

Коефіцієнт " α " залежить від гідродинамічних умов процесу і температури теплоносія, коефіцієнт " a " залежить тільки від природи і структурної модифікації матеріалу. Кінетичні коефіцієнти " α " і " a " для досліджуваного матеріалу визначенні на основі експериментальних даних, виходячи із рівняння (5), узагальнюючи результати досліджень шляхом побудови кінетичної кривої в координатах

$$\lg\left(\frac{1}{\tau}\left(1-\frac{w}{w_0}\right)\right) = H.$$

Для досліджуваного матеріалу " a "=760 1/М. Розрахунок кінетичного коефіцієнта α проводиться при допомозі отриманої залежності

$$\alpha = A_1 T^{m'} \Delta P^{n'}, \quad (6)$$

у якій коефіцієнт пропорційності A_1 і показники степеня m' і n' також визначаються на основі дослідних даних. Рівняння (5), доповнене рівнянням (6), дозволяє прогнозувати процес фільтраційного сушіння в широкому діапазоні зміни параметрів процесу і служить основою для розрахунку сушильних агрегатів.

Позначення: ϕ – відносна вологість повітря; P – барометричний тиск Па; H – товщина стінки матеріалу, М; W , W_0 – відповідно, поточна і початкова вологість матеріалу, %; F – геометрична площа досліджуваного матеріалу, м²; ρ – густина повітря при середньому тиску в матеріалі, кг/м³; M – масова швидкість, кг/с; S – внутрішня поверхня масообміну, м²; K – коефіцієнт масопередачі, %/кг м; PS – тиск насиченої пари води, Па.

Література

1. Билей П.В. Технология камерной сушки твердых листовых пород: Автореферат дис. докт. тех. наук. – Львов, 1993. – 36 с.
2. Стерлин Д.М. Сушка производственной фанеры и древесно-стружечных плит. – М. Лесн. пром-сть. – 1977. – 383 с.
3. Кречетов И.В. Сушка древесины. – М.: Лесн. пром-сть – 431 с.
4. Ханьк Я.Н. Фильтрационная сушка плоских проницаемых материалов.: Автореферат дис. докт. техн. наук – Львов, 1993. – 36 с.
5. Аксельруд Г.А., Ханьк Я.Н. Фильтрационная сушка изделий как способ интенсификации и энергосбережения// Химическая промышленность, 1991, № 8 – С. 477-480.

УДК 67.045

Інж. К.В. Шолота, к.т.н.; проф. Я.М. Ханьк, д.т.н. – НУ "Львівська політехніка"; доц. В.М. Гербей, к.т.н. – УкрДЛТУ

ПОРІВНЯННЯ КІНЕТИЧНИХ, ТЕХНОЛОГІЧНИХ І ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИ ФІЛЬТРАЦІЙНОМУ І КОНВЕКТИВНОМУ МЕТОДАХ СУШІННЯ КАРТОННИХ ВИРОБІВ

Наводяться порівняльні характеристики кінетичних, технологічних і енергетичних показників при фільтраційному і конвективному методах сушіння картону.

Eng. K.V. Sholota, prof. Ya.M. Hanyk – NU "Lviv'ska Politekhnik"; doc. V.M. Gerbey – USUFWT

There are comparative kinetic, technological and energetic data by cleaning and convective methods of drying of hard paper in the article.

Процес сушіння листових картонів і, зокрема, картонних виробів складної форми являє собою складну технологічну і енергетичну проблему. З технологічної точки зору, проблема полягає в тому, що вироби складної форми у випадку використання конвективного сушіння зазнають значних механічних пошкоджень до початку процесу сушіння (допоміжні операції) і є безпосередньо в процесі сушіння (залишкові деформації), що виключає їх з подальшого технологічного процесу (брак) [1].

При фільтраційному сушінні запропонована технологія виробництва картонних виробів, яка практично повністю виключає наявність бракованої продукції, що призводить до значної економії енергетичних затрат і матеріальних ресурсів.

Порівняння кінетичних показників у першу чергу відноситься до порівняння швидкості процесу сушіння і відповідно тривалості процесу до досягнення рівноважної вологості. При сушінні картонних виробів складної форми час зневоднення становить 260 хв., а при фільтраційному сушінні 10-15 хв. [1], тобто, тепломасообмін інтенсифікується більше, ніж у 40 раз.

Причини зростання швидкості фільтраційного сушіння детально описані в ряді робіт. Як при конвективному, так і при фільтраційному сушінні виробів із картону кінетичні криві за формою однакові і характеризуються наявністю першого і другого періодів.

Однак, як відомо [2], за фізичними процесами, які протікають під час сушіння, зокрема, за динамікою зміни вологості і температури в матеріалі, кінематичні криві істотно відрізняються і тому при фільтраційному тепломасообміні періоди сушіння мають назву умовних періодів. Підтвердженням різниці механізмів сушіння є і те, що критична вологість при конвективному сушінні картонних виробів становить 20 %, а при фільтраційному – менше 10 %.

Це пояснюється тим, що другий умовний період фіксується на кінетичній кривій при фільтраційному процесові в період сушіння адсорбцією і осмотично зв'язаної води в кінці процесу, коли капілярна волога практично відсутня. При конвективному сушінні критична вологість зумовлена іншими причинами.

Цікавим є той факт, що при сушінні картонних виробів складної форми як фільтраційним, так і конвективним методами відносний коефіцієнт сушіння є величиною постійною і дорівнює $8,9 \cdot 10^{-2} \%$ /с, залежить тільки від фізико-хімічних властивостей матеріалу [3].

З енергетичної точки зору, фільтраційне сушіння має значну перевагу перед конвективним і іншими існуючими методами. При зневодненні досліджуваних картонних виробів складної форми питомі енергетичні затрати у випадку конвективного сушіння складають 38640 кДж/кг, а при фільтраційному 2500, тобто при значній інтенсифікації сушіння відбувається зменшення питомих енергозатрат майже в 11 раз [1].

Порівняння технологічних, кінетичних і енергетичних показників переконливо показує перевагу фільтраційного процесу перед конвективним та іншими методами у випадку сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів.

Література

1. Шолота К.В. Особливості сушіння виробів складної форми із капілярно-пористих колоїдних матеріалів// хімічна промисловість України. – 1997. – №5 – С. 21-27.

2. Ханік Я.Н. Исследование сушки газопроницаемых материалов фильтрационным способом. Дис. канд. техн. наук. – Киев, 1980. – 243 с.
3. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 471 с.

УДК 66. 047

Доц. В.М. Атаманюк, к.т.н. – НУ "Львівська політехніка"

ВПЛИВ СТРУКТУРИ І ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНИСТОГО МАТЕРІАЛУ НА ПРОЦЕС СУШІННЯ У ЩІЛЬНОМУ ШАРІ

Аналізується вплив структури зернистого матеріалу на кінетику фільтраційного сушіння. наведена класифікація зернистих матеріалів.

Doc. V. Atamaniuk – NU "Lvivs'ka Politekhnik"

Influence by structure of physical and chemical characteristics of grain material on drying process in dense lay

In this work is analyzed influence of structure of grained material on kinetic of filtration drying. Represented classification of grained materials.

Сушіння зернистих матеріалів є складною тепломасообмінною і технологічною задачею, успішне розв'язання якої у кінцевому результаті визначає не тільки питомі енергетичні затрати, але і якість готової продукції.

Одним із методів сушіння сипучих матеріалів, які широко використовуються промисловістю, є сушіння у нерухомому щільному шарі, воно має ряд переваг перед іншими методами, зокрема перед сушінням у киплячому шарі.

Сушіння у щільному шарі можна проводити двома різними методами. До першого методу відноситься процес сушіння, коли теплоносії подається під перфоровану перегородку, на якій розміщений матеріал, тобто напрям руху теплоносія не співпадає з напрямом дії сили ваги. До другого методу відноситься сушіння у щільному шарі, коли теплоносії рухається через матеріал у напрямку до перфорованої ґратки і його рух співпадає з вектором дії сили ваги.

Сушіння в щільному шарі за першим методом має ряд недоліків, які пов'язані з нерівномірністю руху теплоносія протягом процесу сушіння, конденсацією вологи в матеріалі і повторне її випаровування, відсутність механічного витіснення і винесення вологи.

Нами проведені багаточисельні дослідження другого методу сушіння, коли теплоносії подається в напрямку зовнішня поверхня – перфорована перегородка. При такому сушінні матеріалу необхідно розрізняти сушіння в щільному шарі і фільтраційне сушіння. Сушіння у щільному шарі здійснюється тоді, коли наскрізна пориста структура його характеризується наявністю каналів, а фільтраційне сушіння – макро- і мікрокапілярів.

Структура матеріалу визначається в першу чергу розмірами частин і фізико-хімічними властивостями матеріалу. Сипучі матеріали, що сушаться за другим методом внаслідок перепаду тисків, щільно прилягають до перфорованої перегородки і пориста структура шару в процесі сушіння може змінюватися тільки за рахунок зміни вологості або сідання. Істотні зміни є і в кінетиці процесу. Вивчення процесу сушіння дисперсних матеріалів в щільному шарі проводилося при

створенні перепаду тисків за рахунок розрідження під перфорованою перегородкою.

Всі об'єкти, з якими проводилися дослідження, можна класифікувати таким чином:

1. Сипучі матеріали, які характеризуються значним явищем "сідання".

2. Сипучі матеріали, які в межах перепадів тисків $0.1-0.4 \cdot 10^5$ Па практично не змінюють пористої структури.

Перша група матеріалів має свою внутрішню класифікацію.

1. Шар матеріалу складається із кристалічних частин (наприклад, пісок), які не мають внутрішньої структури, легко ущільнюються при створенні перепаду тисків. Будова шару аналогічна будові капілярно – пористого листового матеріалу.

2. Шар складається із частин правильної форми (сферичні), які характеризуються внутрішньою мікроструктурою, а структура шару в цілому – наявністю каналів (наприклад, суперфосфат).

3. Шар дисперсного матеріалу складається з частин неправильної форми, кожна з яких має свою макро – і мікроструктуру (кавовий шлам).

4. Шар дисперсного матеріалу, має виражені колоїдні властивості і структура шару є макропористою, а окремі частини мають мікро- і макроструктуру (наприклад, торф).

Дисперсні матеріали, для яких явище "сідання" незначне, можна класифікувати за аналогічною схемою. Відмінність полягає в тому, що зміна вільного об'єму відбувається тільки за рахунок вологості матеріалу, а перепад тисків на зміну пористості практично не впливає. Фізичко-хімічні властивості матеріалу, структурна модифікація і її зміна в процесі сушіння тісно пов'язана із кінетикою процесу. Сушіння дрібнодисперсних кристалічних матеріалів, які утворюють в процесі сушіння систему мікро- і макрокапілярів, при відсутності внутрішньої структури в окремій частині (наприклад, сушіння піску) аналогічне фільтраційному процесу сушіння.

На рис. 1 представлені кінетичні криві сушіння піску, із яких видно, що в процесі механічного витіснення вологість зменшується з 30 % до 6-8 %, а решту вологи виділяється у першому умовному періоді. Це пояснюється тим, що капіляри, утворені кристалами, є поверхні їх граней, а внутрішньо-молекулярний процес безпосередньо в частинах відсутній.

При сушінні шару матеріалів, які складаються із частин правильної і неправильної форми (наприклад суперфосфат), що мають свою внутрішню і капілярну будову, а сам шар характеризується мікропористою структурою, процес характеризується класичною кінетичною кривою з наявністю тільки умовного другого періоду (рис. 2). Причому другий умовний період значний як в часі, так і за кількістю вологи, що виділяється. Наявність високої критичної вологості і, відповідно, значного другого періоду пояснюється внутрішньо-дифузійними процесами виділення вологи із капілярної системи окремих частин. При сушінні таких матеріалів процес можна класифікувати не як фільтраційне сушіння, а як сушіння в щільному шарі. В даному випадку відсутнє механічне витіснення і механічне винесення вологи. Спільні ознаки із фільтраційним сушінням – це винесення вологи із шару, яка конденсується із вологого повітря, рівномірність сушіння, висока ступінь використання теплової енергії.

Особливу групу дисперсних матеріалів складають зернисті об'єкти, що мають виражені колоїдні властивості і характерні для таких матеріалів фізико – хімічні властивості. Особливості сушіння таких матеріалів значною мірою залежать не тільки від структурної модифікації шару, але і від початкової вологості. При низьких початкових вологостях отримуємо сухий дисперсний матеріал, а при