

8. Лабай В.Й., Омельчук О.В., Ярослав В.Ю. Ексергетична оцінка роботи місцевих автономних кондиціонерів "Sanyo"// Вісник НУ "Львівська політехніка": Теорія і практика будівництва. – Львів: НУ "Львівська політехніка". – 2005, № 545. – С. 108-113.

9. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1985. – 367 с.

10. Sanyo, Technical data, W-Eoo Multi. G0900.

УДК 674.047

Проф. П.В. Білей, д-р. техн. наук НЛТУ України, м. Львів;
директор В.М. Павлюст, канд. техн. наук – ТзОВ НІВіТ

ПЕРЕНЕСЕННЯ ПАРОПОДІБНОЇ ВОЛОГИ В КАПІЛЯРАХ У ПРОЦЕСІ СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ

Розглянуто явища молярного та молекулярного перенесення пароподібної вологи в макро- і мікрокапілярах у процесі сушіння капілярно-пористих матеріалів.

Prof. P.V. Bilej – NUFWT of Ukraine, L'viv; director V.M. Pavlyust – TzOV NIBiT

Steamy moistness transfer in capillaries in wood drying machining

The phenomena of molar and molecular steamy moistness transfer in macro- and micro- capillaries in the processing of capillar-porous materials are considered.

Молярне перенесення в макрокапілярах. Механізм перенесення вологи в капілярнопористих матеріалах, до яких належить і деревина, є дуже складними. Тому розглянемо найпростіший випадок – перенесення вологи в елементарних капілярах. Якщо радіус капіляра більше 10^{-5} см, то закономірності перенесення будуть визначатися законами дифузії (молярне перенесення).

Якщо вздовж циліндричної капілярної трубки існує градієнт загального тиску dP/dx , то тут відбувається гідродинамічний рух газу, ламінарного або турбулентного характеру залежно від числа Рейнольдса.

У випадку ламінарного руху (а це відповідає реальним умовам процесу, бо швидкість руху газу і діаметр капілярів є дуже малими, тому $Re \approx 0$) щільність потоку маси газу визначається законом Пуазейля

$$I = \frac{1}{\pi r^2} \frac{dm}{dt} = \frac{r^2 \rho}{8\eta} \frac{dP}{dx}. \quad (1)$$

Таким чином, щільність потоку маси газу прямо пропорційна квадрату радіуса капіляра і обернено пропорційна динамічній в'язкості газу η . Для стаціонарного руху

$$j = \frac{1}{\pi r^2} \frac{m}{\tau} = \frac{r^2 \rho (P_1 - P_2)}{8\eta L} = \text{const}, \quad (2)$$

де $P_1 - P_2$ – перепад тиску по довжині капіляру L .

Отримане співвідношення можна записати як

$$j = -k \frac{dP}{dx}, \quad (3)$$

де

$$k = \frac{r^2 \rho}{8\eta} = \frac{r^2}{8\nu}, \quad (4)$$

ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості.

Якщо в капілярах рухається пароповітряна суміш, то густина потоку визначається за формулою

$$j_1 = -\rho_0 k \frac{dP}{dx}, \quad (5)$$

$$\rho_0 = \frac{\rho_1}{\rho}, \quad (6)$$

де ρ_0 – відносна концентрація пари, тобто відношення густини пари ρ_1 до густини пароповітряної суміші ρ .

Якщо рухається в капілярі тільки пара, то $\rho_0=1$.

Молекулярне перенесення в макрокапілярах. У процесі сушіння вологих тіл в їх капілярах знаходиться вологе повітря, яке можна вважати бінарною сумішшю водяної пари ($\mu_1=18$) і сухого повітря ($\mu_2=29$). За наявності різниці концентрації пари ($\Delta P_1 \neq 0$) відбуватиметься взаємна дифузія пари і повітря.

Для ізотермічної дифузії густина потоку пари дорівнює

$$j_1 = -L_0 \nabla (\mu_1 - \mu_2)_{P,T} = -\frac{L_0}{\rho_{0П}} \left(\frac{\partial \mu_1}{\partial \rho_{0П}} \right)_{P,T} \nabla \rho_0, \quad (7)$$

де: L_0 – кінетичний коефіцієнт Онзагера; μ – хімічний потенціал; $\rho_{0П}$ – відносна концентрація повітря; $\rho_{0П} = \rho_{сп}/\rho$.

Рушійною силою дифузії є різниця хімічних потенціалів пари і повітря $\mu_1 - \mu_2$, яку для ізотермічних умов можна замінити відносною концентрацією пари $\nabla \rho_0$. Якщо величина ρ_1/P (де P – загальний тиск суміші) є малою порівняно з $\rho_{0П}$, тоді в (7) за градієнт концентрації приймають градієнт капілярного тиску пари ∇P_1 . Таким чином,

$$j = -D_{12} \rho \frac{M_1}{M} \nabla \rho_0 = -D_{12} \frac{M_1}{RT} \nabla P_1, \quad (8)$$

де: M_1 – маса пари; $M = M_1 + M_2$; D_{12} – коефіцієнт дифузії пари в повітрі, який дорівнює дифузії повітря в парі – D_{21} .

У разі неізотермічних умов перенесення пари в пароповітряній суміші буде відбуватися і під дією градієнта температури (термодифузії пари). Тоді

$$j_1 = -D_{12} \rho \left(\nabla \rho_0 + \frac{K_T}{T} \nabla T \right), \quad (9)$$

де K_T – термодифузійне відношення, яке дорівнює

$$K_T = \frac{D_{12}}{D_{12}^T} \rho_0 \rho_{0П} T. \quad (10)$$

Сумарний потік пари дорівнює сумі дифузійного і конвективного потоків пари

$$j_1 = -D_{12} \rho \frac{d\rho_0}{dx} + \rho_1 V_K. \quad (11)$$

Сумарний потік повітря

$$j_2 = -D_{12}\rho \frac{d\rho_{0n}}{dx} + \rho_{cn}V_K, \quad (12)$$

$$K = -\frac{D_{12}}{(1-\rho_0)} \cdot \frac{d\rho_0}{dx}. \quad (13)$$

Підставивши (13) в (11), отримаємо:

$$j_1 = \frac{-\rho D_{12} d\rho_0}{(1-\rho_0) dx}. \quad (14)$$

Таким чином, конвективне перенесення пари враховується множителем $1/(1-\rho_0)$. Якщо дифузійне перенесення пари прийняти за одиницю, то частка конвективного перенесення становить $\rho_0/(1-\rho_0)$.

Молекулярне перенесення в мікро капілярах. Як вже відзначалось, капілярно-пористі матеріали мають пори різних розмірів, тому перенесення маси і тепла доцільно розглядати з врахуванням радіусів капілярів. Молекулярне перенесення тепла і маси в капілярах залежить від відношення середньої довжини вільного пробігу однієї молекули до радіуса капіляра r . Якщо величина $l/r \ll 1$, то перенесення маси в газоподібному стані не можна розглядати за законами газодинаміки. Справа в тому, що при $P=760$ мм.рт.ст. і $t=15$ °С середня довжина пробігу молекул повітря $\bar{l}=0,64 \cdot 10^{-5}$ см, а водяної пари $\bar{l}=0,42 \cdot 10^{-5}$ см. З підвищенням температури довжина вільного пробігу молекул збільшується пропорційно до температури.

Якщо радіус капілярів $r < 10^{-5}$ см, то закономірності перенесення будуть зумовлені молекулярним режимом. У цьому випадку ламінарний рух Пуазейля і закони дифузії Фіка виконуватись не будуть. За наявності перепаду тиску молекули газу рухаються в капілярах не певними шарами, а окремо – незалежно одна від одної (молекул), постійно зіштовхуючись зі стінками капіляра. При цьому відбувається повна акомодация газу, тобто розсіюваний від поверхні капіляра газ приходить в теплову рівновагу з тілом. Молекули газу будуть проходити через капіляр незалежно одна від одної, з однаковими швидкостями на вході і виході з капіляра. Такий рух молекул газу називають кнудсенівським або ефузією. Щільність такого потоку маси j , тобто кількість газу, яка протікає за одиницю часу через одиницю площі перетину капіляра, визначиться із співвідношення

$$j = \frac{1}{\pi r^2} \frac{dm}{d\tau} = \frac{8}{3} \sqrt{\frac{M}{4\pi RT}} = \frac{P_1 - P_2}{L} \cdot r, \quad (15)$$

де $P_1 - P_2$ – перепад тисків на кінцях капіляра довжиною L .

Швидкість потоку $dm/d\tau$ прямо пропорційна r^3 і обернено пропорційна перепаду температури газу – T . Якщо перенесення газу в капілярі $r \ll l$ відбувається за наявності перепаду тисків і температур $T_1 - T_2$ вздовж труби і повній акомодации, щільність потоку газу j дорівнює:

$$j = \frac{8}{3} \sqrt{\frac{M}{2\pi R}} \left(\frac{P_2}{\sqrt{T_2}} - \frac{P_1}{\sqrt{T_1}} \right) \frac{r}{L}, \quad (16)$$

або в диференціальній формі для капіляра будь-якої форми

$$j = 1,064 \sqrt{\frac{M}{R}} \frac{d}{dx} \left(\frac{P}{\sqrt{T}} \right). \quad (17)$$

Формулу (17) для ізотермічних умов можна записати так:

$$j_{ef} = b_{ef} \frac{dP}{dx} = 1,064 \sqrt{\frac{M}{RT}} \bar{r} \frac{dP}{dx}, \quad (18)$$

де b_{ef} – коефіцієнт ефузії.

Відношення ефузійного потоку маси до дифузійного дорівнює

$$\frac{1,064}{D_1} \sqrt{\frac{RT}{M_1}}, \quad (19)$$

враховуючи, що $P_1 \ll P$, а

$$\frac{1}{1 - \rho_0} = 1 \quad (20)$$

Якщо радіус капіляра $\bar{r} = 10^{-5}$ см, то швидкість ефузійного перенесення є в 1,5 раза більша ніж дифузійного, а при $\bar{r} = 10^{-6}$ см, швидкість ефузійного перенесення буде в 6 разів меншою порівняно з дифузійним перенесенням.

Література

1. Білей П.В. Теоретичні основи теплового оброблення і сушіння деревини (Монографія). – Коломия.: Вік, 2005-364 с.
2. Лабай В.Й. Тепломасообмін: Підручник. – Львів: Тріада Плюс, 1998. – 260 с.

УДК 621.923

Ст. викл. С.В. Зубик, канд. техн. наук – Львівський ДАУ

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕЛЮСТКОВИХ АБРАЗИВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ШЛІФУВАННЯ ДЕРЕВИНИ

Досліджені конструктивні розробки пелюсткових абразивних інструментів та сучасні перспективи їх використання для шліфування деревини

Ключові слова: пелюстковий шліфувальний інструмент, конструкція шліфувальних інструментів, класифікація пелюсткових шліфувальних інструментів, шліфування деталей криволінійного профілю.

Senior teacher S.V. Zubyk – L'viv state agrarian university

Prospects of application of petalous instruments of abrasives are for polishing of wood

The constructions of petalous instruments of abrasives and modern prospects of their use are explored for polishing of wood

Keywords: petalous polishing instrument, construction of polishing instruments, classification of petalous polishing instruments, polishing of details of curvilinear type.

Основне завдання процесу шліфування – зниження шорсткості до величини, необхідної для створення якісного лакофарбового покриття. Найскладнішим є шліфування деталей криволінійного профілю, для яких необ-