

에멀션에서 기체 화학흡수의 해석

이성수^o, 서동수, 황경선*, 박상욱
부산대학교 공과대학 화학공학과
o 포항제철기술연구소
* 국방과학연구소

Analysis of Gas Absorption with Chemical Reaction in Emulsion

S.S. Lee^o, D.S. Suh, K.S. Hwang* and S.W. Park
Dept of Chem Eng., College of Eng., Pusan National University
o Posco Technical Research Lab.
* Agency for Defence Development

서론

일반적으로 흡수속도는 액체내에 용해된 기체의 농도구배 증가에 기인되지만 물리흡수 또는 화학흡수에서 사용하는 액체는 균일 액상이기 때문에 기체의 농도구배 증가 폭은 한정되어진다.

용해도증가와 화학반응을 동시에 수반하여 용질의 물질전달속도를 증가시키기 위한 방법으로 불균일 액상으로 구성된 액상계면활성막(liquid surfactant membrane)추출공정이 있다. 이방법은 Ni, Co, Cu, Pb 등의 금속이온 분리, 식초산, amino acid 등의 유기산분리, 폐수중 페놀류의 분리등 산업적으로 널리 이용되고 있다. 분리하고자 하는 용질의 종류에 따라 유기상과 수용액상의 접촉방법, 계면활성제의 선정, 에멀션의 제조방법에 관한 연구와 불균일 액상간 화학반응을 수반한 물질전달기구의 해석에 대한 연구가 폭 넓게 진행되어 오고 있다.

이들 연구는 유기상과 수용액상간 2상(W/O 또는 O/W)또는 3상(W/O/W 또는 O/W/O)으로 구성된 불균일액상간 접촉계면을 통한 용질의 물질이동공정에 관한 연구이며, 기체분리를 불균일액상 추출공정에 적용한 연구는 거의 되어 있지 않다. [1, 2]

본 연구에서는 W/O형태의 에멀션 액상막에 CO₂ 화학흡수에서 흡수기구를 제시하고 NaOH농도, 유기상과 수용액상 구성비, 에멀션 크기, 에멀션 교반속도 등의 실험변수와 확산계수, 반응속도정수, 용해도 등의 물성치 변화에 대해서 화

학반응에 의한 촉진계수를 구하여 NaOH수용액을 포함한 에멀션에서의 화학반응이 수반된 물질전달현상을 해석하고자 한다.

이론

액체에 흡수된 기체 A가 액체경막내에 분산된 구형 에멀션내로 이동하여 에멀션내에 존재하는 반응물 B와 화학반응이 다음과 같이 일어날 경우



정상상태에서 에멀션내에서 화학반응이 수반된 확산방정식과 경계조건은 다음과 같다.

$$D_{EA} \left(\frac{d^2 c_A}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dc_A}{dr} \right) = k c_A c_B \tag{2}$$

$$D_{EB} \left(\frac{d^2 c_B}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dc_B}{dr} \right) = \nu k c_A c_B \tag{3}$$

$$r = R : c_A = c_A^* = H_A C_A, \quad \frac{dc_B}{dr} = 0 \tag{4}$$

$$r = 0 : \frac{dc_A}{dr} = \frac{dc_B}{dr} = 0 \tag{5}$$

식 (2)와 (3)의 확산방정식과 식 (4)와 식 (5)의 경계조건은 다음과 같이 무차원형으로 변형된다.

$$\frac{d^2 \alpha_A}{dy^2} + \frac{2}{y} \frac{d\alpha_A}{dy} = m_A^2 \alpha_A \alpha_B \tag{6}$$

$$\frac{d^2 \alpha_B}{dy^2} + \frac{2}{y} \frac{d\alpha_B}{dy} = \frac{m_A^2}{r_B Q_B} \alpha_A \alpha_B \tag{7}$$

$$y = 1 ; \alpha_A = 1, \quad \frac{d\alpha_B}{dy} = 0 \tag{8}$$

$$y=0 \quad ; \quad \frac{d\alpha_A}{dy} = \frac{d\alpha_B}{dy} = 0 \quad (9)$$

$$\text{여기서, } \alpha_A = \frac{C_A}{C_A^*}, \quad \alpha_B = \frac{C_B}{C_{B0}}, \quad y = \frac{r}{R}, \quad m_A = R \sqrt{k \frac{C_{B0}}{D_{EA}}},$$

$$r_B = \frac{D_{EB}}{D_{EA}}, \quad q_B = \frac{C_{B0}}{\nu C_A^*} = \frac{C_{B0}}{\nu H_A C_A} = \frac{\left(\frac{C_{B0}}{\nu H_A C_{Ai}} \right)}{Y_A} = \frac{q_B^0}{Y_A}$$

한편, 에멀션의 경계면을 통하여 에멀션 내부로 전달되는 A의 물질전달속도와 에멀션의 경계면에서 초기농도, C_{B0} 인 B와 반응하는 A의 반응속도와의 비를 A의 유효계수(effectiveness factor), E_f 라고 정의하면, E_f 는 다음과 같다.

$$E_f = \frac{4\pi R^2 n_A}{\frac{4}{3}\pi R^3 k C_A^* C_{B0}} = \frac{3}{m_A^2} \left. \frac{d\alpha_A}{dy} \right|_{y=1} \quad (10)$$

한편, 경막내에 용해된 기체의 물질수지식은 다음과 같다.

$$D_A \frac{d^2 C_A}{dz^2} = (1 - \epsilon) k C_A^* C_{B0} E_f = (1 - \epsilon) k H_A C_A C_{B0} E_f \quad (11)$$

여기서 경계조건은 다음과 같다.

$$z = 0 \quad : \quad C_A = C_{Ai} \quad (12)$$

$$z = z_L \quad : \quad C_A = 0 \quad (13)$$

물질수지식과 경계조건을 무차원형으로 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{d^2 Y_A}{dx^2} = M E_f Y_A \quad (14)$$

$$x = 0 \quad : \quad Y_A = 1 \quad (15)$$

$$x = 1 \quad : \quad Y_A = 0 \quad (16)$$

$$\text{여기서, } x = \frac{z}{z_L}, \quad Y_A = \frac{C_A}{C_{Ai}}, \quad M = \frac{(1 - \varepsilon) k c_{B_0} H_A D_A}{(k_{LA}^0)^2}, \quad k_{LA}^0 = \frac{D_A}{z_L}$$

경계조건 (15), (16)을 사용하여 식 (14)의 해로부터 다음과 같이 촉진계수, ϕ 를 구할 수 있다.

$$\phi = \sqrt{2M \int_0^1 E_f Y_A dY_A + K} \quad (17)$$

식 (17)에서 적분상수(K)는 다음 식으로부터 구한다.

$$\int_0^1 \frac{dY_A}{\sqrt{2M \int_0^{Y_A} E_f Y_A dY_A + K}} = 1 \quad (18)$$

결 과

기-액 접촉계면으로부터 연속상 내부로 위치가 변함에 따라 연속상 A의 농도는 감소하여 분산상 액적내로 A의 물질전달속도와 액적내로 이동된 A가 B와 반응하는 반응속도는 동시에 감소하지만 물질전달속도의 감소폭이 반응속도의 감소폭보다 크게 감소함을 알수 있다.

참고문헌

1. Mehra, A. : Chem. Eng. Sci., 43, 899 (1988)
2. Mehra, A. and Sharma, M. M. : *ibid.*, 40, 2382 (1985)