

УДК 66.045

Д.П. Кіндзера, Я.М. Ханик, В.М. Атаманюк, В.П. Дулеба
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра хімічної інженерії та промислової екології

КІНЕТИКА ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ТОРФУ

© Кіндзера Д.П., Ханик Я.М., Атаманюк В.М., Дулеба В.П., 2002

Описано кінетику фільтраційного сушіння торфу і визначені кінетичні коефіцієнти.

Here is described kinetic of filtration drying of peat and there are calculated kinetic coefficients.

Енергетична проблема нашої країни може бути вирішена використанням внутрішніх паливних ресурсів, зокрема торфу. Однак для його використання як палива вихідну сировину необхідно висушити до певної вологості, що вимагає подальша переробка сировини (отримання кускових виробів), так і для підвищення нижчої теплотворної здатності отриманого палива.

Собівартість такого виду палива значною мірою залежить від затрат на сушіння, який є не лише енергоємний, але при використанні існуючих методів характеризується великими втратами теплової енергії, забрудненням навколишнього середовища та застосуванням громіздкого обладнання.

Одним із перспективних методів сушіння торфу є сушіння в щільному шарі, коли теплоносій рухається крізь шар торфу в напрямку до перфорованої перегородки. Кінетичні криві, які побудовані на основі експериментальних даних, зображені на рис. 1 та 2, і з яких випливає, що процес в основному перебігає в першому умовному періоді. Критична вологість досліджуваного матеріалу становить приблизно 50–60 %, тобто в першому умовному періоді вологість матеріалу зменшується з 360 % до 50–60 % (по сухому матеріалові).

Наявність тривалого в часі першого умовного періоду пояснюється структурою частин торфу і шару в цілому, яка характеризується розвиненою макро- і мікропористістю, що забезпечує інтенсивне випаровування вологи на значній внутрішній площі, а також зменшує вплив молекулярної дифузії на сушіння.

Такий процес сушіння дисперсного матеріалу в щільному шарі за своїми кінетичними, теплообмінними і динамічними ознаками аналогічний процесові фільтраційного сушіння листових газопроникних матеріалів, переваги якого описані в ряді робіт [1, 2]. Як показали наші дослідження, поряд із значною інтенсифікацією сушіння, зменшенням енергетичних затрат, високим ступенем використання теплової енергії, порівняно із існуючими методами, фільтраційний процес теплообміну в щільному шарі дає змогу уникнути винесення твердої дрібнодисперсної фази у довкілля і виключає необхідність застосування пилоочисної апаратури, що має надзвичайно важливе як екологічне, так і економічне значення.

Наявність великої сумарної внутрішньої поверхні мікрочастин, з якими контактує теплоносій, позитивно впливає на кінетику сушіння. Однак її наявність суттєво підвищує гідравлічний опір, що не дозволяє використовувати значних швидкостей руху теплоносія через матеріал.

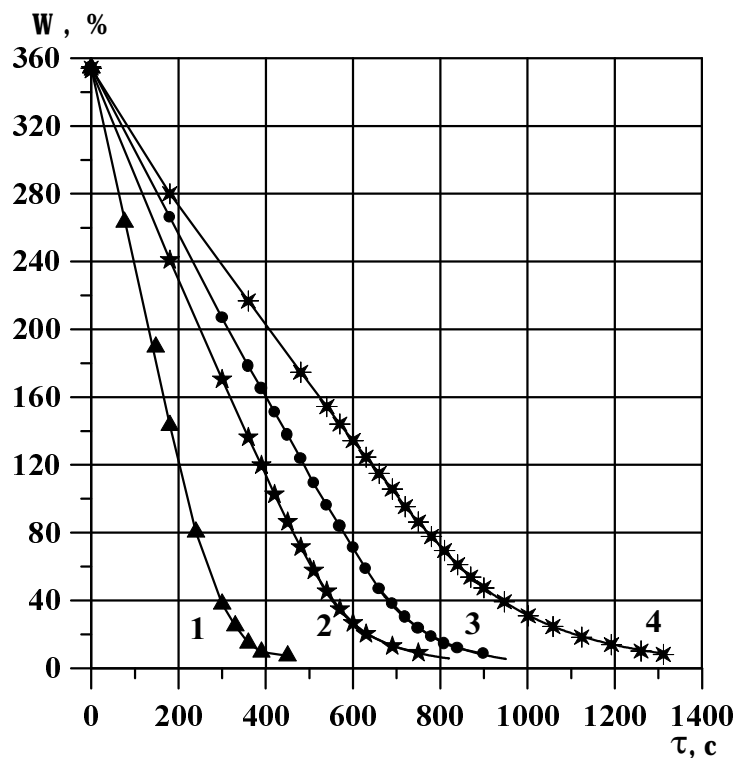


Рис. 1. Кінетичні криві фільтраційного сушіння торфу.
($T = 323 \text{ K}$; $\Delta P_c = 2360 \text{ Па}$). Товщина шару :
1– $20 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; 2– $30 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; 3– $40 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; 4– $50 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

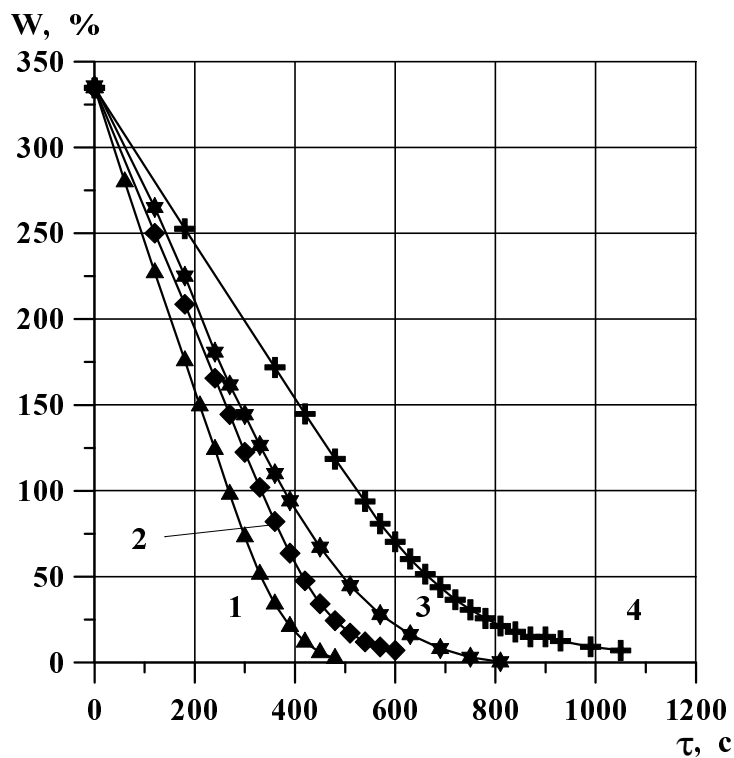


Рис. 2. Кінетичні криві фільтраційного сушіння торфу
при різних температурах ($H = 30 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $\Delta P_c = 2360 \text{ Па}$):
1– 343 K ; 2– 333 K ; 3– 323 K ; 4– 313 K

Для узагальнення результатів використана математична модель, описана в роботі [2], яка базується на диференціальних рівняннях матеріального балансу і кінетики сушіння:

$$\begin{cases} \frac{\partial \varphi}{\partial H} = a \cdot (1 - \varphi); \\ \frac{\partial W}{\partial \tau} = n \cdot (1 - \varphi); \end{cases} \quad (1)$$

$$a = \frac{\Pi \cdot m \cdot n}{0,622 \cdot P_s} = \frac{F \cdot \Pi \cdot \rho \cdot S \cdot \beta}{62,2 \cdot M}; \quad (2)$$

$$m = \frac{\rho \cdot F}{100 \cdot M}; \quad (3)$$

$$n = S \cdot \beta \cdot P_s. \quad (4)$$

Розв'язком системи рівнянь (1), при певних припущеннях, є рівняння, яке описує кінетику сушіння в першому умовному періоді до досягнення вологості $W = W_{кр}$.

$$\frac{W}{W_0} = 1 - \alpha \cdot \tau \cdot e^{-a \cdot H}; \quad (5)$$

$$\alpha = \frac{S \cdot \beta \cdot P_s \cdot (1 - \varphi_0)}{W_0}. \quad (6)$$

Кінетичні коефіцієнти “а” і “α” визначаються із експериментальних даних шляхом побудови графічної залежності $\lg y - z$:

$$\text{де } \lg y = \frac{\lg \left(1 - \frac{W}{W_0} \right)}{\tau}.$$

Для досліджуваного матеріалу кінетичний коефіцієнт “а” дорівнює 69,28 1/м і є величиною постійною. Постійність кінетичного коефіцієнта “а” впливає з рівняння (2), із збільшенням масової швидкості М пропорційно зростає коефіцієнт масовіддачі β і коефіцієнт “а” залишається постійним. Значення кінетичного коефіцієнта “α”, як впливає із рівняння (6), буде залежати від параметрів сушіння. При постійному перепадові тисків ($\Delta P = 2360$ Па) розрахункова залежність, яка описує кінетику сушіння торфу в першому умовному періоді, має вигляд

$$\frac{W}{W_0} = 1 - \alpha \cdot \tau \cdot e^{-69,3H}. \quad (7)$$

Кінетичний коефіцієнт “α” залежить від температури і розраховується для досліджуваного матеріалу за допомогою рівняння

$$\alpha = 4,33 \cdot 10^{-4} \cdot t - 5,6 \cdot 10^{-3}, \quad (8)$$

де W, W_0 – відповідно, біжуча і початкова вологість матеріалу, %; t – температура теплоносія, °С; M – масова швидкість, кг/с; α – коефіцієнти сушіння, 1/с; τ – час сушіння, с; a – коефіцієнт сушіння, 1/м; H – висота шару матеріалу, м; Π – барометричний тиск, Па; ρ – густина сушильного агента, кг/м³; S – внутрішня поверхня, м²; F – геометрична поверхня,

m^2 ; P_s – тиск насиченої пари, Па; β – коефіцієнт масовіддачі, $\frac{\% \cdot c}{\text{кг} \cdot \text{м}}$; φ – відносна вологість повітря, %; φ_0 – початкова відносна вологість, %.

1. Фільтраційне сушіння – як метод захисту навколишнього середовища // *Современные проблемы химической технологии неорганических веществ: Сб. тр. Междунар. конф. Т. 2. – Одесса, 2001. – С. 57–60.* 2. Ханьк Я.М. *Фильтрационная сушка плоских проницаемых материалов: Дис. ...д-ра техн. наук. – Львов, 1992. – 401 с.*

УДК 661.015.23

Я.М. Гумницький, Л.О. Венгер, М.Ф. Юрим
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра хімічної інженерії і промислової екології

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСТРАГУВАННЯ З ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК ПРИ ВАКУУМУВАННІ СИСТЕМИ

© Гумницький Я.М., Венгер Л.О., Юрим М.Ф., 2002

Досліджено кінетику екстрагування з твердої фази при вакуумуванні системи. Показано, що кипіння під вакуумом збільшує коефіцієнт масовіддачі порівняно з барботуванням газом в 2–2,5 рази.

The kinetics of abstraction from a solid phase is studied at vacuum operation of a system. It is shown, that the boiling under vacuum augments a factor mass transfer in matching with barbotage by gas in 2–2,5 times.

Процеси екстрагування з твердої фази широко використовуються в різних галузях хімічної, гірничо-хімічної, харчової та інших галузях промисловості. Тому інтенсифікація процесів екстрагування має надзвичайно велике значення. Аналіз літературних джерел показав [1,2], що для інтенсифікації цього процесу використовуються різні методи, проте найбільш перспективним і найменш вивченим є метод екстрагування з твердої фази при кипінні рідини під вакуумом.

Суть процесу інтенсифікації в цьому випадку полягає у генерації парової фази у вигляді бульбашок на поверхні твердих частинок, що спричиняє руйнування пограничного дифузійного шару на їх поверхні, інтенсивно перемішує рідку фазу навколо твердих частинок і, як наслідок, значно збільшує коефіцієнт масовіддачі.

Парова фаза утворюється також у паровому просторі твердої частинки. Розширюючись, вона витісняє, багату цільовим компонентом рідину у рідинну фазу, а її місце займає рідина з низькою концентрацією компонента, що значно прискорює внутрішньодифузійний перенос маси. Створюються нестационарні умови проведення масообміну [3], які відзначаються високими коефіцієнтами перенесення.

Крім того, кипіння рідини під вакуумом забезпечує випаровування значної кількості екстрагенту з розчину, що приводить до суттєвого зменшення енергетичних затрат при здійсненні екстрагування з твердої фази при кипінні під вакуумом.