

마란고니 대류 발생에 미치는 계면활성제의 영향

김 제 익, 강 용 태*, 최 창 균

서울대학교 응용화학부, *경희대학교 기계산업시스템 공학부

The effect of surfactant on the onset of Marangoni convection

School of Chemical Engineering, Seoul National University, Seoul 151-744, Korea

*School of Mechanical and Industrial Systems Engineering, Kyung Hee University, Kyung-gi 499-701, Korea

요 약

흡수식 냉동기 중 흡수기에서 표면 장력 구배에 의해 발생하는 마란고니 대류가 열 및 물질전달 성능을 급격히 향상시킨다는 사실은 잘 알려져 있다. 현재 이와 관련하여 계면활성제의 역할에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 최근 일련의 연구들^(1,2)은 기존의 선형 상태 모델이 마란고니 대류 발생을 명확히 설명하기에는 한계가 있음을 보여주고 있다. 본 연구는 마란고니 대류 발생을 해석하기에 적합한 비선형 상태 모델을 구성하고, 이를 적용하여 마란고니 대류 발생을 해석하는 데 목적이 있다.

용매, 흡수제, 그리고 계면활성제로 구성된 3성분계에 대해서 Langmuir 흡착식을 적용하여 Szyskowski 식과 유사한 비선형 상태식을 유도하였으며, 이 식을 적용하여 비선형 상태 모델을 구성하였다. 비선형 상태 모델에서는 다음의 특징적인 관계식이 적용된다.

$$\gamma = \gamma_i + \kappa_A \Gamma_A \quad (1)$$

여기서 γ , Γ_A , κ_A 는 각각 흡수제 농도에 따른 표면장력 구배, 계면활성제의 표면농도, 계면활성제의 표면농도에 따른 γ 의 구배를 나타낸다.

계의 해석을 위하여 물질 침투 깊이를 길이 차원으로 재척도화하는 전파이론(propagation theory)을 적용하여 안정성 방정식을 구성하였다. 이렇게 얻은 안정성 방정식을 수치해석하여 비선형 상태 모델에서 새롭게 제안된 인자인 κ_A 가 마란고니 대류 발생에 미치는 영향을 이론적으로 고찰하였다. 연구결과 κ_A 의 부호에 따라 마란고니 대류 발생의 안정화에 미치는 영향의 경향이 다르게 나타났는데, κ_A 가 양일때는 그 값이 증가함에 따라 계가 안정화된 반면, κ_A 가 음일때는 그 값이 증가할수록 계가 불안정화되었다. 이 결과로부터 κ_A 가 마란고니 대류 발생에 대한 특성을 판단하는 주요 물리량임을 알 수 있다.

본 연구결과는 마란고니 대류 발생 메커니즘에 대한 이해에 도움이 될 것으로 판단되며, 나아가 흡수 성능을 최적화하는 계면활성제의 선택에 유용하게 사용될 것이라 기대된다.

참고문헌

1. Kang, Y. T., Akisawa, A. and Kashiwagi, T., 1999, Visualization and model development of Marangoni convection in NH₃-H₂O system, Int. J. Refrig., Vol. 22, pp. 640-649.
2. Zhou, X. and Herold, K. E., 2002, The vapor surfactant theory of absorption and condensation enhancement. ISHPC'02, Proc. of Int. Sorption Heat Pump Conf., pp. 341-346.