

# 역열전달 해석기법에 의한 LED 조명용 무동력 냉각사이클링 방열기 성능평가

## Performance evaluation of a thermo siphon type radiator for LED lighting system by using inverse heat transfer method

\*김은희<sup>1</sup>, #김홍규<sup>2</sup>, 서광석<sup>3</sup>, 조종두<sup>4</sup>

\*Eun-hee Kim<sup>1</sup>, #H. K. Kim(krystal@kitech.re.kr)<sup>2</sup>, K. S. Seo<sup>3</sup>, C.D. Cho<sup>4</sup>

<sup>1</sup>인하대학교 기계공학과 대학원, <sup>2</sup>한국생산기술연구원 금형성형연구그룹, <sup>3</sup>이노캐스트(주),

<sup>4</sup>인하대학교 기계공학과

Key words : thermo siphon type, inverse heat transfer method, LED lighting system

### 1. 서론

최근 차세대 광원으로 주목 받고 있는 LED 조명기기의 LED Chip 에 입력되는 전압이 빛으로 변환하는 과정에서 발생하는 열을 해결하는 기술은 곧 제품의 수명과도 연관될 수 있기 때문에 주요한 해결 과제 중 하나로 대두되고 있다.<sup>(1)</sup> 본 연구에서는 (주)이노캐스트 에서 LED 조명기기용으로 개발된 서모사이펀 방식 히트파이프를 역열전달(Inverse heat transfer) 방식의 유한요소 해석을 통하여 열전달계수를 정량적으로 평가 하였다.

방열기 구조로 제시된 히트파이프는 밀봉된 용기 내에 작동유체를 감압 봉입하여 제작된 서모사이펀 방식이다. 이것은 증발부에 열이 작용하면 그 부위의 작동유체의 증발에 의한 압력 차가 발생하여 증기가 이동한다. 이 증기는 응축부에서 증발잠열을 파이프 주위에 전달하고 응축이 일어난다. 응축된 액체는 중력에 의하여 다시 증발부로 벽을 타고 내려와 지속적인 열수송이 일어나게 된다.<sup>(2)</sup>

### 2. 서모사이펀 히트파이프 열전달 모델

본 연구에서 사용된 서모사이펀식 히트파이프의 증발부 열전달률은, 냉매가 물, 에탄올, 벤젠 및 R-113 의 경우 Stephan-Abdelsalam 또는 Nishikawa-Fujita 에 의한 다음 식을 사용하여 개략치를 구할 수 있다.

$$q \leq q_t ; h = 6.24 \frac{\lambda_L}{d} (f_s f_p X)^{2/3}$$

$$q > q_t ; h = 0.66 \frac{\lambda_L}{d} d^{-2/5} (f_s f_p X)^{4/5}$$

여기서,

$$X = \left[ \left( \frac{1}{M^2 C} \right) \left( \frac{c_{pL} \rho_L^2 g}{\lambda_L \rho_v \sigma \Delta h_v} \right) \right]^{1/2} q d^{3/2}$$

$$f_p = \left( \frac{P}{P_a} \right)^{0.7} \left[ 1 + 3 \left( \frac{P}{P_c} \right)^3 \right] / \left[ 1 + \left( \frac{P_a}{P_c} \right)^3 \right]$$

$$q_t = \frac{2.08 \times 10^7 d^{3/2}}{f_s f_p \left[ \left( \frac{1}{M^2 C} \right) \left( \frac{c_{pL} \rho_L \Delta h_v^2 g}{\lambda_L \rho_v \sigma \Delta h_v} \right) \right]^{1/2}}$$

이다. 이때  $h$  는 열전달률,  $\lambda$  는 열전도율,  $\rho$  는 밀도,  $\sigma$  는 표면장력,  $d$  는 파이프 지름,  $c_p$  는 비열,  $\Delta h_v$  는 증발잠열,  $q$  는 열유속,  $P$  는 압력,  $P_a$  는 대기압,  $P_c$  는 임계압력,  $g$  는 중력가속도를 나타낸다. 또한 첨자  $L$  은 액체,  $v$  는 증기를 나타낸다.  $f_s$  는 기포계수이며 1 로 놔도 무방하고, 물성치는 포화온도에서의 값을 사용한다.

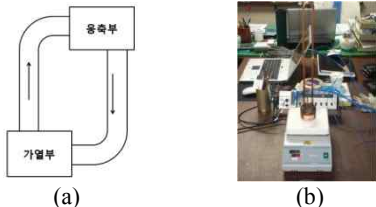


Fig.1 (a) Conceptual diagram of thermo siphon heat pipe; (b) thermo siphon type heat pipe cooler

### 3. 역열전달 유한요소 해석

열전달계수의 정량적 평가를 위해 상용 FEM 툴인 Ansys Workbench v12.0 을 이용하여 해석을 진행하였다. 이 모델의 소재로는 Cu 가 사용되었고, 방열기 안의 냉매에 유무에 따른 열전달 성능을 비교해 보기 위하여 두 가지 케이스의 해석을 진행하였다. 반복적 유한요소 해석을 통해 실험 측정온도와의 오차를 최소화 하는 등가 열전달계수를 찾아낼 수 있다. 이 방법은 일종의 역열전달 해석이다.

Fig.2 는 열전달 해석을 위한 LED 조명용 방열기의 CAD 모델과 유한요소 모델이다. 실험과 해석의 비교를 위하여 방열기의 몇몇 부분을 지정하여 그 곳의 온도를 측정하였다. T1 은 실험시의 대기 온도를 나타내고 본 논문에서는 28.6℃로 가정하였다. T2 는 LED 에서 발열되는 온도를 나타낸다. Fig.2 의 유한요소 모델에 표기된 T3 부터 T7 은 방열기의 몇몇 지점을 나타낸다.

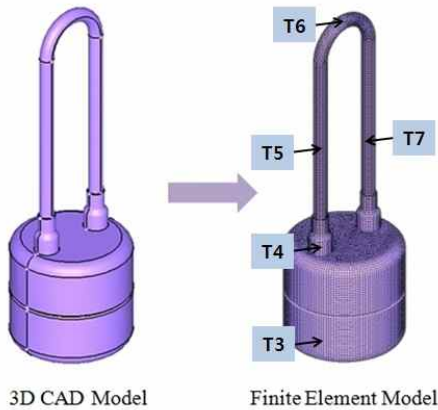


Fig. 2 CAD Model and FE Model for heat transfer

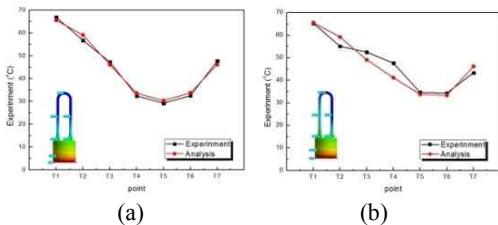


Fig. 3 Analysis result for heat transfer; (a) Not using the refrigerants; (b) Using the refrigerants

### 4. 결론

본 논문에서는 사모사이펀 방식을 사용한 LED 조명용 방열기의 열전달계수를 역열전달 방식으로 해석하였다. 냉매가 없을 때와 냉매가 있을 때 두 가지 케이스를 각각 유한요소해석을 한 결과, LED 기판의 온도를 80℃, 대기의 온도를 28.6℃로 가정했을 때, 냉매가 없을 때의 열전달계수  $h=88 W/m^2 C$  를 찾을 수 있었다. 이를 참고하여 냉매가 있을 때의 방열기의 반복적 유한요소해석을 진행하였다. 방열기 안의 냉매가 가열이 되면서 파이프를 타고 올라가 최고점에서 냉각이 되어 다시 파이프를 타고 내려오는 것을 고려해 열전달계수를 각각의 파이프에 다르게 주었다. 그 결과, 냉매가 가열되어 올라가는 파이프의 열전달계수는  $h_1=5 W/m^2 C$ , 최고점의 열전달계수는  $h_2=40 W/m^2 C$ , 냉매가 냉각되어 내려가는 부분의 열전달 계수는  $h_3=120 W/m^2 C$ 가 나오게 된다. 두 가지 그래프를 비교해본 결과 반복적인 유한요소 해석을 통해 얻은 열전달계수값이 실험값과 유사함을 알 수 있었다.

### 후기

본 연구는 중소기업청의 첨단장비 활용 기술개발사업 “LED 조명기기를 위한 무동력 냉각사이클링 방열기 제조기술의 개발” 과제에 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. 강제훈, "LED 램프용 방열기구의 최적 모델링," 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, 421-422,2010
2. 이정재, 김용경, 최석용, "서모 사이펀식 히트파이프를 이용한 건식 바닥 난방 시스템의 제안 및 성능평가," 대한건축학회 논문집, 197, 173-180,2005
3. 송민재 외 4 인, "LED 조명기기용 무동력 냉각사이클링 방열기 개발 및 열전달 성능 평가," 한국 정밀공학회 춘계학술대회 논문집, 10,867-868, 2010.