

냉각시스템을 적용한 LED전구의 히트싱크 열해석 Heat Analysis for Heat Sink of LED Lamp Using Cooling System

#이준성¹, 장현석², 박동근², 홍희록¹

#J.S. Lee¹, H.S. Jang(sojiro1983@nate.com)², D.K. Park², H.L. Hong¹

¹경기대학교 기계시스템공학과, ²경기대학교 대학원 기계공학과

Key words : LED, Heat-sink, Heat Analysis

1. 서론

백열전구의 대체용으로 가장 유용한 것이 바로 LED이다. 또한 백열전구뿐만 아니라 여러 가지 등기구들이 LED를 이용한 램프로 교체를 시도하고 있다[1]. 그러나 LED의 경우 공급 전력 중 80% 이상이 열에너지로 전환되며 이에 따른 온도 상승이 LED의 수명을 급격하게 감소시키는 것으로 알려져 있다[2]. 현재 많이 사용되는 방열로서는 Heat sink를 사용한 방열 방법[3]을 사용하고 있으며, 본 연구에서는 LED로부터 발생하는 열을 최소화하기 위하여 내부에 냉각시스템을 적용하고 Heat sink를 통하여 방열을 하는 LED전구의 열해석을 진행하고자 한다.

2. LED 전구의 구성요소

본 연구의 해석대상으로 하는 LED전구의 구조는 Fig. 1에서 나타낸 것과 같이 이루어져 있으며, LED 42개 요소에서 발생하는 열을 Cooling tank를 통하여 냉각시키고자 한다. 이때 Metal PCB는 1.5mm 두께를 사용하고 Aluminum Alloy 하판에 70 μ m 두께의 Copper를 접합하여 효과적인 열전달이 가능하게 하였으며 Heat sink는 다이캐스팅 제작을 기본으로 하여 Heat sink를 Modeling 하였다.

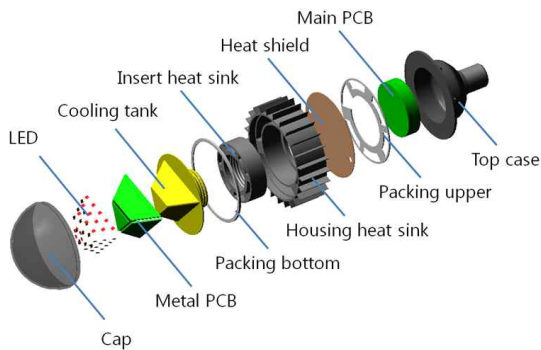


Fig. 1 Structure of LED light bulbs

3. 유한요소법에 의한 해석

Heat sink의 유한요소 해석을 위해 Fig. 1과 같은 구조에서 Housing heat sink를 Fig. 2와 같이 2가지 Type으로 모델링을 진행하고 Cooling tank내부에 냉각수가 있는 경우와 없는 경우에 대해 해석을 수행하였다. 해석 프로그램은 ANSYS Workbench를 사용하여 각 Type별로 냉매가 있을 경우와 없을 경우를 Transient thermal 해석을 진행하였으며 냉각수는 Ethanol을 적용하였다. LED 전구의 표면에서의 경계조건은 표면에 27 $^{\circ}$ C의 자연대류 경계조건을 설정하고 LED에서 60 $^{\circ}$ C의 온도가 발생하며 7,200sec 동안 동작할 때 2가지 Type에 대하여 열분포를 확인하였다. 각 부품별 재질은 Table 1과 같으며, 물성치는 Table 2와 같다.

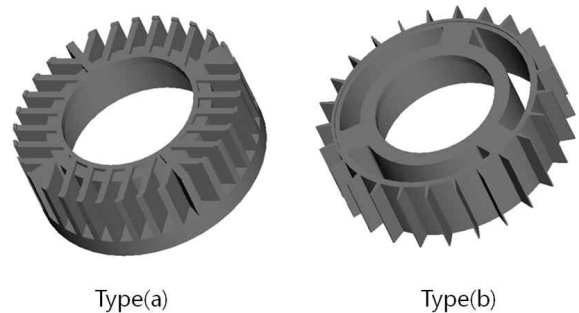


Fig. 2 Type of housing heat sink

Table 1 Component of material

Material	Component
Aluminum	Metal PCB, Housing&Insert heat sink
Copper	Metal PCB, Cooling tank
Poly Carbonate	Cap, Top case
Silicone	Packing bottom & upper
GaN	LED
FR-4	Heat shield, Main PCB

Table 2 Material properties

Material	Density (kg/m ³)	Specific heat (J/kg·°C)	Thermal conductivity (W/m·°C)
Aluminum	2770	875	190
Copper	8300	385	401
Poly Carbonate	1330	1510	0.227
Silicone	2330	785	79.5
GaN	5910	371	40.6
FR-4	1230	1260	0.35
Ethanol	789	2300	0.169

4. 해석결과

Housing heat sink의 7200sec 동안 Transient thermal 해석 후 냉각수를 미사용할 경우 Temperature Min.& Max.는 Table 3과 같고, 냉각수를 사용할 경우 Temperature Min.& Max.는 Table 4와 같다.

Table 3 Temperature min.&max. of coolant unused

Housing heat sink	Temperature min. (°C)	Temperature max. (°C)
Type(a)	53.324	57.239
Type(b)	53.351	57.118

Table 4 Temperature min.&max. of coolant used

Housing heat sink	Temperature min. (°C)	Temperature max. (°C)
Type(a)	51.465	55.076
Type(b)	51.421	54.876

Fig. 3은 냉각수를 미사용할 경우와 냉각수를 사용할 경우 Housing heat sink의 시간에 따른 온도 변화를 그래프로 나타낸 것이다. Fig. 3에서와 같이 구동시간이 약1,200sec.을 지난 시점부터 온도변화가 미소하게 나타나 열적 평형이 이루어 졌음을 알 수 있다.

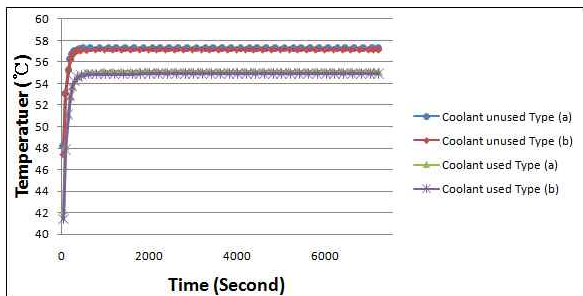


Fig. 3 Temperature distribution of housing heat sink

Fig. 4는 7,200sec 후 냉각수를 미사용할 경우의 Housing heat sink의 온도분포이고, Fig. 5는 냉각수를 사용할 경우의 Housing heat sink의 온도분포이다. 냉각수 사용유무에 따라 약2°C정도 냉각수를 사용한 경우가 낮게 나타나는 것을 알 수 있다.

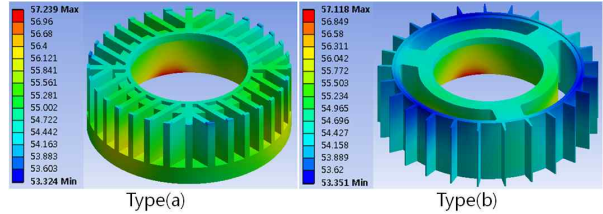


Fig. 4 Temperature distribution of coolant unused

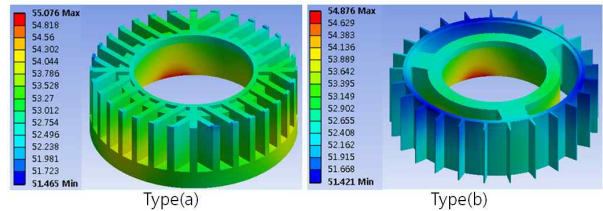


Fig. 5 Temperature distribution of coolant used

5. 결론

이와 같은 해석 결과를 통하여 냉각시스템의 효율성을 확인한 결과 냉각수를 사용하지 않을 경우보다 냉각수를 사용한 경우 방열능력이 향상되는 것을 알 수 있었다. 향후 냉각수의 종류에 대한 Test를 진행하여 보다 높은 방열을 통한 높은 효율을 기대할 수 있을 것이라 생각된다.

참고문헌

1. Y.S. Park, and C.O. Bae., "Design of the Driver of 7W Class LED Lamps as a Substitute for Incandescent Lamps," Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 16, No.2, pp. 235-240, 2010.
2. M.H. Shin, Y.J. Kim, et al., "Thermal Analysis and Evaluation of LED Bulb Considering Thermal Stability," Proceedings of annual meeting of KSPE, pp. 561-562, 2008.
3. J.S. Lee, H.S. Jang, et al., "Thermal Analysis for Heat Sink Design of LED Bulbs," Proceedings of annual meeting of KSPE, pp. 983-984, 2012