

導熱型碳化矽/尼龍66複合材料對LED燈散熱之研究

Study of Thermal Conductive SiC/PA66 Polymer Composite in LED Bulb

柯文旺、謝文健

Wen-Wang Ke, Wen-Chien Hsieh

國立勤益科技大學冷凍空調與能源系

Department of Refrigeration, Air Conditioning and Energy Engineering,

National Chin-Yi University of Technology

E-mail: kelvin@hawky.com.tw

E-mail: hsiehwc@ncut.edu.tw

摘要

本研究探討 SiC/PA66 複合材料改質後提昇原工程塑膠之熱傳導係數，並應用於 LED 燈具散熱之實驗。本研究結果顯示高配比的粉體量相對其熱傳導係數也隨之提升，總粉體添加量可以得到近 65 wt% 總粉體添加量之結果。SiC/PA66 複合材料之熱傳導係數可達 1.50 W/m-k，應用於 6W LED 燈的散熱燈殼時，LED 燈板上之供應電能轉換為光能及熱能後，熱能能由 LED 燈板傳至 SiC/PA66 複合材料中，經由傳導方式至 LED 燈具散熱鰭片表面，再藉由自然對流散熱。本研究結果顯示 SiC/PA66 複合材料因為熱傳導係數小於金屬材料者，形成明顯之溫度梯度，但在 LED 燈具上的 LED 晶粒溫度均小於 85°C，仍可在合理之設計操作溫度內。SiC/PA66 複合材料因採用高硬度陶瓷粉體，故必須採取對連續製程中的所有生產設備之耐磨性強化，以避免嚴重損耗。

關鍵字詞：碳化矽、尼龍 66、LED 散熱

Abstract

The aim of the study is to investigate the enhancement on thermal conductivity of SiC/PA66 polymer composite and then apply to the LED bulb for heat dissipation. The results show the SiC powder as a filler is relatively high ratio of 65 wt% of total SiC/PA66 polymer composite and the thermal conductivity rises with the SiC powder up to 1.50 W/m-k. After plastic injection processes using the SiC/PA66 composite, the applied 6W LED lamp shell can transfer the heat from LED PCB to ambient by natural convection. The results of this study show temperature distribution becomes a significant temperature gradient on the LED lamp shell, and LED chip temperature is around 85°C for keeping safety operation of LED bulb. Based on the SiC filler is a kind of high hardness ceramics, the manufacturing equipment should need to reinforce the wear resistance from damage.

Keywords: SiC、PA66、LED heat dissipation

1. 前言

隨著全球對於環保意識漸漸的重視，環保與節能省電已成為當今的趨勢。LED 產業是近年來最受矚目的產業之一。LED 產品具有節能、省電、高效率、反應時間快、且壽命週期長，不含汞，具有環保效益等優點。通常 LED 高功率產品輸入功率約為 20% 能轉換成光，剩下 80% 的電能轉換為熱能。所以 LED 在長時間下使用，燈具必須有效散熱，以確保其壽命。就燈具導熱材料而言，金屬材料有優良的導熱度，雖然為最佳的選擇，卻有重量大及對於形狀複雜之成品不

易製造等缺點。相對地，高分子材料卻具有質輕、加工性優良等特質，但由於高分子材料本質為導熱產性較差，常見高分子材料熱傳導係數小。因此，為使高分子材料提昇其導熱效果，才能應於於導熱散熱領域。常見添加導熱性填充劑如碳黑、各種纖維、導熱金屬微粒等，將其製成具有導熱性之高分子複合材料，即可應用在各種不同之導熱元件。導熱塑膠定義為其導熱係數 k 值為 1 W/m-K 以上之塑膠材料，其導熱效果類似金屬材料。Hatsui [1] 研究 BN/聚丁二烯導熱性及力學性能，發現 BN 之高導熱易於被濕潤及

高填充量混合可接近 88%。Paine RT 等[2]研究 BN 填充於環氧樹脂可模壓成型，可應用於電子封裝、積體電路、電子控制元件。Nathaniel C 等[3]研究 SiC/環氧樹脂之導熱性，發現加入奈米級 SiC 比微米級 SiC 粒子更能提高其導熱性。Z hao S 等[4]使用 Al₂O₃ 填充 UPR3201，研究添加量、偶合劑對導熱性、力學性能。當比例為 1:1.5 時，材料熱傳導係數為 0.88 W/m-K。過去的研究鮮少有碳化矽(SiC)陶瓷材料與高分子材料複合改質為導熱材料之研究，本研究基於此，進行碳化矽 SiC/PA66 複合材料改質後提昇原工程塑膠之熱傳導係數，並應用於 LED 燈具散熱之實驗。

2. 導熱 SiC/PA66 複合材料之製備流程

本研究以碳化矽粉體做為熱傳導係數增益之填充材料，以 PA66 (尼龍 66, Nylon 66) 又稱聚醯胺 66 (Polyamide 66) 為主要工程塑膠，首先經由 BRABENDER 型號-PL2000 之塑議儀，進行小量混練，取得小量複合材料後，進行熱壓試片製作。再以 ATLAS 熱傳導係數分析儀 Hot Disk TPS2500 進行熱傳性質量測及量測本材料之表面電阻值。

本研究實驗材料如表 1 所示，為選擇之工程塑膠、SiC 陶瓷粉體與物性改質劑的規格與供應商。實驗參數材料如表 2 所示，採用之比例 PA66:SiC:WAX=35:65:0.3。本研究後續利用熱壓成型機進行熱傳導係數試片製備及以塑膠射出機製備 LED 球泡燈散熱燈殼樣品，其中，採用熱壓成型與射出成型不同製程會因塑料流變程度、流向不同等，對於導熱塑料之熱傳導係數產生些微影響。

表 1. SiC/PA66 複合材料開發材料規格

材料	規格	供應商
工程塑膠	PA66-C3U	BASF
陶瓷粉體	SiC 粒徑 <20um	全嘉
物性改質添加劑	Wax 1105A	三井化學

表 2. 實驗參數材料表

實驗材料	PA66	SiC	WAX
配方比例	35 wt%	65 wt%	(PA66+SiC) 之 0.3 (wt%)

3. 結果與討論

本研究利用塑譜儀進行 SiC/PA66 複合材料開發導熱塑膠配方調製。表 3 為導熱 SiC/PA66 複合材料塑譜儀混練參數與熱壓加工參數表。

表 3. 實驗參數材料表

塑譜儀 混練項目	混練 溫度(°C)	混練時間 (min)	轉速 (rpm)
混練參數	260	10	60
熱壓加工 參數項目	熱壓 溫度(°C)	熱壓壓力 (Kg/cm ²)	熔融 時間 (min)
熱壓加工 參數	290	500	5

如圖 1 顯示，未混練前 SiC 粉體之 SEM 圖，其粒徑呈現隨機分布狀態，最大粒徑值小於 20um。如圖 2 顯示，經過混練後試片之斷面照之 SEM 圖，由於 PA66 在高溫 260°C 熔融下與 SiC 粉體有效地混練，使 SiC 能被 PA66 之高分子包覆形成可導熱之網絡。

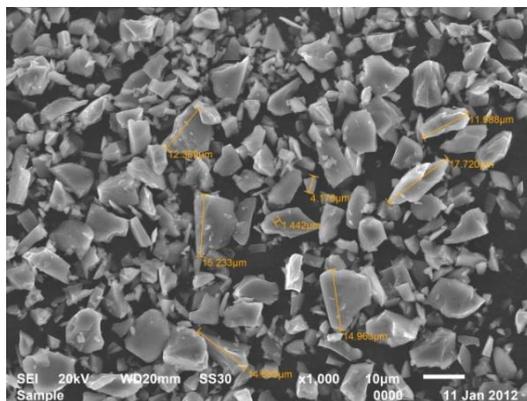


圖 1. 未混練前 SiC 粉體之 SEM 圖

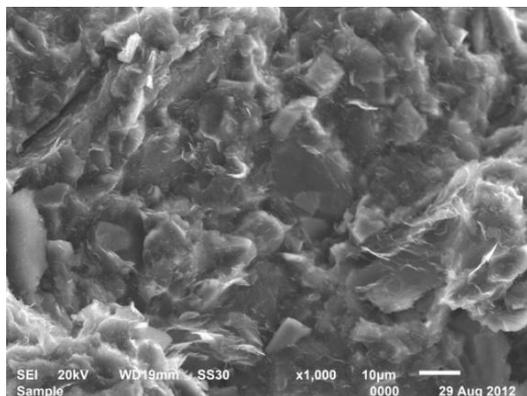


圖 2. 混練後高分子包覆 SiC 粉體之 SEM 圖

由結果顯示，以高填充量之 SiC/PA66 複合材料組成之熱傳導係數有效增加，基於 PA66 具有良好的結晶行為，使得粗細粒徑分布之 SiC 對於 PA66 材料可具有較佳之熱傳導係數提升之功效，且原 SiC 基板材料之導熱係數可高達 200 W/m-K。而製備導熱塑膠的主要方法是在高分子基材中混入高比例之高導熱係數之填料來製備，其導熱性能之優劣取決於高分子基材和高導熱填料共同混練作用決定的。作為導熱塑膠的填充物無論是粒子或纖維，其導熱性都遠大於基體材料的導熱性，但當填充量比較小時，填料無法均勻地分散在樹脂基體中，基體之間沒有接觸和相互作用，此時導熱填料對改善整個體系導熱性的貢獻不大。只有當填充量達到臨界值時，填料在體系中才可以形成類似鏈狀和網狀的分佈形態之導熱網絡。而且只有當形成的導熱網絡其取向與熱流方向一致時，材料導熱性才能得到改善。

由表 3 為 SiC/PA66 複合材料試片熱性質表，結果顯示，試片之熱傳導係數為 1.50 W/m-K、1.53 W/m-K、1.41 W/m-K。改質後之導熱工程塑料比原始 PA66 之熱傳導係數 0.25 W/m-K 提昇大於 1 以上，效果顯著。

對於改質後之導熱工程塑料，應用於 LED 燈具等耐高溫條件者，必須在一定的表面電阻下，亦能提升熱傳導性質，且耐長時間高溫操運行，方能為較合適之原物料塑膠基體。導熱複合材料之研製也可以界定非導電/絕緣型及導電型之導熱塑膠材。本研究採用 SiC 總粉體含量為 65 wt%，由量測結果，表面電阻值也高於 $10^{15}\Omega/\text{cm}^2$ 為絕緣型複合材料。

另外，在射出製作過程中發現碳化矽添加於高分子塑料中，材料的流動性明顯變差，較容易損耗螺桿，量產時在配方中可以添加滑劑，提升材料流動性並降低螺桿損耗。

表 3. SiC/PA66 複合材料試片熱性質表
Hot Disk TPS2500 測試熱壓式片
(ISO/CD 22007-2)

試片組	熱傳導 (W/m-K)	熱擴散 (mm^2/s)	比熱容 ($\text{MJ}/\text{m}^3\cdot\text{K}$)
1	1.50	0.81	1.85
2	1.53	0.83	1.84
3	1.41	0.80	1.76

對於改質後之 SiC/PA66 複合材料，應用於 LED 球炮燈散熱之燈具，如圖 3 所示，為全採 SiC/PA66 複合材料經射出成型之 LED 燈具。如圖 4 所示，LED 燈板為 6W 設計值，LED 燈板下方塗布導熱膏再組立於平台，燈具上方面再以玻璃燈罩加蓋。



圖 3. 由 SiC/PA66 複合材料所製之 LED 燈具圖



圖 4. 6W LED PCB 燈板圖

在圖 5 中，為 LED 燈在運作後溫度達到穩定狀態下，以紅外線溫度儀擷取(NEC G30)之溫度分布圖。結果顯示，所有 LED 晶粒處皆為高溫部，LED 晶粒之溫度分布介於 $79\sim 84^\circ\text{C}$ 之間。一般為結點溫度，依不同的晶粒廠商設計會有不同的安全操作溫度。而 LED 燈具採用 SiC/PA66 複合材料作為熱傳遞材質，在圖 6 中顯示，因 SiC/PA66 複合材料熱傳導係數小於金屬材料者，仍有明顯之溫度梯度，燈殼部鰭片之溫度則接近 60°C ，而玻璃燈罩部份約 43°C 。

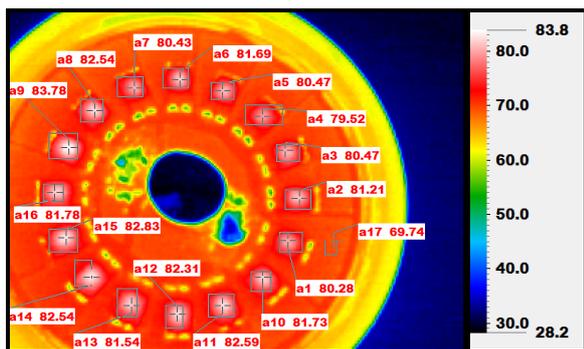


圖 5. 6W LED 燈板溫度分布圖(單位：°C)

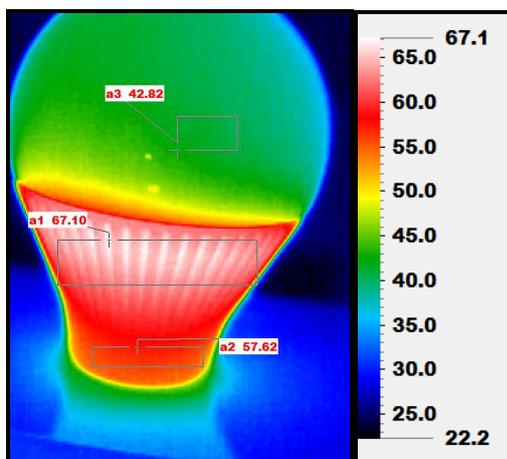


圖 6. 6W LED 燈具外殼及燈罩溫度分布圖
(單位：°C)

4. 結論

本研究進行 SiC/PA66 複合材料改質後提昇原工程塑膠之熱傳導係數，並應用於 LED 燈具散熱之實驗。本研究有效地採高配比的 65 wt%粉體量與 PA66 進行混練，SiC/PA66 複合材料之熱傳導係數可達 1.50 W/m-k。

採射出成形後為一種 LED 散熱燈殼，應用

於 6W LED 燈的散熱燈殼時，熱能有效地由 LED 燈板傳至 SiC/PA66 複合材料中，因 SiC/PA66 複合材料熱傳導係數小於金屬材料者，仍有明顯之溫度梯度，但在 LED 燈具上的 LED 晶粒均溫約 85°C 以下，燈殼部之溫度則接近 60°C。

未來 SiC/PA66 複合材料之研究因採用高硬度陶瓷粉體，進行造粒機製造時必須採取對連續製程中的所有生產設備之耐磨性強化，以避免嚴重損耗。

5. 參考文獻

1. I. Hatsuo, S. Rimdusit, "Very high thermal conductivity obtained by boron nitride-filled polybenzoxazine," *Thermochimica Acta*, Vol. 320, Issue 1-2, pp. 177-186, 1998.
2. R. T. Paine, E. A. Pruss, G. L. Wood, "Boron Nitride Fillers for Organic Polymer Composites," 219th National Meeting of the American Chemical Society, San Francisco, California, ACS Symposium, pp.27-38, 2000.
3. C. Nathaniel, M. HASSAN, K. VIJAYA, "abrication and mechanical characterization of carbon/SiC epoxy nanocomposites," *Journal of Computers and Structures*. 2004 *Fabrication and Mechanical Characterization of Carbon/SiC-epoxy Nanocomposites Composite Structures*, Vol. 67, Issue 1, pp.115-124, 2005.
4. S. Zhao, J. Zhang, S.Q. Zhao, W. Li, H. Li, "Effect of inorganic-organic interface adhesion on mechanical properties of Al₂O₃/polymer laminate composites," *Journal of Composites Science and Technology*, Vol. 63, Issue 7, pp.1009-1014, 2003.