

고온 원관형 히트파이프의 열전달 특성에 관한 실험 연구

박수용, 부준홍[†]
한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부

An Experimental Study on Heat Transfer Characteristics of High-Temperature Cylindrical Heat Pipes

Soo-Yong Park, Joon-Hong Boo[†]
School of Aerospace and Mechanical Engineering, Hankuk Aviation University, Goyang-city 412-791, Korea

요 약

고온 작동 범위를 갖는 원관형 나트륨/스테인리스 스틸 조합의 히트파이프에 대한 성능 실험을 수행하였다. 고온 범위 히트파이프는 통상 750K 이상에서 작동하는데, 작동유체로는 알칼리 금속 계열인 나트륨, 세슘, 칼륨 등을 사용한다. 본 연구에서는 고온 폐열 회수 열교환기 등에 적용할 기초 성능 자료를 얻을 목적으로 히트파이프를 제작하여 열전달 특성을 알아보았으며, 내부 워 구조물에 따른 영향을 살펴보기 위해 내부에 조밀도가 다른 스크린 메쉬(screen mesh) 워 구조물을 삽입한 후 히트파이프의 작동 특성을 살펴보았다. 제작한 히트파이프 용기는 길이 1 m, 외경 25.4 mm 스테인리스 스틸 316L 재질이며, 삽입된 워 구조물은 메쉬 번호가 40, 50, 및 60의 세 가지 종류의 스테인리스 스틸 스크린 메쉬이다. 열부하는 0.5 kW 단위로 최대 2 kW까지 공급되었고, 응축부에서의 냉각은 자연 대류와 복사에 의해 이루어졌다. 실험은 열교환기에 응용될 것을 고려하여 수평상태인 경우를 대상으로 수행되었으며, 실험 과정에서 히트파이프의 표면 온도를 측정하여 히트파이프의 열저항이나 증발부 응축부의 평균 열전달 계수 등이 계산되었다.

본 연구를 통해서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 액체 금속 히트파이프는 전체 길이에 걸쳐 정상적으로 작동하는데 필요한 설계 범위의 열부하가 존재하며, 이 범위 이하에서는 응축부의 일부만 작동하고, 이에 따라 전 길이에 걸친 온도차가 증가하여 열저항 값이 정상적 작동시의 값 대비 10배 이상 크게 나타날 수 있다.
- (2) 실험한 히트파이프는 제시된 실험 조건 하에서 정상 작동하는 경우 열저항은 약 0.02°C/W, 평균 열전달계수는 증발부에서 약 2,000 kW/m²K, 그리고 응축부에서 10,000 kW/m²K 정도로 나타났다.
- (3) 내부 스크린 메쉬 크기가 히트파이프의 열전달 성능에 미치는 영향은 단순한 관계로 파악하기 어려우며, 액체 점도와 같은 물성치와 모세관력의 상대적 크기에 따라 달라지는 것으로 판단된다.

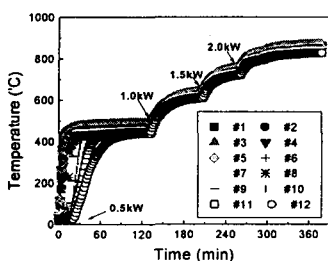


Fig. 1 Temperature variation

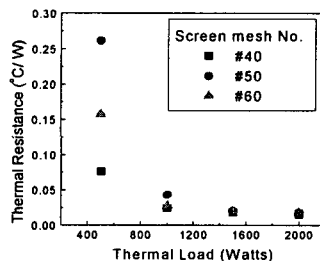


Fig. 2 Thermal resistances

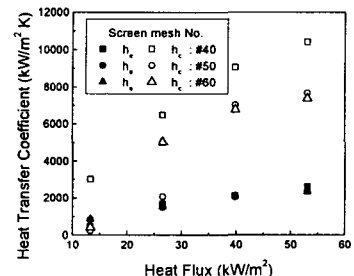


Fig. 3 Heat transfer coefficients