淺談木材塑膠複合材之開發與利用

⊙國立中興大學森林學系・吳志鴻

前言

國內木材及木質殘料中，除紙張與紙板類已被較有系統的回收、利用及再生之外，對於一般木材加工業、營建業，甚至家庭所產出之木質殘料，多被作為填土、焚燒或是任其腐朽，而鮮少得到有計畫及有系統的回收與再生，此不僅耗費了寶貴的天然森林資源，更對環境衛生造成莫大的衝擊。因此，如何有效利用木材資源，實值得加以重視與探討。其中，木材—塑膠複合材料(Wood-plastic composite，WPC)的研發與製作，即為相當具潛力的利用與再生方法之一。而所謂複合材料係利用兩種或兩種以上不同性質的材料，以不同的加工法結合在一起，擷取原材料的特性與優點，發揮協同作用(Synergistic effect)，製成性能優異並能滿足需求的一種新材料。而在眾多的複合材料之中，尤以纖維強化(Fiber reinforced)的複合材料性能較佳，應用也較廣。若複合材料所使用之原料為木質材料時，則稱為木質複合材料(Wood-based composites)，其製造方式主要是利用不同尺寸大小之木質粒片(或纖維)與膠合劑混合，並於高溫高壓下膠合成板材。而傳統木質複合材料大多利用甲醛系膠合劑，使用時，常有游離甲醛等問題，且這類木質複合材料若浸泡於水中，會使板材膨脹而潰散。因此，為了解決此問題，近年來，專家學者將木質材料混合塑膠原料製造複合材料，以減少甲醛釋出並改善材料尺寸安定性等問題。除此之外，木材塑膠複合材，由於結合了木材和塑膠兩種材料的特性，所以可以相互的改善兩種材料各自的缺點，如塑膠比重大、抗靜電性差、挺性不佳等缺點，加入木質材料後可降低材料的比重、提高材料的抗靜電性及挺性；相對的對於木質材料而言，加入塑膠材料則可改善木材本身的尺寸安定性、抗蟲性、耐腐性及耐候性。此外，當添加木質纖維比例增加時，材料之引張強度或彈性係數(Modulus of elasticity，MOE)亦隨之增加。而有鑒於WPC的利用日與月增，因此，本文即針對木材塑膠複合材的製備及木材塑膠複合材的發展趨勢兩大主題做一簡單的介紹，期望藉由本文使大眾對木材塑膠複合材有更加深刻的體認。

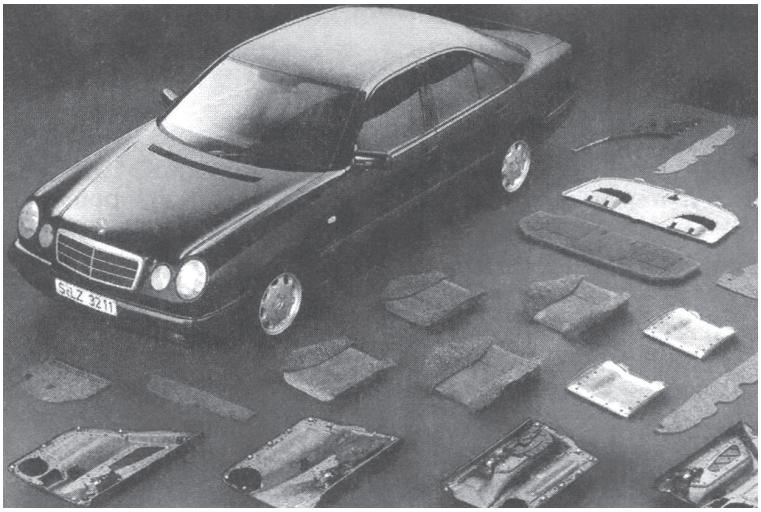
木材塑膠複合材的製備

一般而言，傳統的木材塑膠複合材的製備方式主要是將木粉或製漿纖維與典型的熱塑性塑膠，如：聚乙烯(Polyethylene)、聚丙烯(Polypropylene)、聚氯乙烯(Polyvinyl chloride)或聚苯乙烯(Polystyrene)等混合，並在高溫下製成木材纖維(或木粉)塑膠複合材。目前，約70%的WPC是以聚乙烯作為塑膠基質，少部分則為聚丙烯及聚氯乙烯。而為增進熱可塑性塑膠製品之強度與韌性，同時並降低生產成本，往往會在膠體之中添加纖維及填料以作為增強劑。早期大部分塑膠工業(約93%)所使用的纖維多半為玻璃纖維，這些合成纖維由於在製造過程中需消耗大量能源，因此，利用可再生且經濟的木質材料似乎是必然的。此外，1970年代石油危機的衝擊，更直接助長生質物(Biomass)的應用。而上述木材塑膠複合材料，即是利用木質纖維

取代傳統塑膠中之無機纖維材料或填料，其與熱可塑性塑膠混合製造複合材料時，能有效改善木質材料之理學與力學性質並改善其加工性。因此，近年來WPC在使用上已大量取代傳統的金屬、塑膠與實木材料，並常應用於舖板、柵欄、外壁板、窗框及屋頂材料等製品上。然而，以木質纖維(或木粉)作為塑膠中之增強劑或填料，則仍存有許多問題，其中最大的問題在於膠體與木質纖維間因表面極性的不同，阻礙二者的化學鍵結；以及木質纖維在膠體中，因纖維與纖維間氫鍵所造成的低分散性(Poor dispersion)等。

為了解決膠體與纖維相容性(Compatibility)的問題，耦合劑(Coupling agent)或膠合促進劑(Adhesion promoting agent)，如：Maleated polyethylene (MAPE)、Maleic anhydride-grafted polypropylene (MAgPP)以及Oxidized LDPE等的應用則可克服此一阻礙。至於纖維分散性之問題，則可藉由分散劑(Dispersing agent)的添加，如：硬脂酸(Stearic acid)、石蠟(Paraffin wax)或礦物油等獲得改善。除此之外，亦可利用接枝(Grafting)之方式，將低分子聚合物如1-Phenylthene、4-Methyl-2-oxy-3-oxopent-4-ene等與木質纖維形成共聚合體，以解決纖維極性及分散性之問題。而根據許多研究結果發現，當耦合劑添加比例約3%時，即能有效提高材料之引張強度、減少吸水量並延長吸水飽和的時間，對於材料的尺寸安定性具有顯著之改善效果。

另一方面，近年來利用化學改質(Chemical modification)的方式來改善木質材料—塑膠複合材界面性質之研究亦逐漸受到重視。一般而言，透過化學改質可有效降低木材之表面極性，進而提高木質材料與膠體之相容性，並藉此改善木質材料—塑膠複合材之界面性質。化學改質可廣泛的應用於多方面之木材科學上，故針對木材化學改質之研究歷時已久。其中，最基本之化學改質法為使用具有單官能基之改質藥劑；此外，亦有使用具有雙官能基甚至多官能基之藥劑者。然而，在眾多的化學改質方法之中，較受學者重視亦較實用者，為利用醋酸酐(Acetic anhydride)與木材羥基反應的方法，即所謂的乙醯化反應(Acetylation)。但以醋酸酐進行乙醯化反應時，若在無溶劑且未添加催化劑的環境下，則需要較長之反應時間方可得較佳之重量增加率(Weight percent gain, WPG)或取代度(Degree of substitution)。故以醋酸酐進行乙醯化



以賓士E系列房車為例，上圖顯示車內多種構件係天然纖維所製成之生物複合材料(資料來源Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites, Chapter 7, p248)

反應時，多會使用二甲基甲醯胺(Dimethylformamide, DMF)、二甲亞楓(Dimethyl sulfoxide, DMSO)或吡啶(Pyridine)等溶劑與醋酸酐混合以提高反應效率，使其在較短的反應時間內達到較佳的乙醯化效果。然而，添加溶劑除增加成本以及此類溶劑多具毒性等缺點外，反應時間仍需數小時方可達較佳之乙醯化效果。而微波加熱具有加熱迅速且均勻之特性，已被應用於化學改質等相關領域，且該方法除木質纖維材料之外，目前業已證實可加速非木材料(Non-wood materials)之醚化及酯化反應的進行。

木材塑膠複合材的發展趨勢

近年來環保意識高漲，複合材的發展上需兼顧環保之概念，以達保護化石資源及減少全球污染之效果。因此，目前WPC之發展主要有二大領域，其一為延長製品使用年限之耐久性材料，其二為具短時間可分解之綠色材料。首先，在延長WPC使用年限方面，主要著重於改善複合材料之界面相容性、耐候性及耐腐朽性等。其中，較受重視之方式為透過化學改質或利用溶膠－凝膠法(Sol-gel process)進行木質材料改質，藉此降低木質材料之表面極性，提高木質材料與塑膠高分子之結合性質，同時並提升木質材料之耐候性以及耐腐朽性等，以達到延長WPC使用年限之目的。相對的，製備短時間可分解之WPC，則主要係利用具生物可分解性高分子，如：聚乳酸(Poly(lactic acid))、聚羥基烷酯(Poly(hydroxyalkanoate))及聚乙烯醇(Poly(vinyl alcohol))等，取代傳統熱可塑性塑膠，以進行複合材抄製；其中，由於聚乳酸為非石油系高分子，因此較受重視。另外，近年來複合材之研究亦朝向兼具耐久性及生物可分解性之多功能性材料，以期達到使用時具備耐久性，而廢棄時亦具有生物可分解性之目的。

結語

近年來隨著科技與文明的進步，人們的生活品質不斷提升，自然資源逐漸為人們喜愛與利用，相對的也導致自然資源過度的開發，並衍生出許多垃圾及廢棄物等問題。有鑑於此，資源回收及再利用的觀念，愈來愈被重視。在眾多的自然資源中，「森林資源」為地球極重要資產之一，除孕育了豐富多樣的動植物生態系之外，亦提供國內所需各種資材，且與人類生活更是息息相關。因此，對於如何增進木材利用率以及木質材料的回收、再利用等問題則顯的更為重要；此不單可減少天然資源的浪費，並可有效減少殘料處理時所需之人力與物力。而近年來以木材粒片製備高分子塑膠生物複合材之研究，越來越受到世界各國重視，其原因除可利用木質纖維殘料製備複合材之外，其WPC更較木材具有良好的尺寸安定性及抵抗病蟲之能力，因此無須特別維護，其使用年限可達25~30年之久。目前，WPC的應用範疇主要以交通運輸工具與非結構及半結構建築等用材為主。以美國為例，已有超過30家木材塑膠複合材戶外鋪板製造廠，且預估於2009年時，木材塑膠複合材所製備之戶外鋪板將達到25%之市場佔有率，由此顯示，未來木材塑膠複合材之利用更顯寬廣。

⊙ 參考文獻請逕洽作者