

# 온도구배에 의한 모세관내 액체이동에 관한 연구

김 이 구, 김 호 영\*, 강 병 하\*\*

국민대학교 대학원, \*한국과학기술연구원 열·유동제어연구센터, \*\*국민대학교 기계·자동차공학부

## Thermocapillary migration of liquid slug

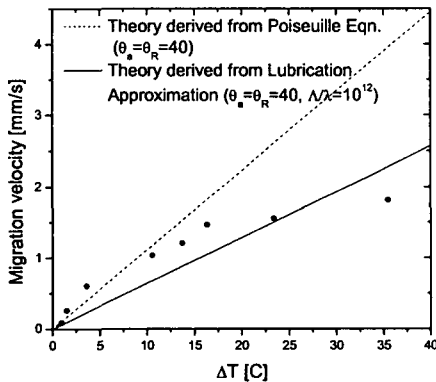
Yi Gu Kim, Ho-Young Kim\*, Byung Ha Kang\*\*

### 요 약

인위적인 관내의 온도구배를 형성시켜 표면장력의 변화를 통해 기포나 슬러그 등을 이동시키는 thermocapillary migration은 MEMS 분야에서 많은 관심의 대상이 되어왔다. 기존의 연구들은 액체 슬러그가 충분히 길어 양 끝단의 쐐기(wedge)모양 영역의 전단응력을 무시할 수 있었지만 액체 슬러그의 길이가 짧은 경우, 슬러그 쐐기(wedge)에서 일어나는 점성소산이 전체 점성 소산에 비하여 무시할 수 없게 되므로 본 연구에서는 슬러그 양끝단의 길이가 짧은 경우에 적용할 수 있도록, 쐐기에서 일어나는 전단응력을 Lubrication approximation을 이용하여 계산하는 새로운 모델을 제안하였다. 또한 액체 슬러그의 길이대 지름비가 10인 경우에 미네랄 오일에 대한 실험을 수행하여 모델과 비교하였다.

Lubrication approximation을 도입하여 쐐기의 전단력을 예측하고 온도구배에 따르는 표면장력의 변화로 인한 압력차에 의해 발생하는 구동력(driving Force)과 액체 슬러그의 양 끝단의 쐐기들의 전단력이 지배적인 저항력(resisting force)으로 작용한다고 가정하여 액체 슬러그의 속도를 예측하는 식을 아래와 같이 유도했다.

$$U = \frac{(a - bT_A)\cos\theta_A - (a - bT_R)\cos\theta_R}{2\mu\left(\frac{\ln(\Lambda/\lambda)_A}{\tan\theta_A} + \frac{\ln(\Lambda/\lambda)_R}{\tan\theta_R}\right)} \quad (1)$$



그리고  $L/d \approx 10$ 의 미네랄 오일에 대한 실험 결과는 Fig. 1 이 보여주고 있다. Fig. 1 에서의 이동 속도는 오일 슬러그가 hysteresis를 극복하고 난 후 온도구배에 따른 이동속도이다. 이와 같이 액체 슬러그의 길이가 작을 경우 Poiseuille 방정식보다는 Lubrication approximation을 이용한 슬러그 속도의 예측결과가 실험값들의 선형화 된 결과와 잘 일치하고 있음을 보여준다.

Fig. 1 Velocity result for the slug of mineral oil