



УКРАЇНА

(19) UA (11) 56705 (13) U
(51) МПК (2011.01)
F26B 3/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ СУШІННЯ СИПУЧИХ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ

1

(21) u201008157

(22) 30.06.2010

(24) 25.01.2011

(46) 25.01.2011, Бюл.№ 2, 2011 р.

(72) ГОРОБЕЦЬ ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ,
КІВВА ФЕЛІКС ВАСИЛЬОВИЧ, ЗОТОВ СЕРГІЙ
МИХАЙЛОВИЧ, ГОЛОВКО МИХАЙЛО ІВАНОВИЧ,
ГОНЧАРЕНКО ЮРІЙ ВІКТОРОВИЧ, КОВОРОТ-
НИЙ ОЛЕКСІЙ ЛЕОНІДОВИЧ, ГОВОРИЩЕВ ОЛЕ-
КСАНДР ІВАНОВИЧ, ДІМНІН ІГОР ФЕЛІКСОВИЧ,
РИМАР СЕРГІЙ ІВАНОВИЧ, ДОРОШЕНКО СЕРГІЙ
МИКОЛАЙОВИЧ(73) ІНСТИТУТ РАДІОФІЗИКИ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ
ІМ. О.Я. УСИКОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ
НАУК УКРАЇНИ(57) Пристрій для сушіння сипучих дисперсних
матеріалів, що містить генератор високої частоти з
випромінювачем короткохвильового діапазону у
вигляді стрижня, електропровідну циліндричну
сушильну камеру з системою її вакуумування та
дренажною системою для стоку водяної пари і
конденсату, забезпечену з обох торців герметич-

2

ними знімними фланцями, один з яких містить
центральный отвір для зв'язку генератора високої
частоти через закріплений на цьому фланці узго-
джувальний пристрій з одним з країв випроміню-
вача, забезпеченого щонайменше трьома подовж-
німи ребрами у вигляді трикутників, основи яких
направлені в бік до генератора високої частоти,
другий край якого закріплений в термотривкій ке-
рамічній втулці, встановлений на другому фланці,
при цьому довжина випромінювача в сушильній
камері менша від довжини сушильної камери на
висоту термотривкої керамічної втулки, а діаметр
сушильної камери і її довжина менші від довжини
хвилі короткохвильового діапазону у висушувано-
му матеріалі, який **відрізняється** тим, що він до-
датково обладнаний плоским теплоелектронагрі-
вачем, закріпленим на зовнішній поверхні
сушильної камери, теплоізолятором, встановле-
ним на теплоелектронагрівачі і з'єднаним з відби-
вальним екраном таким чином, що відбивальна
поверхня останнього направлена в бік сушильної
камери.

Корисна модель відноситься до техніки сушін-
ня сипучих дисперсних матеріалів і може бути ви-
користана в електроенергетиці для глибокого су-
шіння сорбентів, наприклад, цеоліту, силікагелю та
інших, за допомогою теплового поля та електро-
магнітного поля високої частоти.

Відомий пристрій для сушіння матеріалів (де-
клараційний патент України № 43004 А, МПК⁷
F26B3/347), який містить генератор НВЧ діапазо-
ну, електропровідну сушильну камеру, що являє
собою об'ємний резонатор, з ємністю для матеріа-
лів, що висушуються, стінки якої прозорі для мік-
рохвиль, привід, для обертання ємності, конденса-
тор для зрідження випареної вологи, холодильну
установку для підтримання температурного режи-
му конденсації, теплообмінник, насос для приму-
сової циркуляції води, ємність для збирання кон-
денсату, насос для зниження тиску в ємності для
матеріалів, що висушуються.

Недоліком вказаного пристрою є низька про-
дуктивність, висока енергоємність і значні втрати

теплової енергії через стінки електропровідної
сушильної камери. Дійсно, для ефективного збу-
дження об'ємного резонатора об'єм матеріалу, що
підлягає висушуванню, не повинен перевищувати
10% від об'єму сушильної камери. Отже, для під-
вищення продуктивності праці потрібно створення
великих камер або збільшення їх кількості, що
призводить до зростання енергоємності пристрою.
Крім того, значна частина теплової енергії втрача-
ється через конвекційні процеси перенесення теп-
ла, обумовлені різницею температур в сушильній
камері і зовнішньому середовищі. Дослідження
показали, що відношення корисного використання
електроенергії до її загальних витрат в даному
пристрої не перевищує 10 %.

Недоліком цього пристрою є також необхід-
ність обертання ємності з матеріалом для забез-
печення рівномірного по глибині матеріалу нагріву,
що ускладнює конструкцію і руйнує висушуваль-
ний матеріал. Використання даного пристрою для
сушіння сорбентів показало, що вони витримують

(13) U

(11) 56705

(19) UA

лише два цикли регенерації без суттєвих змін корисних властивостей сорбентів.

Відомий також пристрій для сушіння сипучих матеріалів (патент РФ № 2036398, МПК⁶ F26B3/347), який містить генератор НВЧ діапазону, випромінювач якого виконаний у вигляді стрижня довжиною $L = \lambda_B / 4$, що розташований в центральному отворі фланця (плити) електропровідної сушильної камери, випромінювач пов'язаний з генератором НВЧ діапазону через узгоджувальний пристрій, а сушильна камера забезпечена контейнером для сипучих матеріалів, системою вакуумування та дренажною системою для стоку водяної пари і конденсату. Систему вакуумування сушильної камери виконано у вигляді приводної кришки, поєднаної вертикальними лопатками з нижнім кільцем по її периметру.

Недоліком пристрою є його низька продуктивність, яка зумовлена тим, що нагрів сипучих матеріалів ведуть електромагнітним полем в НВЧ діапазоні, і для збудження сушильної камери, як об'ємного резонатора, потрібно витримати певне співвідношення об'єму (маси) матеріалу до об'єму сушильної камери. Для даного пристрою об'єм контейнера не перевищує ~ 30 % від об'єму сушильної камери. При збільшенні об'єму завантаження камери виникають труднощі при її збудженні і нерівномірності розподілу інтенсивності НВЧ поля всередині контейнера з сипучим матеріалом.

Недоліком пристрою є також його велика енергоємність. Так, наприклад, для регенерації 100 кг сорбенту потрібно витратити приблизно 1200 МДж енергії, час обробки сорбенту перевищує 10 годин.

Недоліком пристрою є також втрати теплової енергії через те, що стінки сушильної камери не є монолітними, а також різниця температур з обох сторін електропровідних стінок камери сприяє конвекційному перенесенню теплової енергії з середини сушильної камери у відкритий простір, що призводить до додаткових витрат електроенергії.

Найбільш близьким по суті до запропонованого є пристрій для сушіння сипучих дисперсних матеріалів (патент України № 75206 А, МПК⁷ F26B3/347), що містить генератор високої частоти з випромінювачем короткохвильового діапазону у вигляді стрижня, електропровідну циліндричну сушильну камеру з системою її вакуумування та дренажною системою для стоку водяної пари і конденсату, забезпечену з обох торців герметичними знімними фланцями, один з яких містить центральний отвір для зв'язку генератора високої частоти через закріплений на цьому фланці узгоджувальний пристрій з одним з країв випромінювача, забезпеченого щонайменше трьома продовжними ребрами у вигляді трикутників, основи яких направлені в бік до генератора високої частоти, другий край якого закріплений в термотривкій керамічній втулці, встановленій на другому фланці, при цьому, довжина випромінювача в сушильній камері менша від довжини сушильної камери на висоту термотривкої керамічної втулки, а діаметр сушильної камери і її довжина менші від довжини хвилі короткохвильового діапазону у висушувальному матеріалі.

Недоліком даного пристрою є значні втрати енергії, які пов'язані з конвекційними процесами перенесення теплової енергії з сушильної камери у відкритий простір, і, як наслідок, додаткові витрати електроенергії. При висушуванні сипучих матеріалів температура всередині сушильної камери дорівнює приблизно 100-120°C, а температура зовнішнього середовища може коливатися від 0°C до 30°C. Через те, що стінки сушильної камери виготовлені переважно із сталі, електро- та теплопровідного матеріалу, вони передають теплову енергію з сушильної камери у зовнішнє середовище. Відомо, що втрати теплової енергії на теплопередачу пропорційні ΔT , а на випромінювання $(\Delta T)^4$, де ΔT - різниця температур всередині і зовні сушильної камери [дивись Х.Кухлінг. Справочник по физике. Москва, мир, 1983, с. 205-210].

Недоліком даного пристрою є також значний термін висушування сипучих матеріалів; для регенерації 100 кг сорбенту цей період дорівнює 8 годин.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалити пристрій для сушіння сипучих дисперсних матеріалів шляхом додання та збереження теплової енергії в об'ємі сушильної камери, що забезпечить зменшення часу технологічного процесу.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для сушіння сипучих дисперсних матеріалів, що містить генератор високої частоти з випромінювачем короткохвильового діапазону у вигляді стрижня, електропровідну циліндричну сушильну камеру з системою її вакуумування та дренажною системою для стоку водяної пари і конденсату, забезпечену з обох торців герметичними знімними фланцями, один з яких містить центральний отвір для зв'язку генератора високої частоти через закріплений на цьому фланці узгоджувальний пристрій з одним з країв випромінювача, забезпеченого щонайменше трьома продовжними ребрами у вигляді трикутників, основи яких направлені в бік до генератора високої частоти, другий край якого закріплений в термотривкій керамічній втулці, встановленій на другому фланці, при цьому довжина випромінювача в сушильній камері менша від довжини сушильної камери на висоту термотривкої керамічної втулки, а діаметр сушильної камери і її довжина менші від довжини хвилі короткохвильового діапазону у висушувальному матеріалі, згідно корисної моделі додатково обладнаний плоским теплоелектронагрівачем, закріпленим на зовнішній поверхні сушильної камери, теплоізолятором, встановленим на теплоелектронагрівачі і з'єднаним з відбивальним екраном таким чином, що відбивальна поверхня останнього направлена в бік сушильної камери.

Завдяки обладнанню пристрою плоским теплоелектронагрівачем, закріпленим на зовнішній поверхні сушильної камери, забезпечено висушування сипучих матеріалів в комбінованому полі (електромагнітному полі генератора ВЧ діапазону в сукупності з тепловим полем теплоелектронагрівача), що скорочує період висушування матеріалу і, як наслідок, підвищує продуктивність праці. Використання теплоізолятора, встановленого на те-

плоелектронагрівачі і з'єднаного з відбивальним екраном таким чином, що відбивальна поверхня екрана направлена в бік сушильної камери, дозволяє запобігти витоку теплової енергії у відкритий простір і, як наслідок, зменшити додаткові витрати електроенергії, особливо в умовах, коли температура зовнішнього середовища знижується до 0 °С, або навіть до -10 °С.

Суть корисної моделі пояснюється ілюстраціями. На фіг. 1 - схематичне зображення пристрою для сушіння сипучих дисперсних матеріалів. На фіг. 2 зображено розріз за А-А.

Запропонований пристрій для сушіння сипучих дисперсних матеріалів містить сушильну камеру 1 циліндричної форми з електропровідними стінками 2, яка з обох торців має герметичні знімні фланці 3 і 4. Фланець 3 містить центральний отвір 5 для зв'язку генератора 6 високої частоти через узгоджувальний пристрій 7, який закріплений на фланці 3, з одним із країв випромінювача 8 короткохвильового діапазону, виконаного у вигляді стрижня. Другий край випромінювача 8 закріплений в термотривкій керамічній втулці 9, яка встановлена на фланці 4. Випромінювач 8 (стрижень) виконаний довжиною, меншою довжини сушильної камери 1, причому випромінювач 8 і сушильна камера 1 з'єднані коаксіально з генератором 6 високої частоти. Діаметр сушильної камери 1 і її довжина менші від довжини хвилі короткохвильового діапазону у висушувальному матеріалі. Випромінювач 8 забезпечений щонайменше трьома подовжніми ребрами 10 у вигляді трикутників, основи яких направлені в бік до генератора 6 високої частоти. Сушильна камера 1 має систему 11 вакуумування і дренажну систему 12 для стоку водяної пари і конденсату. На стінках 2 сушильної камери 1 закріплений плоский теплоелектронагрівач 13, наприклад, кільцевий нагрівач типу UGL з робочою температурою до 350 °С і специфічною загрузкою поверхні 5 Вт/см². На нього встановлений теплоізолятор 14, наприклад, теплоізолятор типу "Вайредмат" товщиною 50 мм, який з'єднаний з відбивальним екраном 15; відбивальна поверхня екрану 15 направлена в бік сушильної камери 1. Відбивальним екраном 15 може служити полірована алюмінієва фольга з високою відбивальною спроможністю ($\varepsilon = 0,051$).

Пристрій працює таким чином:

В сушильну камеру 1, герметично закрити знизу знімним фланцем 4, засипають до її заповнення сипучий матеріал, який підлягає висушуванню. Сушильну камеру 1 герметизують за допомогою знімного фланця 3 з отвором 5. Вмикають генератор 6 високої частоти, систему 11 вакуумування та плоский теплоелектронагрівач 13. В просторі між випромінювачем 8 (стрижнем) та стінками 2 сушильної камери 1 виникає електромагнітне поле, яке поглинається матеріалом, що підлягає сушін-

ню, і вологою в ньому. В зв'язку з тим, що генератор 6 виконаний в короткохвильовому діапазоні і його довжина хвилі істотно більша не тільки діаметра сушильної камери 1, але і її довжини, конструкція, що пропонується, являє собою неоднорідну коаксіальну хвильову лінію, еквівалентна схема якої має на кінці конденсатор, утворений випромінювачем 8 та стінками 2 сушильної камери 1. За допомогою узгоджувального пристрою 7 регулюють коефіцієнт стоячої хвилі таким чином, щоб він мав мінімальне значення. В той же час теплове поле теплоелектронагрівача 13 нагріває стінки 2, які передають тепло всередину сушильної камери 1. Для запобігання витоку теплової енергії за межі пристрою на електроелектронагрівачі 13 встановлений теплоізолятор 14, який з'єднаний з відбивальним екраном 15; відбивальна поверхня екрану 15 направлена в бік сушильної камери 1.

Система 11 вакуумування забезпечує вакуум на рівні (1-10) кПа; завдяки цьому знижується поріг температури інтенсивного випарювання води до 50 °С, що виключає коксування мастила на поверхні сорбентів. Температура теплоелектронагрівача 13 підтримується в діапазоні 100-150 °С. Випромінювач 8, закріплений в термотривкій керамічній втулці 9, має щонайменше три подовжні ребра 10 у вигляді трикутників, основи яких направлені в бік до генератора 6 високої частоти і забезпечує рівномірний нагрів сипучого матеріалу всередині сушильної камери 1.

У процесі сушіння, в міру зменшення вологості висушуваного матеріалу, електромагнітне і теплове поля зменшують, в наслідок чого додатково зберігається електроенергія.

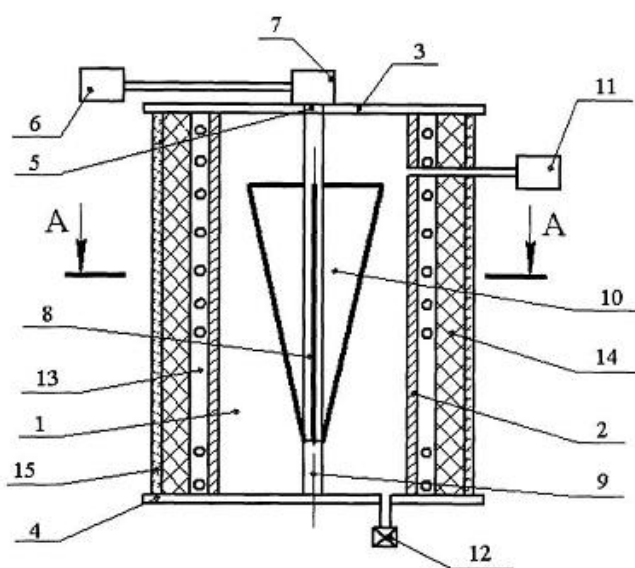
Водяна пара і конденсат, які утворюються при випарюванні води з сипучого матеріалу поступають у дренажну систему 12.

Процес сушіння контролюється по температурі висушуваного матеріалу: на початку сушіння температура матеріалу монотонно підвищується, потім стабілізується при заданій величині вакууму; про закінчення сушіння свідчить подальше підвищення температури матеріалу. Після закінчення циклу сушіння знімають фланець 4 і вивантажують готовий висушений матеріал.

Дія комбінованого поля (електромагнітного поля генератора 6 високої частоти і теплового поля теплоелектронагрівача 13) на 25 % скорочує час технологічного процесу, а значить і підвищує продуктивність праці. На кожні 100 кг матеріалу, що підлягає сушінню, загальні витрати енергії зменшені з 247 МДж (для пристрою прототипа) до 172 МДж (для заявленої корисної моделі).

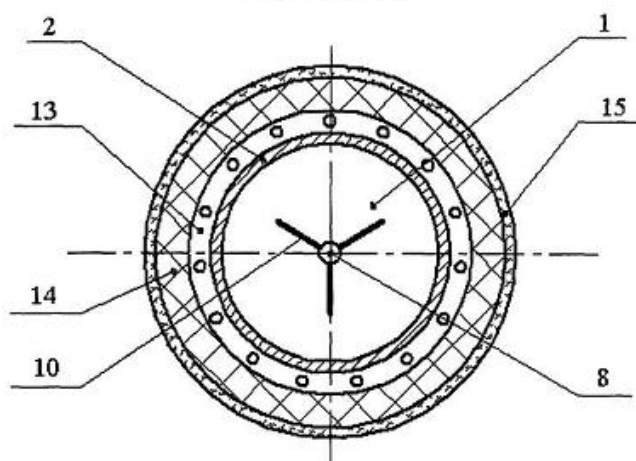
Технічний результат, який досягається при використанні корисної моделі:

- зменшення часу технологічного процесу;
- зменшення витрат енергії.



Фиг. 1

Розріз за А - А



Фиг. 2