

不同比例涼爽礦石粉/奈米鋁化合物添加於高分子材料以靜電紡絲法製備奈米涼爽纖維膜之研究

Study on the Cool Feeling of Nanofiber Films Prepared by Electrospinning Method and Varies Polymer Blended with Different proportion of cooling powder/nano aluminum compound

黃柏瑀, 王權泉

Po-Yu Huang, C. C. Wang

中國文化大學紡織工程學系

Department of Textile Engineering, Chinese Culture University

黃柏瑀: alan11132@yahoo.com.tw

摘要

本研究以改變涼爽礦石粉末/奈米鋁化合物比例加入不同高分子聚合體(Nylon、PAN、PET)溶液中均勻分散，以靜電紡絲法製備奈米涼感纖維膜，觀察改變涼爽礦石粉末/奈米鋁化合物比例對涼感的影響，並經由電子顯微鏡觀察表面與纖維細度。由研究中觀察，改變涼爽礦石粉末/奈米鋁化合物比例會使黏度上升，纖維細度變大，細度範圍在 $0.18-0.68\mu\text{m}$ 之間。當鋁化合物佔添加的總比例越多瞬間涼感值越佳，Nylon 的奈米涼爽纖維膜在涼爽礦石粉末/奈米鋁化合物添加比例 0/3 的情況下，瞬間涼感值可達 0.164 W/cm^2 ，其瞬間涼感值較同比例下的 PAN、PET 效果優異。

關鍵字：高分子聚合體，靜電紡絲，涼爽礦石粉末，奈米鋁化合物，瞬間涼感

Abstract

In this study, various ratio of nano cooling powder/nano-aluminum compound were added into polymers (polyacrylonitrile(PAN), polyamide(Nylon) and Polyester(PET)) prepared cool nano-fiber membrane by electrospinning method, The viscosity of spinning solutions and cool feeling values(Q-max) of nano-fiber membrane were researched. From experimental results found the viscosity increased with the increase of ratio nano-aluminum compound. In addition, a scanning electron microscopy will be used to observed fineness in the fiber. This research discovers that increasing of the proportion of nano-aluminum compound will increase the fineness of fiber. Above all, the nano-aluminum compound shown significant effect on Q-max. The Q-max values of Nylon nano fiber membrane up to 0.164 W/cm^2 , were better than PAN and PET at any ratio of cooling additives.

Keywords: Electrospinning, Cool Jade, Nano-Aluminum Compound, Polymer, Cool Feeling

前言

靜電紡絲主要是以高壓電場將高分子溶液噴到收集板上得到奈米級的纖維，其纖維直徑小，故具有高孔洞性、高表面積、高透濕性等優點，在靜電紡絲過程中，使用奈米粒子與溶液混合形成複合奈米纖維結構也被廣泛應用於過濾薄膜、醫療敷材等 [1-4]。

合成纖維與所有材料發展趨勢一樣，纖維材料產品很明顯地趨向高附加價值，愈具備多樣化機能的產品，愈具有競爭力。合成纖維最大特色之一，是能創造出天然纖維所不能擁有的功能。尤其是多機能、複合性機能產品的開發，更是天然纖維所無法相比擬的。這些差別化、多功能甚至複合機能性纖維的開發帶動下，讓整個紡織產業有著更寬廣的市場空間[5,6]。在 21 世紀之今日，隨著生活品質與消費能力的提升，現代人對於環保逐漸重視，且隨著高科技的發展，環境污染日益嚴重，排放廢氣所產生的溫室效應，使地球溫度有逐年增溫之趨勢。目前台灣紡織產業積極開發高附加價值、多重功能性產品的創新生產，有鑒於此具有涼爽之合成纖維製品需求性與日俱增[5-7]。奈米鋁化合物是由金屬所組成，相較於礦石粉末具有更優良的熱傳導性能，本研究希望藉由其良好的熱傳導特性使瞬間涼感值增加。

實驗中主要以奈米涼爽玉粉末/奈米鋁化合物添加入壓克力、尼龍、聚酯高分子溶液進行靜電紡絲製作涼感薄膜，並以 SEM 觀察不同比例奈米涼爽玉/奈米鋁化合物粉末添加於不同比例高分子材料，以固定紡絲電壓與紡絲工作距離探討對纖維細度的影響，以奈米涼爽玉粉末/奈米鋁化合物添加高分子溶液中，探討對涼感的影響。

理論

靜電紡絲理論

高電壓使高分子溶液帶有電荷，將其中正電極連接紡絲液，另一個電極連接收集板，而電場會使相同的電荷產生排斥力，當電場強度逐漸增強，此作用力大於高分子流體之內聚力時，高分子流體就

會從出口處被拉引出來，毛細管口的聚物流體表面會被拉引成錐狀，而成為泰勒圓錐形。進一步增加電場強度，此時靜電排斥力大於聚物流體表面張力的臨界值時，泰勒圓錐尖端帶電荷液體會產生噴射現象，此噴射細流經過不穩定拉伸過程中形成一種螺旋狀之鞭動現象，使得此噴射流的纖維直徑快速地減少至奈米級，同時溶劑蒸發固化，在收集器上留下奈米纖維膜。

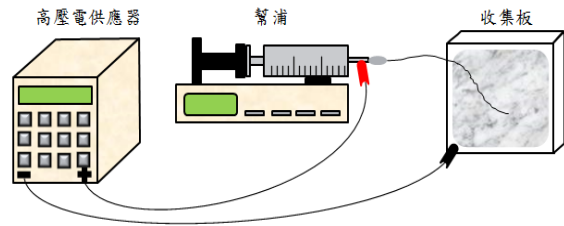


圖 1 靜電紡絲示意圖

熱傳導理論

熱傳導又稱導熱，發生熱傳導時，物體各部份之間不發生相對位移，即物質之巨觀位移。以微觀角度來看，熱傳導是依靠原子、分子與自由電子等微觀粒子熱運動所產生之熱傳遞現象。傅立葉定律 (Fourier's Law) 是熱傳導的基本定律，表示熱傳導的速率與溫度梯度及垂直於熱流方向的截面積成正比，當物體內有溫度梯度存在時，熱量由高溫傳至低溫，至溫度達到平衡狀態為止。

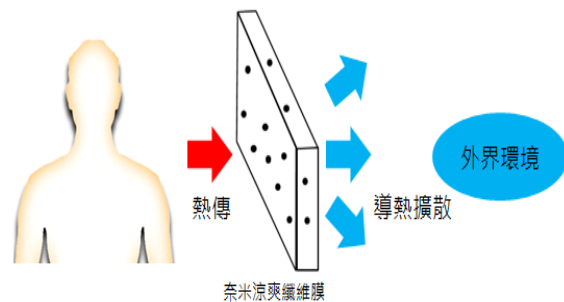


圖 2 熱傳導示意圖

實驗

實驗材料

- (1) 聚酯 (Polyester, PET) :遠東新世紀股份有限公司。
- (2) 尼龍(polyamide, Nylon):集盛企業股份有限公司。

- (3) 壓克力(polyacrylonitrile, PAN):台灣化學纖維股份有限公司。
- (4) 甲酸(Formic acid):HCOOH ACROS 試藥級
- (5) 奈米涼爽粉末:華懋生技。
- (6) 奈米鋁化合物:東大勝科技有限公司。

實驗儀器

- (1) 熱風循環式烘箱：可控制溫度至 400℃，BINDER。
- (2) 電子天秤：可測量由 0.001g ~600.00g，AND630。
- (3) 磁石攪拌加熱器（HMS-102-4）：可加熱至 350℃，祥太精機。
- (4) 靜電紡絲機:最高可達 50KV，ESL001。
- (5) 掃描式電子顯微鏡（Scanning Electron Microscope）:型號 JSM-6510，JEOL。
- (6) 高速攪拌均質機：轉速可達 12000rpm，祥泰精機。
- (7) 蠕動幫浦：[kdScientific](#)。
- (8) 高壓電源供應器：最高壓可到 3 萬伏特，有聲電子。
- (9) 黏度計：First RM-Lamy Rheology。
- (10) 熱效應測定儀:型號 KES-F7，凱恩喜科技有限公司。

實驗流程

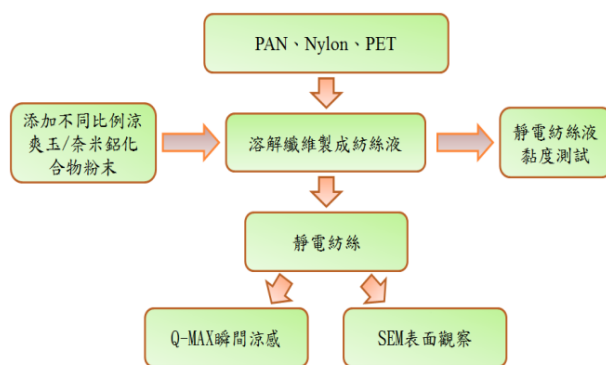


圖 3 實驗流程圖

實驗方法

- (1) 調配 PAN 溶液濃度為 12wt%、14wt%、16wt% 添加入比例 2:1、1:1、1:2、0:3 涼爽玉粉末/奈米鋁化合物進行紡絲，紡絲條件：電壓 20kV 工作距離 15cm 紡絲液流速 1.5mL/h。

- (2) 調配 Nylon 溶液濃度為 24wt%、26wt%、28wt% 添加入比例 2:1、1:1、1:2、0:3 涼爽玉粉末/奈米鋁化合物進行紡絲，紡絲條件：電壓 20kV 工作距離 15cm 紡絲液流速 1.5mL/h。

- (3) 調配 PET 溶液濃度為 12wt%、14wt%、16wt% 添加入比例 2:1、1:1、1:2、0:3 涼爽玉粉末/奈米鋁化合物進行紡絲，紡絲條件：電壓 20kV 工作距離 15cm 紡絲液流速 1.5mL/h。

依據 CNS-15687 L3272 織物瞬間涼感性能試驗法進行測試，試樣為 20cm×20cm，厚度 0.2mm，置於 65±2%RH、20±2℃ 下 24 小時，再以熱效應測定儀 25℃ 冷板與 35℃ 熱板之間測量瞬間涼感值 (W/cm²)。

結果與討論

Nylon、PAN、PET 添加不同比例涼爽玉粉末/奈米鋁化合物對黏度的影響

圖 4 為 Nylon、PAN、PET 最佳紡絲條件，而奈米涼爽礦石/奈米鋁化合物粉末添加量固定，可發現當 Nylon、PAN、PET 高分子聚合體濃度增加，溶液的黏度也會上升，這是由於溶液內聚合體的固成分提高使黏度上升，由表 1 可得知 Nylon、PAN、PET 添加奈米涼爽礦石/奈米鋁化合物粉末黏度分別為 7521-9157mPa·s、1376-1775mPa·s、1325-2313 mPa·s，這是由於奈米涼爽礦石/奈米鋁化合物粉末比例的改變，使黏度有所變化。

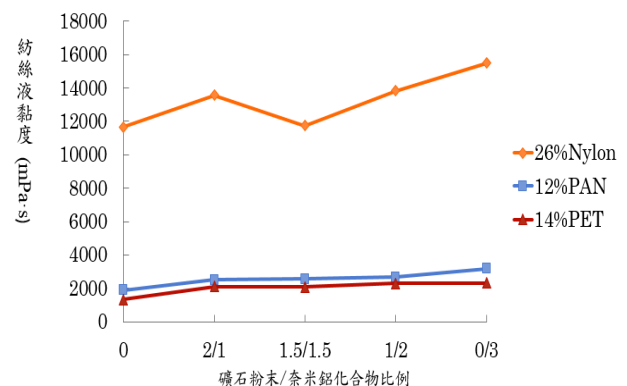


圖 4 改變不同比例涼爽玉粉末/奈米鋁化合物添加於三大合纖對黏度之影響

表1 三大合纖添加不同比例涼爽玉粉末/奈米鋁化合物與黏度之比較

礦石粉末 鋁化合物	黏度 (mPa·s)								
	聚合體 (wt%)								
	Nylon			PAN			PET		
	24	26	28	12	14	16	12	14	16
0	3687	7521	11733	1376	1905	3547	1093	1325	1579
2/1	6220	8443	13567	2181	2514	4522	1261	2113	2298
1.5/1.5	6087	8092	11667	1521	2573	4406	1187	2091	2189
1/2	6662	9189	13833	1956	2657	4780	1520	2281	2395
0/3	6150	9157	15500	1775	3191	4448	1573	2313	2370

改變奈米涼爽玉粉末/奈米鋁化合物比例添對不同高分子材料靜電紡絲 SEM 表面觀察

紡絲液在固定電壓、工作距離、流速的條件下紡絲後，以 SEM 觀察不同高分子溶液添加奈米涼爽玉/奈米鋁化合物比例的變化對纖維表面的影響。圖 5-13 分別為 26wt%Nylon、12wt%PAN 與 14wt%PET，奈米涼爽玉/奈米鋁化合物添加比例為 0、1.5:1.5、0:3，可觀察到隨著奈米鋁化合物的濃度增加，纖維的細度也會逐漸上升。由圖中發現，當添加比例為 0:3 時，成絲性較佳。

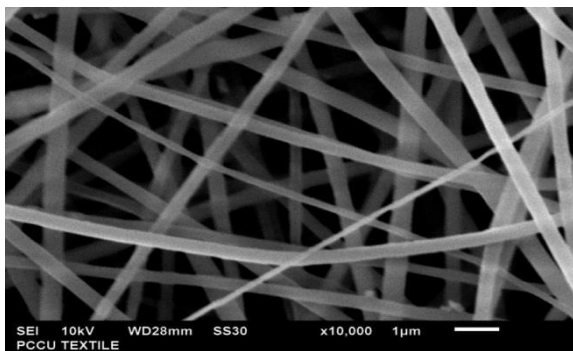


圖 5 Nylon26wt%未添加奈米涼爽玉/奈米鋁化合物粉末(倍率:10000)

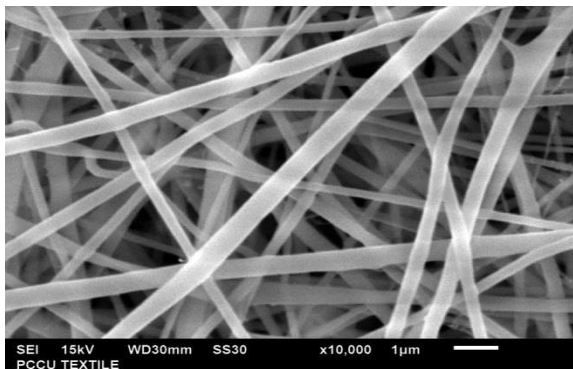


圖 6 Nylon26wt%添加比例 1.5/1.5(倍率:10000)

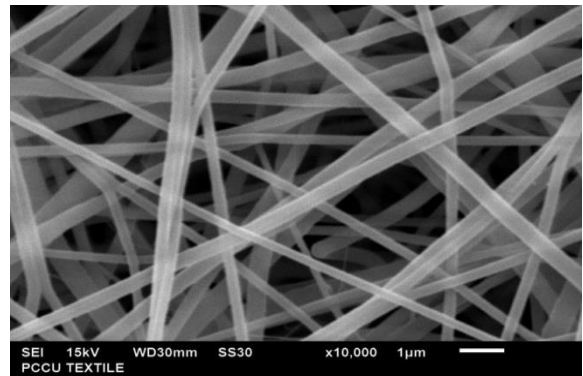


圖 7 Nylon26wt%添加比例 0/3(倍率:10000)

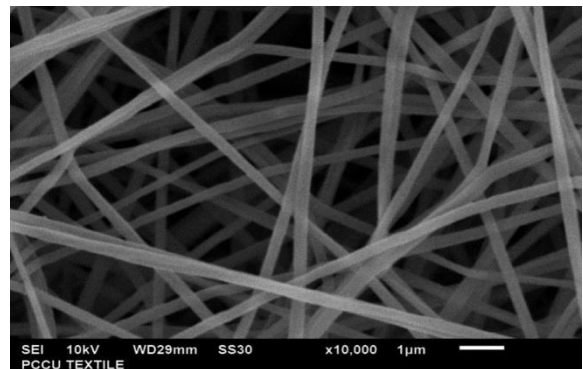


圖 8 PAN12wt%未添加奈米涼爽玉/奈米鋁化合物粉末(倍率:10000)

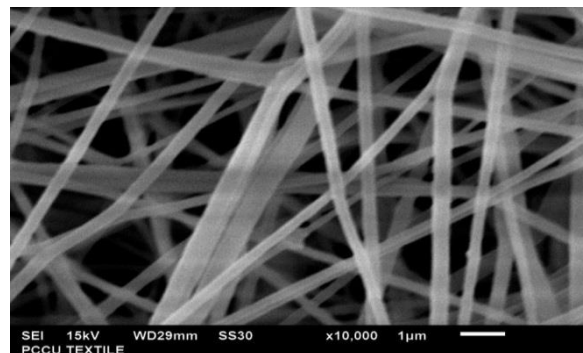


圖 9 PAN12wt%添加比例 1.5/1.5(倍率:10000)

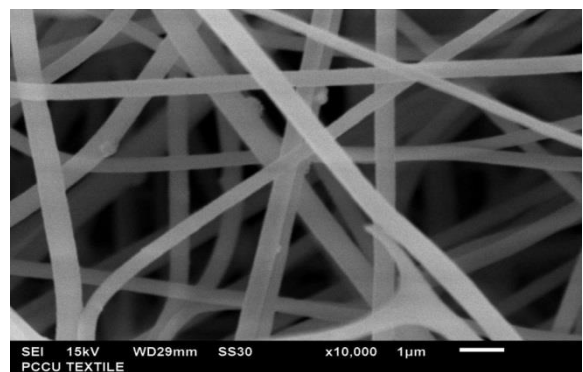


圖 10 PAN12wt%添加比例 0/3(倍率:10000)

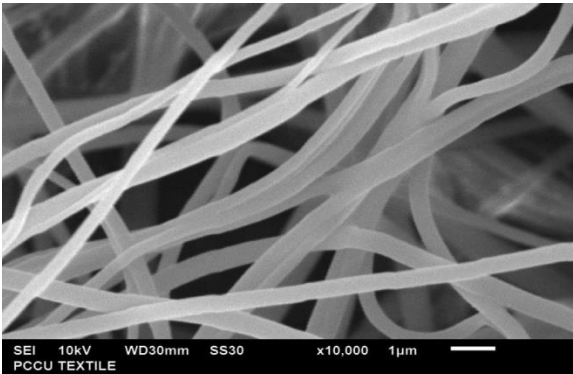


圖 11 PET14wt%未添加奈米涼爽玉/奈米鋁化合物粉末(倍率:10000)

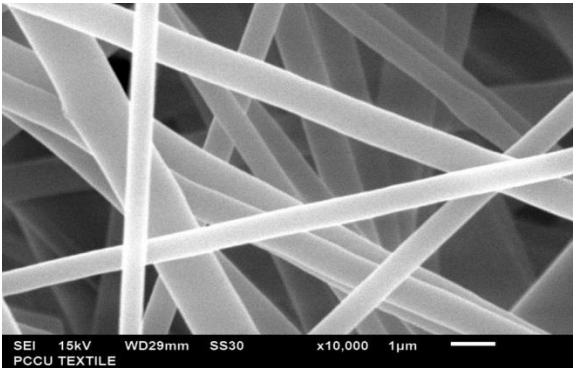


圖 12 PET14wt%添加比例 1.5/1.5(倍率:10000)

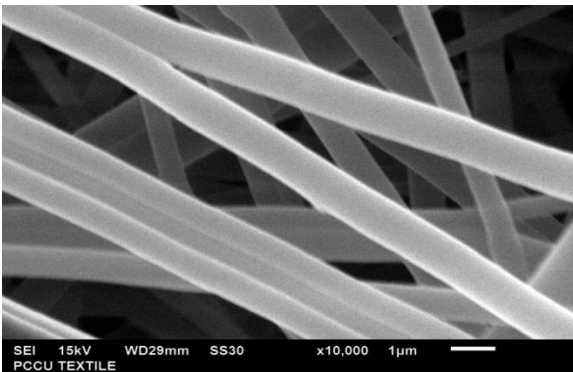


圖 13 PET14wt%添加比例 0/3(倍率:10000)

Nylon、PAN、PET 添加不同比例奈米涼爽玉粉末對靜電紡絲纖維細度之影響

紡絲液在固定電壓、工作距離、流速的情況下紡絲後，使用 SEM 測量奈米纖維細度，由表 2 可以看到當不同聚合體濃度上升，纖維的細度也會隨之上升，這是由於溶液中聚合體固成分增加，使得黏度上升所導致。圖 14 為三種高分子材料最佳紡絲條件，可以發現隨著奈米鋁化合物比例增加，會使不同聚合體細度上升，這是因為溶液中聚合體與奈米鋁化合物的濃度增加導致黏度上升，使得細度會逐漸增加，

增加。

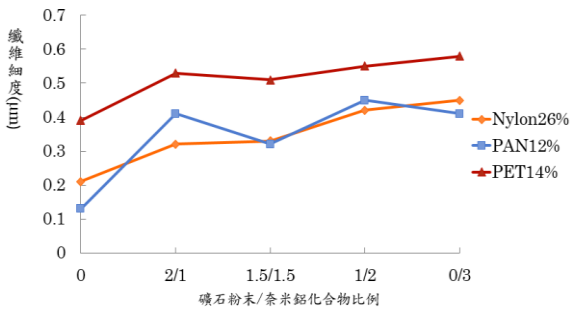


圖 14 改變不同比例涼爽玉粉末/奈米鋁化合物添加於三大合纖對細度之影響

表 2 三大合纖添加不同比例涼爽玉粉末/奈米鋁化合物對細度之比較

礦石粉末 鋁化合物	細度 (μm)								
	聚合體 (wt%)								
	Nylon			PAN			PET		
	24	26	28	12	14	16	12	14	16
0	0.18	0.21	0.22	0.13	0.18	0.22	0.34	0.39	0.42
2/1	0.34	0.32	0.38	0.41	0.42	0.45	0.36	0.53	0.62
1.5/1.5	0.33	0.33	0.41	0.32	0.33	0.40	0.44	0.51	0.57
1/2	0.39	0.42	0.43	0.45	0.44	0.49	0.48	0.55	0.65
0/3	0.38	0.45	0.51	0.41	0.45	0.51	0.55	0.58	0.68

Nylon、PET、PAN 添加不同比例涼爽玉粉末/奈米鋁化合物對不同高分子瞬間涼感之影響

在圖 17 三種高分子最佳紡絲條件中，可發現改變奈米涼爽礦石/奈米鋁化合物粉末比例對瞬間涼感值的變化，並可由表 3 中觀察出 26wt%Nylon、12%PAN、14%PET 在添加比例為 0:3 的情況下瞬間涼感值最高達到0.164W/cm² 0.148 W/cm² 0.160 W/cm²。其中以 14wt%PET 添加比例 0:3 時瞬間涼感值提升最為顯著。

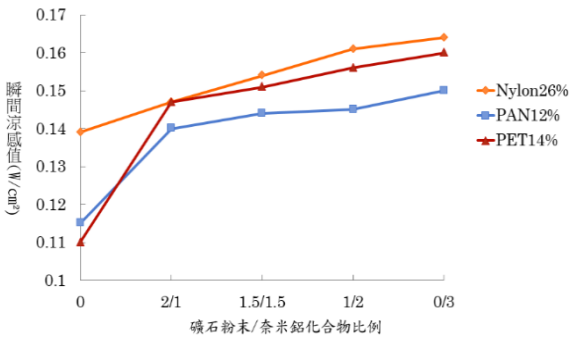


圖 15 改變不同比例涼爽玉粉末/奈米鋁化合物添加於三大合纖對瞬間涼感之影響

表3 三大合纖添加不同比例涼爽玉粉末/奈米鋁化合物對瞬間涼感之比較

礦石粉末 鋁化合物	瞬間涼感值(W/cm ²)								
	聚合體(wt%)								
	Nylon			PAN			PET		
	24	26	28	12	14	16	12	14	16
0	0.137	0.139	0.134	0.133	0.132	0.134	0.115	0.110	0.116
2/1	0.143	0.147	0.153	0.140	0.143	0.144	0.141	0.147	0.142
1.5/1.5	0.150	0.154	0.157	0.144	0.145	0.146	0.143	0.151	0.144
1/2	0.154	0.161	0.159	0.145	0.147	0.149	0.147	0.156	0.149
0/3	0.155	0.164	0.158	0.150	0.148	0.155	0.153	0.160	0.155

結論

1. 在固定電壓、工作距離、紡絲流速的情況下，溶液的黏度，對纖維細度的影響，可以發現到黏度越小，纖維細度越小，黏度越大，纖維細度越大。
2. 三種高分子材料隨著奈米涼爽玉粉末的添加量增加，黏度會隨之上升，對於纖維細度會有所提升。
3. 由 SEM 觀察可發現三種高分子材料在添加比例 0:3 時，成絲性較佳。
4. 奈米涼爽玉/奈米鋁化合物添加比例 2:1 時，皆可發現瞬間涼感值有顯著提升，其中以 26wt%Nylon 添加比例 0:3 時瞬間涼感值達 0.164 W/cm²，在三種高分子材料中最高，由此可知增加奈米鋁化合物的比例對於提高瞬間涼感值是有顯著效果的。

參考文獻

1. 王權泉、周俊穎，涼爽礦石粉添加於不同高分子材料以靜電紡絲法製備涼感奈米纖維膜之研究，中華民國紡織工程學會，第 62 屆，年會(2014)
2. 呂彥昕、王權泉，不同導電奈米材料對靜電紡絲合成纖維之抗電磁波性的研究，華岡紡織期刊，第十七卷，第二期(2010)。
3. 蔡東樺、王權泉，添加奈米銀纖維對靜電紡絲合成纖維抗菌性之研究，纖維科技研討會第二十九屆，第 5 頁(2013)。
4. 王盈淇、王紀，溫度效應對電紡絲製備高分子纖維之影響，國立成功大學化學工程學系碩士論文(2006)。
5. 葉人彰、鄭國彬、鄧道興，PA 6/ 散熱涼爽複合材料之合成與功能性質研究，國立台北科技大學有機高分子研究所碩士論文(2008)。
6. 顏川棋、鄭國彬、鄧道興，PET/散熱涼爽粉體複合材料之合成與功能性質研究，國立台北科技大學有機高分子研究所碩士論文(2008)。
7. 曾尚德，長效涼感紡織品檢驗評估技術，紡織速報，第一九二期，57-64(2008)