор-редуктор повороту та установлюють камеру фланцем 4 горловини камери вертикально угору для завантаження сировини 19, що висушується. Після цього за допомогою мотор-редуктора повороту камеру нахилиють, фланець 4 горловини камери з'єднують з обертовим НВЧ зчленуванням 5, що забезпечує стикування з НВЧ-генератором 7 через нерухоме хвилевідне введення 6 та можливість обертання камери без порушення її герметичності. При цьому в робочому положенні вісь обертання камери утворює з горизонтальною основою пристрою 8 кут 20-21°, діелектричний патрубок 17 з насадкою-фільтром 18 в результаті цього завжди буде знаходитись вище рівня сировини 19, забезпечуючи відкачку об'єму камери. Включають вакуумний насос і через вакуумний трубопровід 20 та діелектричний патрубок 17 здійснюють відкачку до необхідного тиску. Одночасно включають мотор-редуктор обертання і камера починає обертання кільцем 14 по роликах 13 зі швидкістю ~ 4-5 об/хвил. При цьому вакуумне зчленування 15 у днищі 16 камери обертається разом з камерою, а діелектричний патрубок 17 залишається нерухомим. Також нерухомим залишається вакуумне зчленування 21, при цьому порожнистий вал 22 разом з повітропроводом 24 обертається разом з камерою. При досягненні тиску в камері  $\leq 10^{-1}$  мм рт.ст., не припиняючи відкачки об'єму, включають нагнітач для подачі та регулювання продувального газу. Через отвори 23 в порожнистому валу 22 та повітропровід 24 з розпилювачем 25 на кінці в камеру напускають продувальний газ до передпробійного тиску, здійснюючи продувку камери та забезпечуючи здування дрібних частинок сировини з площини обертового НВЧ зчленування 5. Потім включають НВЧ-генератор 7. При обертанні камери сировина 19 переміщується, зберігаючи увесь час форму клина, вершиною зверненою убік НВЧ-генератора 7, що сприяє рівномірності прогріву сировини 19.

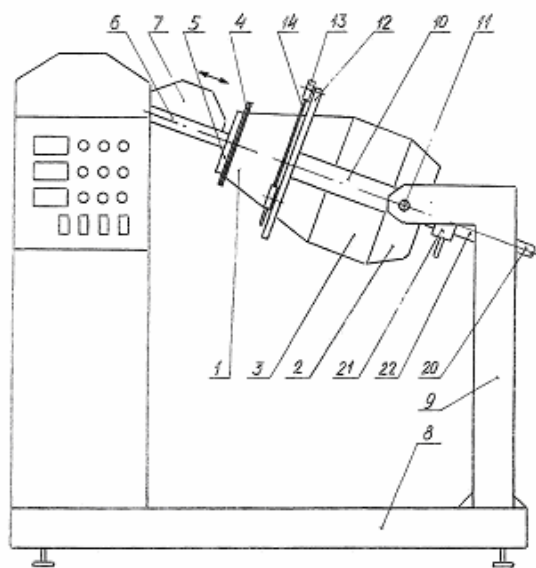
Вивантаження висушеної сировини здійснюється в наступній послідовності. Відключають НВЧ-генератор 7, виключають мотор-редуктор обертання, виключають вакуумний насос та через повітропровід 24 з нагнітача здійснюють напуск продувального газу до атмосферного тиску. Обертове НВЧ зчленування 5 та фланець 4 горловини камери роз'єднують. Система НВЧ-генератор 7 - хвилевідне введення 6 - обертове зчленування 5 відводять на необхідну відстань для того, щоб камера змогла фланцем 4 горловини опуститися вниз на осях 11 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 з використанням пристрою, що заявлений, вологість сировини склала  $10^{-3}\%$ , споживання електроенергії знизилось до

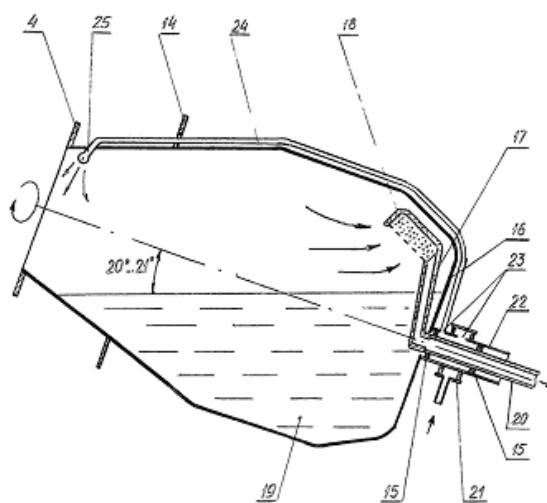
0,05квт-година/кг, що вдвічі нижче ніж при сушінні з використанням пристрою за прототипом.

Також у даному пристрої було проведено сушіння органічних речовин, таких як фармацевтичні препарати кокарбоксилази гідрохлориду та аміксін, і якість висушеного продукту повністю відповідала вимогам аналітичної нормативної документації. Тоді як конструкція пристрою для сушіння за прототипом не забезпечувала необхідної якості висушеного продукту згідно вимог аналітичної норма-

тивної документації, зокрема щодо кількості органічних розчинників, що робило неможливим використання цієї конструкції для сушіння органічних речовин. Споживання електроенергії складає при сушінні кокарбоксилази гідрохлориду 0,8 квтгодина/кг, при сушінні препарату аміксін - 0,2квт-година/кг, тобто зменшення енергоємності процесу в порівнянні з термічним сушінням складає відповідно в 150 та 600 разів.



Фиг.1



Фиг.2