

## 伍、結論

本研究利用聚己內酯(PCL)、聚己內酯接枝丙烯酸(PCL-g-AA)與填充劑之有機黏土(30B)和幾丁聚醣(chitosan)來進行熔融法混煉加工程序，並將製得之複材經過實驗分析檢測，以瞭解其微結構與相容性變化對整體複材性質的影響。以下為吾人對於本論文之實驗分析結果，作一綜合性之整理與探討。

### 5-1 接枝效應

1. 經接枝反應而得之 PCL-g-AA 與有機黏土間有相當良好的相容性，此結果的造成是由於 PCL-g-AA 分子中具有極性的酯基、羧基能與極性黏土之表面產生強氫鍵作用，並能有效地降低黏土顆粒的聚集程度與提高黏土之徑厚比，而達到較佳之剝離分散效果。
2. 比較 PCL/30B 與 PCL-g-AA/30B 兩複材之熱性質方面，由於 PCL-g-AA 中具有微量溶劑的殘存，因此造成複材在起始裂解時對熱較不安定。此外，若要客觀地分析兩複材熱性質之差異，應以最大裂解溫度為分析基準，而得到 PCL-g-AA/30B 複材比 PCL/30B 複材有較高之熱穩定性的結果，此結果也與 PCL-g-AA 與黏土間有更佳的相容性以及分散度有關，進而提升複材對熱傳遞的阻隔作用。
3. PCL-g-AA 晶體之大小較 PCL 有所增加，且球晶結構的完整性也較佳。當添加黏土時，由於分散相之黏土在 PCL-g-AA 中能產生較佳的分散性，故可以作為結晶核的數量明顯增加，使單位面積

之晶體數量增多、結晶之球晶尺度明顯減小，而促使結晶速度與結晶溫度顯著地提升。

4. PCL-g-AA/30B 複材性質變的較剛性，而 PCL-g-AA 分子鏈與有機黏土間能產生較佳的親和能力，使  $T_g$ 、儲存模數與拉伸模數皆有明顯的增加，並達到更理想之機械性質的補強加成效果。若考慮溫度變化對儲存模數增加率的影響，則可觀察到此複材在室溫下模數具較高增加率，因此使材料在實際應用上更為廣泛。

## 5-2 添加幾丁聚醣對基材整體性質之影響

1. 藉由顯微結構的觀測分析，當添加幾丁聚醣於基材時，在 PCL 系統中，可明顯的觀察到數量較多且尺寸較大之聚集顆粒存在，其顆粒聚集程度也隨著幾丁聚醣濃度的增加而提高，在微結構上也有明顯的相分離狀態；PCL-g-AA 系統中，由於高分子鏈與幾丁聚醣間有較強鍵結產生，故兩相之介面相容性明顯較佳。
2. 在複材熱性質分析方面，由於幾丁聚醣與水分子間具有高親和性以及對熱的不安定性，因此複材在抗熱性上明顯的受到影響，起始裂解溫度隨著幾丁聚醣濃度的增加而逐漸遞減。
3. 從複材的結晶行為來分析，一般結晶過程分為成核與長晶過程，由於幾丁聚醣呈顆粒之分散狀態，因此在添加幾丁聚醣後，使複材形成異相結晶效應，並加速高分子的晶體成長，若觀察結晶之結構，可發現結晶的粒徑尺寸明顯變小，結晶度則隨著添加量增加而降低之趨勢。
4. PCL 與 PCL-g-AA 在加入幾丁聚醣後，複材之儲存模數與玻璃轉移溫度( $T_g$ )皆有下降之趨勢，此結果乃幾丁聚醣吸附之水分膨潤

了高分子鏈所造成。

5. 分析兩系統複材在彈性階段之應力-應變關係，可得到複材的拉伸模數結果受到幾丁聚醣添加之影響，考慮拉伸強度方面，由於添加具剛性之幾丁聚醣，因此使基材之拉伸強度有著不同程度的變化，在 PCL 系統中，加入幾丁聚醣使基材強度降低；PCL-g-AA 系統在添加幾丁聚醣後，拉伸強度將隨著濃度的增加而愈提升。

### **5-3 添加有機黏土對 PCL/CS 與 PCL-g-AA/CS 整體性質之影響**

1. 但在兩成份中加入黏土，因幾丁聚醣在混煉過程中仍為結晶態，且兩系統皆由於幾丁聚醣之團聚體的阻礙，造成複材與有機黏土之間的作用力減低，而呈現出來的是以層插狀態為主。
2. 在複材熱性質分析方面，若藉由添加有機黏土來改質兩成份複材，則可在 PCL 系統中觀察到因黏土的分散性不佳，將導致起始裂解溫度之再次下降；但 PCL-g-AA 系統中，由於 PCL-g-AA 共聚物能有效地改善有機黏土之分散程度，故對於熱安定性能達到補強與提升的作用。
3. 從複材的結晶行為來分析，兩種系統之複材在添加有機黏土後，由於複材中之晶核增多，而促進晶體成長之速度，若觀察結晶之結構，可發現結晶的粒徑尺寸明顯變小，結晶度也隨著黏土的添加量增加而再降低。
4. 若於複材中加入有機黏土，則受到剛性片狀粒子之補強作用，而達到補強複材模數之效用，此外，因 PCL-g-AA/CS 複材與有機黏土間有較佳的相容性，所以對於複材儲存模數的補強效果更加明顯。

5. 分析兩系統複材在彈性階段之應力-應變關係，可得到複材的拉伸模數結果受到幾丁聚醣、有機黏土添加之影響，而能達到複材模數的雙補強效果。拉伸強度方面，在 PCL/CS 系統中，若再添加黏土則造成拉伸強度的二次下降，且減弱幅度也明顯較大；PCL-g-AA/CS 系統在添加黏土後，則使複材之強度略微的降低，由此可知，PCL-g-AA 共聚物與填充劑間有較理想的界面作用力存在，故能有效地承受外力，而達到提升複材之力學性能。

#### 5-4 生物分解效應

1. 基材添加生物可分解之幾丁聚醣，不僅提供了酵素加速分解複材之路徑，同時又對基材之結晶產生抑制作用，故複材相較於基材有較佳的生物分解速率。
2. PCL-g-AA/CS 複材比 PCL/CS 複材有較佳的幾丁聚醣之均勻分散性存在，且藉由幾丁聚醣之分散而增加與酪胺酸酶間的鍵結作用，或能有效地促進酪胺酸酶之活性，使複材的生物崩解作用較為快速。
3. PCL/CS/30B 複材在添加 30B 黏土顆粒後，導致高分子鏈段層插於黏土層間，使複材的生物分解速率呈現減緩之趨勢；PCL-g-AA/CS/30B 複材則由於 PCL-g-AA/CS 之巨大分子鏈段與酪胺酸酶間能形成較強之鍵結力，故達到較佳之氧化分解作用。