

탄소나노튜브 양에 따른 CMP-PLA 방열 소재의 특성

김영곤^{1,a}

¹ (주) 이노셈코리아

Characteristics of CMP-PLA Heatsink Materials with Carbon Nanotube Contents

Young-Gon Kim^{1,a}

¹ INNOCEM KOREA Co., Ltd., Gwangju 500-470, Korea

(Received November 13, 2013; Revised November 22, 2013; Accepted November 24, 2013)

Abstract: In this study, we proposed CMP-PLAs to replace the Al heat sinks as heat sink materials, and investigated heat dissipation characteristics of the LED lighting devices using them. The crystallinity of the proposed CMP-PLA heat sinks decreased with increasing carbon nanotube contents in CMP-PLA. However, the thermal conductivity was improved with the increase of the carbon nanotube contents. The heat dissipation characteristics of the LED lighting devices using CMP-PLA heat sinks was improved with increasing carbon nanotube contents in CMP-PLA. For the LED lighting devices using CMP-PLA heat sinks with 40% carbon nanotube contents, the initial temperature measured at the heat sink plate was 27°C, which increased as time, and it was saturated around 56°C after an hour. The LED lighting devices using CMP-PLA heat sinks are expected to be functional materials that can reduce their weight and improve their electric properties, compared to those using existing Al heat sinks.

Keywords: CMP-PLA, Heatsink, Thermal conductivity

1. 서 론

PLA (poly lactic acid)는 생분해성 플라스틱으로 대표적이다. 다른 생분해성 재료에 비해 비교적 가격이 저렴하고, 제품 성형이 용이한 장점을 지니고 있으며, 또한 우수한 기계적 특성들을 보유하고 있다. PLA는 환경 친화적인 소재로서 플라스틱 제품 응용에 가장 많이 쓰이며, 생체적합성 등으로 바이오와

의료 제품에 가장 많은 응용이 이루어지고 있다. 그러나 PLA는 석유 화학적 플라스틱 보다 낮은 열 변형 온도와 낮은 용융점이라는 단점을 가지고 있고, 또한 잘 부러지기 (brittle) 때문에 충격 강도가 낮아 제품 응용에 한계가 있다 [1-3].

LED 등기구는 기존의 메탈할라이드 램프 가로등에 비해 소비전력 절감 및 장 수명으로 인해 각광받고 있다. 그러나, 현재 LED 가로등 제품들은 수요자 요구 조도 기준 및 발열온도 기준을 만족하는 제품은 거의 없다. LED 조명기구의 핵심 기술은 고효율 광원, 방열판, 고 역률 전원, 반사 등이 있으며, 특히 LED 광원의 열을 방출하기 위한 방열판 제작이 핵심이다. LED 칩은 발광 효율이 높아졌지만, 아직 LED

a. Corresponding author: o9911146@naver.com

Copyright ©2013 KIEEME. All rights reserved.
 This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

칩의 발열량은 상당한 수준으로 LED 칩의 온도가 높아져 칩 자체 또는 패키징 수지가 열화하게 되어 발광 효율의 저하와 칩의 수명을 단축시키게 된다.

본 연구에서 방열 소재로서 카본알루미늄 복합 소재를 사용하였다. 카본 알루미늄 복합 소재는 방열판의 전체적인 부피와 체적을 크게 줄여 경량화를 유도할 수 있으며, 제품의 생산 원가를 대폭 절감할 수 있다. 또한 카본 알루미늄 복합 소재의 방열봉들을 이용하여 방열을 실시하게 되면 알루미늄 대비 동일 체적 당 2~3배의 방열 효율을 향상시킬 수 있는 가능성도 있다. 또한 방열봉의 설계를 다양화하여 수개의 방열봉을 통해 발광 다이오드에서 발생하는 열을 충분히 방열시켜 무게가 가볍고, 저가의 파워 발광 다이오드형 조명 기구를 구현할 수 있다. 결국, PLA 소재에 탄소나노튜브를 혼합하였다. 탄소나노튜브는 기계적 강도가 크며, 전기적으로 열전도도가 우수한 소재이다. 이들은 혼합한 CMP (carbon nano tube metal addition polymer)-PLA 방열 소재를 제조하여 기계적 특성과 전기적 특성을 고찰하고자 한다.

2. 실험 방법

CMP-PLA 방열 소재를 제조하기 위하여 20~70 wt%의 탄소나노튜브와 PLA (poly lactic acid)와 PBS (poly butylene succinate)를 멜트 블렌딩 (melt-blending)한 생분해성 20~70 wt%의 고분자와 대두유를 혼합하여 조성된 10~20 wt%의 오일과 80~90 wt%의 흑운모 (biotite)를 혼합으로 하여 조성한 5~10 wt%의 PLA 결정화 액제를 150~220℃에서 1,000~1,500 rpm의 속도로 교반한다. 여기서 생분해성 고분자는 70~95 wt%의 PLA (poly lactic acid) 5~30 wt%의 PBS (poly butylene succinate)를 175~180℃에서 80~120 rpm의 교반 속도로 30초~90초 동안 교반하여 멜트 블렌딩 (melt-blending)한다. 제조한 CMP-PLA형 방열 소재의 구조적 특성은 XRD와 FT-IR를 통해 고찰하였으며, 표면 특성은 FESEM으로 고찰하였다. 또한 열전도도 특성은 4-point probe를 이용하여 측정하였으며, 이를 바탕으로 구조적 특성과 전기적, 표면 특성과의 관계를 고찰하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 FESEM 표면 분석에 의해 측정되어진

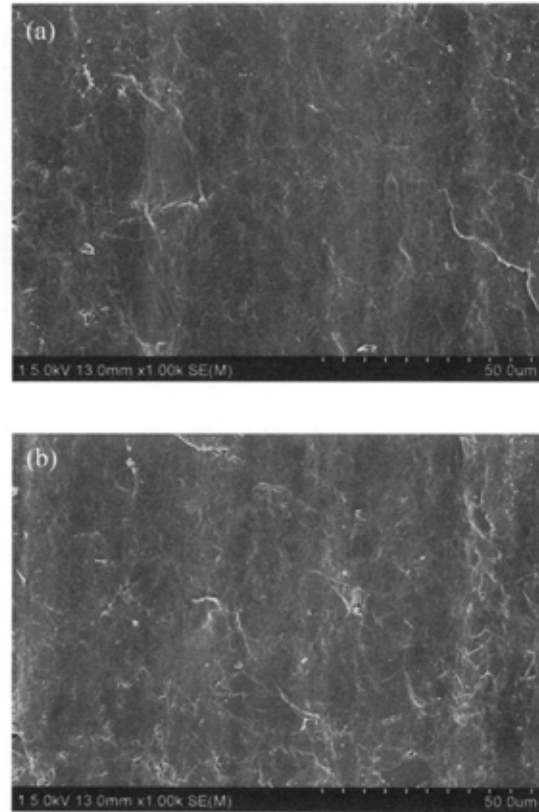


Fig. 1. Surface properties of CMP-PLA heatsink materials with carbon nanotube contents (a) 20% and (b) 40%.

CMP-PLA 방열 소재의 표면을 보여준다. 그림에서 확인할 수 있듯이, PLA에 탄소나노튜브 양의 증가는 표면에서 금속과 결합한 탄소나노튜브의 수가 증가된 것을 확인할 수 있다. 또한 비교적 탄소나노튜브가 잘 분산된 것을 확인할 수 있으며, 탄소나노튜브 증가는 파단면에 공극의 수도 다소 증가했다는 것을 확인할 수 있다.

그림 2는 CMP-PLA 방열 소재의 XRD 패턴 결과를 보여준다. PLA의 결정화는 $2\theta = 26.50, 54.60$ 에서 각각 이루어지며 주요 결정화는 26.50 에서 이루어진다. PLA에 탄소나노튜브를 섞는 비율이 증가되어질수록 PLA의 결정화 피크의 강도는 줄어들고 있는 것을 확인할 수 있다. 특히 30% 이상의 CNT를 포함한 PLA의 주요 피크의 강도가 가장 큰 폭으로 줄어드는 것을 확인할 수 있으며, 이는 PLA의 결정화에 포함되어진 탄소나노튜브의 양에 밀접한 영향이 있음을 확인할 수 있다. 결론적으로 탄소나노튜브의 양은 CMP-PLA의 결정화에 영향을 미친다.

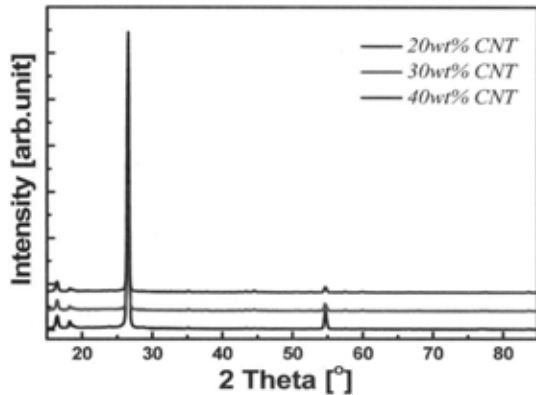


Fig. 2. XRD patterns of CMP-PLA heatsink materials with carbon nanotube contents.

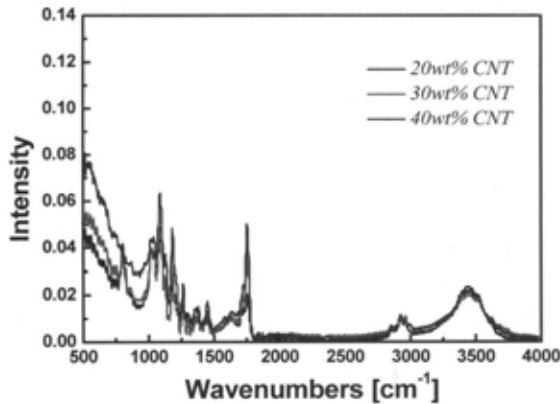


Fig. 3. FT-IR spectra of CMP-PLA heatsink materials with carbon nanotube contents.

그림 3은 CMP-PLA 방열 소재의 FT-IR에 의한 구조 분석을 보여준다. 탄소나노튜브의 양에 관계없이 CMP-PLA 방열 소재는 거의 유사한 피크에서 강도를 나타낸다. 이는 CMP-PLA를 구성하는 거의 모든 성분이 탄소로 이루어져 있음을 보여주는 것이며, 각각의 피크들은 탄소와의 결합의 종류에 따라 분포한다고 판단할 수 있다. PLA 소재의 주요 피크로서 $2,937\text{ cm}^{-1}$ 와 $3,450\text{ cm}^{-1}$ 에서 보이는 피크는 각각 전형적인 C-H기와 -OH기를 보인다. 또한 $1,758\text{ cm}^{-1}$ 과 $1,200\text{ cm}^{-1}$ 의 피크는 C=O 결합과 acetyl기의 피크를 각각 나타낸다. FT-IR 스펙트럼에서 $1,266\text{ cm}^{-1}$, $1,369\text{ cm}^{-1}$, $1,446\text{ cm}^{-1}$ 등의 피크는 탄소나노튜브 함량에 따라 서서히 증가하는 것을 보이고 있다. 이 피크들은 탄소나노튜브가 가지고 있는 고유 피크로서, 결론적으로 CMP-PLA 방열 소재 내에 포함되어지는 탄소나노튜브의 결합이 증가되었다는 것을 가리킨다.

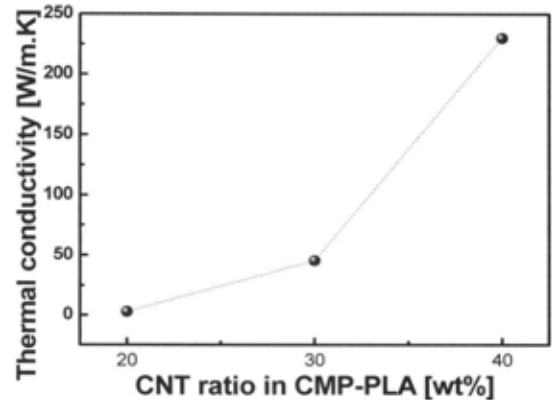


Fig. 4. The variation of thermal conductivity of CMP-PLA heatsink materials with carbon nanotube contents.

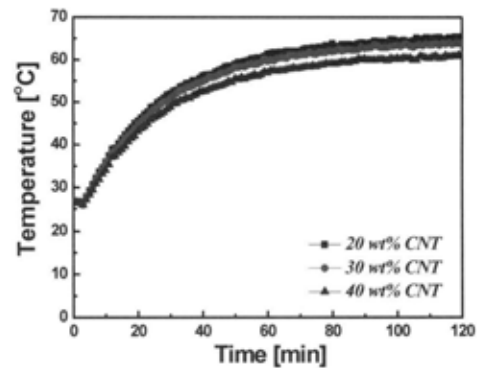


Fig. 5. FT-IR spectra LED lighting devices using CMP-PLA heatsink prepared with carbon nanotube contents.

그림 4는 방열판의 특성으로서 가장 중요한 CMP-PLA 방열 소재의 열전도도 값의 변화를 나타낸다. 탄소나노튜브의 함량의 증가는 CMP-PLA 방열 소재의 열전도도 값을 증가시켰다. 이러한 결과는 탄소나노튜브의 가장 큰 장점인 열전도도 특성이 PLA의 열전도 특성을 향상시킨 것이라고 판단할 수 있다. 기존 PLA의 경우 약 1~5 W/m.k 값의 열전도 특성을 가진다. 탄소나노튜브의 경우 열전도 값은 대략 ~ 3,000 W/m.k 정도의 값을 가진다. 결국, CMP-PLA 방열 소재의 열전도 특성은 탄소나노튜브의 함량의 조절로 향상시킬 수 있다.

그림 5는 CMP-PLA 방열 소재를 적용한 LED 등기구에서 초기부터 2시간 동안 방출되어지는 온도변화를 나타내었다. 방열판에서 측정되어지는 초기 온

도는 27℃이었으며, 시간이 지날수록 방열판에서 측정되어지는 온도는 증가되어졌다. 그러나 1시간 이상 지나면서 방열판에서 측정되어지는 온도는 56℃로 포화되는 것을 확인하였다. 또한 탄소나노튜브의 함량의 증가시킨 방열 소재를 적용한 LED 등기구의 경우 방출되어지는 온도가 탄소나노튜브의 함량이 적을 때보다 적게 나타났다. 그리고 방열판의 온도 변화에서 상부와 하부는 그 값이 거의 유사한 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 탄소나노튜브를 포함한 CMP-PLA 방열 소재는 LED 등기구의 방열 특성을 효율적으로 재연할 수 있으며, 그 방열 효율 또한 향상시킬 수 있다고 판단되어 진다.

4. 결 론

본 연구에서는 Al 방열 소재를 대체하기 위하여 탄소나노튜브 복합체인 CMP-PLA를 방열 소재로서 제안하고, 이를 제조하여 LED 등기구에 적용하여 LED 등기구의 방열 특성을 고찰하였다. 제안한 CMP-PLA 방열 소재는 탄소나노튜브의 함량을 증가할수록 PLA 결정성은 다소 감소되었다. 그러나 PLA 내에 탄소나노튜브의 함량의 증가는 PLA 방열 소재의 열전도 특성의 향상을 가져왔다. 이러한 결과를 바탕으로 CMP-PLA 방열 소재를 적용한 LED 등기구의 방열 특성을 고찰한 결과 탄소나노튜브의 함량 증가는 LED 등기구의 방열 특성을 향상시켰다.

또한 40% 탄소나노튜브를 포함한 CMP-PLA 방열판을 사용한 LED 등기구의 경우 방열판에서 측정되어지는 초기 온도는 27℃이었으며, 시간이 지날수록 방열판에서 측정되어지는 온도는 증가되어졌고, 1시간 이후부터는 56℃의 온도 정도로 포화되었다. CMP-PLA 방열판 적용한 LED 등기구는 기존 Al 방열판을 사용한 LED 등기구보다 무게를 줄일 수 있으며, 전기적 특성을 향상시킬 수 있는 가능성 소재로 기대되어진다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부, 한국산업기술진흥원, 호남지역사업평가원의 “광역경제권 선도산업 육성사업”으로 수행된 연구 결과입니다.

REFERENCES

- [1] B. Y. Shin, B. H. Cho, K. H. Hong and B. S. Kim, *Polymer(Korea)*, 33, 588 (2009)
- [2] S. Ishida, R. Nagasaki, K. Chino, T. Dong and Y. Inoue, *J. Appl. Polym. Sci.*, 113, 558 (2009)
- [3] Y. Q. Xu and J. P. Qu, *J. Appl. Polym. Sci.*, 112, 3185, (2009)