

사포, 샌드블라스트로 표면 거칠기 처리에 따른 알루미늄 판의 방열 효율 증대

이동희¹, 이종현^{1,2,3*}

¹충남대학교 신소재공학과, ²충남대학교 에너지과학기술 대학원, ³충남대학교 급속응고 신소재연구소

Increase heat dissipation efficiency of Al plate according to surface roughness treatment by sandpaper or sandblast

Dong-Hee Lee¹, Jong-Hyeon Lee^{1,2,3*}

¹Materials Science and Engineering, Chungnam National University

²Graduate school of Energy Science and Technology, Chungnam National University

³Rapid Solidified Materials Research Center, Chungnam National University

요약 최근 에너지 절감에 대한 관심이 높아짐에 따라 에너지 소비가 높은 형광등과 백열등을 대체하는 친환경소재인 LED의 조명을 활용하는 움직임이 활발하다. 그러나, 고출력 LED의 경우 발열에 의한 열화현상 때문에 수명이 단축되는 현상이 발생하게 된다. 이에 대한, 해결방안으로 본 논문은 LED Packing중 방열판표면의 거칠기 처리를 통하여 열전달 계수를 증대시킴으로서 LED 수명연장 효과를 평가하였다. 거칠기 공정은 사포 및 샌드블라스트를 이용하여 진행하였다. 각 표면처리 공정에 따른 거칠기 및 표면적 변화를 정량적으로 평가하였으며, 열전달 계수를 측정하였다. 샌드블라스트, 사포를 이용하여 알루미늄 표면에 거칠기처리를 진행했을 경우 미 처리 시 보다 높은 대류 열전달 계수를 얻을 수 있었고, 샌드블라스트 처리 시 약 82.76%의 높은 방열 효율 향상을 얻을 수 있어, 이를 방열판에 적용할 시 큰 경제적 부담 없이 기존대비 더 높은 방열효율 증대를 통해 LED 수명을 대폭 연장 시킬 것으로 기대된다.

Abstract Recently, as the interest in energy savings has increased, there has been increasing use of LED lighting, which is an eco-friendly device that replaces high energy consuming fluorescent lamps and incandescent lamps. In the case of a high output LED, however, the life time is shortened due to deterioration caused by heat generation. As a solution to this problem, this paper evaluated the LED life extension effect by increasing the convective heat transfer coefficient of the heat sink surface for LED packaging. A roughing process was carried out using sandpaper and sand blasting. The changes in surface roughness and surface area after each surface treatment process were evaluated quantitatively and the convective heat transfer coefficient was measured. When sandblasting and sandpaper were used to roughen the aluminum surface, a higher convection heat transfer coefficient was obtained compared to the untreated case, and a high heat dissipation efficiency of 82.76% was obtained in the sandblast treatment. Therefore, it is expected that the application of heat dissipation to the heat sink will extend the lifetime of the LED significantly and economically by increasing the heat efficiency.

Keywords : Heat dissipation efficiency, Heat transfer coefficient, LED, Roughness of surface treatment, Sand blast

이 연구는 2018년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한연구입니다.

(과제 번호 : 10067694)

*Corresponding Author : Jong-Hyeon Lee(Chungnam Univ.)

Tel: +82-42-821-6596 email: jonglee@cnu.ac.kr

Received September 28, 2018

Revised (1st December 3, 2018, 2nd December 11, 2018)

Accepted January 4, 2019

Published January 31, 2019

1. 서론

최근 에너지 절감에 대한 관심도가 높아짐에 따라 에너지 소비가 높은 형광등과 백열등을 대체하는 LED(Light emitted Diode)조명을 활용하는 움직임이 활발하다[1-3]. 그로인해 세계 LED 산업은 꾸준한 성장세를 거두고 있다. 이러한 LED의 장점으로, 고효율, 작은 소비전력, 높은 색 순도, 장수명, 저전압 구동, 빠른 반응 속도 등이 있다[1-3]. 하지만, LED를 점차 소형화시킴에 따라 작동 중에 광 집적 현상이 발생하여 온도가 높아지게 된다[1-3]. 이 LED 온도가 높아짐에 따라, LED 수명이 단축되고 고장이 빈번히 발생하게 되는데 이러한 현상을 열화현상이라고 한다[4]. 이 LED의 열화 현상을 낮추기 위해 수많은 연구들이 있다. 먼저, 히트 파이프를 LED를 냉각시켜 기존보다 약 164.5%의 수명을 높인 연구[5], LED와 방열판사이에 있는 열전달 물질인 TIM(Thermal Interface Material)의 재료를 기존보다 열전도가 높은 물질인 다이아몬드 분말을 이용하여 공전전보다 열저항을 30% 개선시켜, 방열특성을 높인 연구[6]등 LED의 온도를 낮추기 위한 연구가 활발히 진행 중이다[6]. 작동 중 LED의 온도를 낮출 수 있는 또 다른 방법으로 방열판의 효율 향상이 있는데, 이 방열판은 LED조명 기구중 하나로써 LED에서 발생하는 열을 방출할 수 있는 중요한 구성요소이다[7].

이 방열판으로 인한 방열 기술은 크게 2가지로 나눌 수 있는데, 하나는 자연대류 방열기술, 그리고 다른 하나는 강제대류 방열 기술이다[7]. 이처럼 과열로 인한 LED 고장과 수명 단축을 완화시키기 위해 방열판의 구조 및 냉각방식 최적화에 대한 연구 또한 국내외에서 활발히 이뤄지고 있다[7]. 그 예로, 30W COB(Chips on Board) LED 광원에 적합한 방열판의 최적 설계에 대해 연구[7], 방열판의 길이, 두께, 구조 변화[8], 및 히트파이프를 이용하여 방열 성능 최적화를 수행한 연구 등이 있다[9]. 이와 같은 구조적방법외의 방열성능 향상 방법으로 코팅, 거칠기를 이용한 연구가 있다. 그 중, 코팅을 이용한 방열효과 향상방법으로써 현재 연구가 많이 되고 있는 방향은 Graphene coating을 이용한 표면 열전달계수 증대 방법이다[10-12].

하지만, 이 Graphene coating은 대면적 열 CVD(Chemical vapor deposition)법을 사용하여 1000℃이상의 고온 반응을 이용하여 반응가스를 분해하고, 금속 촉매 기판

위에 그래핀을 생성시키는 방법으로, 고온으로 올려야 가능한 공정이기 때문에 경제적 부담이 따른다. 이러한 단점을 해결하기 위해 저온 플라즈마 CVD 기술을 개발하여 이문제점을 해결하는 듯 보였으나, 이를 이용하여 Graphene을 만들 시 물성이 현저히 떨어지는 한계에 직면한다[13]. 이렇듯, Graphene의 상용화가 늦어짐에 따라 그에 대한 해결책으로 본 논문은 코팅대신 거칠기를 통해 방열 효율을 상승하는 방법에 초점을 맞췄다. 거칠기 공정은 재료의 표면적을 넓히고 대류 열전달 계수가 증가됨에 따라, 열전달이 향상되어 냉각성능을 증가시킬 수 있다[14,15]. 거칠기를 주는 방법으로는SLM(Selective Laser Melting), DMLS(Direct Metal Laser Sintering), 샌드블라스트(Grit blasting)를 하는 방법이 있다. SLM, DMLS를 이용해 거칠기를 주는 경우, DMLS로 거칠기를 부여 했을 경우, 거칠기 값을 기존보다 35% 증가시켰을 경우, 기존대비 63%의 대류 열전달 계수가 증가하는 연구가 있고, R_a 값을 $25\mu\text{m}$ 로 주었을 때, 처리 전 보다 56.4%의 방열성능이 좋아지고, 그 거칠기 정도를 미세하게 제어가 가능하여 원하는 정도의 거칠기를 줄 수 있는 장점이 있지만, 생산단가가 높아지는 단점이 있다 [16,17], 이에 대한 해결방안으로 본 논문에서는 샌드블라스트를 이용해 거칠기를 주는 방법을 이용하여 실험을 진행하였다. 샌드블라스트는 노즐에서 연마재를 분사하여 소재 표면을 다듬거나 절삭하는 가공방법을 말한다 [18-21]. 이 샌드블라스트를 통해, 기계적 특성을 부여할 수 있으며, 피로를 풀어주어 피로 수명연장등이 가능하다[18-21]. 이장비의 원리는 연마 입자 중 일부가 소성 변형을 일으키고, 일부는 미세절단을 일으키는 것이며, 재료에 거칠기를 부여한다[18-21]. 이러한 특성 때문에, 인공 인플란트 재료로 널리 사용되고 있는 Ti 표면에 생체내에서 골유사 아타파이트를 형성시켜 생체활성 재료를 만들기 위한 목적으로 쓰이고[22], 복합 레진 수복물을 수리할 때, 중합된 레진과 새로운 레진간의 결합강도를 강화시키기위한 표면처리방법[23]을 이용하는 목적을 통한 연구에도 활용되었다. 그러나 이러한 거칠기 처리를 LED 방열판에 적용한 연구는 보고된 바 없어 본 연구에서는 샌드블라스트를 통하여 Al plate에 거칠기를 부여하고, 공정 조건에 따른 대류 열전달 계수 변화 여부를 평가 하였다. 또한, 사포를 통하여 유사한 거칠기를 부여함으로써 열전달 계수의 향상 원인을 보다 근원적으로 규명하고자 하였다.

2. 본론

2.1 실험 방법

방열판의 거칠기에 따라 냉각 효율을 평가하기 위해 자체 제작한 전도도 측정 셀을 이용하여 Al 의 방열 효율을 계산하였다. 또한, 실험의 신뢰도를 위해 TIM의 열전도도 값은 T3Ster 장비(Mentor Graphics, 미국)를 이용하여 측정하였으며, 장치의 정확도를 판별하기 위해, 그래프에서 오차율을 표기 하였다. 자체 제작한 전도도 측정셀을 이용할 때, LED를 사용하는 대신 규격, 40mm*40mm*2T인 Ceramic Heater를 사용하고 출력은 3.92W를 주었고, 방열판 Al Plate를 이용하여 실험을 진행하였다. 이 Ceramic Heater와 LED사이에 TIM의 두께를 1.12mm로 고정하고 TIM을 장입하여 실험을 실시하였다.

2.1.1 실험조건

실험에 사용한 Al plate 시편은 거칠기 단위인 사포 #50, #80, #110 및 #220로 명명하였다. 사포는 #뒤에 숫자가 낮을수록 더 거칠어지고, 숫자가 커질수록 거칠기 정도가 고운 사포를 나타낸다. 이를 토대로 사포를 위와 같이 선정하여 실험을 진행하였다. 사포에 의한 거칠기 처리는 손으로 수평 수직 방향으로 교차하여 총 20회 실시하였다. 실험에 대한 plate 사진 및 거칠기 정도는 Table 1, 2에 도시하였고, 모식도는 Figure 1에 정리하였다. 그리고, 거칠기를 적용한 경우와 적용하지 않은 경우를 비교하기 위해, 표면처리를 하지 않은 Al plate 또한 측정하였다. Table 1에서 As received Al은 초기시편이란 뜻으로 Initial Al이라 명명하여 약자로 IA로 표기하였고 Number of sandpaper는 약자로 N.S로, Pressure는 p로 Average Roughness는 약자로 A.R로 표기 하였다.

Table 1. Average roughness value of Al plate according to the number of sand paper











N.S (#)	IA	#50	#80	#110	#220
A.R					
R_a (μm)	0.29	2.35	1.56	1.04	0.77

Table 2. Average roughness value of Al plate according to sandblast pressure with 3 sec. of operation

P (Bar)	2	3	4	5	6
A.R					
R_a (μm)	1.36	2.22	2.48	2.62	2.94

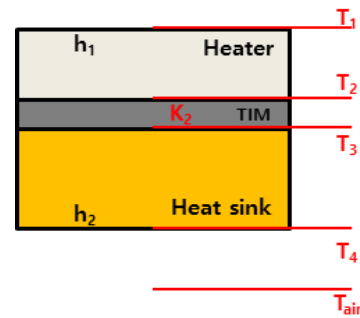


Fig. 1. Cell models for convective heat transfer coefficient measurement

또한, 샌드블라스트 공정조건은 샌드 분사시간을 3초로 고정하고, 압력을 2에서 6bar까지 총 5단계로변화시킴으로써 거칠기가 변화되도록 실험을 진행하였다.

2.2 실험에 사용한 방정식

2.2.1 전도

전도는 단일물질내의 열전달이며, 이는 Fourier's law를 통해 전도에 의한 열전달을 계산할 수 있다. 이 법칙에 따르면 열은 온도가 낮아지는 방향으로 전달되며, 열전달률은 열전도도, 면적에 비례하지만 열이 전달되는 부분의 두께에는 반비례한다. 아래 식은 1차원 열전도도를 나타낸 방정식이다[24,25].

$$Q = -kA \frac{dT}{dx} = -kA \frac{(T_1 - T_2)}{L} \quad (1)$$

Q는 Heat flow이고, dT는 온도차, k는 열전도율, A는 표면적, dx는 간격, L은 거리, dT/dx는 온도의 기울기를 나타낸다.

2.2.2 대류

대류는 유체의 흐름을 통한 열의 전달을 의미하며, 대류의 종류에는 자연대류, 강제대류가 있다. 자연대류는 자연적으로 발생된 밀도 차, 부력에 의한 유체운동에 의해 일어나는 대류를 말하며, 강제대류는 펌프, 바람 팬 등 외부요인에 의해 일어나는 대류를 말한다. 아래 식은 대류에 관한 식을 나타낸 방정식이다[24,25].

$$Q = hA_s(T_s - T_\infty) \quad (2)$$

h 는 대류 열전달계수이고, 단위는 W/m^2K 이며, A_s 는 대류열전달이 일어나는 표면적, T_s 는 표면온도, T_∞ 표면으로부터 충분히 멀리 떨어진 유체의 온도를 나타낸다.

2.2.3 복사

복사는 전자기파 또는 광자의 변화로 인해 물질의 형태로 방출되는 에너지를 의미하며, 전도나 대류와 달리 매질이 없이 열전달이 이루어진다. 즉, 복사는 단위면적당 방출되는 에너지이다. 아래식 중, A_s 는 물체의 표면적이다. ϵ 은 방사율, σ 는 Stefan-Boltzmann 상수이며, 값은 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} W/m^2K^4$ 이고, T_s 는 표면온도, T_{surr} 는 표면 주변 온도를 나타낸다. 여기서, 이상적인 복사를 흑체라 부르는데, 이 흑체의 방사율은 1로 가정한다. 위의 전도와 대류, 복사의 개념을 도입하여 아래와 같은 식을 만든 뒤, 거칠기에 따른 방열효율을 평가하였다[24,25].

$$Q = \epsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_{surr}^4) \quad (3)$$

Ceramic heater와 Al plate, TIM으로 구성된 셀을 이용하여 Al의 대류 열전달 계수를 측정하기 위하여, LED를 모사한 Ceramic heater를 이용하여 일정한 발열량을 나타내도록 제어된 열을 가한 뒤, 각 구간에서 발생한 온도를 K type thermocouple를 이용하여 측정 하였다.

이 때, 그 측정한 온도는 Fig. 1에서 중 T_1 및 T_4 이며, 전도와 대류를 이용해 만든 아래 식을 이용하여 대류 열전달 계수를 구한 뒤, 각각 방열 효율을 비교 하였다.

$$Q = h_1 A_{heater} (T_1 - T_{air}) + h_2 A_{heatsink} (T_4 - T_{air}) - k_2 A_{Tim} (T_2 - T_3) / dx + \epsilon \sigma A_{heater} (T_1^4 - T_{air}^4) + \epsilon \sigma A_{heatsink} (T_4^4 - T_{air}^4) \quad (4)$$

즉, Heater의 표면온도인 T_1 , T_2 는 동일하며, Heat sink는 열전달 계수가 충분히 크며, 두께또한 2mm로 얇으므로 T_3 와 T_4 는 같다고 볼 수 있어 위식에 적용하였고, h_1 는 h_2 Heater와 Al의 크기가 40mm*40mm*2T로 동일하므로, 같은 크기라고 가정하고 표면처리를 하지 않은 시편의 공기 열전달 계수를 계산 하였다. Heater와 Al 면적은 식에서 A_{heater} , $A_{heatsink}$ 이며, 0.00192m²이며, 위 식 (4) 2중 T_2 와 T_3 는 값이 다르기 때문에, 식 (1)인 전도에 관한 식을 넣었으며, k_2 는 팀의 열전도도 값인 0.3 W/mK를 사용하였고, Q는 3.92W, Al 방사율은 0.04를 넣어 계산하였다. 표면처리를 한 시편의 미지수는 h_2 이고, h_1 은 표면처리를 하지 않은 시편의 대류 열전달 계수 16.59 W/m²K를 앞서 말한 방법으로 계산한 값으로 계산하여 고정 값으로 놓은 뒤, h_2 만 변수로 두어 계산하였다.

2.4 표면 거칠기에 따른 방열성능 평가

거칠기 정도는 Taylor hobson사의 Surtronic 25(AMETEK,USA) 장비를 이용하여 측정하였다. 실험의 신뢰도 향상을 위해 앞서 언급한 장비를 이용하여 샘플하나당 각각 10번씩 측정하였고, 그 평균값들을 Table 1아래에 도시하였고, Fig. 2에 거칠기 방법과, 거칠기 평균 값에 따른 대류 열전달 계수의 변화를 정리하였다.

Fig. 3, 4의 각 점들은 3번 실험한 데이터의 평균값들을 나타낸다. 같은 시편을 가지고 3번 실험을 한 이유는 실험장치의 안정성 평가를 위해 진행하였다. 실험한 총 시편은 각 거칠기를 적용하지 않은 알루미늄 판, #50, #80, #110, #220, 샌드블라스트 압력 2, 3, 4, 5, 6이며, 단위는 bar이다.

Fig. 3, 4 데이터는 3회 실험값들을 평균을 구한 뒤, 최고값-평균값과 평균값-최소값을 각각 구했으며, 그 구한 값들을 에리바를 통해 나타냈다. 이 에리바를 통해 측정값의 대표성을 확인할 수 있었으며, 각 거칠기에 따른

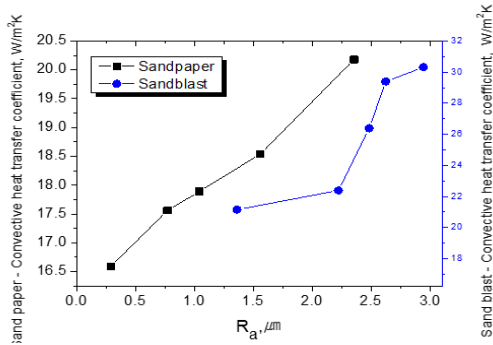


Fig. 2. Convective heat transfer coefficient with roughness values obtained by sandblast and sandpaper treatment

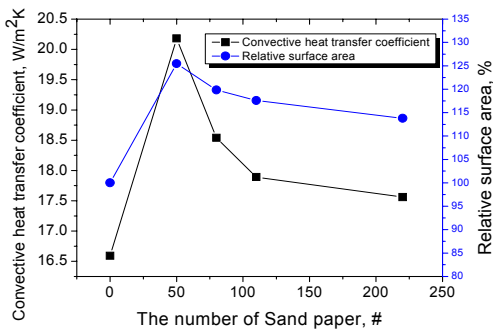


Fig. 3. Convective heat transfer coefficient according to the number of sandpaper

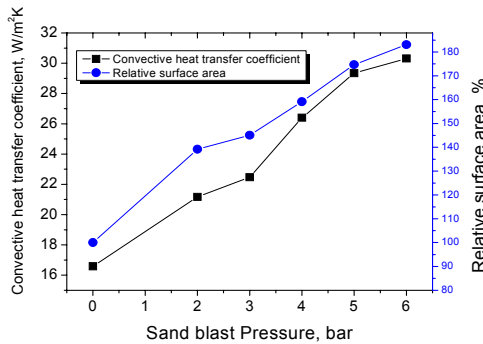


Fig. 4. Convective heat transfer coefficient according to sandblast pressure

Al plate의 방열 효율은 #50일 경우, 가장 높으며 #80, #110, #220 으로 변할수록 Al의 방열효율이 점차 감소하는 경향을 보인다. 이에 따른 거칠기와 표면적과의 상관관계를 알기위해 거칠기 표면적을 측정 하였으며 측정 장비는 OLS5000 장비(OLYMPUS, 일본)를 사용하여 측정하였다.

2.4 결과 및 고찰

사포를 이용하여 거칠기를 준 경우를 각각 비교하여 R_a 값과 열전달 계수의 상관관계를 관찰했다. 사포를 사용해 거칠기를 준 시편은 Table 1에 도시했고, 샌드블라스트 장비(한국브라스트, 대한민국)로 거칠기를 부여할 때, 시간을 3초로 고정하고, 압력을 각각 2, 3, 4, 5, 6 bar로 하여 Al plate 시편을 각각 만든 샌드 블라스트 시편의 사진은 Table 2에 나타났다. 실험 방법은 샌드블라스트 처리를 한 경우와 사포를 이용한 거칠기 처리를 한 경우를 비교하기 위해 동일한 셀을 이용하여 실험을 진행 했다.

거칠기에 따른 대류 열전달 계수 변화를 관찰하는 것은 LED 수명 향상에 있어 매우 중요한 요인이다. 따라서, 위 실험을 통해 각 거칠기를 적용하지 않은 알루미늄 판을 측정 했을 때, 전도와 대류, 복사를 고려한 식(4)를 식(1), (2) (3)이용하여 만든 뒤, 그 결과를 Fig. 3, 4에 나타내었다.

실험의 정확성을 위해 총 3번의 실험을 진행하였고, 실험한 각 데이터의 대류열전달 계수를 평균 낸 값들을 그래프에 각각 입력했다. 그 결과, 실험의 오차율은 1% 미만으로써 그 크기가 작아 그래프로서는 확인할 수 없으나 실험의 재현성은 매우 우수함을 Fig. 3, 4를 통해 알 수 있다. 표면처리를 하지 않은 시편은 대류열전달 계수가 $16.59 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ 가 나왔으며, #50은 $20.18 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, #80은 $18.54 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, #110은 $17.89 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, #220은 $17.56 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ 의 값을 도출했다. #50으로 표면처리를 하였을 경우, 거칠기를 적용하지 않은 알루미늄 시편과 비교 했을 때, 처음 결과 대비 대류 열전달 계수가 약 $3.59 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ 로써 21.64% 증가되어 매우 큰 향상을 확인할 수 있었고, #80, #110, #220처리 시는 #50번 처리 시편보다 오히려 열전달계수가 감소하는 결과를 관찰할 수 있었다. 즉, Al plate에 거칠기를 증가시킬수록, R_a 값이 선형적으로 상승하고, 대류열전달 계수 또한 증가한다는 것을 알 수 있었다. 이에 따라 샌드블라스트 압력 2의 대류열전달 계수의 값은 $21.16 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ 이고, 3은 $22.39 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, 4는 $26.39 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, 5는 $29.33 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, 6은 $30.31 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ 이다. 이 실험을 통해 샌드블라스트 압력을 6으로 하여 거칠기를 주었을 경우, 압력 2를 하였을 경우보다 대류

열전달계수가 $13.72 W/m^2K$ 정도가량 차이이며, 이는 기존대비 82.76%의 효율이 상승한다는 의미이다. 사포 #50과 샌드블라스트 압력 6의 대류열전달 계수 차이는 $10.13 W/m^2K$ 이며, 50.2%의 효율이 상승했다.

앞서 실험한 결과를 통해 사포로 실험을 했을 때와 같은 성향으로 거칠기를 주면 줄수록 대류 열전달 계수가 증가하는 것을 확인했고, 그에 따른 그래프가 선형적으로 나온다는 점 또한 확인할 수 있었다. 즉, R_a 에 따른 대류열전달 계수 값이 선형적으로 상승한다는 사실을 통해 샌드블라스트를 이용하여 거칠기를 적용했을 경우, 앞서 실험한 경우와 마찬가지로 대류열전달 계수가 선형적으로 상승할 것이라고 예측할 수 있었다. 대류 대류 열전달계수 상승은 표면적과 관계가 있을 것이라고 판단되었고, 이를 토대로 방사율과 표면적의 상관관계를 구하기 위해 3차원 컴포칼 레이저 장비인 OLS 5000장비를 사용하여 기존에 실험한 모든 AI 시편의 표면적을 측정하였다.

거칠기를 처리한 시편 표면적/미처리 시편 표면적으로 계산한 값들을 Table 3, 4에 정리하여 나타내었다.

Table 3, 4에서 S.P는 Sand paper number의 약자이고, R.S.A는 Relative surface Area의 약자, S.B는 Sand blast의 약자, As received AI은 I.A로 initial AI의 약자로 표기하였다.

Table 3. Relative surface area measured by a confocal laser(sandpaper)

S,P (#)	I.A	#50	#80	#110	#220
R.S (%)	100	125.49	119.86	117.61	113.8

Table 4. Relative surface area measured by a confocal laser(sandblast)

S.P (bar)	I.A	2	3	4	5	6
R.S.A (%)	100	139.15	145.07	159.15	174.65	183.10

이 때, 표면 처리를 하지 않은 AI plate의 상대 표면적을 100%로 놓았다. Table 3, 4를 통해 기존대비 25.49% 면적이 상승하였고, 샌드블라스트를 사용하여 거칠기를

주었을 경우, 압력 2는 139.15%, 3은 145.07%가 더 높다는 것을 확인했다.

이를 통해, 사포로 거칠기를 주는 것 보다 샌드블라스트 장비를 이용해 거칠기를 주는 것이 방열 효율이 기존 대비 #50을 이용 했을 때 보다, 상대표면적이 57.61%상승한다는 것을 알 수 있었고, 앞의 자료들을 미루어 봤을 때, R_a 값이 샌드블라스트 압력 2, 3보다 #50 값이 더 크지만, 상대 표면적이 더 낮기 때문에 샌드 블라스트 압력 2, 3의 시편이 방열효율이 더 좋다는 것을 알 수있다. 위 사실을 통해 R_a 값이 증가할수록 AI의 방열효율이 정성적으로 증가함을 알 수 있었으나 R_a 값이 표면적으로 직접 대응될 수는 없으므로 실제 대류 열전달 계수 향상 정도는 비 표면적을 통해서 정량적으로 평가할 수 있음을 알 수 있었다.

또한, 사포를 통해 표면처리를 할 경우, 사포입자의 한계 및 사포에 의한 표면의 거칠기 처리 특성으로 인하여 표면적 향상에는 한계가 있는 사실을 Fig. 5, 6을 통해 알 수 있었으며, 샌드블라스트를 통해 표면처리를 할 경우, 연마제와 함께 고압 공기가 같이 분산되는데, 이 고압 공기의 압력에 따라 입자가 분사되어 재료에 가해지는 질삭물이 증가하기 때문에, 고압력을 가할수록, 연마입자의 표면 충돌에너지가 커져 재료의 거칠기가 증가하는 것을 Fig. 7, 8을 통해 확인할 수 있었다.

특히, Fig. 5, 6과 같이 사포를 이용하여 처리한 표면은 분포도가 균일하게 되지 않고, 그에 따른 상대표면적이 더 작으며, 방열 효율 또한 좋지 않다고 판단되며, 그에 반해 샌드블라스트를 이용할 경우, 연마제가 AI plate 표면에 충돌할 때, 3초의 짧은 처리시간일 지라도 넓은 면적을 균일하게 처리함으로써 공정 속도가 빠르며, 재현성을 높일 수 있어 공업적으로 보다 유리한 공정으로 판단되어진다.

이 실험을 통해 알 수 있는 사실은 AI에 거칠기를 주면, 그 영향으로 표면적이 증가하게 되고, 사포를 이용해 거칠기를 주는 것보다 샌드블라스트를 이용하여 거칠기를 주었을 때, 거칠기 분포도가 균일하며, 거칠기의 정도를 용이하게 제어할 수 있어 상대적으로 더 우수한 방열을 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

즉, 단순히 샌드블라스트 공정을 추가하는 것만으로도 대류열전달계수 향상을 통해 LED의 냉각 효율을 높일 수 있으며, 이를 통하여 기존의 방열 소재를 적용했을 때의 LED 수명을 대폭 연장할 수 있을 것으로 보인다.

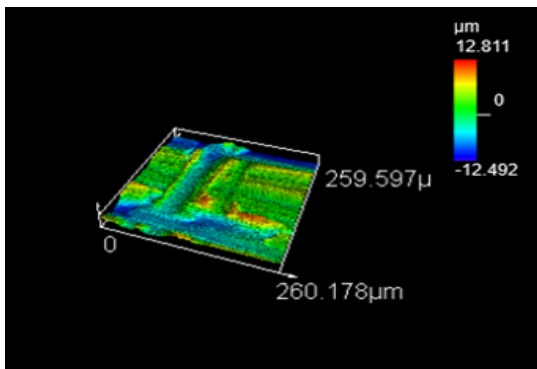


Fig. 5. Surface morphology of #50 specimen obtained by OLS5000

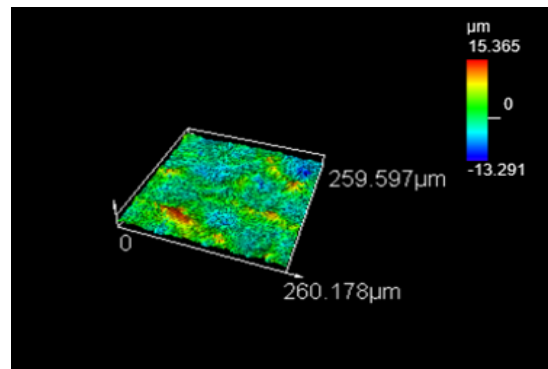


Fig. 8. Surface morphology of sandblast pressure 6 specimen obtained by OLS5000

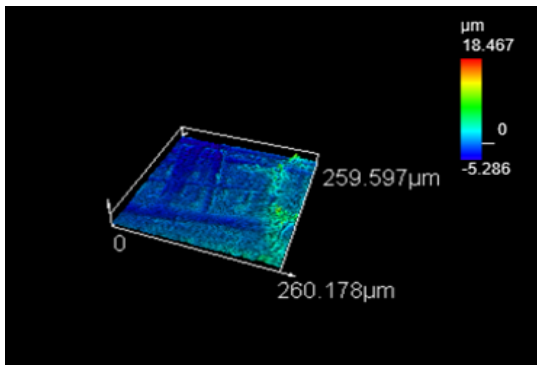


Fig. 6. Surface morphology of #220 specimen obtained by OLS5000

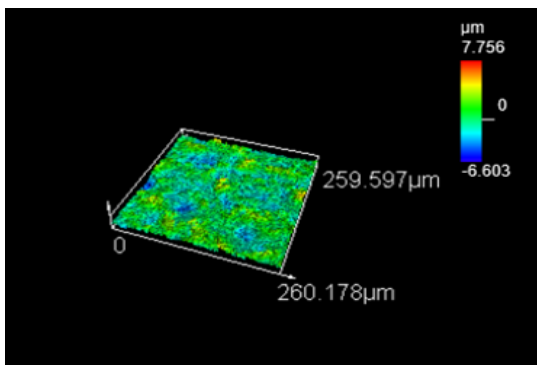


Fig. 7. Surface morphology of sandblast pressure 2 specimen obtained by OLS5000

본 연구는 AI 방열판을 단순화한 모형을 대상으로 실험을 하여 대류 열전달 계수 측정에 초점을 맞추어 실시 되었으므로, 실제 방열판과 같이 복잡한 구조에 적용했을 때의 방열 효율은 재 평가가 필요하다. 또한, 샌드블라스트 공정이 방열판의 복잡한 구조에 적용 하였을 때, 미처리 부분이 발생 할 수 있어, 이를 경제적으로 처리할 수 있는 최적화 공정이 개발 될 필요가 있다. 본 연구를 통해 주목할 점은 단순히 샌드 블라스트 공정을 추가하는 것만으로 대류 열전달 계수가 기존대비 82.76% 상승하는 것이다. 따라서, 기존 방열판에 표면 거칠기 처리를 실시할 경우 방열효율을 향상시킴으로서 경제적으로 LED의 수명 향상에 기여할 것으로 판단된다.

3. 결론

본 논문에서는 표면 거칠기에 따른 대류 열전달 계수 향상으로 인한 방열 효율 상승을 측정하였고, 그 결과 사포와 샌드 블라스트로 거칠기를 주었을 경우, 미처리 시편 대비 상대표면적이 증가하며, 그에 따라 대류 열전달 계수 또한 향상 된다. 또한, 사포로 거칠기를 주었을 때 보다, 샌드블라스트를 통해 거칠기를 주었을 경우 압박 변화에 따라 거칠기 정도의 차이가 용이하며, 공정 시간 및 효율이 우수함을 알 수 있었다. 이를 통해, 샌드블라스트 6bar의 압력을 적용하여 3초간 표면처리를 할 경우 미처리 시편 대비 방열 효율이 약 82.76% 상승되는 것을 알 수 있다. 그에 따라, LED 수명 또한 증가 할 것으로 예상된다.

References

- [1] Bang G-W, Kim Y-H. LED for plant growth regulators for the study of light on the device. *Journal of Digital Convergence*, Vol.10, No.7, pp. 262-272, 2012.
DOI: <http://doi.org/10.14400/JDPM.2012.10.7.267>
- [2] Duclos SJ, Jansma J, Bortscheller JC, Wojnarowski RJ. Phosphor coating with self-adjusting distance from LED chip. Google Patents; 2003.
- [3] Eui Keun-Ahn, Hyeok-min Lee, Hyun-soo Lee, Hyun-soo Lee, Kwang- Sup Kim, Development of automotive Bi-Function LED Headlamp; Vol.2010, No.5, pp. 1428-1433, 2010.
- [4] Seong-Yong Yang, Chin-Woo Yi, A Study on Reliability Analysis for Reliability Testing & Field Degradation Data of LED Lighting Vol.25, No.12, pp. 54-59, 2011.
- [5] Soon Ho Hwang, Young Lim Lee, Study on Thermal Performance of Multiple LED Packages with Heat Pipes, Vol. 35, No.6, pp. 569-575, 2011.
- [6] Choi B-M, Hong S-H, Jeong Y-B, Kim K-B, Lee S-G, Park S-G. Improved Thermal Resistance of an LED Package Interfaced with an Epoxy Composite of Diamond Powder Suspended in H₂O₂. *Korean Journal of Optics and Photonics*, Vol.25, No.4, pp. 221-224, 2014.
DOI: <http://doi.org/10.3807/KJOP.2014.25.4.221>
- [7] Woo-Jin Seo, Young- Moon Yu, Hee-Lack Choi, Design and Optimization of Heat Dissipation Engine with 200W COB LED, Korea Institute of Illuminating and Electrical Installation, Vol.32, No.2, pp 38-46, 2018.
DOI: <http://doi.org/10.5207/JIEIE.2018.32.2.038>
- [8] Duck Young Moon, A study of the heat radiation performance for COB LED on the heatsink structure, Korea Industrial Technology University Industrial Technology. Business graduate school, 2016.
- [9] Soon Ho Hwang, Young Lim Lee, Study on thermal performance of multiple LED Packages with heat pipes, The Korean Society of Mechanical Engineers, Vol.35, No.6, pp. 569-575, 2011.
DOI: <http://doi.org/10.3795/KSME-B.2011.35.6.569>
- [10] Hyeon sang jeong, Analysis of market trends and commercialization issues of heat dissipation materials and heat-bonding technology, KISTI, 2013, http://gift.kisti.re.kr/announce/analysis-report/2014/miriran_14054.pdf, 2018.09.14.
- [11] You jin Ho, Choi Won Seok, Jang ByungHwa, A study on flow boiling heat transfer enhancement of graphene coating surface, Vol.2013, No.12, pp. 700-703, 2013.
- [12] Hoing Lae Lee, Sung Min Ha, Yungjae Yoo, Sung-Goo Lee, Current trends in thermally conductive polymer composites, the Polymer Society of Korea, Vol.24, No.1, pp. 30-37, 2013.
- [13] Jae ho Kim, Graffin Industrialization Breakthrough - plasma, vaccum magazine, 2017, http://www.kvs.or.kr/file/story/2017_06_08.pdf, 2018.09.14.
- [14] J. Nikuradse, National Advisory committee for aeronautics, pp. 1-62, 1950.11.
- [15] D. W SAVAGE, J. E MYERS, The effect of Artificial Surface Roughness on Heat and Momentum Transfer, Vol.9, No.5, pp. 694-701, 1963.
DOI: <http://doi.org/10.1002/aic.690090523>
- [16] Ventola L, Robotti F, Dialameh M, Calignano F, Manfredi D, Chiavazzo E, et al. Rough surfaces with enhanced heat transfer for electronics cooling by direct metal laser sintering. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol 75, pp. 58-74, 2014.
DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.03.037>
- [17] Ventola L, Chiavazzo E, Calignano F, Manfredi D, Asinari P, editors. Heat transfer enhancement by finned heat sinks with micro-structured roughness. *Journal of Physics: Conference Series*; Vol.494, No.494, 2014.
DOI: <http://doi.org/10.1088/1742-6596/494/1/012009>
- [18] Min-Sik Lee, Hyun-Ho Kim, Chung-Gil Kang, Effect of surface Roughness of Al5052/CFRP Composites on the Adhesion and Mechanical properties, Korean Society for Composite Materials, Vol.26, No.5, pp. 295-302, 2013.
DOI: <http://doi.org/10.7234/composres.2013.26.5.295>
- [19] Ventola L, Robotti F, Dialameh M, Calignano F, Manfredi D, Chiavazzo E, et al. Rough surfaces with enhanced heat transfer for electronics cooling by direct metal laser sintering. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. Vol .75, pp. 58-74, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.03.037>
- [20] Ventola L, Chiavazzo E, Calignano F, Manfredi D, Asinari P, editors. Heat transfer enhancement by finned heat sinks with micro-structured roughness. *Journal of Physics: Conference Series* Vol.494, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/494/1/012009>
- [21] Laouamri H, Giljean S, Arnold G, Kolli M, Bouaouadja N, Tuilier M-H. Roughness influence on the optical properties and scratch behavior of acrylic coating deposited on sandblasted glass. *Progress in Organic Coatings*, Elsevier, Vol.101, pp. 400-406, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2016.09.014>
- [22] SLĂTINEANU L, POTĂRNICHE Ș, COTEATĂ M, GRIGORAȘ I, GHERMAN L, NEGOESCU F. Surface roughness at aluminium parts sand blasting. *Proceedings in Manufacturing Systems*. 2, Proceeding in Manufacturing systems, Vol.6, No.2, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2016.09.014>
- [23] Du-rye Oh, Jeong-Jae Kim, Jin-seon, Gook, Sung-geun Oh, Seung, Jae Lee, Ga-Ram Kim, Min-ho Lee, Surface Modification of Titanium by Sand Blasting and Alkali Treatment, *Journal of Biomedical Materials Research*, Vol.39, No. 1, pp. 1-7, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.14815/kjdm.2012.03.39.1.1>
- [24] Yunus Celgel, Afshin Ghajar, heat and mass transfer, pp 3-6, McGraw-Hill Publishing company, 2015.
- [25] Kim Chan-Jung, assistant heat transfer, pp. 1-15, human books Co. Ltd.

이 동 희(Dong-Hee Lee)

[정회원]



- 2017년 3월 ~ 현재 : 충남대학교
신소재공학과 석사과정

<관심분야>

방열소재, 열전달현상

이 종 현(Jong-Hyeon Lee)

[정회원]



- 1993년 2월 : 충남대학교 금속공학과 석사
- 1999년 2월 : 충남대학교 금속공학과 박사
- 2003년 12월 ~ 2009년 2월 : 한국원자력연구원, 선임연구원
- 2009년 3월 ~ 현재 : 충남대학교
신소재공학과 교수

<관심분야>

방열소재, 희소금속