

LED 조명기기용 무동력 냉각사이클링 방열기 개발 및 열전달성능 평가

Cooling performance evaluation of a thermo siphon type heat pipe cooler for LED lighting system

*송민재¹, #김흥규¹, 서광석², 김수길², 강순동³

*M. J. Song¹, #H. K. Kim(krystal@kitech.re.kr.)¹, K. S. Seo², S. G. Kim², S. D. Kang³

¹한국생산기술연구원 금형·성형연구부, ²이노캐스트(주), ³유한대학 금형설계과

Key words : Heat Piper, Cooler, LED Lighting

1. 서론

최근 차세대 광원으로 큰 주목을 받는 LED 조명기기의 기술적 해결 과제 중의 하나는 사용 중 발생하는 발열 문제이다. 따라서 이 문제의 직접적인 해결 방법으로서 작동 중 LED 모듈에 발생하는 열을 효과적으로 제거할 수 있는 다양한 방열 기구에 대한 연구 및 개발이 널리 이루어지고 있다.

이번 논문에서는 최근 이노캐스트(주)에서 LED 조명용으로 개발된 히트파이프 형태의 방열기에 대해 작동 실험 평가와 열전달 FEM 해석을 통한 열전달 계수 정량적 평가를 시도하였다. 개발된 방열기는 Fig. 1에 보인 것과 같은 서모사이펀(thermo siphon) 방식의 히트파이프 구조로, 미량의 증류수를 냉매로 사용하며 냉매 순환을 위한 별도의 동력 장치가 필요 없는 큰 장점을 갖고 있다.

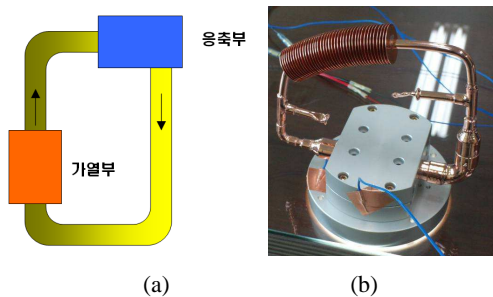


Fig. 1 (a) Conceptual diagram of thermo siphon type heat pipe cooler and (b) heat pipe cooler installed on a LED lighting system

2. 방열기 성능 평가 시험

방열기의 성능 평가를 위하여 Fig. 2와 같은 열전달 시험을 수행하였다. 방열기가 없는 조명기기과 방열기가 있는 조명기기 각각에 열전대를 부착하고, PC 기반 데이터 수집장치(DAQ)를 통해 실시간 온도 측정을 하였다. 각 측정 점에서의 온도 이력을 Fig. 3에 나타내었다. 실험 결과 방열기가 설치되었을 때 최종적으로 약 10 °C 차이의 냉각효과가 관찰되었다.

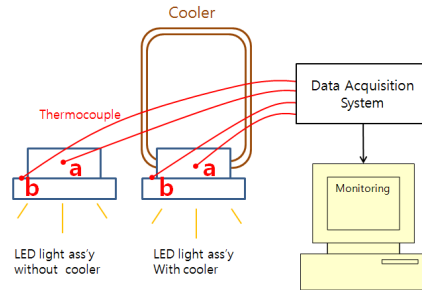


Fig.2 Experimental set-up for measuring temperature

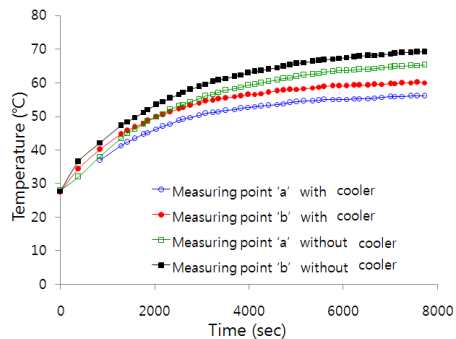


Fig.3 Measured temperature as a function of time

3. 방열기 열전달 계수의 FEM 평가

열전달 해석 모델을 Fig. 4 에 나타내었다. 방열기 소재는 Cu 이고 나머지 부품 소재로는 AL2024 가 사용되었다. 열전달해석에는 상용 FEM 프로그램인 DEFORM-3D 를 활용하였다. 방열기와 대기 사이의 열전달계수를 임의로 가정하고 FEM 해석으로 얻어지는 온도 분포와 실험에서 측정된 결과를 비교하였다. 다양한 열전달계수를 적용한 반복적 유한요소해석을 통해 실험 측정 온도와의 오차를 최소화하는 등가(equivalent) 열전달계수를 찾아낼 수 있다. 이 방법은 일종의 역열전달(Inverse heat transfer) 해석이다. 열원(heat source)인 LED 기판의 온도는 70℃로 일정하다고 가정하였다.

실험에서 측정된 온도 데이터를 만족시킬 수 있는 방열기 등가 열전달계수를 추정하였다. 그 결과 근사적으로 $h=10KW/(m^2 \cdot ^\circ C)$ 를 얻을 수 있었다. 이 열전달계수 값에 대응하는 각 온도 측정 위치에서의 시간에 따른 온도 계산 값을 측정값과 비교하여 Fig. 5, 6 에 각각 나타내었다. 결과를 보면 계산값이 비교적 측정값과 유사함을 알 수 있다.

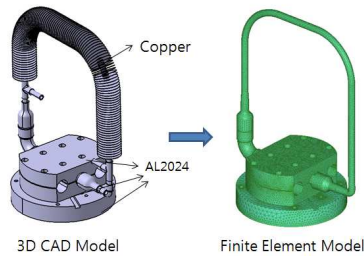


Fig.4 FEM analysis model for heat transfer

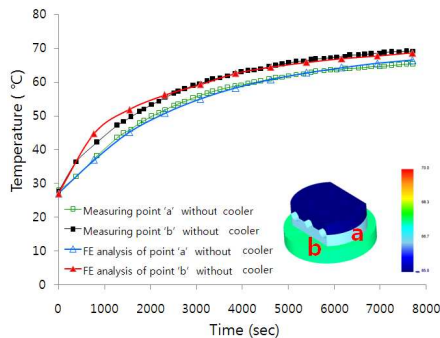


Fig.5 Temperature comparison between measurement and FE prediction when cooler was not used

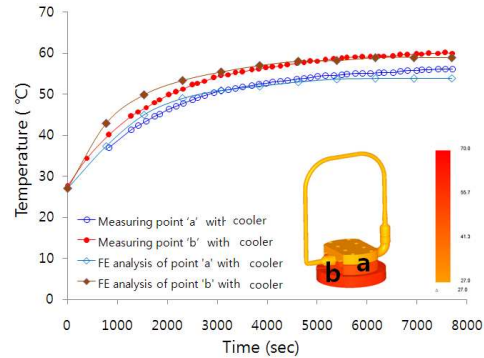


Fig.6 Temperature comparison between measurement and FE prediction when cooler was used

4. 결론

LED 조명기기 방열기로 이노캐스트(주)에서 최근 개발된 무동력 냉각사이클링 히트파이프 방열기를 실제 LED 조명기기에 설치하고 작동 중 온도 측정을 통한 방열 성능을 고찰하였다. 역열전달해석 관점에서, 측정된 온도 데이터를 토대로 유한요소해석을 활용한 열전달계수 평가를 시도하였다. 도출된 방열기 등가 열전달계수로부터, 히트파이프 방열기 내부에 주입된 증류수의 가열, 순환, 응축 작용의 도움으로 인해 단순 금속 파이프일 때에 비해 높은 방열 성능이 나타남을 유추할 수 있었다. 도출된 등가 열전달계수를 활용함으로써 본 논문에 제시된 조명기기 이외의 부품에 적용할 때도 해당 부품의 온도 저감을 비롯한 방열 특성에 대해 정량적인 사전 평가가 가능할 것으로 생각한다.

후기

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

참고문헌

1. Kim, H.K., and Oh, S.I., "Evaluation of heat transfer coefficient during heat treatment by inverse analysis," Journal of Materials Processing Technology, **112**, 157-165, 2001.