

## 25. 루프형 세관 히트 파이프의 열전달 특성에 관한 연구

기관공학과 최재혁  
지도교수 윤석훈

현대 전자·전기 기기의 소형화, 고출력화로 인한 발열량 증가, 우주 공간에서의 우주 기기의 방열 문제, 인공위성에서의 방열 등을 효과적으로 해결하기 위해서는 기존의 히트 파이프와는 달리 구조가 간단하고 신뢰성이 우수한 고성능 열 이송장치가 필요하다.

지금까지 사용되고 있는 열 이송장치로는 위크(Wick)라고 부르는 다공성물질을 내장한 용기를 진공으로 하고 작동유체를 충전하여 모세관 현상에 의해 응축액을 환류시키는 히트 파이프가 사용되어왔으나, 이러한 기존의 히트 파이프는 응축액의 환류를 위해 복잡한 위크(Wick)가 필요할 뿐만 아니라 장시간 사용시 불응축 가스의 혼입에 의하여 성능이 크게 저하하며, 관의 직경이 매우 작은 초소형 히트 파이프의 제작이 곤란한 단점을 지니고 있다.

이에 본 연구에서는 전형적인 히트 파이프의 단점을 보완할 수 있는 가능성을 갖고 있는 루프형 세관 히트 파이프를 개발하기 위한 기초 자료를 확보하는데 있다.

이를 위하여 단순한 형태의 루프형 세관 히트 파이프를 제작하여 작동액의 충전율과 가열량에 따른 열저항, 유효 열전도 계수, 비등 열전달 계수, 응축 열전달 계수를 구하여 본 히트 파이프의 열전달 특성을 조사하였다.

본 히트 파이프는 외경 0.0032mm, 내경 0.002mm의 동(銅) 파이프로 제작하였으며, 가열부 10turns, 냉각부 9turns 등 총 19turns로 되도록 제작하였다. 또한 본체는 가열부 0.07m, 단열부 0.2m, 냉각부 0.07m로써, 히트 파이프의 총 높이는 0.34m이며, 이러한 히트 파이프를 제작하기 위하여 소용된 동관의 총 길이는 7.11m이다.

실험에서는 작동액의 충전율을 20~80%까지 10%간격으로 변경하였고, 가열부의 가열량은 100~600W까지 100W씩 변화시키면서 실험을 수행하였다.

관 내의 온도와 압력측정을 위하여 가열부 2개, 단열부 3개 냉각부에 2개의 C-A열전대를 설치하고, 냉각부 쪽에 압력변환기를 설치하여 3, 9, 135Hz의 속도로 각각 1000, 1000, 4000개의 데이터를 취하여 컴퓨터에 저장하였으며, 본 연구의 모든 계산에서는 이렇게 측정된 각 부 데이터의 평균값을 이용하였다.

작동액의 충전율과 히트 파이프에 대한 가열량이 루프형 세관 히트 파이프의 열전달 특성에 미치는 영향에 대한 연구를 수행한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

본 루프형 세관 히트 파이프의 유효 열전도계수는  $5 \times 10^5 \sim 7 \times 10^5 \text{ W/mK}$  범위로 열전도 계수가 가장 우수한 금속중의 하나인 Cu의 열전도계수보다 1000~2000배 큰 값을 가지며, 비등 열전달 계수는 충전율30%에서 제일 큰 값을 나타내고, 이 때의 크기는 약  $2000 \sim 2300 \text{ W/m}^2\text{K}$  정도이다.

충전율이 응축열전달계수에 미치는 영향은 비교적 작으나 충전율이 60%이상으로 커질수록 관 내부공간부족과 작동액의 유동 성능 저하로 인하여 비교적 작은 열유속에서도 작동 불능 상태가 되며, 루프형 세관 히트 파이프가 충전율 30%에서 가장 우수한 열전달 성능을 나타내고 있는 것은 본 히트 파이프 내부에서의 열이송능력에 액체 이동에 의한 현열 이송 보다 기포 거동에 의한 잠열이송이 더 큰 영향을 미침을 의미한다.