

Для визначення швидкості адсорбції водяної пари в середині деревини в роботі [2] пропонується наступне рішення. Продиференціювавши рівняння (2) по $l-E$ і W , отримаємо приріст вологи (волога переміщується в сторону меншого вологовмісту) при адсорбції.

$$dW = -W_p d(1-E). \quad (5)$$

Прийнявши в рівнянні (3) F'_0 і τ як змінні, отримаємо

$$dF'_0 = \frac{a'}{R} d\tau. \quad (6)$$

Для отримання швидкості адсорбції в різних точках деревини розділимо рівняння (5) на (6)

$$\frac{dW}{d\tau} = -W_p \frac{a'}{R^2} \cdot \frac{d(1-E)}{dF'_0}. \quad (7)$$

Для необмеженої пластини рівняння (1) набуде вигляду

$$1-E = \frac{4}{\pi} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{2n-1} \cos\left[\frac{\pi}{2}(2n-1)\frac{x}{R}\right] \exp\left[-\frac{\pi^2}{4}(2n-1)^2 F'_0\right]. \quad (8)$$

За рівняннями можна побудувати номограму, яка дозволяє зробити такі висновки: 1) швидкість адсорбції вологи деревиною прямо пропорційна коефіцієнту дифузії води в деревині, її рівноважній вологості і обернено пропорційна квадрату певного розміру матеріалу; 2) швидкість адсорбції змінюється протягом процесу зволоження по-різному для поверхневих і внутрішніх шарів деревини. Спочатку процес адсорбції більш інтенсивний в поверхневих шарах, а потім при $W_n \rightarrow W_p$ – у внутрішніх.

Література

1. Чудинів Б. С. Вода в древесине. – Новосибирск.: Наука, 1984. – 270с.
2. Билей П. В. Сушка древесины твердых лиственных пород. – М.: Экология, 1992. – 224с.

УДК 674.817. Проф. П.В. Білей, д.т.н. – УкрДЛТУ; інж. І.М. Личатин, к.т.н.;
інж. Д.І. Лелюк – НУ "Львівська політехніка"

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕРЕВИНОСТРУЖКОВИХ ПЛИТ В КАМЕРАХ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ

Наведено загальний розв'язок диференціальних рівнянь нагрівання деревностружкових плит в пароповітряному середовищі.

Prof. P.V. Bilej – USUFWT; eng. I.M. Lychatyn; eng. D.I. Lelyk – NU "Lviv's'ka Politechnika"

Analytical investigations of process of heat treatment wood raw material of tables in chambers of periodic operating

The general solution of differential equations of heating wood raw material of tables in steam air environment is adduced.

В основу теоретичного дослідження в роботі закладено метод аналітичного опису гідродинаміки процесу термообробки ДСП в камерах періодичної дії.

Аеродинаміку примусового руху середовища агента термообробки плит описуємо використовуючи рівняння руху Ейлера і доповнюючи їх рівнянням нерозривності. В загальному вигляді ці рівняння можна представити таким чином:

- для швидкості

$$\frac{U}{U_0} = f\left(\frac{x_1}{l}; \frac{x_2}{l}; \frac{x_3}{l}; \text{Re}; P_1; P_2\right) \quad (1)$$

- для тиску

$$\frac{\Delta P}{\rho U^2} = f\left(\frac{x_1}{l}; \frac{x_2}{l}; \frac{x_3}{l}; \text{Re}; P_1; P_2\right) \quad (2)$$

де: U – швидкість потоку середовища, м/с; g – прискорення вільного падіння, м/с²; l – характерний лінійний розмір, м; ρ – густина рухомого середовища, кг/м³; P – тиск, Н/м²; ν – кинематична в'язкість середовища, м²/с; x/l – безрозмірна координата; ΔP – втрати тиску в повітрепроводі; Н/м²; $Ul/\nu = \text{Re}$ – критерій Рейнольдса; $Eu = \Delta P/(\rho U^2)$ – число Ейлера.

Дослідження закономірності зміни температурного поля в ДСП проведено в двох варіантах шляхом розв'язання диференціальних рівнянь, виходячи із умови, що теплообмін між плитами і навколишнім середовищем здійснюється за законом Ньютона.

В першому варіанті прийнято, що нагрівання плити здійснюється за законом Бугера, тобто

$$W_{(\tau,x)} = W_0 \cdot e^{-kx} \cdot S_{+(\tau)}$$

де $W_0 = \text{const}$, $S_{+(\tau)} = 0$ при $\tau < 0$ і 1 при $\tau \geq 0$.

В цьому випадку потужність теплового удару не залежить від часу.

У другому варіанті температура середовища нагрівання ДСП залежить від часу і змінюється за законом $q = q_0 e^{-k\tau}$.

Диференціальні рівняння запишуться для

- першого варіанту

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial t}{\partial \tau} - W_0 e^{-kx}; \quad (3)$$

- другого варіанту

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial t}{\partial \tau} - q_0 e^{-kx}, \quad (4)$$

де: k – коефіцієнт поглинання матеріалу; інтенсивність теплового потоку, Вт; q_0 – тепловий потік, Вт; a – коефіцієнт теплопровідності матеріалу ДСП, м²/с; τ – час, с.

При розв'язанні диференціальних рівнянь (3) і (4) використано граничні умови, які мають такий вигляд:

$$\frac{\partial t}{\partial x} = \begin{cases} h_1 \cdot (t - t_0), & \text{при } x = 0; \\ h_2 \cdot (t - t_0), & \text{при } x = \delta, \end{cases} \quad (5)$$

де: $h_1 = -\alpha_1/\lambda_1$; $h_2 = \alpha_2/\lambda_2$; α – коефіцієнт теплообміну, Вт/(м²·град); λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу ДСП, Вт/(м·град).

Застосовуючи перетворення Лапласа, загальний розв'язок рівнянь (3) і (4) запишеться у вигляді

$$\bar{t} = c_1 e^{x\sqrt{S/a}} + c_2 e^{-x\sqrt{S/a}} + \frac{W_0}{S(S/a - k^2)} e^{-kx}; \quad (6)$$

$$\bar{t} = c_1 e^{x\sqrt{S/a}} + c_2 e^{-x\sqrt{S/a}} + \frac{aq_0}{S(S+k)} e^{-kx}. \quad (7)$$

Рівняння (6) і (7) розв'язувалися числовими методами із застосуванням обчислювальної техніки.

УДК 66. 047

Инж. О.В. Станіславчук; проф. Я.М. Ханік, д.т.н.; асист. Л.З. Білецька, к.т.н.; ст. викл. В.П. Дулеба, к.т.н. – НУ "Львівська політехніка"

СУШІННЯ ПАСТОПОДІБНИХ ТЕРМОЛАБІЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Наведені результати досліджень сушіння пастоподібного термолабільного матеріалу (дріжджі) конвективним методом у суцільному шарі.

Eng. O. Stanislavshuk, prof. Ya. Hanyk, L. Biletska, V. Duleba – NU "Lviv'ska Politehnika"

The drying of paste termolabile materials

The results investigation of convection drying the termolabile material in layer (east) was carried out.

Сушіння пастоподібних термолабільних матеріалів являє собою складну технологічну та тепломасообмінну проблему. З одного боку сушіння таких матеріалів ускладнене їх комкуванням і налипанням на робочі органи апаратів і додаткові пристрої, складністю рівномірного розподілу висушуваного матеріалу в робочій зоні сушарки.

З іншого боку – це матеріали, які є живими організмами в стані ферментативної активності із складними біологічними властивостями, які можуть різко змінюватись при значному зниженні вмісту внутрішньоклітинної вологи.

До таких матеріалів належить досліджуваний нами матеріал – хлібопекарські дріжджі. Дріжджова клітина є носієм потужних ферментних систем, які за сприятливих умов (головним чином за оптимальної температури та вологості) здатні легко і швидко руйнувати речовину в самій клітині (автоліз). Висока вологість пресованих дріжджів сприяє їх автолізу. Тому виникає необхідність зменшувати вологість дріжджів шляхом висушування.

В промисловості для сушіння дріжджів застосовують переважно конвективний метод з використанням в якості сушильного агенту повітря. Пресовані дріжджі перед сушінням подрібнюють, надаючи їм форму гранул або вермишелі з середнім діаметром не більше 3мм і довжиною 3–4 мм. Сушіння здійснюється в апаратах різноманітних конструкцій: камерних, шафних, пневмогазових, розпилюю-

чих, вакуум-вальцових, сублімаційних, стрічкових, барабанних сушарках, карусельного типу, у віброкиплячому шарі [1].

На сьогодні найбільш поширеним є сушіння в киплячому шарі матеріалу. Однак варто зауважити, що коефіцієнти теплообміну при сушінні в киплячому шарі значно нижчі від коефіцієнтів теплообміну при сушінні в нерухомому шарі при однакових перепадах температури і швидкості газу [2]. Цей спосіб сушіння має і ряд інших недоліків. Тривалість сушіння в таких установках є достатньо велика, наявне стирання матеріалу, великі питомі енергетичні затрати, неоднорідність псевдозрідженого шару, а також – винесення дрібнодисперсної фракції із зони сушіння, що призводить до великих втрат матеріалу, забруднення довкілля, порушення однорідності певного штаму та необхідності встановлення додаткової апаратури для очищення газового потоку.

З метою вдосконалення сушіння досліджуваного матеріалу нами було проведено ряд досліджень з кінетики сушіння конвективним методом суцільного шару матеріалу у трьох напрямках: вплив зміни температури, швидкості теплоносія та висоти шару матеріалу на швидкість сушіння та якість отриманого продукту.

Щоб збільшити інтенсивність сушіння, необхідно підвищити теплообмін матеріалу з навколишнім середовищем. Відомо, що із збільшенням швидкості руху газу коефіцієнт теплообміну зростає. Однак великі швидкості руху газу вимагають і великих втрат електроенергії. Нами були проведені дослідження по сушінню матеріалу при швидкості теплоносія від 2.4 до 4.2 м/с. Швидкість сушіння в результаті зростання швидкості руху теплоносія зросла приблизно в 2 рази, при одночасному підвищенні якості отриманого продукту. Результати досліджень представлені на рис. 1.

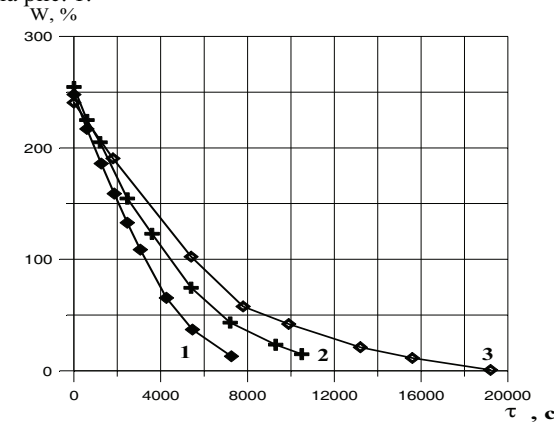


Рис. 1. Кінетика сушіння шару матеріалу дріжджів конвективним методом: 1 – швидкість теплоносія 4.2 м/с; 2 – 3.6 м/с; 3 – 2.4 м/с

Другий шлях інтенсифікації тепломасообміну – підвищення температури теплоносія. Однак необхідно визначати, що процес сушіння має проходити в межах гранично-допустимих температур для даного матеріалу. Дослідження проводились в межах температур 36–60°C. Із зростанням температури тривалість процесу сушіння зменшилась приблизно в 2.5 рази, однак аналіз якості отриманого продукту показав, що при $t=60^{\circ}\text{C}$ кількість мертвих клітин становить 32 %, при $t=50^{\circ}\text{C}$ – приблизно 10 %, а при $t=36^{\circ}\text{C}$ – 1 %.