

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Шосткинський інститут Сумського державного університету
Фармацевтична компанія «Фармак»
Управління освіти Шосткинської міської ради
Виконавчий комітет Шосткинської міської ради

ОСВІТА, НАУКА ТА ВИРОБНИЦТВО: РОЗВИТОК І ПЕРСПЕКТИВИ

МАТЕРІАЛИ

II Всеукраїнської науково-методичної конференції,

(Шостка, 20 квітня 2017 року)



Суми
Сумський державний університет
2017

УДК 661.666.4

ПРОФІЛЮВАННЯ ПОРИСТОЇ СТРУКТУРИ ВУГЛЕЦЕВИХ КОМПОЗИТИВ ЗА УМОВИ ГАЗИФІКАЦІЇ

В.О. Скачков, В.І. Іванов, Т.М. Нестеренко, Г.В. Карпенко

Запорожская государственная инженерная академия

69006, г. Запорожье, пр. Соборный, 226

colourmet@zgia.zp.ua

Для вдосконалення структури та підвищення функціональних властивостей вуглецевих композиційних матеріалів їх пористу структуру заповнюють піролітичним вуглецем, що осаджують з газової фази вуглеводнів [1].

Одним з підходів, що дозволяють за умов ізотермічного процесу ущільнення пористої структури вуглецевих композиційних матеріалів вирівнювати швидкості осадження піролітичного вуглецю у центрі товщини стінки та на поверхні стінки, є метод формування пористої структури шляхом газифікації у середовищі діоксиду вуглецю [2].

Процес газифікації реалізують у робочому обсязі термохімічних реакторів проточного типу в середовищі діоксиду вуглецю.

Перенесення діоксиду вуглецю дифузійно вздовж модельної пори карбонізованого вуглепластика можна описати системою рівнянь:

$$\frac{d^2 C}{d\ell^2} = \frac{2k}{D \cdot r} \cdot f(C), \quad (1)$$

$$\tilde{N}|_{\ell=0} = C_0^i; \quad (2)$$

$$\left. \frac{dC}{d\ell} \right|_{\ell=h} = 0, \quad (3)$$

де C – концентрація діоксиду вуглецю; ℓ – координата довжини пори вуглепластика; k – константа швидкості газифікації вуглецю; D – коефіцієнт дифузії діоксиду вуглецю; r – радіус пори; $f(C)$ – концентраційна функція; \tilde{N}_0^i – концентрація діоксиду вуглецю на поверхні карбонізованого вуглепластика; h – половина товщини стінки вуглепластика.

Вирішення зазначеної системи рівнянь задає розподіл концентрації діоксиду вуглецю за довжиною пори карбонізованого вуглепластика:

$$\tilde{N} = \frac{\tilde{N}_0^i \cdot \langle \exp(-z \cdot \ell) + \exp[z \cdot (\ell - 2h)] \rangle}{1 + \exp(-2z \cdot h)}, \quad (4)$$

де z – корінь характеристичного рівняння $z = (2k/r \cdot D)^{0.5}$.

Пористу структуру карбонізованих вуглепластиків задають кривою розподілу пор по величині їх радіусів, яка має чотири локальні максимуми [3].

Для кожної групи пор r_i щільність їх розподілу за розмірами можна апроксимувати параболічною залежністю:

$$f(r_i) = a_i \cdot r_i^2, \quad (5)$$

де a_i – параметр розподілу.

На функцію (5) накладається умова нормування, що задає частку пор у межах локальних груп. Тоді параметр розподілу a_i можна записати як

$$a_i = \frac{3q_i}{r_{2i}^3 - r_{1i}^3}, \quad (6)$$

де q_i – частка пор у межах кожного локального максимуму; r_{1i} , r_{2i} – мінімальний і максимальний розміри i -го локального максимуму відповідно.

Диференціальне рівняння перенесення реакційного газу вздовж циліндричного реактора проточного типу з урахуванням його розкладання на нагрітих поверхнях і в пористій структурі карбонізованого вуглепластика має вигляд [4]:

$$\frac{d(C \cdot U)}{dx} = -2k \cdot \beta \cdot \theta \cdot C, \quad (7)$$

де U – швидкість перебігу реакційного газу вздовж реактора; β – коефіцієнт масопровідності; $\theta = 1/R \cdot \left[\beta + k \cdot (1 - q_n) + q_n \cdot \pi \cdot \sum_{i=1}^N \Omega_i \right]$; q_n – відносна пористість поверхні карбонізованого вуглепластика; R – радіус реактора; N – кількість характерних максимумів пор.

Реакцію газифікації записують у вигляді:



Для реакції (8) розподіл реакційного газу вздовж реактора з урахуванням ступеня його розкладання можна записати як

$$C_{CO_2} = C_{CO_2}^{\hat{a}\hat{a}} \cdot (1 - \alpha); \quad (9)$$

$$C_{CO} = C_{CO_2}^{\hat{a}\hat{a}} \cdot (1 + 2\alpha); \quad (10)$$

$$U = U_{\hat{a}\hat{a}} \cdot (1 + \alpha), \quad (11)$$

де α – міра розкладання діоксиду вуглецю; $\tilde{N}_{Ni_2}^{\hat{a}\hat{a}}$ – концентрація діоксиду вуглецю на вході до реактора; $U_{\hat{a}\hat{a}}$, U – швидкість подачі газів на вході та вздовж реактора відповідно.

Рівняння (8) з урахуванням співвідношень (9)-(11) ає вигляд

$$\frac{3\alpha}{1 - \alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dx} + \frac{k \cdot \beta \cdot \theta}{U_{\hat{a}\hat{a}}} = 0, \quad (12)$$

Розроблена математична модель забезпечує виконання розрахунків процесу газифікації пористої структури з визначенням швидкості подавання та концентрації діоксиду вуглецю.

Список використаних джерел:

1. Скачков В. О. Методи газофазного ущільнення карбонізованих вуглепластиків піровуглецем / В. О. Скачков, С. А. Воденніков, В. І. Іванов та ін. // Science Rise. – 2016. – Vol. 10/2 (27). – С. 16-21.

2 Скачков, В. А. О моделировании процесса профилирования пористой структуры углеродных композитов / В. О. Скачков, В. І. Іванов, Т. М. Нестеренко и др. // Проблеми математичного моделювання : матеріали всеукр. наук-метод. конф. – 25-27.05.2016. Дніпродзержинськ. – Біла К.О., 2015. – С. 67-70.

3 Байгушев, В. В. Технология производства композиционных углерод-углеродных материалов электротермического назначения / Диссертация кандидата техн. наук. – Владимир Владимирович Байгушев. – Днепропетровск : УГХТУ, 2006. – 140 с.

4. Скачков, В. А. Моделирование процесса разложения углеводородов в термических реакторах проточного типа / В. А. Скачков, В. И. Иванов, Н. А. Карпенко и др. // Известия Вузов. Черная металлургия. – 1991. – № 12. – С. 33-35.