

# 오실레이팅 히트파이프형 LED 보안등용 냉각장치

## Oscillating Heat Pipe Type Cooling Device for LED Security Lights

\*정태성<sup>1</sup>, #강한국<sup>2</sup>

\*T. S. Jung<sup>1</sup>, #H. K. Kang(hkkang67@hanmail.net)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>인하공업전문대학 기계설계과, <sup>2</sup>(주)루티마

Key words : LED Security Lights, Oscillating Heat Pipe, Free Convection, Cooling

### 1. 서론

최근 차세대 광원으로 사용이 확대되고 있는 LED 소자는 공급된 전력에너지 중 80% 이상이 열로 전환되며, 이에 따른 온도증가가 광학적 성능 및 수명을 급격하게 감소시키는 것으로 알려져 있다.<sup>1,2</sup> 특히, 보안등 및 가로등과 같이 수습에서 수백 와트의 전력이 가해지는 고휘력 LED 조명용 냉각 장치는 대부분 자연 대류 상황에서 설치되므로 광효율과 수명 확보를 위해 더욱 정교한 방열 설계가 요구되고 있다. 본 연구에서는 오실레이팅(oscillating) 형태의 히트파이프(heat pipe)를 이용하여 90W 급 LED 보안등에 필요한 냉각 모듈을 개발하였다.

### 2. 오실레이팅 히트파이프

오실레이팅 히트파이프는 서펜타인(serpentine) 형태로 굴절되고 양단이 서로 연결되지 않은 밀폐된 수 mm 정도의 중공형 튜브 내부에 진공 배기된 상태로 충전된 작동유체는 액체와 증기가 공존하는 포화상태로 존재하게 되며, 상변화를 동반한 유동에 의해 열을 수송하는 구조이다. 증발부에 열이 공급되어 증발부와 응축부에 온도차가 발생함에 따라 히트파이프 내부에 압력의 불균형이 발생되고, 압력의 불균형은 작동유체를 기화시켜 기포를 급격하게 성장시킨다. 이에 따라 기포가 인접한 액체를 밀어내면 모세관 내부의 연속적으로 존재하는 기포가 연쇄적으로 진동하게 된다. 이와 같은 과정을 통하여 작동유체는 응축부로 열을

전달한 후 다시 증발부로 이동하게 된다. 오실레이팅 히트파이프의 작동특성과 성능의 관련 인자로는 튜브의 지름, 작동유체, 틸수 및 증발부와 응축부 각각의 길이 등이다. 작동유체의 종류에 의하여 관의 최대 지름을 결정할 수 있으며 작동유체는 상온범위에서 어는점과 포화 압력을 고려하면 물, 알콜 계열류를 선정할 수 있다. 한편 튜브의 재질은 작동유체와의 적합성을 고려할 때 구리와 알루미늄 등이 고려되며 본 연구에서는 성형과 접합 등을 고려하여 구리로 결정하였다.

### 3. 냉각모듈의 설계 및 제작

90W급 LED 보안등의 전원공급장치(SMPS)의 효율과 LED의 발열율을 고려하면, 약 60W의 에너지가 열로 변환될 것으로 예상된다. 한편, LED 소자의 수명을 고려한 접합점 온도는 약 70℃ 이내가 되어야 하며, 서울의 하절기 평균기온 25.8℃를 고려하면 PCB와 접합되는 냉각 장치의 베이스 온도는 약 56℃로 설계되어야 하고, 냉각장치의 허용 온도차는 약 30℃ 미만일 것이 요구된다.

따라서, 본 연구는 이상의 설계조건을 기초로 오실레이팅 히트파이프를 이용한 자연대류형 냉각장치를 설계하고 제작하였다. 개발된 냉각모듈 2개를 이용하여 90W 급 LED 보안등에 필요한 냉각장치를 구성하기로 하고, 각 냉각모듈은 발열량 30W 정도에서 온도차 30℃미만의 값을 갖도록 설계하였다.

이 때 자연대류 냉각장치에서 대부분을 차지하는 열저항 요소인 대류 열전달의 주요한 변수가 가열 원과의 유속 및 공기 유동 통로의

확보에 있음을 고려하여 공기와의 접촉면적을 최대화하면서 유동 저해 요소 또는 열경계층 성장의 원인이 발생하지 않도록 내접하는 서로 다른 지름의 원을 변형한 사각형 구조를 고안하였다. 생산성 등을 고려하여 지름 1.2mm를 선정하였으며 내경을 고려할 때 작동유체의 가격, 충전과 표면장력을 감안하여 작동유체는 펜탄으로 선정하였다. 세관을 성형하고자 지그를 제작하고 약 25개의 턴수를 갖도록 성형하여 히트파이프 소재를 제작하였다. 제작된 소재 내부를 진공배기하고 작동유체를 충전한 후 마감함으로써 히트파이프를 제작하였다.

제작된 히트파이프 8개를 병렬로 배치하여 알루미늄 블록에 설치하고 기계적으로 블록과 히트파이프를 결합하여 냉각모듈을 제작하였다.



Fig. 1 Cooling module using oscillating heat pipe

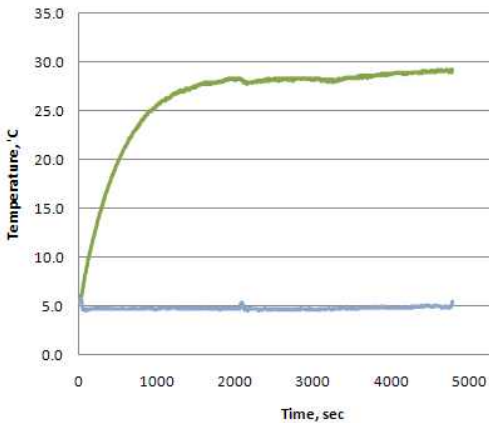


Fig. 2 Measured temperature of the base block on cooling module

Fig. 1 는 제작된 오실레이팅 히트파이프를 이용한 냉각모듈을 보여주고 있으며, Fig. 2 는

제작된 냉각모듈에 발열체를 설치하고 약 31W 의 열부하를 공급한 상태에서 냉각모듈의 블록온도를 측정한 결과를 보여준다. 그림에서 보는 것과 같이 블록의 온도는 상승하여 약 30°C 근처에 이른 후 정상상태에 도달하였음을 볼 수 있다. 이 때 블록의 온도는 비교적 일정하게 상승하며 진동과 같은 별다른 불안정 특성은 나타나지 않는다. 정상상태에 이르렀을 때 블록과 외기(약 5°C)는 약 25°C의 온도차를 나타내며 본 연구에서 목표로 하는 30°C의 온도차 미만을 보이고 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 오실레이팅 히트파이프를 이용하여 열부하 30W 에서 외기와 온도차 30°C 미만을 만족하는 냉각모듈을 개발 하였다.

그러나, 90W 급 LED 보안등용 냉각장치의 경우 총 16 개의 히트파이프가 필요하여 제작비의 증가가 발생할 수 있으며, 베이스와 히트파이프를 기계적으로 압력에 의하여 결합하는 구조이기 때문에 계면간 열접촉 저항이 증가될 수 있다. 보완이 필요하다. 따라서, 히트파이프의 작동유체, 지름과 턴수, 형상, 수량 및 블록과의 접합방법 등에 관한 설계인자와 제작과 성능실험 등 매우 체계적인 연구와 개발이 필요할 것으로 생각된다.

#### 후기

본 연구은 2011 년 중소기업청 산학연협력 기업부설연구소 지원사업 ‘차세대 조명용 방열 장치 설계 및 제조기술 개발’ 과제 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

#### 참고문헌

1. 황순호, 박상준, 이영림, "10W LED 조명등 방열 설계 최적화에 관한 연구," 한국 산학기술학회논문집, **11**, 2317-2322, 2010.
2. 백중협, 황남, 송상빈, 조용익, "LED 의 기초와 응용," 광학과학기술, **11(2)**, 21-38, 2007.