

МАСООБМ Н ПРИ ХЕМОСОРБЦ В ДХ ДНИХ ГАЗ В

Л.Л. Гурець, канд. техн. наук, доцент;

Л.Д. Пляцук, д-р техн. наук, професор,

Сумський державний університет, м. Суми

Розроблена математична модель кінетики хемосорбції погано розчинних газів, яка дозволяє розрахувати коефіцієнт масовіддачі з урахуванням швидкості хімічної реакції на поверхні твердого тіла.

Ключові слова: очищення газів, хемосорбція, хімічна реакція.

Разработана математическая модель кинетики хемосорбции плохо растворимых газов, которая позволяет рассчитать коэффициент массоотдачи с учетом скорости химической реакции на поверхности твердого тела.

Ключевые слова: очистка газов, хемосорбция, химическая реакция.

ВСТУП

Захист навколишнього середовища нерозривно пов'язаний з проблемою очищення відхідних газів промислових підприємств. Широкий спектр забруднювальних речовин, запиленість відхідних газів, наявність смолистих речовин і твердих продуктів реакції приводить до забивання та нестійкої роботи газоочисного обладнання. Проблема ускладнюється тим, що газоочисне обладнання, яке експлуатується на підприємствах, не оновлюється та морально застаріло. У зв'язку з високим рівнем фізичного зносу, старінням техніки і неекономічним режимом роботи обладнання спостерігається збільшення викидів унаслідок аварій і поломок. Це ставить завдання розроблення високоефективного газоочисного обладнання, яке може працювати в умовах забруднених потоків, для чого необхідно отримати залежності для визначення кінетичних параметрів процесу, що є важливою складовою інженерної методики розрахунку апаратів.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Для вирішення завдань з опису кінетики хемосорбційних процесів використовується модель короткочасного контакту [1], при якій розглядається кінетика на початковій ділянці. Ця модель актуальна для опису процесів у сучасних масообмінних апаратах, які забезпечують високу ефективність процесу перенесення речовини за рахунок малої товщини дифузійного граничного шару. Для погано розчинних газів процес абсорбції буде лімітуватися швидкістю перенесення речовини в рідкій фазі.

Розглянемо процес хімічної абсорбції, при якому відбувається утворення відкладень на поверхнях контактних елементів. Плівка рідини розтікається по поверхні контактних елементів. При цьому на поверхні твердої речовини відбувається хімічна реакція.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

При визначенні коефіцієнта масовіддачі в рідкій фазі беремо, що продукти реакції не впливають на дифузію забруднювального компонента до поверхні твердої речовини.

Вісь y спрямована перпендикулярно до поверхні твердого тіла.

Процес хемосорбції описується дифенціальним рівнянням дифузії

$$D_p \frac{\partial^2 x_A}{\partial y^2} = \frac{\partial x_A}{\partial \tau} \quad (1)$$

з граничними умовами при

$$\tau = 0 \quad x_A = x_{An}, \quad (2)$$

$$D_p \left(\frac{\partial x_A}{\partial y} \right)_{y=0} = kx_A, \quad (3)$$

$$D_p \left(\frac{\partial x_A}{\partial y} \right)_{y=\infty} = 0, \quad (4)$$

де D_p - коефіцієнт молекулярної дифузії в рідкій фазі;

x_A, x_{An} - концентрація забруднювального компонента в рідкій фазі поточна та початкова відповідно;

τ - час;

k - константа швидкості реакції.

Для розв'язання цієї задачі використаємо перетворення Лапласа [2].

При початковій умові (2) знайдемо

$$\bar{x}_A = \frac{x_{An}}{P} + A_1 e^{y\sqrt{\frac{P}{D_p}}} + A_2 e^{-y\sqrt{\frac{P}{D_p}}}, \quad (5)$$

де P - параметр перетворення.

З граничної умови (4) випливає, що $A_1 = 0$. Тоді

$$\bar{x}_A = \frac{x_{An}}{P} + A_2 e^{-y\sqrt{\frac{P}{D_p}}}. \quad (6)$$

Продиференціюємо вираз (6) по y

$$\frac{d\bar{x}_A}{dy} = -A_2 \sqrt{\frac{P}{D_p}} e^{-y\sqrt{\frac{P}{D_p}}}. \quad (7)$$

Підставивши вирази (6) та (7) в граничну умову (3), знаходимо

$$-A_2 \sqrt{PD_p} = \frac{kx_{An}}{P} + kA_2, \quad (8)$$

або

$$A_2 = -\frac{ax_{An}}{P(\sqrt{P} + a)}, \quad (9)$$

де

$$a = \frac{k}{\sqrt{D_p}}.$$

Підставляючи (9) в (6), визначимо

$$\bar{x}_A = \frac{x_{An}}{P} - \frac{ax_{An}}{P(\sqrt{P} + a)} e^{-y\sqrt{\frac{P}{D_p}}}, \quad (10)$$

або в області оригіналу

$$x_A(y, \tau) = x_{An} \left[1 - \operatorname{erfc} \left(\frac{y}{2\sqrt{D_p\tau}} \right) + e^{\frac{ay}{\sqrt{D_p}}} e^{a^2\tau} \operatorname{erfc} \left(a\sqrt{\tau} + \frac{y}{2\sqrt{D_p\tau}} \right) \right]. \quad (11)$$

При $y = 0$

$$x_A(0, \tau) = x_{An} \left[e^{a^2\tau} \operatorname{erfc}(a\sqrt{\tau}) \right]. \quad (12)$$

Із виразу (10) визначаємо швидкість процесу:

$$\bar{r} = D_p \left(\frac{dx_A}{dy} \right)_{y=0} = \frac{kx_{An}}{\sqrt{P}(\sqrt{P} + a)}. \quad (13)$$

Кількість речовини, перенесеної через одиницю площі поверхні за одиницю часу, можна розрахувати за виразом

$$\bar{q} = \frac{\bar{r}}{P} = \frac{kx_{An}}{P\sqrt{P}(\sqrt{P} + a)}. \quad (14)$$

Приведемо вираз (14) до табличного, для цього розкладемо вираз (13) на раціональні дробі:

$$\bar{q} = \frac{kx_{An}}{P\sqrt{P}(\sqrt{P} + a)} = kx_{An} \left[\frac{1}{aP\sqrt{P}} + \frac{1}{a^2\sqrt{P}(\sqrt{P} + a)} - \frac{1}{a^2P} \right]. \quad (15)$$

Застосувавши перетворення Лапласа до виразу (15), отримаємо

$$q = kx_{An} \left[\frac{2}{a} \sqrt{\frac{\tau}{\pi}} + \frac{1}{a^2} \left\{ e^{a^2\tau} \operatorname{erfc}(a\sqrt{\tau}) - 1 \right\} \right]. \quad (16)$$

Для великих значень τ візьмемо

$$q = kx_{An} \frac{2}{a} \sqrt{\frac{\tau}{\pi}}. \quad (17)$$

Використовуючи вираз (17), знайдемо коефіцієнт масовіддачі в рідкій фазі:

$$\beta_L = \frac{q}{(x_{An} - x_A)\tau} = \frac{kx_{An}}{(x_{An} - x_A)\tau} \frac{2}{a} \sqrt{\frac{\tau}{\pi}} = \frac{kx_{An}}{(x_{An} - x_A)\tau} \frac{2\sqrt{D_p}}{k} \sqrt{\frac{\tau}{\pi}}. \quad (18)$$

ВИСНОВКИ

Отриманий вираз (18) дозволяє визначити коефіцієнт масовіддачі в рідкій фазі при хемосорбції поганорозчинних газів з утворенням твердої фази як продуктів реакції.

SUMMARY

MASS TRANSFER DURING FLUE GAS CHEMISORPTION

*L.L. Gurets, L.D. Plyatsuk,
Sumy State University, Sumy*

A mathematical model of the kinetics of chemisorption of ill-soluble gases, which allows calculation of the mass-transfer coefficient, taking into account the rate of chemical reactions on solid surfaces, is offered.

Key words: gas treating, chemisorption, chemical reaction, mass transfer, flue gas chemisorption.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кишиневский М.Х. Некоторые результаты современных теоретических работ в области абсорбции, осложненной химическими реакциями / М.Х. Кишиневский // ТОХТ. – 1967. - Т.1, №6. - С. 759-775.
2. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров [Текст] : справочник / Г. Корн, Т. Корн; под ред. И.Г. Арамановича. — 5-е изд. — М. : Наука, 1984. — 831 с.

Надійшла до редакції 4 квітня 2011 р.