

Література

1. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло и массопереноса. – М.: Теплоэнергиздат, 1963. – 535 с.
2. Мазяк З.Ю. Тепло и массоперенос в пористых телах при переменных потенциалах в среде. – К.: Вища школа, 1979. – 120 с.
3. Коллац Л.Н. Численные методы решения дифференциальных уравнений. – М.: Инлит, 1983. – 459 с.
4. Михайлов М.Д. Обобщенное решение задач тепло и массопереноса. В кн.: Математические и физические вопросы теломассообмена. – Минск: ИТМО, 1973, – С. 135.

УДК 66.045

Инж. Б.М. Микичак; проф. Я.М. Ханик, д.т.н. – НУ "Львівська політехніка"; доц. В.М. Гербей, к.т.н. – УкрДЛТУ

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЛИСТОВИХ ДЕРЕВИННИХ МАТЕРІАЛІВ

Наведена кінетика дослідження листових деревинних матеріалів і кінетичні коефіцієнти, які входять в рівняння, що дозволяє прогнозувати процеси сушіння в першому умовному періоді.

Eng. B. Mykychak; prof. Ya. Hanyk – NU "Lvivs'ka Politekhnikha"; doc. V. Gerbey – USUFWT

Intensification the drying of wood in the formed shape

The kinetic of the investigation of the flat wooden materials and kinetic coefficients are presented.

Сушіння деревини і виробів із неї являє собою складну не тільки теплофізичну, але особливо технологічну проблему.

Якість висушуваної деревини у більшості випадків визначає собівартість кінцевої продукції і її якість, оскільки у багатьох випадках при існуючих методах сушіння значний відсоток сухої деревини не може бути використаний в подальшому виробництві. А враховуючи складність будови деревини, особливості зв'язку вологи з матеріалом розробити обґрунтовані режими сушіння з врахуванням внутрішнього вологоперенесення і зовнішнього масообміну є складною задачею [1].

Сушіння шпону, який широко використовується для виробництва меблів та інших виробів, є також складною технологічною і енергетичною проблемою. Найбільш поширені методи сушіння шпону – конвективний, кондуктивний, конвективно-кондуктивний, які характеризуються значними енергетичними затратами, низькою якістю висушеного матеріалу, громіздкістю і складністю сушильних агрегатів [2]. Незважаючи на низьку газопроникність деревини [3] істотно зменшити енергетичні затрати і підвищувати якість висушуваного шпону, збільшити продуктивність сушильного обладнання можна при застосуванні більш ефективних методів і технологій сушіння. Одним з таких методів є метод фільтраційного сушіння, який широко використовується для зневоднення листових газопроникних капілярно-пористих і капілярно-пористих колоїдних матеріалів, суть якого полягає в тому, що теплоносій під дією перепаду тисків рухається через капіляри і канали газопроникного об'єкту [4]. Застосування фільтраційного методу сушіння обґрунтовується і структурою шпону, яка значно відрізняється від структури су-

цільного дерева, наявністю мікро- і макротріщин, що виникають в процесі його виготовлення.

Механізм фільтраційного сушіння істотно відрізняється від механізму конвективного і конвективно-кондуктивного та інших існуючих методів. Особлива відмінність полягає в динаміці процесу. При такому сушінні теплоносій рухається через пористу структуру матеріалу і при цьому теплова енергія майже повністю використовується на випаровування вологи [5]. При вивченні процесу сушіння багатьох матеріалів фільтраційним методом було встановлено, що інтенсивність сушіння лімітується інтенсивністю підведення тепла [4].

Внутрішнє вологоперенесення, на відміну від конвективного процесу має менший вплив на кінетику сушіння при фільтраційному методі, оскільки процес тепло-масообміну протікає безпосередньо на поверхні капілярів і каналів пористої структури об'єкту, тобто наявний внутрішньо-капілярний масообмін з одночасним винесенням рідкої фази і парів вологи з матеріалу.

Для вивчення можливості інтенсифікації сушіння шпону використовується фільтраційний метод. З цієї метою проводилися дослідження із зразками березового шпону діаметром 0,1 м і товщиною $H=1,5 \cdot 10^{-3}$ м, які розміщувалися на перфорованій перегородці. Рух теплоносія через пористу структуру матеріалу зумовлювався перепадом тисків, який створювався за рахунок розрідження під перфорованою перегородкою.

Дослідження проводилися при температурах теплоносія 50-120° С перепадах тисків (0,2-0,85) 10^5 Па.

Кінетичні криві сушіння досліджуваного матеріалу характеризуються наявністю умовних першого і другого періодів, період механічного витіснення відсутній. Під час першого умовного періоду вологість матеріалу зменшується з початкової $W_0 = 60-65\%$ до критичної $W_{кр}$, яка для досліджуваного матеріалу приблизно дорівнює 16 %. Підвищення температури і перепаду тисків призводять до збільшення, а зростання товщини стінки матеріалу – до зменшення швидкості сушіння.

Час сушіння при $t=120^\circ\text{C}$ і $\Delta p = 0,82 \cdot 10^5$ Па. до $W=12-13\%$ становить 120–150 с (процес інтенсифікується в 4 рази) при одночасному зменшенні енергетичних затрат порівняно з існуючими методами і забезпеченні високої якості висушеного матеріалу (відсутність деформацій, розтріскування, перегрівання).

Для узагальнення результатів досліджень використана модель ідеального витіснення, яка описує зміну вологості у першому умовному періоді [4]. Модель в скороченому вигляді може бути представлена у вигляді системи диференціальних рівнянь:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial H} = a(1 - \varphi); \quad \frac{\partial W}{\partial \tau} = n(1 - \varphi); \quad a = \frac{Pmn}{0,622PS}; \quad n = SKP_8; \quad m = \frac{\rho F}{100m} \quad (1,2,3,4)$$

Розв'язування системи рівнянь (1) при певних допущеннях дозволяє отримати кінетичне рівняння [4] для першого умовного періоду

$$\frac{W}{W_0} = 1 - \alpha t e^{-a \cdot h} \quad (5)$$

де $\alpha, 1/c; a, 1/m$.

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

Инж. 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 вода 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.