

Скачков В.О., проф., д.т.н., Іванов В.І., с.н.с., Нестеренко Т.М., доц., к.т.н.,  
Бережна О.Р., доц., к.т.н.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ УЩІЛЬНЕННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ КОМПОЗИТІВ ПІРОВУГЛЕЦЕМ

*Запорізька державна інженерна академія, кафедри металургії й АУТП*

Під час виробництва вуглецевих композитів одним з важливих етапів є ущільнення їх пористої структури з використанням природного газу (метану). За проходженням гомогенних реакцій утворюється комплекс граничних і неграничних вуглеводнів, а також низка радикалів. Продукти гомогенних реакцій і початковий вуглеводень дифундують до нагрітих поверхонь композиту та в його пористу структуру з наступним розкладанням на нагрітих стінках пор й утворенням твердої фази – піровуглецю.

Вважають, що під час реалізації процесів ущільнення пористої структури вуглецевого композиту виконуються такі умови:

- швидкість осадження піровуглецю у пористій структурі композиту є досить малою;
- пористість композиту є функцією часу, що повільно змінюється.

У такому разі завдання про перенесення маси в одиничній порі циліндричної форми вуглецевого композиту математично можна сформулювати системою рівнянь:

$$\bar{r} \cdot D_i \frac{\partial C_i}{\partial \ell^2} = 2k_i^s \cdot f_i^s \cdot C_i, \quad (1)$$

$$\vartheta \cdot \frac{d\rho}{d\ell} = \sum_{i=1}^N S_i \cdot k_i^s \cdot C_i \quad (2)$$

за нижче наведених крайових умов

$$C_i \Big|_{\ell \rightarrow \infty} = 0; \quad (3)$$

$$C_i \Big|_{\ell \rightarrow 0} = \tilde{N}_i^s; \quad (4)$$

$$\rho \Big|_{\ell=0} = \rho_0, \quad (5)$$

де  $\bar{r}$ ,  $\ell$  – середній радіус і довжина пори відповідно;  $C_i$ ,  $D_i$  – концентрація і-го компонента суміші реакційних газів у реакторі;  $N$  – кількість компонентів у суміші реакційних газів;  $k_i^s$ ,  $f_i^s$  – константа швидкості гетерогенної реакції та концентрація і-го компонента на поверхні вуглецевого композиту  $S$  відповідно;  $f_i^s \cdot C_i$  – кінетична функція гетерогенних процесів;  $\vartheta$  – швидкість зростання шару піровуглецю;  $\rho_0$ ,  $\rho$  – початкова та поточна щільність вуглецевого композиту відповідно;  $\tilde{N}_i^s$  – концентрація і-того компонента суміші реакційних газів біля устя пори;  $S_i$  – питома реакційна поверхня композиту.

Після спільного розв'язання системи рівнянь (1)-(5) отримують трансцендентне рівняння відносно параметра  $\rho_n$ , що характеризує змінювання уявної щільності матеріалу вуглецевого композиту за товщиною його стінки

Реалізацію обчислювального експерименту на ПЕВМ з використанням запропонованої математичної моделі виконували за допомогою комп'ютерної програми.

Як свідчать результати тестових розрахунків, величина розбіжності теоретичних та експериментальних значень щільності для вуглецевого композиту не перевищує 1,0 %.