

중양 가열 양단 냉각시 진동형 히트파이프의 비등 작동 한계의 이론적 해석

이 성 호*† 최 상 조 배 내 수** 김 정 훈*** 김 종 수****

*부경대학교 냉동공조공학과 대학원, ** (주) 에이팩/태양열 개발팀, ***삼성전자/시스템 가전 사업부,

****부경대학교 기계공학부

Numerical Analysis of Boiling limitation of Pulsating Heat Pipe on the Heating middle and Cooling Both Ends

Lee Sung Ho*† , Choi Sang Joe, Bae Nae Soo** , Kim Jung Hoon*** , Kim Jong Soo****

*† Department of Refrigeration & Air conditioning Engineering, Pukyong National University, Korea

**Department of Sollar Energy Development, APACK(inc), Korea

***The Promotion Department of Home Appliance, Samsung Electronics.Co.Ltd, Korea

****Faculty of Mechanical Engineering, Pukyong National University, Korea

요 약

본 연구에서는 증발부에 주어지는 열유속의 변화에 따른 PHP 내의 vapour bubble과 liquid plug의 움직임에 대하여 예측하고, 수평 가열 모드에서 루프형 PHP의 중양을 가열하고 양끝을 냉각하였을 경우, 비등 한계 조건의 PHP 열전달 특성과 유동 특성에 대해 유동 가시화 장치를 이용하여 살펴보았으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 증발부 열유속 변화에 따른 이론 해석 결과 0~30 초에서는 증발부의 열유속이 1 W/cm²에서 4 W/cm²로 증가할수록 vapour bubble의 끝위치와 liquid plug의 속도 변화의 폭이 증가하였다. 따라서, PHP의 작동 초기에는 증발부 열유속이 증가할수록, 내부 작동 유체의 움직임이 활발할 것이라 예측할 수 있다.
2. 60초 이후에서는 vapour bubble의 끝위치와 liquid plug의 속도 변화의 폭은 2 W/cm²에서 가장 크게 나타났으며, 4 W/cm²에서 가장 작게 나타났다. 따라서, PHP의 작동 초기에는 증발부의 열유속이 증가함에 따라 PHP 내의 작동 유체의 움직임이 활발한 것이 아니라, PHP의 최적 열유속에서 작동 유체가 가장 활발하게 움직일 것이라 판단할 수 있다.
3. 유동 가시화 실험에서는 증발부 열유속이 2 W/cm² 경우 전체적으로 매우 활발한 기액의 진동이 일어났으며, 기액의 이동방향은 각각의 유로에서 매우 불규칙적으로 변화하였다. 4 W/cm² 경우 증발부 유로가 기상으로 가득 차게 되고, 국소적인 dry-out 현상이 발생하였으며, 일부 채널에서 증발부와 단열부에서 liquid의 느린 유동이 관찰되었다. 4 W/cm²에서는 응축된 액이 증발부에 도착하기 전에 과열된 관벽에서 증발하기 때문에 증발부에서는 기상만이 존재하는 비등 한계에 도달하였음을 알 수 있었다.
4. PHP 내의 포화 압력은 증발부 열유속이 증가함에 따라 높아졌으며, 실험 결과와 수치 해석 결과는 6.5% 이내에서 일치하였다. 2 W/cm² 보다 4 W/cm²에서 포화 압력이 높게 나타나는 이유는 4 W/cm²에서 비등 한계에 도달하여 PHP의 전체적인 온도가 상승하였기 때문이다.

참고문헌

1. H. Akachi, "Looped Capillary Tube Heat Pipe", Proceedings of 71th General meeting Conference of JSME, Vol. 3, No. 940-10, pp. 606-611, 1994
2. H. Akachi, F. Polasek and P.Stulc, Pulsating Heat Pipes, Proceedings of 5th Int. Heat Pipe Symposium, Melbourne, pp. 208-217, 1996.
3. Zuo, Z. J., North, M. T. and Ray, L., "Combined Pulsating and Capillary Heat Pipe Mechanism for Cooling of High Heat Flux Electronics," Thermacore Inc., www.thermacore.com