

塑膠材料及其技術在汽車之最新應用動向

Development of Plastic Material for Car Applications

林美姿 編譯

一、前言

受2008年底全球金融海嘯影響，2009年汽車的產銷量大幅下滑，車市何時可以撥雲見日？各方說法不一，不過近一、二年內汽車產業仍將處於嚴峻的狀況。目前汽車主要動力源自於化石燃料，一直有資源枯竭、價格持續攀升等問題，如思忖節省燃料的使用，在安全與成本可接受的範圍內，輕量化

是降低油耗最直接的途徑，而一直扮演著汽車輕量化相關研究主角的塑膠，對今後汽車產業的發展將更舉足輕重。

有鑑於乘員的安全性，汽車原本以金屬類材料為主體，然在各類塑膠性能的大幅進步下，汽車開始納入大量的塑膠材料。本文簡介最近研發中之車用塑膠相關技術，彙整如表一，並依材料開發相關、成型加工相關與其它技術等分述如下文。

▼表一 受矚目的塑膠相關技術

一、材料開發	新聚合物開發	1.聚烯烴系聚合物；2.聚苯乙烯；3.polyamide 系聚合物；4.polyester 系聚合物；5.polyketone 系聚合物；6.polyimide 系聚合物；7.特殊透明性聚合物；8.生質原料系聚合物
	聚合物技術	1.polymer alloy(nano alloy)；2.高分子摻混
	複合化	1.玻璃長纖強化熱可塑性樹脂；2.複合強化熱可塑性樹脂；3.奈米複合材料；4.成形性改良 CFRP
二、成型加工技術(熱塑性樹脂)	射出成形	1.氣體輔助成形；2.outsert 成形；3.多種成形法的組合技術(射出壓縮成形法等)；4.多色射出成形法(multi-component 射出成形)；5.DSI 法、DRI 法；6.CFI 法；7.MID 法；8.hot melt molding；9.compounding 同時射出成形；10.weld 強度改善成形技術(SCORIM 法、PPW 法)
	吹出成形法	1.雙層壁吹出成形法；2.多維吹出成形法
三、其它技術	其它有關塑膠應用加工技術	1.CAE；2.各種二次加工；3.回收等環保對應技術；4.3D 造型

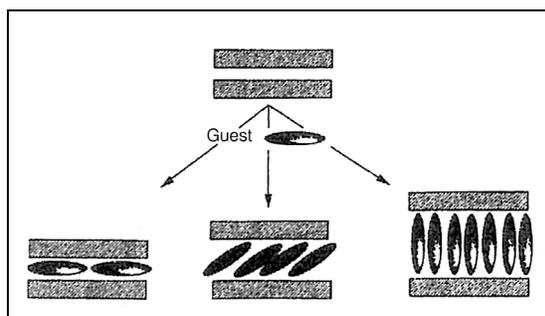
二、汽車用材料開發

材料開發可分為新材料開發與組合既有材料進行開發兩類，雖然新聚合物的開發正如火如荼進行，但與產業實地應用仍有一段距離，故本文僅就備受矚目之既有材料的組合敘述其重點。

(一) 奈米複合材料

將奈米科技導入樹脂材料，為近日研究之先驅技術。如圖一所示，將樹脂插入少量的無機填充物中，無機填充物即以奈米尺度、呈層狀分散至樹脂矩陣中，其優缺點如表二所示。

奈米複合材料探討的有PA6.66、PP、PE、PVC與polyester等，但由於樹脂與無機填充物的親和性問題，市場上主要以PA系材料居多。表三為宇部興產(UBE)PA6系奈米複合材料，其與最具代表性之一般非強化品級



▲圖一 插層模式圖

▼表二 奈米複合材料優缺點比較

性質	項目	相較於聚合物的改善程度
1.機械的熱性質		
• Tensile Strength	有改善	約提升20%
• Break Elongation	明顯減少	約100%的拉伸減少至10%以下
• Flexural Strength	有改善	約提升至50%左右
• Elastic Modulus	有改善	提升至1.6~2倍
• Impact Strength	稍微減少(?)	減少20%
• Tensile Creep	有改善(數據不足)	與PA6比有相當進步
• Friction Factor	有改善(數據不足)	與PA66比約為一半
• Wear Resistance	有改善	與PA66比磨耗量減少一半
• Deflection Temperature under Load	上升	與非晶性聚合物比改善約10~20°C 與結晶性聚合物比改善約80~90°C
• Coefficient of Thermal Expansion	有減少(數據不足)	減少40%左右
2.機能性質		
• 水蒸氣穿透度	減少	變為1/2~1/5
• 氣體穿透度	減少	變為1/2~1/5
• 燃燒性	有改善(尚須再確認)	散熱速度(熱傳導)明顯變慢
• 耐候性	尚不明(數據不足)	有提升與降低兩種數據
• 生分解性	尚不明(數據不足)	
3.成形性		
• 熔融時的流動性	改善	增加bar-flow長等
• 成形收縮率	不變且減少	由相同程度減少至20%左右
• Weld Strength	稍微降低(數據不足)	
4.其它		
• 比重	幾乎不變	幾乎沒變(增加1~2%)
• 透明性	有改善	與PA6比穿透率從10%增加至40%
• 吸水性、尺寸安定性	有改善	吸水速度減半(平衡吸水率相同) 尺寸變化率由1/3~1/4

▼表三 PA6系奈米複合物之物性(宇部興產)

等級			1015 C2		UBE Nylon 1013 NW8	
項目	單位	ASTM	絕乾時	實際使用時	絕乾時	實際使用時
拉伸強度	kg/cm ²	D-638	910	500	800	420
拉力	%	D-638	75	>200	100	>200
彎曲強度	kg/cm ²	D-790	1,390	550	1,100	400
彎曲彈性率	kg/cm ²	D-790	35,900	13,300	28,500	7,700
耐衝擊強度	kg · cm/cm	D-256	5	30	6.5	50
熱變形溫度	18.56kg/cm ²	D-648	140		75	
	4.6kg/cm ²		197		180	
水蒸氣通過率(30μm 薄膜)	g/m ² · 24h	JIS Z208	106		203	
比重	-	D-792	1.15		1.14	

之物性比較，在機械強度、荷重彎曲溫度、氣阻性等方面已經改良，與非強化品級無分軒輊。在汽車領域中，以正時皮帶蓋等零件為主要應用。

(二) Nano alloy

Nano alloy與傳統alloy的構造不同，目前Toray已經開發PBT/PC系、PA系衝擊吸收塑膠、ABS/PC系等的nano alloy。PBT/PC系nano alloy兼具PC優異的耐衝擊性、透明性，以及PBT優異的耐藥品性、流動性等優點，目前雖然尚缺乏應用至汽車領域的實例，但因其優異的物性，未來應用潛力可期。

(三) Ultradur high speed(PBT)

由BASF在2009年3月第一屆國際汽車材料加工展上發表之PBT，係將50~300nm的球狀有機奈米粒子，作為奈米分散的玻璃纖維強化級材料，熔融時具有比傳統品級高出2倍的流動性。其機械特性、成形收縮率、融點、結晶化度與荷重彎曲溫度，均與一般品級無異。優點包括循環時間縮短、可減少對

射出成型機的投資、高設計自由度(例如可以做得更薄)、更高的零件品質、不良率降低、節約能源等。在汽車用途，歐洲已經實際使用為氣體流量計、連結器、天窗等。PA也研究應用此技術，並且接近實用化。

(四) 長纖維強化熱可塑性樹脂

熱塑性樹脂的玻璃纖維強化品級，主要使用長約3mm的短纖維。相對的，使用玻璃長纖維的品級，歐美已大量使用於模組化零組件。日本對此材料的市場開發亦方興未艾，日本供應商佔有絕大多數市場，但以PP為主體。茲以Daicel Polymer的產品「Plastron[®]」為例，其優點包括：(1)耐高衝擊，具有短纖維強化樹脂3~5倍的衝擊強度，衝擊傳播小；(2)具有高纖維配合量，高剛性；(3)耐潛變特性佳，重複疲勞強度大；(4)使用溫度範圍廣；(5)尺寸安定性良好(翹曲、拉力小、線膨脹係數小)；(6)滑動、磨耗特性佳。圖二為其特徵及產品定位。此材料在汽車用途的應用例子包括：水箱罩補強材、車門模組架、電子油門踏板、風扇罩等。Daicel Polymer的樹脂是使

用PP、HDPE、ABS、PA6.66.12.6T、PC、PBT、PPS、TPU；纖維則使用玻璃纖維、碳纖維、不鏽鋼纖維與聚醯胺纖維等。上述材料在日後的發展備受矚目。

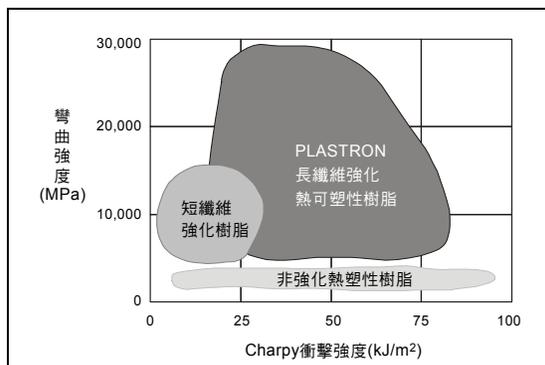
(五)碳纖維強化複合材料(CFRP)

CFRP以其優異的強度與剛性，已正式被極度要求輕量化的民航機所採用，作為二次結構材料。但在汽車領域中，高昂的價格使其僅應用在需要高安全性與輕量性的賽車車體。碳纖維複合材料至今生產性能仍低，致使價格居高不下，無法普及至一般的汽車。

CFRP為日本新能源及產業技術綜合開發機構(NEDO)委託Toray與日產汽車公司，自2003年起共同執行的國家專案「汽車輕量化碳纖維複合材料之研究開發」的成果。具體而言，其成型時間大幅縮短至10分鐘以下(約為原來的1/15)，使CFRP應用至汽車的腳步大幅向前邁進。成型時間的縮短，端賴超高速硬化性樹脂，以及高速樹脂含浸技術的開發。Toray以此技術為藍本，開發更高層的技术，預期不久的將來，一般汽車也可以採用大幅輕量化的CFRP車體。

(六)木質纖維強化樹脂

木質纖維屬天然纖維，可回收再利用，與玻璃纖維比較，可以製作成無燃燒殘渣之汽車零組件，具有低比重等優點，其種類與強化樹脂的物性如表四所示。日本安田高分子研究所著眼於木質纖維的高剛性，開發出以木漿纖維20~30%強化的PP，已於2005年間市，初期成本約較玻璃纖維強化PP高出7成；預計在量產後，成本將可降至相同水準。基於原料與環保的因素，採用生質材料的強化樹脂，其日後發展將極具潛力。



▲圖二 PLASTRON(Daicel Polymer公司)之定位

▼表四 木質纖維的種類及強化樹脂的物性

	彎曲彈性率 (MPa)	彎曲強度 (MPa)
PP 單體(共聚合物)	1,200~1,400	31
PP/木粉 30%	2,700	40
PP/木材 pulp 30%	3,200	61
PP/cotton linter 30%	3,200	60
PP/sisal hemp(6~8mm)30%	3,200	41
PP/亞麻(6~8mm)30%	3,300	44
PP/jute(4mm)30%	3,700	45
PP/kenaf (5mm)30%	4,200	56
PP/rami (3mm)30%	4,400	--
PP/rami (10mm)30%	4,300	52
PP/ GF 20%	3,200	57
PP/ GF30%	4,600	74

三、成型加工技術與相關材料

在汽車領域的加工技術與所需求的高分子材料方面，本文簡介兩項新技術如下：

(一)Hot melt molding

將熱融膠直接射出成型至電子零組件，可以發揮優異的封裝性能，使用的材料為 polyamide 系、polyester 系、polyolefin 系與 polyurethane 系的熱熔膠。此成型法早於10年前即已開發，但其主要應用在電器、電子相關領域，近日已朝向汽車用途的方面探索應

用可能性。由2008年「人與車技術展」之內容可知，熱融膠直接射出成型已實際應用於汽車各種感測器、防水連接器、各種開關等零配件。

(二)Compounding同時射出成型

德國的塑膠成型機械製造業者 Krauss Maffei，其開發 injection molding compounder (IMC)製程，一面利用雙軸擠壓機將樹脂等熔融，一面不斷地連續供應玻璃粗紗 (glass roving)。玻璃粗紗以螺桿切斷，並分散至熔融樹脂中，儲存在射出活塞；待到達設定量後，在模具內射出成型。與傳統方法比較，因可塑化製程纖維的破碎少，所以適合長纖維強化樹脂的成型，其優點包括：(1)省略混合製程，可以降低成本；(2)可依產品使用目的，在成型現場選定配方；(3)相較於一般的射出成型，其熱履歷僅一次，所以熱劣化少。此技術在汽車相關用途，包括車門模組、車頭模組等。

四、其它應用與技術

在其它汽車用樹脂材料方面，車窗玻璃已成為車廠目前更動設計的重點；在新技術方面，不用模具之3D成品製造技術，則是未來的新展望。

(一)車窗玻璃的樹脂化

PC在汽車相關用途中，以車窗玻璃(glazing)為最具發展潛力者，本文以三菱化學公司之研發，簡要介紹相關技術與應用的進程。

日本在1994年修改汽車車窗的安全基準，從此車窗可以使用樹脂材質。迄2001年

止雖然有若干車種加以採用，但其後便銷聲匿跡。然而，在歐洲車廠方面卻一直有使用實績，2008年在芝加哥舉行的樹脂汽車玻璃國際會議中，有報告指出在2010年時，歐洲樹脂汽車玻璃將佔整體需求的7~15%。

歐美與日本對樹脂汽車玻璃均有其要求規格，PC汽車玻璃的重要測試項目為衝擊強度、耐擦傷性、耐候性。依據使用部位的不同，歐美日各有其適用的可能性與耐擦傷性規格。目前樹脂汽車玻璃不適用於前方的擋風玻璃，以及側面車窗、車頂等部位，後方玻璃是最適合的用途。

PC汽車玻璃的優點為形狀的自由度、輕量性、衝擊強度，以及功能可以複合化等。問題點為成本高、耐擦傷性、耐候性、剛性、透明性與熱線遮蔽等。耐擦傷性與耐候性可以用硬被覆方式處理，硬被覆材有UV硬化型、熱硬化型、電漿硬化型三種，目前市場上以前二者為主流，如三菱化學開發之UV硬化型，為丙烯系樹脂與矽系無機物的複合型，與熱硬化型比較，其硬化時間短、耐擦傷性、耐候性、密著性與經濟性等均較好。

PC與玻璃不同，其近紅外區的遮蔽能差，熱能會穿透，所以三菱化學在PC與硬被覆材間夾一個IR反射層，以隔絕陽光之溫度。目前三菱化學已經將PC汽車玻璃實際用途定調，並研究利用多色成型機將PC窗框用樹脂(例如G-PET)一體成型。各大PC製造者對此樂觀其成，並開始針對相關技術加以研究探討。

(二)3D造型

3D造型是利用光造型，為不使用模具製

作成型品的方法，其使用光硬化性樹脂，如使用熱可塑性樹脂則無法直接獲得試製品。在電腦科技支援下，已經可以在展覽會場看到不用模具、使用熱可塑性樹脂的3D造型機。本文介紹丸紅情報systems與Aspect的3D造型技術，前者稱為熱熔融積層法，後者則稱為粉末燒結積層法。運用此技術，其可能適用的熱塑性樹脂雖然有其極限，但若使用合乎目的的材料，倒不失為製作試製品的好方式。對於以汽車產業為首的各大塑膠業者，若能巧妙利用3D造型法，將有助於縮短產品開發的時間與降低產品開發的成本。

此外，尚有利用電腦進行塑膠材料的行為(流動、熱應力)解析之CAE、各種二次加工技術、資源回收再利用等環境相關的技術開發等，均為汽車材料發展的重點。

五、汽車用樹脂零組件開發動向

汽車零配件採用的樹脂以泛用塑膠居多，而隨著燃料系統、電子控制系統等功能零組件，以及最重要的安全零組件開始採用塑膠材質，對於工程塑膠的使用亦有增加的趨勢。雖然汽車產業仍處於嚴峻的情勢，但由於汽車對日常生活的重要性，加上人類對汽車功能的要求逐年提高，因此對樹脂材料的特性要求亦日趨複雜，使得開發難度更形提高。

汽車所使用的材料依車種而異，

樹脂材料約佔7~8%，而主要的零配件及其使用樹脂的比率有日益增加的傾向。目前每輛汽車平均約使用105公斤的樹脂材料，其種類如表五所示，以PP、PE、ABS等泛用塑膠居多。以下分別敘述塑膠零配件之具體的開發動向。

(一)燃料系統零配件的開發

燃料系統以油箱為代表，另外包括配管零件、燃料供應系統零件等，也使用諸多塑膠材料。為因應減碳議題，全世界正推動以生質能源取代部分石油，如生質酒精等，而對燃料系統形成新的挑戰，另外如北美之燃料揮發法規等要求，使燃料系統零配件發展需配合非常多樣性的技術課題，亟待持續進步。

1. 油箱

以歐美車廠為核心，逐漸將金屬製油箱改為樹脂製，日本也自2002年開始大量採用樹脂油箱。現在塑膠油箱的主流，係由氣阻層使用ethylene vinyl alcohol共聚合體(EVOH)、接著層(無水馬來酸變性聚乙烯)及耐藥性佳的HDPE所構成之4種6層的成品。今

▼表五 汽車零件使用材質及使用重量

零件	材料	每台平均重量(kg)
保險桿	PP、ABS、PC	10
座椅	PUR、PP、PVC、ABS、PA	13
儀表板	PP、ABS、PA、PC、PE	15
燃料系統	PE、POM、PA、PP	7
車身(含車身飾板)	PP、PPE、UP	6
引擎零件	PA、PP、PBT	9
內裝零件	PP、ABS、PET、POM、PVC	20
電子零件	PP、PE、PBT、PA、PVC	7
外裝零件	ABS、PA、PBT、ASA、PP	4
燈具	PP、PC、ABS、PMMA、UP	5
車內裝飾	PVC、PUR、PP、PE	8
其它	PP、PE、PA	1

資料來源：歐洲塑膠工會

後，油箱將朝更輕、更薄，以及縮短成型加工流程、因應燃料揮發法規的方向發展。如何兼顧EVOH的成型加工性與氣體阻絕性，以及控制HDPE的結晶化特性，是一大課題。

2. 燃料管、配管零件

汽車工業考慮裝配時的加工性，各式管類必須具備柔軟性與耐燃料性。過去，樹脂製燃料管為使用擠壓加工的聚醯胺系樹脂(PA-11、PA-12)之單層材；北美因為前述燃料揮發法規，則採用氣阻層為氟系樹脂的多層管。另外，有些車廠基於氣阻性與耐燃料性的考量，也開發以超級工程塑膠PPS為氣阻層的多層管。最近，日產汽車採聚酯樹脂為主體、氣阻性佳的燃料管評估報告出爐，不僅進行材料開發，也研發擠壓加工法，可以提供適合各種加工方法的材料，以及完善的加工法技術支援體系。

3. 汽油幫浦模組

汽油幫浦模組設置在油箱內，為將燃料輸送至引擎的零件，除幫浦本身外，尚包括燃料過濾器、測量油箱內燃料存量的浮筒與計量器、壓力調節閥等，其結構體系使用耐燃料性佳的POM樹脂。在油箱內的模組除了耐燃料性以外，也被要求須具備可以因應幫浦壓力的耐潛變特性。在防靜電方面，甚至也會要求導電化，如Polyplastic公司所開發之耐潛變特性佳的 Juracon[®] CP-15X與賦予導電性之EB-08等特殊品級，正是滿足上述需求之產品。

(二)提高安全性之技術

有關汽車的安全裝置，感測器類、電子控制零件等，廣泛使用PBT樹脂與PPS樹脂

等。這些電子零件以金屬端子與樹脂一體化者居多，具有優異的耐熱衝擊性。Polyplastic公司提供Juranex[®](PBT)、Foutlon[®](PPS)，方便業者選用。

(三)利用樹脂膜產生金屬光澤外觀的技術

近日陸續有利用樹脂薄膜覆蓋在樹脂零組件表面，使其產生金屬製品或電鍍品般的外觀，以增加設計性與高級感的技術出現。如Toray公司的「PICASUS」樹脂膜與積水Techno成型公司的「電鍍替代膜」。

1. PICASUS 樹脂膜

「PICASUS」樹脂膜係將2種折射率不同的PET交互積層達到1,000層，各層的厚度皆為奈米級，厚度由上至下遞增，越下層者越厚，堆積後的整體厚度為200微米。PICASUS膜可均一地反射整個可見光區的光，使覆蓋之樹脂材料呈現金屬般的光澤，預定應用至門把、中控台與儀表板等零配件。採用樹脂膜其成本預估可比電鍍處理者降低2成，但依零配件的形狀而異。

2. 電鍍替代膜

積水Techno成型公司的「電鍍替代膜」，則是在PMMA系薄膜裏面蒸鍍金屬，膜厚度約100微米，其成本與樹脂零配件相仿，若加工的數目增加，成本自然可以降低。但如車身標誌(emblem)等孔洞多的零配件，修剪工程比較費時間，反有增加成本之虞。此技術適合較小型、形狀不複雜的零配件，然耐熱性僅有80℃左右，為應用時待克服的一大課題。

資料來源

工業材料(日本)Vol. 57, 2009