

# LED 램프 하우징의 열전도성 플라스틱 적용을 위한 응용연구

## A Study on Application of Thermally Conductive Plastic for LED Lamp Housing

\*#서기정<sup>1</sup>, 이정무<sup>1</sup>, 이연석<sup>1</sup>

\*#K. J. SEO(kjseo@lgchem.com)<sup>1</sup>, J. M. Lee<sup>1</sup>, E. S. Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>LG 화학 테크센터

Key words : LED Lamp, Thermally Conductive Plastic

### 1. 서론

최근 에너지 효율을 높이기 위한 일환으로 주목 받는 LED 램프 (LED Lamp)는 광원의 특성으로 인해 다른 램프에 비하여 발열이 높다.<sup>1)</sup> LED 램프에서의 발열은 열화로 인한 고장수명을 촉진한다.<sup>1)</sup> LED 램프의 내구성 확보를 위한 주요 설계인자는 저발열의 광원 시스템을 비롯하여 주변 부품에 대한 열전달 성능의 최적화 즉, 방열관리에 있다.<sup>2-3)</sup>

저발열 광원 시스템의 개발은 전기/전자 특히, 반도체 기술과 관계된 것으로 이미 상당한 정점에 이르고 있다.<sup>2)</sup> 따라서 현실적인 설계방향은 광원에서 발열된 열을 빠른 속도로 전달하고 대기 중으로 방출하는 방열관리이다. 이러한 방열관리에 있어 가장 효율적인 관련 부품은 램프 하우징이다.<sup>3)</sup> 기존의 LED 램프 하우징의 소재는 일정 수준 이상의 열전도도와 함께 복잡한 히트싱크 (Heat-sink) 구조로 인하여 주로 다이캐스팅 공법을 통한 알루미늄 합금이 사용되었다. 그러나 LED 램프의 원가 경쟁력 확보를 위해서는 기존의 금속 하우징 소재에 비하여 더 가볍고 저비용의 생산이 가능한 소재가 요구되고 있으며 현실적으로 가장 적합한 소재가 플라스틱이다.<sup>4)</sup>

10 만 시간 이상의 사용수명에 대한 보증이 가능한 가정용 5 W 급 LED 램프 하우징에 플라스틱을 적용하기 위해서는 8 W/mK 이상의 열전도도를 갖는 열전도성 플라스틱 (Thermally Conductive Plastic)이 요구된다.<sup>4-5)</sup> 대부분의 상업용 열전도성 플라스틱은 열전도도를

향상시키기 위하여 무기계 첨가제를 혼합하여 제조된다.<sup>6-8)</sup> 이와 같은 플라스틱은 첨가제가 혼합되지 않은 그것에 비하여 취성이 강하며, 사출성형성이 낮기 때문에 고려해야 할 설계인자가 다양하다. 특히, 표준시험법에 근거한 열전도도뿐만 아니라 대기 중으로의 방열성능인 열전달 성능에 대한 이해 및 고려가 필수적이다.<sup>9)</sup>

금속 하우징을 플라스틱 소재로 대체하기 위해서는 방열성능 확보를 위한 열전도성 플라스틱의 개발, 열 및 기계적 물성의 평가, 열전달 설계 그리고 구조적 안전 설계 등이 필요하다. 본 연구는 플라스틱의 LED 램프 하우징을 개발하기 위한 과제 중 개발된 열전도성 플라스틱을 이용하여 열전달 성능의 실험적 평가 및 열전달 유한요소해석의 정확도 확보를 위해 수행되었다. 이를 통해 열전달 설계를 위한 관련 인자를 추출하고자 하였다.

### 2. 실험 및 결과

열전달 성능은 전도, 대류 및 복사의 조합으로 표현할 수 있으나 이를 모두 포함한 지배방정식은 매우 복잡하고 그 실효성이 낮으므로 모델을 단순화 하여 평가할 필요가 있다. LED 램프는 열원으로부터의 전도에 의한 열전달과 자연대류 조건에 대한 방출이 주요 계라고 할 수 있다.<sup>9-11)</sup> 본 연구에서는 이와 같은 경계조건에 대한 열전달 성능을 평가하고자 서로 다른 열전도도를 갖는 알루미늄 합금과 열전도성 플라스틱 시험편의

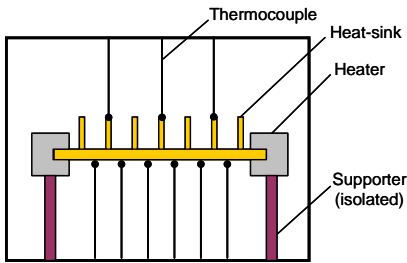


Fig. 1 Schematic of m/c for evaluating heat transfer performance

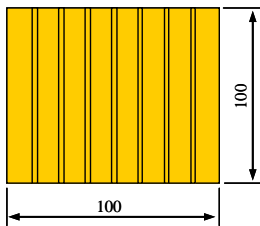


Fig. 2 Schematic of specimen molded thermally conductive plastic (top view)

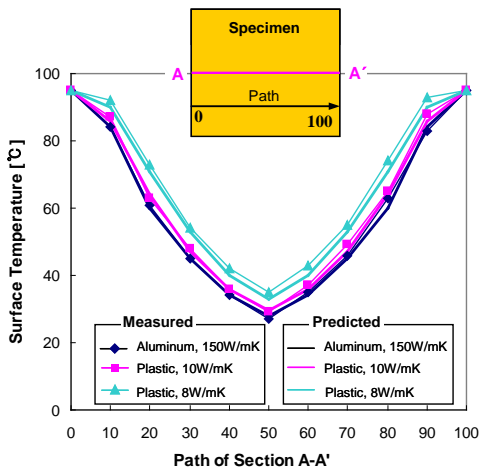


Fig. 3 Distribution of surface temperature of section A-A' for various materials

열전달 성능을 비교하였다.

Fig. 1 및 2 는 열전달 성능 평가시험기의 개략도 및 사출성형된 열전도성 플라스틱 소재의 시험편이다. 자연대류 조건 하에서 히터 (Heater)를 통해 일정한 크기의 열이 시험편으로 전도되고 시험편의 온도는

상승하게 된다. 시험편 표면에 부착된 다수의 열전대 (Thermocouple)를 통해 온도변화를 측정하였다. 열전대를 시험편의 상부측인 히트싱크 상면과 시험편의 하부측인 평면 (Flat Surface)에 각각 장착하여 히트싱크의 효과를 확인하였다. 시험편의 열전도도는 알루미늄 합금의 경우 150 W/mK 이며, 면내 (In-plane)방향을 기준으로 플라스틱은 각각 8 및 10 W/mK 이다. 히트싱크는 소재의 열전도도의 차이를 고려하여 알루미늄과 플라스틱을 각각 1:1.2 의 개수비로 다르게 구성하였다.<sup>12)</sup>

Fig. 3 은 95°C의 열원 조건에서 시험편의 하부측인 A-A' 단면에 대한 정상상태(Steady State)에서의 시험편 표면 온도분포를 나타낸 것이다. 시험결과 알루미늄 합금과 플라스틱의 열전도도가 10 배 이상의 차이를 보임에도 불구하고 온도차이는 비교적 크지 않았다. 이는 열전달 성능에 대하여 히트싱크의 개수 차이와 함께 시험편 표면에서의 방출열에 대한 영향이 지배적이기 때문이다. 선도에서 예측된 (Predicted) 값은 ABAQUS 6.10.1 의 열전달 유한요소해석을 통해 계산된 값이며, 막계수 (Film Coefficient) 모델 인자를 수정한 것이다. 막계수 모델을 수정하여 계산한 결과 그 편차를 3% 이내로 낮출 수 있었다. 또한 열전달 성능 측면에서 소재의 열전도도의 차이는 크지 않은 것으로 확인되었다.

### 3. 결론

본 연구에서는 열전달 설계를 위한 열전달 유한요소해석의 정확성을 확보하고자 실험적 방법을 통해 열전달 성능을 평가하였다. 그 결과 소재의 열전도도의 차이 보다는 방열관리를 위한 히트싱크의 설계 변수에 대한 효율성을 확인할 수 있었고, 이로부터 향상된 열전달 유한요소해석 기술을 확보할 수 있었다. 향후, 다양한 열전도도를 갖는 소재 및 히트싱크의 핀 (Fin) 평가를 통해 열전달 설계 기술을 확보하고자 한다. 더불어 플라스틱 LED 램프 하우징에 대한 최적화된 방열설계가 가능할 것으로 판단된다.

### 참고문헌