

вантаження на бандажно-роликові опори під вагою піношамотного теплоізоляційного шару підтвердив розрахунки, що існуючий привід печі має достатній запас потужності і зможе приводити в рух модифіковану обертову піч.

Оригінальна модернізація на Івано-Франківському цементному заводі у вигляді заміни обертової печі з концентратором шламу на обертову піч з внутрішніми теплообмінниками (ланцюговою завісою) дала змогу збільшити продуктивність печі по клінкеру у 2 рази при збільшенні довжини печі в 1,5 раза.

Істотним розв'язком проблеми економічного випалу при мокрому способі виробництва є попереднє механічне зневоднення шламу з використанням фільтрпресів. На сьогодні реалізовано декілька різних технологічних схем з використанням фільтрпресів [1]:

- попереднє зневоднення шламу у фільтрпресі з подальшим використанням обертової печі з короткою ланцюговою завісою дає змогу зекономити до 25 % палива по відношенню до печей мокрого способу виробництва з питомою витратою тепла 6300 кДж/ кг клінкера – піч для напівморого способу випалу;
- попереднє зневоднення шламу у прес-фільтрі з подальшим використанням сушарки-дробарки і короткої обертової печі дає змогу провести випал клінкера з вищими капітальними затратами, ніж у попередньому випадку, але економія палива при цьому становить 30-35 % – піч для сухого способу випалу з сушаркою-дробаркою;
- технологічна схема передбачає попереднє механічне зневоднення шламу до 20 %, застосування гранулятора з метою одержання гранул, подальший випал в печі з конвеєрним кальцинатором, що призводить до економії палива на 40-45 % – піч для сухого випалу з підігрівником.

Література

1. Булавин И.А., Макаров И.А., Рапопорт А.Я., Хохлов В.К. Тепловые процессы в технологии силикатных материалов. – М.: Наука, 1982. – 364 с.

УДК 615.012.014 Проф. Є.М. Семенишин, д-р техн. наук; доц. В.І. Троцький, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка";
інж. В.І. Федорчук-Мороз – Волинський ДУ ім. Лесі Українки

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСТРАГУВАННЯ ЦІЛЮВИХ КОМПОНЕНТІВ З ПОРИСТИХ СТРУКТУР

Наведено результати досліджень екстракційного вилучення цільових компонентів з пористих структур мінеральної та рослинної сировини. Одержано математичні моделі кінетики екстрагування для названих систем для апаратів з мішалками періодичної та неперервної дії.

*Prof. E.M. Semenyshyn; doc. V.I. Trocky – NU "L'viv's'ka politekhnikha";
eng. V.I. Fedorchuk-Moroz – Lesia Ukrainka's Volynsky state university*

Features extraction of target components from porous structures

Results of researches process extraction of target components from porous structures of mineral and vegetative raw material are resulted. Mathematical models kinetics of extraction for the named systems in devices with mixers of periodic and continuous action are received.

Постановка проблеми. Практика знає немало випадків екстрагування цільових компонентів із пористих структур як мінерального походження, так і рослинної сировини. У багатьох випадках ці процеси здійснюються в апаратах з мішалками періодичної та неперервної дії. Ці процеси можуть проводитись в умовах постійної або змінної рушійної сили, з полідисперсної або монодисперсної суміші. Експериментальні дослідження, які ми проводили на різних об'єктах (сірчана, озокеритова, мідна руди, металоорганічні сполуки, рослинна сировина та інші), показали, що залежно від розміру частинок таких об'єктів процес екстрагування може здійснюватись як внутрішньо дифузійним, так і зовнішньо дифузійним чи змішаним механізмами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Об'єкти, з яких здійснювалось процеси екстрагування цільових компонентів, можна поділити на дві групи:

- цільові компоненти в пористій структурі розміщені у виді твердої речовини (сірка, озокерит, мідь, фероцен);
- цільові компоненти розміщені в пористій структурі у виді рідкої фази (олія).

Характерною особливістю в процесах екстрагування є механізм дифузії. Слід зауважити, що припущення дифузійного механізму екстрагування є недостатнім для встановлення швидкості процесу, оскільки необхідно вирішити питання, яка із стадій є лімітуючою – внутрішня чи зовнішня дифузія. Проте ряд дослідників ігнорують ці відмінності і поряд з визначенням констант внутрішньої дифузії одночасно визначають коефіцієнти масовіддачі для зовнішньої дифузії. Однак, одна з вказаних вище стадій визначає швидкість процесу в цілому. Хоча в обох випадках перенос речовини дифузійний – механізм цього процесу різний.

Мета роботи. Для виявлення механізму екстрагування цільових компонентів з об'єктів першої групи використовували фізичну модель, представлену на рис. 1. Згідно з цією моделлю, частинка пористого матеріалу представлена у вигляді кулі з ізотропним розподіленням цільового компонента у пористому скелеті. При цьому цільовий компонент перебуває у вигляді твердої фази.

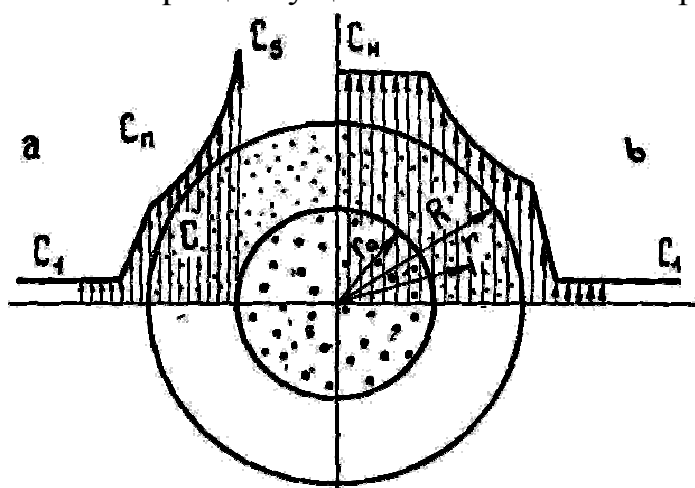


Рис. 1. Розподіл концентрацій при екстрагуванні твердої фази з пористих структур:
a – фізичне розчинення у твердому вигляді, b – у розчині

Для прогнозування кінетики екстрагування в апаратах періодичної дії можна використати рівняння виду:

$$1 - \frac{c_1}{\beta} = \left(1 - \frac{2 \cdot k \cdot \Delta c}{\rho_m \cdot d_o} \tau \right)^3, \quad (1)$$

де: c_1 – поточна концентрація; $\beta = M_o/W$; M_o – початкова маса цільового компонента; W – кількість розчинника; k – кінетичний коефіцієнт; $\Delta c = c_s - c_1$ – рушійна сила; c_s – концентрація насичення; ρ_t – густина компонента; d_o – середній діаметр частинки; τ – час екстрагування.

Для процесу екстрагування в екстракторі безперервної дії рекомендується рівняння виду:

$$\frac{1}{c_1 - c_n} = \frac{W}{G_o c_o} \cdot \left(\bar{\tau} + \frac{1}{\mu} \right), \quad (2)$$

де: c_n – початкова концентрація компонента в розчині; c_o – початкова концентрація компонента у воді; $\bar{\tau} = G_o / G$; G_o – маса частинок в апараті; G – витрата твердої фази; μ – кінетичний коефіцієнт.

Для визначення кінетичних коефіцієнтів k і μ розроблені відповідні методики [1]. В основу рівнянь (1) і (2) закладено внутрішньо дифузійний механізм процесу.

Вплив розміру (дисперсності) частинок на механізм екстрагування описується рівнянням такого виду:

$$C = \frac{M_o}{W} \cdot \left[1 - \alpha \left(1 - \frac{t}{T_p} \right)^3 - (1 - \alpha) \left\{ \frac{1}{2} \pm \cos \left[60^\circ + \frac{1}{3} \arccos \pm \left(1 - 2 \frac{t}{T_e} \right) \right] \right\}^3 \right], \quad (3)$$

де: M_o – загальна маса речовини, що екстрагується; $M_o = M_{o1} + M_{o2}$; $\alpha = M_{o1} / M_o$; T_p – повний час розчинення; T_e – повний час вилучення.

Методика встановлення механізму екстрагування описана у [2]. Що стосується об'єктів другої групи, то процес екстрагування ускладнюється будовою рослинних об'єктів. Для встановлення механізму екстрагування цільових компонентів з об'єктів другої групи (рапс, виноградна кісточка, насіння родини амарантових) береться, що насіння цих об'єктів має сферичну форму, цільові компоненти рівномірно розташовані в середині зерна і дифундують через важко проникну оболонку, яка являє собою основний опір проникненню речовини до поверхні фазового контакту. Фізична модель зерна у спрощеному виді представлена на рис. 2.

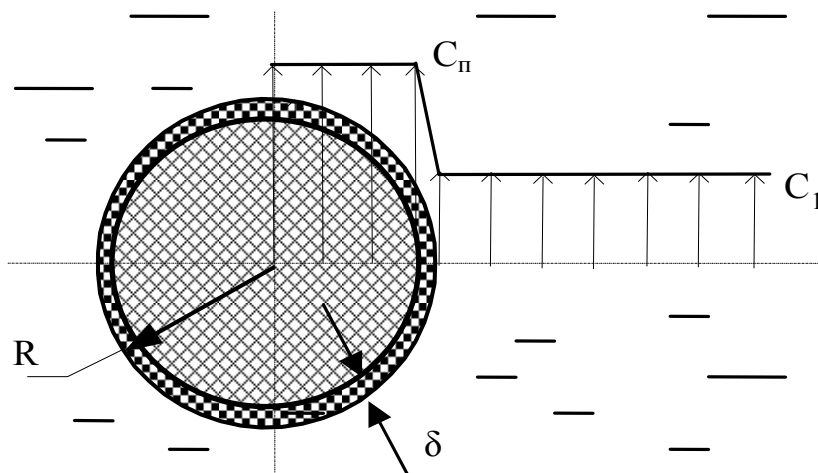


Рис. 2. Схема вилучення олії з рослинної сировини

Згідно з цією моделлю приймається, що коефіцієнти дифузії в середині такого зерна значно більші, ніж аналогічні коефіцієнти в оболонці зерна. Приймається також, що концентрація цільового компоненту (олії) в середині зерна змінюється тільки з часом, а в оболонці – за лінійним законом. Кількість речовини, що залишає частинку за одиницю часу, визначається за законом Фіка. Із вираховуванням рівняння матеріального балансу і початкових умов отримаємо рівняння виду:

$$C_1 = C_K \left[1 - e^{-\frac{3K\tau}{R} \frac{C_n}{C_n - C_K}} \right], \quad (4)$$

де: C_K – кінцева концентрація в розчині, що досягається протягом часу τ , $K = D_{cm} / \delta$; R – радіус зерна; D_{cm} – коефіцієнт стислої дифузії в оболонці зерна; δ – товщина оболонки.

Рівняння (4) дає змогу прогнозувати темп наростання концентрації в розчині з часом. Визначення кінетичного коефіцієнту K здійснювалось на ЕОМ шляхом розрахунку таким чином, щоб сума квадратів відхилень експериментальних і розрахункових значень відповідних концентрацій була мінімальною $\sum (C(t_i) - Cp(t_i))^2 = \min$.

Для встановлення механізму екстрагування застосовували найбільш простий метод, який полягає в оцінці впливу швидкості перемішування на кількість екстрагованої речовини. Якщо припустити, що лімітуючою фазою є зовнішня дифузія, то збільшення швидкості перемішування (циркуляція розчинника) повинно привести до збільшення швидкості екстрагування цільових компонентів. У протилежному випадку процес лімітується внутрішньою дифузією. Використання даного методу для встановлення лімітуючої стадії показало, що екстрагування олії з рослинної сировини (шириці загнutoї, аманту мітлистого та хвостатого [3], насіння рапсу і моркви дикої [4]) протікає по внутрішньо-дифузійному механізму. Показано, що процес вилучення олії можна інтенсифікувати за рахунок подрібнення вказаних об'єктів, в результаті чого руйнуються бар'єри, які чинять опір проникненню цільових компонентів з ядра до поверхні фазового контакту. Цим самим можна здійснити перехід від внутрішньо дифузійного механізму до зовнішньо дифузійного.

Висновки. Наведені результати досліджень екстракційного вилучення цільових компонентів з пористих структур мінеральної та рослинної сировини. Встановлено вплив розміру (дисперсності) частинок на механізм екстрагування. Одержані математичні моделі кінетики екстрагування для названих систем для апаратів з мішалками періодичної та неперервної дії.

Література

1. E. Semeniszyn, J. Huglich, W. Trocki, O. Broda. Model matematyczna procesu ekstrakcji w aparatach o działaniu ciągłym. Materiały XV OGOLNOPOLSKA konferencja naukowa inzynierii chemicznej i procesowej, Gdansk, 1995, – III, S. 71-75.

2. Аксельруд Г.А., Семенишин Е.М., Гордиенко Е.Г. Кинетика совместного извлечения и растворения веществ// В кн. Повышение эффективности, совершенствование процессов и аппаратов химических производств. – Харьков. – 1976, ч. III. – С. 13-14.

3. Семенишин Є.М., Троцький В.І., Федорчук-Мороз В.І. Кінетика екстрагування олії з насіння щиряці загнутаї// Вісник НУ "Львівська політехніка": Хімія, технології речовин та їх застосування. – 2003, № 488. – С. 200-205.

4. Семенишин Є.М., Троцький В.І., Гойсак Н.М., Сеньків В.М. Механізм і кінетика екстрагування олії з насіння ріпаку і виноградної кісточки. Тези доповідей X міжнародної конференції "Вдосконалення процесів та апаратів хімічних та харчових виробництв" (ISCE-99), Львів, 1999. – С. 65-66.

УДК 66.047

*Проф. Я.М. Ханик, д-р техн. наук;
інж. В.М. Кузьма – НУ "Львівська політехніка";
доц. В.М. Гербей, канд. техн. наук – УкрДЛТУ*

ГІДРОДИНАМІКА ПРИ СУШІННІ ЛИСТОВИХ МАТЕРІАЛІВ ШЛЯХОМ ВИМУШЕНОГО РУХУ ТЕПЛОНОСІЯ КРІЗЬ ПОРИСТУ СТРУКТУРУ

Розглянуто результати теоретичних та експериментальних досліджень гідродинаміки при сушінні листових матеріалів шляхом вимушеного руху теплоносія крізь пористу їх структуру.

*Prof. Ya.M. Khanyk; eng. V.M. Kuzma – NU "L'viv's'ka politekhnika";
doc. V.M. Gerbey – USUFWT*

Hydrodynamics at drying deciduous materials by compulsory movement of the heat-transfer medium through their porous structure

In clause is considered results of theoretical and experimental researches of hydrodynamics at drying deciduous materials by compulsory movement of the heat-transfer medium through their porous structure.

Постановка питання. Метод сушіння листових матеріалів, названий "фільтраційним процесом" при обезводненні листових матеріалів різної структурної модифікації і різної природи, описаний в літературі [1].

Він має ряд істотних переваг перед звичайним конвективним сушінням таких причин:

- наявності великої внутрішньої поверхні тепло-масообміну, яка на порядок-два перевищує геометричну поверхню висушеного матеріалу;
- значних градієнтів концентрацій;
- часткового механічного витіснення і винесення вологи, практично без затрат теплової енергії;
- практично повного використання теплової енергії носія.

Такі характерні особливості "фільтраційного сушіння" дають змогу вести процес при "м'яких" режимах, досягти високої якості висушеного матеріалу, при значній його інтенсифікації порівняно з іншими методами при одночасному зниженні питомих енергетичних затрат.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що такий процес може бути успішно використаний при сушінні листових деревинних матеріалів і матеріалів, сировиною для виготовлення яких є деревина. Однак при застосуванні вказаного методу для сушіння деревини необхідно вивчити гідродинаміку процесу як по сухому матеріалу, так і по вологому. Оскільки гідродинамікою визначаються як енергетичні затрати на сушіння (величина перепаду