

LED 집어등을 위한 Heatsink 구조물 설계

°임종근*·송길복**·박정남*·조태균*

(주)에스알씨 부설 해양정보통신연구소, 한국해양대학교 컴퓨터·제어·전자통신공학부

서론

새로운 조명원으로 부각되고 있는 개선된 LED(Light Emitting Diode : 발광 다이오드)는 이미 현재 사용하고 있는 메탈할라이드, 나트륨, 할로젠, 형광등, 백열등과 같은 많은 조명원을 대체할 수 있을 만큼 탁월한 성능과 안정성을 유지하면서도 높은 효율성을 개선하는 효과를 얻을 수 있다. LED를 집어등과 등과 같은 고출력 조명 광원으로 사용하기 위해서는 반드시 모듈화 기술이 필요하며 그 핵심 기술은 패키지 재료를 바탕으로 한 방열설계 및 시스템 차원의 방열설계 기술이다.

본 연구에서는 현재 국내에서 제공되는 LED 패키지를 사용하여 시스템 차원에서의 방열설계를 적용하여 집어등과 같은 다양한 응용분야에서 LED의 적용을 앞당겨 에너지 절감 및 어민에 대한 소득 증대, 조업 환경 개선, 이산화탄소 저감 등의 효과를 가져오고자 하였다.

집어등과 같은 특수한 환경에서 사용하는 조명의 경우, Heatsink 구조물은 공간적인 제약으로 인해 소형화, 경량화가 요구되고 해양환경에 대한 제약으로 방염, 방풍, 방진 등의 요건을 만족해야한다. 따라서 팬과 같은 강제 냉각이나 많은 부피를 차지하는 수냉 방식은 부적합한 것으로 판단되고 자연 대류와 공냉 방식을 적용하는 것이 최상의 방안으로 선택되었다.

설계 과정에서 Heat Pipe, 방열 Grease, 압출 및 Bonded Pin과 같은 다양한 방열 설계 기술을 활용하여 집어등에 적용할 수 있는 최적의 방열 기구물을 제작해 보고 검증해봄으로써 LED 집어등의 적용 가능성을 충분히 확인할 수 있었고 이를 통해 LED 조명의 빠른 보급과 산업적·경제적인 효과 및 기술적인 파급효과를 기대해 볼 수 있게 되었다.

재료 및 방법

본 연구에서는 길이가 15cm이고 폭이 4cm인 단위 LED 모듈에 출력 12V이고 구동 전

류가 1A인 단위 패키지 4개를 붙여 모듈당 50W, 3,000 lm 이상의 LED가 적용되었다. 이러한 단위 모듈은 또한 3개가 60° 각도에 배치되어 전체 150W의 출력을 가진 LED 집어등이 구성되었다. 단위 패키지 자체의 열 저항은 7°C/W로 우수한 특성을 나타내었다.

LED 집어등의 방열 구조물 설계에 앞서 최적의 필요 체면적을 구할 필요가 있다. 이는 향후 집어등에 적용할 수 있도록 경제성을 고려하여 알루미늄 압출의 베이스에 충분한 체면적을 가질 수 있도록 알루미늄 핀을 결합하는 Bonded Pin 형태로 설계하였고 해양 환경에 대한 내환경성을 고려하여 알루미늄에 아노다이징 처리를 반영하였다.

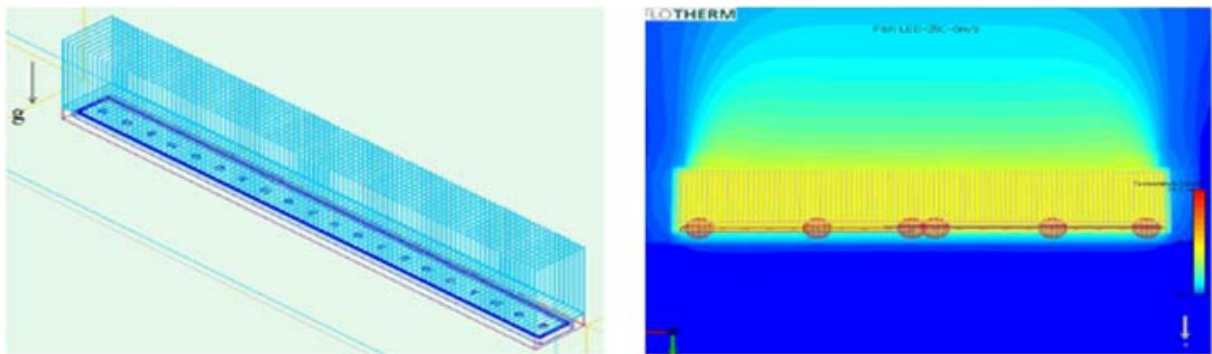


Fig. 1. Thermal modelling and the thermal distribution diagram from simulation

그림 1과 같은 기본적인 모델링을 통해 LED 모듈의 길이와 폭, Heatsink 핀의 간격과 길이, 두께, 갭 수등을 변화시켜 LED 접합부 온도 80°C를 얻기 위해서 필요한 체면적을 계산하였다.

또한 실험의 신빙성을 높이기 위해 LED 집어등의 공간적인 제약과 환경적인 제약을 반영한 두 종류의 Mockup을 제작하고 이를 통해 LED 접합부 온도를 측정해 보았다.

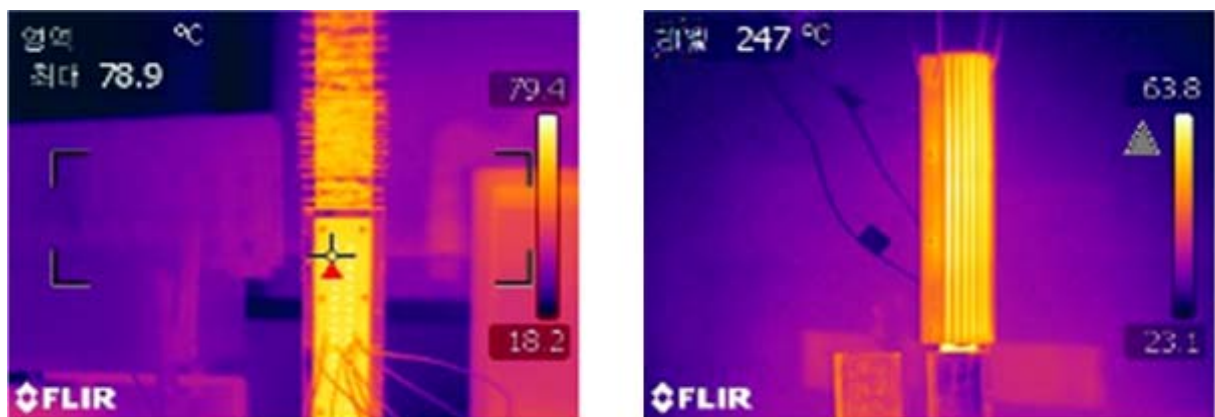


Fig. 2. The Mock-up models combined with heatpipe and heatsink

그림 2의 우측은 Heatsink의 Pin이 수직으로 나열된 형태로 와이어 커팅 방식으로 제작하였으나 구조상의 문제로 체면적을 더 이상 넓힐 수 없는 문제점이 있었고 결과 또한 접합부 온도가 120℃ 이상을 나타내었다. 따라서 그림 2의 좌측과 같이 Heat Pipe를 중심으로 구리 핀을 수직형태로 조밀하게 분여 충분한 체면적을 가질 수 있도록 제작한 결과 LED 접합부 온도가 78.9℃로 만족할 만한 결과를 나타내었다.

이상과 같은 열 해석과 실험을 통해 제한된 공간에서 열 전달을 위해 Heat pipe를 사용하는 것이 바람직하고 목표호 하는 LED 접합부 온도를 80℃ 이하로 낮추기 위해서는 10W에 570cm², 50W에 2,700cm², 150W에 8,000cm² 이상의 체면적을 가지는 Heatsink를 설계할 필요가 있는 것으로 판단하게 되었다.

결과 및 고찰

재료 및 방법에서 검토한 사항을 토대로 150W의 LED 집어등의 시스템 방열을 위해서는 8,000cm² 이상의 체면적을 가지는 Heatsink 구조물을 설계할 필요가 있고 현재 운용되고 있는 집어등의 설치환경과 운용특성을 고려할 때, 소형화, 경량화된 구조이어야 하며 내환경성을 고려하여야 한다.

지금까지의 검토를 통해 최종적으로 설계된 Heatsink 구조물 및 LED 집어등은 다음 그림 3과 같다.

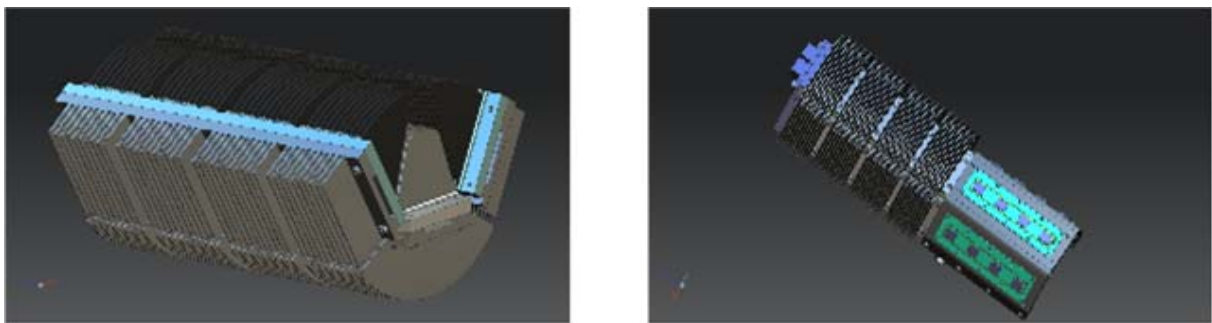


Fig. 3. Final heatsink structure and LED Lamp

그림 3과 같이 50W LED 모듈 각각에 Heatpipe를 연결하고 이를 통해 전달된 열은 상부에 설치된 Heatsink를 통해 방출한다. Heatsink는 알루미늄 압출을 통해 제작된 베이스에 알루미늄 핀을 결합한 Bonded Pin 형태로 제작되어 제한된 공간에서 충분한 체면적으로 열을 수 있었고 모든 알루미늄 구조물은 아노다이징 처리를 통해 내환경성을 갖도록 설계되었다.

설계 및 제작된 LED 집어등 Heatsink 구조물을 검증을 위해 $V_f=50V$, $I_f=1A$ 를 일정한

공급할 수 있는 정전류 구동드라이버가 연결되어 최대 광량을 유지하면서 Heatsink의 온도가 포화될 수 있도록 1시간 이상을 유지 한 후, 접합부 온도와 Heatsink의 온도를 측정한 결과 다음 그림 4와 같은 만족한 결과를 얻을 수 있었다.

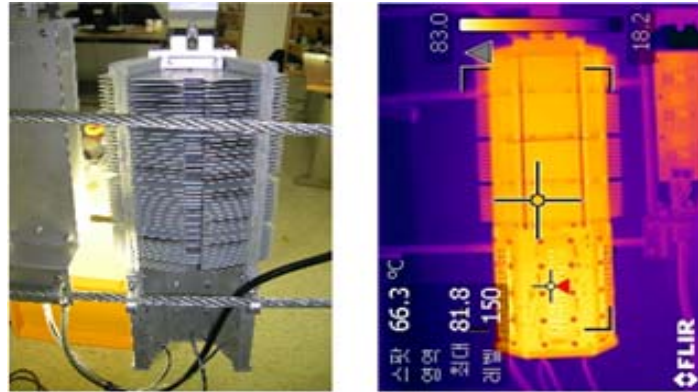


Fig. 4 Produced 150W LED Lamp and Thermal measurements

본 연구를 통해 다양하게 시도되고 있는 LED 칩어등에 적용할 수 있는 소형화, 경량화, 및 설치의 용이성이 고려된 LED 칩어등 Heatsink 구조물을 설계하고 효과를 검증해 보았다. 다양한 시뮬레이션과 Mockup을 통해 최적의 방열 체면적을 계산하고 알루미늄 압출, Bonded Pin, Heat pipe, 열전도 Grease 등의 기술을 접목하여 목표로 했던 80°C 내외의 방열 구조물이 설계되었고 열적외선 카메라를 통해 그 결과를 확인해 볼 수 있었다.

향후 제작된 시제품의 공정을 줄이고 원가를 절감할 수 있는 지속적인 노력이 필요할 것으로 판단하고 또한 실험과정에서 발견된 노출형 장비의 경우 자연대류 현상을 이용하여 보다 효과적인 방열을 이룰 수 있는 방법 등의 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다. 이러한 결과에 따라 최근 부각되고 있는 에너지 절감 기술의 중추로 LED가 자리매김을 하고 다양한 분야에서 좀 더 빠르게 보급되어 사회·경제적인 기여뿐 아니라 많은 기술적인 파급효과를 가져올 것을 기대해 본다.

참고문헌

- 박 경우, 최동현, 이관수, 김양현, 2003. 열안정성을 위한 평판-원형방열판 최적설계, 대한기계학회 추계학술대회, P43-48
- Bahman Tavassoli, 전자기기의 효율적 열방출을 위한 방열판 설계기술, 전자엔지니어, 2005, April.