

열전도성 고분자와 Al재질의 Heat Sink 방열 성능 비교 분석

최두호¹, 최원호¹, 조주웅¹, 박대희^{1,a}

¹ 원광대학교 정보통신공학과

Comparative Analysis of Thermal Dissipation Properties to Heat Sink of Thermal Conductive Polymer and Aluminum Material

Doo-Ho Choi¹, Won-Ho Choi¹, Ju-Ung Jo¹, and Dae-Hee Park^{1,a}

¹ Department of Information & Communication Engineering, WonKwang University, Iksan 570-749, Korea

(Received December 9, 2014; Revised December 20, 2014; Accepted January 7, 2015)

Abstract: The purpose of this study is examining thermal dissipation materials for the lighting and radiate efficiency improvement of 8W LED and confirming the properness of the thermal dissipation materials for LED heat sink. Solid Works flow simulation on 8W class COB was done based on the material characteristics of thermal conductive polymer materials. According to the result of simulation, Al had better thermal dissipation performance than PET. Highest temperature was 7.6°C higher while lowest temperature was 7.8°C lower. The test on the heat sinks made by the materials, highest temperature was 4.1°C higher and lowest temperature was 3.9°C lower. It is possible to confirm that Al heat sink has better thermal dissipation efficiency because it has better dispersion of heat generated at junction temperature and less heat cohesion. The weight of PET heat sink was reduced than Al heat sink by 46.9% by the density difference between Al and PET. In conclusion, thermal dissipation performance of thermal conductive polymer is lower than Al material however, it is possible to lighting heat sink because thermal conductive polymer has better formability, has lower specific weight and enables various design options.

Keywords: LED, Thermal conductivity, Design heatsink, Thermally conductive polymer, Polyethylene terephthalate

1. 서론

최근 신성장 동력으로 선정된 광 반도체인 LED (light emitting diode) 조명은 기존의 광원과 비교했을 때 효율이 크기 때문에 환경과 에너지 문제를 해결하는 중요한 요인이 된다. 하지만 LED 조명은 구동시 발열을 증가시켜 이를 해결하기 위해 히트싱크의

팬이나 수냉식 등의 다양한 냉각 방식을 사용한다. 하지만 강제 냉각 방식은 비용과 무게 상승으로 인해 LED 조명의 신뢰성을 저하시키는 요인이 된다 [1-3]. LED 조명 방열 성능을 향상하기 위한 연구로 히트싱크 방열 설계 및 팬과 수냉식을 이용한 냉각 성능 등 다양한 분야의 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 방열 성능을 높이기 위해 히트싱크의 크기를 증가시키게 되면 방열 성능은 개선되지만, 무게 및 부피 증가에서 문제가 발생한다 [4].

본 논문에서는 열전도성 고분자 소재의 열 특성과 방열 성능을 확인하였다. Solid Works Flow Simulation을 이용하여 시판 중인 8 W급 LED bulb

a. Corresponding author; parkdh@wku.ac.kr

형 방열판을 최적 설계하였다.

또한 기존 알루미늄 방열판과 열전도성 고분자 방열판의 시뮬레이션 온도 분포 비교를 통해 방열 특성을 평가하고자 한다.

2. 실험 방법

2.1 실험장치 및 분석

2.1.1 열전도성 고분자

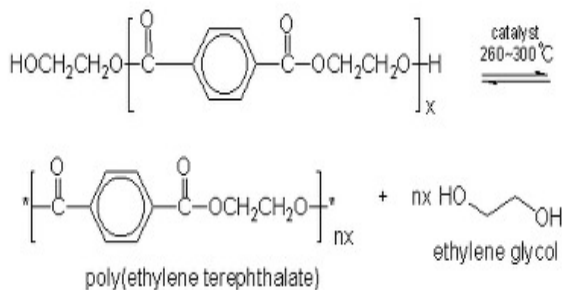


Fig. 1. Polyethylene terephthalate.

본 논문에서 사용하는 열전도성 고분자 소재는 KANEKA사의 폴리에틸렌 테레프탈레이트 (polyethylene terephthalate, PET)로 폴리에스터 고분자 중 하나이다.

그림 1은 PET 생성 과정으로 테레프탈산 DIMETHYL과 ETHYLENE GLYCOL을 150~230°C에서 가열하여 에스테르 교환반응으로 BIS 테레프탈레이트를 260~300°C로 가열하면 중축합이 진행되고 에틸렌글리콜을 유출해 PET가 얻어진다. 폴리에스터 고분자는 강성, 내후성, 내열성이 좋고, 고온 하에서 장기 폭로해도 인장강도의 저하가 적다는 특성을 가지고 있다 [5,6]. 열전도율이 거의 없는 기존의 엔지니어링 플라스틱에 비교해 열전도도가 우수하며, 기존의 특징을 크게 저해하지 않는 고분자 수지이다 [7].

2.2 PET 소재의 성분 분석

표 1은 폴리에틸렌 테레프탈레이트의 EDS (energy dispersive spectrometer) 측정 결과이다. 성분 분석한 결과 61.46%의 카본 필러와 10.73%의 무기물들의 필러로 구성되어 있다.

Table 1. Elemental analysis of the PET material.

	Element	Weight%
PET	C	61.46
	O	27.82
	Na	0.18
	Mg	0.38
	Al	1.70
	Si	5.55
	Ca	2.92

폴리에틸렌 테레프탈레이트는 카본 필러와 기타 무기물로 구성되어 카본 주위에 무기물 필러로 구성되어 있다. 무기물 필러의 성분은 Si, Ca, Al, Mg, Na으로 구성되어 있으며, 함량 비율은 5.55%, 2.92%, 1.7%, 0.38%, 0.18%로 구성되어 있으며, Al, Mg에 의해 열전도율이 증가될 것으로 확인된다.

2.3 PET 열전도도 분석

온도 변화에 따른 열전도도를 확인하기 위해 25°C~80°C 조건으로 열전도도 측정 장비인 TPS 2500 S으로 측정하였다.

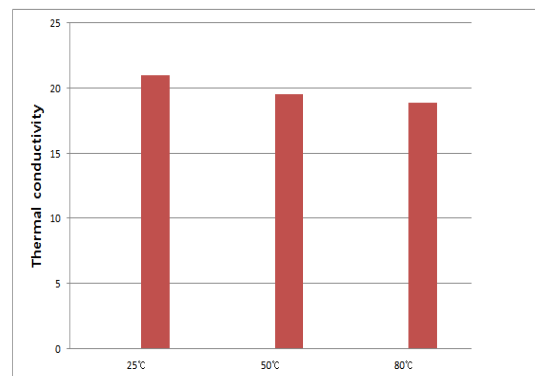


Fig. 2. Thermal conductivity of the contents and the temperature of the filler also.

그림 2는 온도 변화에 따른 열전도도이다. 열전도도 측정 결과 상온에서는 21 W/m·K로 측정되었으며 50°C에서 19.5 W/m·K, 80°C에서 19.1 W/m·K로 감소하는 것을 확인하였다. 엔지니어링 플라스틱과 비교하여 열전도도가 높은 이유는 Na, Mg, Al, Si, Ca의 성분 무기물 10% 더 함유된 상태가 열전달을 더욱 원활하

게 하는 것으로 사료된다. 또한 온도가 올라갈수록 열전도율이 떨어지는 이유는 온도가 올라갈수록 PET 수지의 열전달이 방해하는 요소로 작용하는 것으로 판단된다. 그 이유는 폴리에틸렌 테레프탈레이트의 온도가 올라갈수록 열적 흐름을 방해하는 요소로 작용하는 것으로 추정된다.

2.4 8 W LED 벌브 방열판 모델링

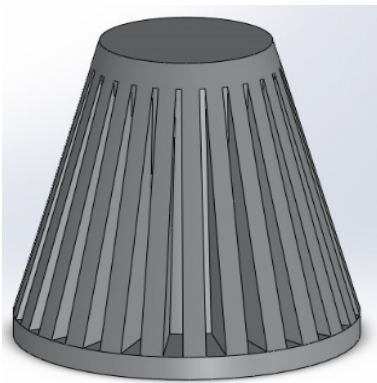


Fig. 3. 8W LED bulb heat sink 3D modeling.

Table 2. Condition of heat sink modeling.

ITEM	SPEC	
Heat element	Power (W)	8
	Width (mm)	15
	Length (mm)	0.18
Heat sink size	diameter (mm)	67
	High (mm)	85
	Fin thickness (mm)	2.5
	The ratio between the pin thickness and the pin	2
Convection condition	Ambient temperature (°C)	25
	Air density (kg/m ³)	1.1

그림 3은 8 W LED bulb로 Solid Works 3D 모델링 프로그램을 사용하였다.

표 2는 히트싱크 설계 조건으로 지름 67 mm, 높이 85 mm, 핀 두께 2.5 mm는 동일하게 적용하였다. 모델링 한 형상을 열전도성 고분자 방열판과 알루미늄 방열판에 동일하게 적용하였다.

2.5 시뮬레이션 조건

모델링 한 방열판의 열 유동 해석은 Solid Works의 flow simulation을 활용하였다.

표 3은 열 해석에 적용된 조건을 나타내고 있으며 1 m³의 임의의 공간을 설정하여 기압 1 atm, 내부 온도 25°C 조건을 설정하였다.

Table 3. Condition apply of simulation.

	Thermal conductivity (W/m·K)	Density (kg/m ³)	Specific heat (J/kg·K)
Al	127	2,680	880
PET	21	1,420	1,140

3. 결과 및 고찰

3.1 Simulation을 통한 방열성능 분석

그림 4는 히트싱크 재질에 따른 열해석 결과이다. 열해석 조건은 두 재질 모두 동일하게 설정하였으며 물성 값은 Al5052와 PET로 비교하여 분석하였다.

Table 4. Simulation results different material heat sink.

	Mass (g)	Max Temp (°C)	Min Temp (°C)	Max - min Temp (°C)
Al	198.1	52.5	48.7	5.1
PET	104.2	60.1	40.9	19.2

표 4는 시뮬레이션 결과로 Al 방열판의 최고온도는 52.5°C, 최저온도 48.7°C로 나타났으며, PET 방열판의 최고온도는 60.1°C, 최저온도 40.9°C로 나타났다. Al은 PET보다 우수한 방열 성능을 나타냈으며, 최고온도 차이는 9.6°C, 최저온도 차이는 7.8°C이다. 이러한 현상은 방열판의 중앙 부분에서 외각으로 열전달이 잘 이루어지지 않아 나타난다. 폴리에틸렌 테레프탈레이트는

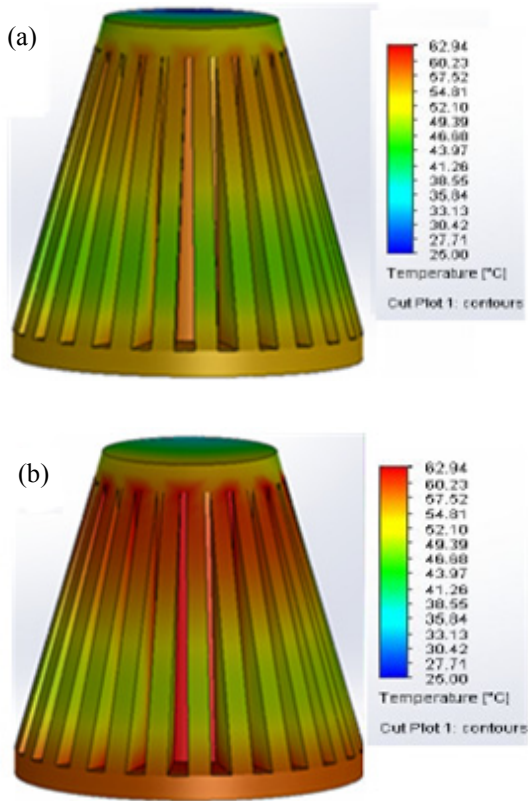


Fig. 4. Thermal analysis of 8 W LED bulb heat sink. (a) Al Heatsink and (b) PET Heatsink.

알루미늄과 비교하여 낮은 열전도도를 가지고 있어 열 확산이 알루미늄에 비해서는 저하된 것을 확인하였다. 또한, 밀도 차이에 의해 질량은 PET 재질의 경우 104.2 g으로 나타났으며 Al 질량 198.1과 비교하여 약 46.9% 감소했다.

3.2 제작한 방열판의 방열성능 평가

COB 패키지의 온도 변화에 따른 접합 온도 측정을 위해 사용한 측정 장비이다.

그림 5는 COB 패키지의 온도 변화에 따른 접합 온도 측정을 위해 사용한 측정 장비이다. COB 패키지의 온도 변화에 따른 접합 온도 측정을 위해 제작된 1 m³ 밀폐 공간 안에 LED 모듈을 넣고 내부 온도를 일정하게 유지하였다. Keithley 2430 장비를 이용하여 전압을 인가하고, Omega사 접촉식 온도계 (thermo couple)를 이용하여 4곳의 포인트의 열 특성을 분석하였다.

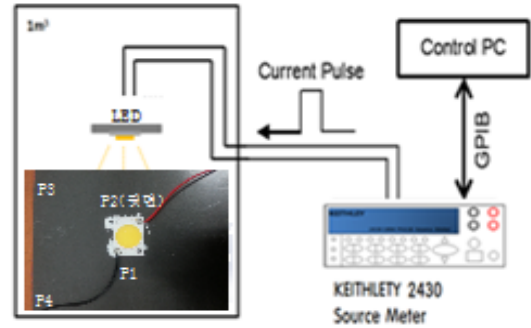


Fig. 5. Junction temperature measurement configurations.

Table 5. Temperature characteristics of 8 W heat sink.

	Point 1 (°C)	Point 2 (°C)	Point 3 (°C)	Point 4 (°C)
Al	51.3	51.7	46.6	46.8
PET	55.8	52.3	42.9	42.7

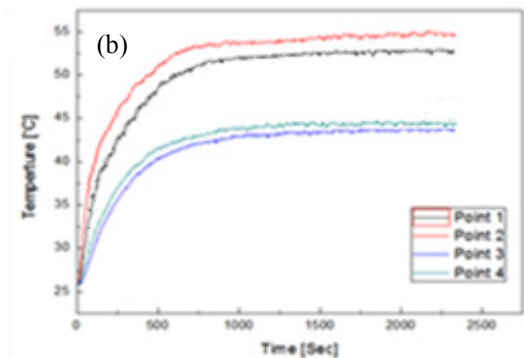
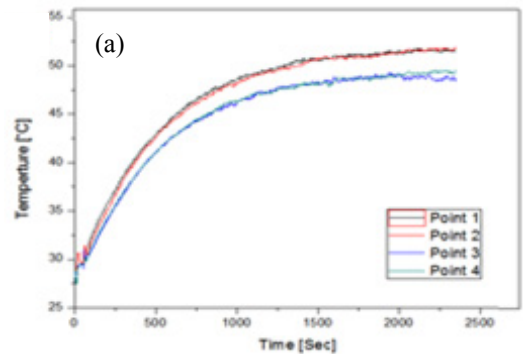


Fig. 6. Thermal analysis of 8 W LED bulb heat sink. (a) Al Heatsink and (b) PET Heatsink.

그림 6과 표 5는 8 W COB의 알루미늄과 폴리에틸렌 테레프탈레이트 방열판의 시간에 따른 온도를 나타내고 있다. Al 방열판의 경우 온도 분포가 방열판 외각으로 열전달이 잘 이루어지고 있음을 확인하였다. Al 방열판의 최고온도는 51.7°C, 최저온도 46.6°C로 나타났으며, PET방열판의 최고온도는 55.8°C, 최저온도 42.7°C로 나타났다. 최고온도 차이는 4.1°C, 최저온도 차이는 3.9°C이다. 측정된 결과 P1, P2의 온도와 P3, P4의 온도 차이가 큰 현상을 통해 방열판 중심부의 열이 외각으로 확산이 원활하지 않다는 것을 확인하였다. 또한 측정 결과와 시뮬레이션 결과는 평균 2.35°C의 오차 범위를 나타내어 타당성 있는 시뮬레이션이 진행되었음을 입증하였다.

4. 결론

본 연구는 폴리에틸렌 테레프탈레이트의 무기물 필러 성분과 함량에 의한 열전도도를 분석한 결과 무기물 필러가 열전도도에 미치는 영향을 확인하였다.

1. 시뮬레이션 결과로 Al 방열판의 최고온도는 52.5°C, 최저온도 48.7°C로 나타났으며, PET방열판의 최고온도는 60.1°C, 최저온도는 40.9°C로 나타났다. Al은 PET보다 우수한 방열 성능을 나타냈으며, 최고온도 차이는 7.6°C 높았고 최저온도 차이는 7.8°C 낮았다.

2. 방열판으로 제작하여 실험한 결과 Al 방열판의

최고온도는 51.7°C, 최저온도 46.6°C로 나타났으며, PET방열판의 최고온도는 55.8°C, 최저온도 42.7°C로 나타났다. 최고온도 차이는 4.1°C 높았고, 최저온도 차이는 3.9°C 낮았다. 이러한 결과는 Al 방열판은 PET방열판 보다 열이 분산이 잘되어 방열 성능이 좋은 것을 확인하였다.

3. Al와 PET 재질에 따른 밀도 차이에 의해 PET방열판의 무게가 알루미늄보다 무게가 46.9% 감소하였다.

결론적으로 열전도성 고분자의 방열 성능은 Al재질과 비교하여 낮지만 비중이 낮으므로 경량화 디자인이 가능할 것으로 사료된다. 따라서 제품의 경량화와 성능을 고려하여 적용해야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] J. W. Lee, *Journal of KIIT*, **12**, 31 (2014).
- [2] J. M. Park, *Journal of the KSMPE*, **8**, 48 (2009).
- [3] Y. Cho and S. Ma, in *KSMTE Autumn Conference*, 120 (2011).
- [4] X. Luo, W. Xiong, T. Cheng, and S. Liu, *Electronic Components and Technology Conference, (ECTC 2009, 59th)* (2009). p.854-859.
- [5] J. Zhou, *Textile Coloration and Finishing*, **24** (2012).
- [6] S. H. Kim, *KSAE*, 2014 (2014).
- [7] Y. S. Lee, *Korean Chem. Eng. Res.*, **52**, 530 (2014).