

高分子材料鍍膜之微衝擊性質研究

何明雄

機械工程系

摘要

本研究以聚碳酸酯/丙烯晴-丁二烯-苯乙烯(PC/ABS)合膠為材料，探討不同射出成型條件如充填時間、融膠溫度與模具溫度對微衝擊疲勞等特性的影響。同時，配合掃瞄式電子顯微鏡觀察破斷面的型態，以瞭解 PC/ABS 合膠材料的破壞機構。主要研究結果有，單次衝擊與衝擊疲勞最高吸收能量的成型條件為充填時間 12 秒、融膠溫度 260°C 及模具溫度 80°C。單次衝擊為高變形量的塑性變形。衝擊疲勞為塑性變形，疲勞線紋不連續但周期性的沿著裂縫延伸方向出現。

關鍵字：衝擊試驗，鍍層，能量，高分子材料

ABSTRACT

In this dissertation, impact fatigue of PC/ABS blend was studied. The specimens were prepared under various injection molding conditions, such as filling time, melting temperature and mold temperature. The fracture mechanisms were examined with a scanning electron microscopy. The specimen with the molding condition of filling time 12s, melting temperature 260°C and mold temperature 80°C has the optimum impact fatigue and single impact behaviors. Tearing in single impact test, shear fracture and plastic deformation in impact fatigue test were the major fracture mechanisms.

Keyword: Impact, energy, PC/ABS

一、前言

由於高分子塑膠材料的改進與各種工程塑膠的開發、塑膠製品的使用範圍日益普及，對於產品品質的要求也逐漸提高。由於高分子材料結構特性較金屬軟，但相對輕量，在生物晶片載體、電子與光學儀器上，應用相當廣泛。但是高分子塑膠產品的為擴大應用範圍，常以鍍著金屬層達到美觀、導電性、光學特性，甚至具備電磁輻射防制(EMI)的目的。由於在應用環境中，經常會有動態負載或環境應力的影響，使成型機殼、電路板或元件等，除有明顯應力變形與老化的損壞外，也受到動態環境的微小應力與微小衝擊的影響，此微小應力將對鍍層與基材造成肉眼無法辨識的損傷。此部份的研究過去受限於試驗設備的能力，無法進行小力量的研究。基於過去幾年對塑膠材料機械性質與疲勞性質研究及教育部補助本校重點發展特色所採購 MTS Tytron 250 動態微拉力試驗機，使微小應力的試驗成為可行。

本研究將以 PC/ABS 射出成型高分子材料為對象，應用田口實驗計畫法做鍍著規劃，採用物理真空鍍著法及化學蝕刻法，以不同電壓、鍍著時間、鍍著金屬，獲得膜厚、表面粗糙度等條件作為試片鍍著成型。採用膜厚與粗糙度檢測、硬度試驗、拉伸、壓縮特性試驗及微衝擊試驗法評估鍍著條件對鍍著材料的影響效果。同時，配合高倍率 3D 顯微

鏡及電子顯微鏡觀察試片破斷面型態，以瞭解試片在微小應力下，對鍍著層破壞機構的影響。由此找出鍍著條件、鍍層金屬與基材應力行為與破壞的相關性。

微小應力與微小衝擊產生於使用環境的高頻小振幅或使用者推擠壓的無意識動作，此環境效應在外觀上不易被察覺，其影響往往被忽略。基於鍍著金屬薄膜的塑膠材料於結構元件應用日漸頻繁，不同的鍍著條件將造成成品的應用有所差異。鍍著金屬薄膜厚度與底部高分子材料的結合程度影響試件受應力的程度。因此如何找出最佳的材料鍍著條件，一直是工業界所重視的課題，尤其應用於軍規的電路機板設計要求的妥善率、穩定度。目前國內外對於鍍著金屬薄膜塑膠材料微小應力與微小衝擊性質研究仍相當有限，要使塑膠材料如金屬材料般廣泛應用在生技產業及民生工業，必須對鍍著金屬薄膜塑膠材料靜態與動態性質作系統研究與探討。為使鍍著材料能耐久，對於靜、動態特性就需深入研究，而此研究成果將可獲得鍍著條件與應力環境之關係，作為未來建立鍍著條件與使用條件之耐用性壽命評估模型。

(1) 金屬鍍層應用方面研究：

Hidetaka 與 Yuuji 人[1]以化學鍍著法(CVD)，在 PC 板上鍍上氧化鋅及二氧化矽薄膜，可有效防制紫外線並強化 PC 板的強度，將運用於汽車零組件。Rosenow 與 Bell[2]在碳纖維鍍鎳，再以射出成型方式混合在 ABS、PA6、PA66、PC、PC/ABS、PEI 及 PPS 中，探討電磁防護(EMI)效果，其中以鍍層含 15 wt% 鎳的碳纖維防制效果最好。Huang 及 Wu[3]在不同成分比的 PC/ABS 合膠中加入鍍鎳碳纖維，以研究在電磁防制效果下，對合膠材料機械性質與熱處理時對鎳氧化的影響。Alanazi 等人[4]透過鍍似鑽石般的碳化物(Diamond-Like Carbon)於 PC 基質上，以研究改善高分子材料與血液的相容性，將可用於人工心臟、起搏器等人造設備。Lugscheider 等人[5]開發無塵室專用的低摩擦係數、低磨耗高分子鍍層材料，以減少無塵室環境中產生的塵屑，所選用基材有 PBT、PA66 及 PC，主要硬化鍍層為氮化鈦(Ti-N)，膜厚達 $2.5 \mu\text{m}$ ，透過前置熱處理方式，可有效增加膜與基材的結合能力。

(2) 鍍層材料機械性質研究：

Williams 等人[6]針對硬與軟的塑膠基材，鍍層後的機械性質作研究，發現經過鍍層的材料在各種溫度範圍下，其抗衝擊性較未鍍層佳，目前已廣泛用於歐洲汽車的保險桿、內裝側板及鏡架。Watanabe 等人[7]以鍍似鑽石般的碳化物薄膜於 PC 及 PEEK，來減少摩擦與磨耗，其中 PC 經鍍層後，有明顯增加磨潤性質，但 PEEK 無此效果。

(3) 衝擊性質研究：

Lombardo[8]等人將衝擊應力與時間圖分為兩部分：峰值前的行為代表試片裂縫起始前，負荷與應變漸漸增加，過了峰值後代表裂縫起始並且延伸。Adams[9-12]等人利用重覆衝擊方法探討碳纖維強化樹脂複合材料之衝擊疲勞對拉伸強度與壓縮強度的影響，發現低能量之重覆衝擊將造成損壞區域成長而導致材料強度及楊氏模數降低。Bigg[13]針對聚合物與玻璃纖維強化之複合材料進行拉伸衝擊疲勞試驗，並量測勁度改變情形。發現複合材料之損壞機構與衝擊疲勞之歷程有關。Jang[14-15]探討連續纖維強化之熱塑性與熱固性複合材料衝擊疲勞特性，經由衝擊疲勞試驗結果顯示：在重覆衝擊循環作用下材料性質之勁度與強度有明顯降低趨勢，且脫層裂縫數量與大小隨著重覆衝擊次數增加而增

加。Lhymn[16]分別對複合材料之衝擊疲勞試驗作了理論上的分析，及破斷面的微結構觀察，建立了短纖維強化之聚苯氨基硫化物(PPS)複合材料之衝擊疲勞壽命分析模式。經研究結果顯示：複合材料之損壞機構與衝擊疲勞之歷程有關。Stamhuis[17-19]等人對聚丙烯(Polypropylene)複合材料利用重覆衝擊方法，發現低能量之重覆衝擊將造成損壞區域成長而促使材料強度及楊氏模數降低。

二、研究方法

(1) 成型與鍍著條件範圍之擬定

成型條件的充填時間取 10、12、15、20、30、40 秒，融膠溫度取 200、220、240、260、280 °C，模具冷卻溫度取 35、50、65、80、95 °C。詳細的成型參數列於表 1。

PC/ABS 在可順利鍍著的條件下，分別改變所設定的電壓、鍍著時間等因子，以獲得膜厚、表面粗糙度作為試驗前的基本資料。由於鍍著條件的時間、金屬種類、基材特性，會影響鍍著表面性質、金屬膜厚。

(2) 試驗方法

微衝擊試驗(一次衝擊與衝擊疲勞試驗)

試驗方法參考 ASTM 4508-98 試驗規範。採用 MTS Tyron 250N 微拉力試驗機，設計適當的夾治具及衝頭。在進行衝擊疲勞試驗前，先求得單次衝擊破壞能量。其方法為將試片平放在支座上，將衝頭提高到大於一次衝斷所需之能量，以獲得材料單次衝擊破壞能量。然後於負荷-時間與能量-時間相互對應之曲線中，取材料之最大負荷所吸收的破壞能量之 50-90% 選擇 10、15、20N-m 三個不同能量進行衝擊疲勞試驗。衝擊疲勞試驗所獲之資料，如衝擊速度、變形、負荷、吸收能量和次數由電腦作資料收集紀錄。此試驗過程中，將採用圓平頭、圓錐頭及錐形的衝頭，以模擬接點外型對鍍層金屬膜的衝擊現象。

(3) 破斷面觀察

先以目視觀察並紀錄表面破壞現象，再以 3D 顯微鏡及掃瞄式電子顯微鏡進行破斷面之觀察，以分析破壞機構。

三、結果與討論

微衝擊性質包括單次衝擊及衝擊疲勞兩類。

3-1 單次衝擊特性

圖 1 為 PC/ABS 合膠材料試片於衝擊速度 4.3 m/s 對不同射出成型條件之單次衝擊破壞之負荷-時間歷程圖。圖中顯示 PC/ABS 合膠材料之負荷曲線隨著時間增加而快速增加，當負荷曲線越過最大負荷後即急速下降，曲線頂點之值即為 PC/ABS 合膠材料最大衝擊負荷。圖 1(a)為 PC/ABS 合膠材料試片於不同充填時間之單次衝擊破壞之負荷-時間歷程圖。圖中顯示最大衝擊負荷發生於充填時間 12 秒時，其不同充填時間之衝擊最大負

荷約介於 5.76 至 5.28 kN 之間。圖 1(b)、(c)為 PC/ABS 合膠材料試片於不同融膠溫度與模具溫度之單次衝擊破壞之負荷-時間歷程圖。圖中顯示最大衝擊負荷發生於融膠溫度 260°C 及模具溫度 80°C 時。其不同融膠溫度之衝擊最大負荷約介於 5.76 至 5.25 kN 之間，且不同模具溫度之衝擊最大負荷約介於 5.76 至 5.17 kN 之間。圖中顯示單次衝擊破壞之負荷-時間歷程於融膠溫度與模具溫度之變化和充填時間具有相同趨勢。

圖 2 為 PC/ABS 合膠材料試片於不同射出成型條件時單次衝擊破壞之負載-變形圖。圖中曲線所圍面積為試片之單次衝擊破壞所吸收能量(Absorbed Energy)，由曲線最大變形量處向下畫一直線，則此線與下曲線所圍之面積即為反彈能量(Returned Energy)。此兩能量之和即為此次衝擊之總能量。由圖中顯示 PC/ABS 合膠材料具有很大的變形量，其最大變形量甚至高達 20mm 以上。此由於 PC/ABS 合膠材料具有高的黏度，因此塑性變形量高，而塑性變形量高對材料之反彈能量卻有相反影響。

圖 3 為 PC/ABS 合膠材料試片於不同射出成型條件時單次衝擊破壞之能量-時間歷程圖。圖中能量曲線隨著衝擊接觸時間增加其能量緩慢增加，當衝擊試片完全斷裂破壞時，能量達到穩定狀態，此曲線水平段所指之值即為試片之總吸收能量。圖中顯示於單次衝擊破壞中當充填時間為 12 秒時具有最高之衝擊吸收能量。

表 2 為 PC/ABS 合膠材料試片於不同射出成型條件之單次衝擊破壞最大衝擊負荷、接觸時間與最大吸收能量。由表中顯示 PC/ABS 合膠材料材料之單次衝擊最大接觸時間約介於 7.29 至 5.97 秒之間。對於 PC/ABS 合膠材料試片之最大吸收能量(AE)大小排列順序於不同充填時間為 AE12 秒 > AE10 秒 > AE30 秒 > AE15 秒 > AE40 秒 > AE20 秒；於不同融膠溫度為 AE260°C > AE280°C > AE200°C > AE240°C > AE220°C 及不同模具溫度為 AE80°C > AE35°C > AE65°C > AE95°C > AE50°C。其中以充填時間為 12 秒、融膠溫度為 260°C 及模具溫度為 80°C 於單次衝擊破壞中，具有最高之單次衝擊破壞吸收能量。其衝擊最大吸收能量約高於 PC/ABS 合膠材料試片之最低吸收能量 10%。

3-2 衝擊疲勞特性

衝擊疲勞試驗是利用單次衝擊疲勞試驗中最大負荷所對應吸收能量之 50%~90% 進行。

圖 4 為 PC/ABS 合膠材料於充填時間 12 秒時不同衝擊疲勞能量(25, 20, 15, 10 N-m)之負荷-時間歷程圖。圖中顯示 PC/ABS 合膠材料於不同射出成型條件之負荷歷程中相同的具有類似正弦波動形狀。圖 4(a)中，曲線 1 代表衝擊疲勞之第一次衝擊負荷歷程曲線，曲線 11 代表材料衝擊疲勞試驗而完全破壞負荷歷程曲線。圖中顯示最大負荷首先隨著衝擊次數增加逐漸增加，而後最大負荷隨著衝擊次數再增加逐漸降低，此清楚顯示 PC/ABS 合膠材料之延性破壞行為，材料經由塑性變形造成強度因衝擊疲勞而連續性降低。由圖 4(a)~(d)中可清楚看見衝擊疲勞次數隨著衝擊能量的降低而快速增加。但當衝擊疲勞次數陸續增加時，最大負荷將隨著裂縫生長而逐漸降低，最大負荷於衝擊疲勞因材料損壞造成之差異可清楚從圖中獲得。

圖 5 為 PC/ABS 合膠材料於充填時間 12 秒時不同衝擊疲勞能量(25, 20, 15, 10 N-m)之負荷-變形圖。圖中顯示 PC/ABS 合膠材料變形量隨著衝擊疲勞次數增加。其變形量可視為衝擊疲勞過程中裂縫生長作用產生之影響。當變形量沒有改變時，表示材料於強度

上沒有任何減低。在此情形下，材料於衝擊疲勞中為彈塑性變形之行為。當變形量隨著裂縫初始與生長而增加，此表示最大負荷將由於裂縫生長造成材料勁度減低而隨著降低。此現象可由圖中得到充分證實。

圖 6 為不同衝擊疲勞能量對衝擊疲勞次數之影響。圖中顯示，衝擊疲勞次數與衝擊疲勞能量呈相反變化。由衝擊疲勞次數似乎遵循著指數曲線關係。圖 7 為對應衝擊疲勞次數之衝擊累積吸收能量於不同充填時間曲線。可發現較高之衝擊疲勞次數具有較高之衝擊累積吸收能量。表 3 為 PC/ABS 合膠材料於不同射出條件下衝擊疲勞次數與衝擊累積吸收能量(AE)量測結果。對於 PC/ABS 合膠材料之衝擊累積吸收能量大小排列順序於不同充填時間為 AE12 秒 > AE10 秒 > AE30 秒 > AE15 秒 > AE40 秒 > AE20 秒; 於不同融膠溫度為 AE260°C > AE240°C > AE220°C > AE200°C > AE280°C 及不同模具溫度為 AE80°C > AE65°C > AE35°C > AE50°C > AE95°C。雖然衝擊累積吸收能量排列順序於單次衝擊吸收能量排列順序並無明顯改變，但表中可清楚明瞭不同射出條件下將造成衝擊疲勞次數與衝擊累積吸收能量明顯之變化。經由實驗結果觀察，當充填時間為 12 秒，融膠溫度為 260°C 及模具溫度為 80°C 時，於 PC/ABS 合膠材料存在一較佳的衝擊疲勞行為。其衝擊疲勞最大吸收能量約高於衝擊疲勞之最低吸收能量 50%。

3-3 破壞機構分析

由圖 8 可見以光學顯微鏡觀察之典型單次衝擊的衝孔。孔的週邊受衝擊應力的影響，呈現同心圓狀的白化現象。而且孔附近並無發現裂紋，顯示其破壞是由於高的黏彈性變形所產生。圖 9 為充填時間為 12 秒、衝擊能量 25N-m 的破斷面，破斷面上可見每次衝擊的痕跡。圖 10 為材料於充填時間為 12 秒。圖中可明顯看到衝擊疲勞過程產生之剪平面，此剪力破壞實際就是拉伸破壞形式。此圖清楚指出，裂縫是以不連續形式沿著裂縫延伸方向前進。經由衝擊疲勞之破斷面分析，可明顯看到疲勞線紋以不連續和周期性的裂縫模式逐漸沿著裂縫延伸方向增加。因此對 PC/ABS 合膠材料於衝擊疲勞過程中主要是以塑性變形方式進行裂縫延伸行為。

四、結論

- (1) PC/ABS 合膠材料試片於不同射出成型條件之單次衝擊中，當充填時間為 12 秒、融膠溫度為 260°C 及模具溫度為 80°C 時具有最高之單次衝擊破壞吸收能量。其衝擊最大吸收能量約高於試片之最低吸收能量 10%。
- (2) PC/ABS 合膠材料於衝擊疲勞過程中最大負荷首先隨著衝擊次數增加而逐漸增加，而後最大負荷隨著衝擊次數再增加逐漸降低，此清楚顯示 PC/ABS 合膠材料之延性破壞行為，材料經由塑性變形造成強度因衝擊疲勞而連續性降低。
- (3) 於同一衝擊能量過程，材料吸收能量隨著衝擊次數之增加而逐漸增加，此時反彈能量緩慢減少，當材料因衝擊疲勞試驗而完全破壞時，衝擊能量將完全由材料吸收。經由實驗結果顯示，衝擊疲勞試驗吸收能量-時間歷程與單次衝擊材料吸收之能量-時間歷程結果十分吻合。
- (4) 衝擊疲勞次數似乎遵循著指數曲線關係，衝擊疲勞次數與衝擊疲勞能量呈相反變化。較高之衝擊疲勞次數具有較高之衝擊累積吸收能量。當充填時間為 12 秒，融膠溫度為 260°C 及模具溫度為 80°C 時，於 PC/ABS 合膠材料存在一較佳的衝擊疲勞行為。其衝擊疲勞最大吸收能量約高於衝擊疲勞之最低吸收能量 50%。
- (5) 於衝擊疲勞破斷面中可明顯看到疲勞線紋以不連續和周期性的沿著裂縫延伸方向延伸，PC/ABS 合膠材料是以塑性變形方式為主要衝擊疲勞破壞機構。

參考資料

1. [Anma, Hidetaka](#); [Yoshimoto, Yuuji](#); [Tanaka, Mariko](#); [Takatsuka, Hiroyuki](#); [Hatanaka, Yoshinori](#), "Low temperature deposition of ZnO/SiO₂ thin films on polymer surfaces by plasma enhanced CVD," Materials Research Society Symposium - Proceedings, Vol. 672, pp. O8.22.1-O8.22.6, 2001.
2. [Rosenow, Malcolm W.K.](#); [Bell, J.A.E.](#), "EMI shielding effectiveness of nickel coated carbon fiber as a long fiber thermoplastic concentrate," International SAMPE Symposium and Exhibition (Proceedings), v 43, n 1, pp. 854-864, 1998.
3. [Huang, Chi-Yuan](#); [Wu, Chang-Cheng](#), "EMI shielding effectiveness of PC/ABS/nickel-coated-carbon-fibre composites," European Polymer Journal, Vol. 36, No. 12, pp. 2729-2737, 2000.
4. [Alanazi, Ali](#); [Nojiri, Chisato](#); [Noguchi, T.](#); [Kido, Takayuki](#); [Komatsu, Yasushi](#); [Hirakuri, Kenji](#); [Funakubo, Akio](#); [Sakai, Kiyotaka](#); [Fukui, Yasuhiro](#), "Improved blood compatibility of DLC coated polymeric material," ASAIO Journal, Vol. 46, No. 4, 2000, pp.440-443.
5. [Lugscheider, E.](#) ; [Baerwulf, S.](#); [Barimani, C.](#); [Riester, M.](#); [Hilgers, H.](#), "Magnetron-sputtered hard material coatings on thermoplastic polymers for clean room applications," Surface & Coatings Technology, Vol. 108-109, No. 1-3, 1998, pp. 398-402.
6. [Williams, J.L.](#); [Henning, W.](#), "Effect of coatings on the mechanical properties of rigid and flexible plastics substrates," Polymeric Materials Science and Engineering, Proceedings of the ACS Division of Polymeric Materials Science and Engineering, Vol. 63, pp. 73-77.
7. [Watanabe, Yutaka](#); [Suzuki, Hideto](#); [Nakamura, Masashi](#), "Improvement of the tribological property by DLC coating for environmentally sound high polymer materials," International Journal of Materials and Product Technology, Vol.2, 2001, No. SPEC ISS, pp. 787-792.
8. B. S. Lombardo, H. Keskkula and D R. Paul, "Influence of ABS Type on Morphology and Mechanical Properties of PC/ABS Blends," Journal of Applied Polymer Science, Vol.54, No.11, 1994, pp.1697-1720.
9. G. C. Adams, R. G. Bender, B. A. Crouch and J. G. Williams, "Impact Fracture Toughness Tests on Polymer," Polymer Engineering and Science, Vol.30, 1990, pp.241-248.
10. D. F. Adams and J. D. Winkel, "Instrumented Drop Weight Impact Testing of Cross Ply and Fabric Composites," Composites, Vol.16, 1985, pp.268-278.
11. D. F. Adams and D. A. Wyrick, "Damage Sustained by a Carbon/Epoxy Composite Material Subjected to Repeated Impact," Composites, Vol.19, 1988, pp.19-27.
12. G. C. Adams, "Impact Fatigue of Polymers Using an Instrumented Drop Tower Device," Instrumented Impact Testing of Plastics and Composite Materials, ASTM STP 936, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1987, pp.281-301.
13. D. M. Bigg, "The Impact Behavior of Thermoplastic sheet Composites," Journal of Reinforced Plastics and Composites, Vol.13, 1994, pp.339-354.
14. B. P. Jang, C. T. Huang, C. Y. Hsieh, W. Kowbel and B. Z. Jang, "Repeated Impact Failure of Continuous Fiber Reinforced Thermoplastic and Thermoset Composites," Journal of Composite Materials, Vol.25, 1991, pp.1171-1203.
15. B. P. Jang, W. Kowbel and B. Z. Jang, "Impact Behavior and Impact Fatigue Testing of Polymer Composites," Composites Science and Technology, Vol.44, 1992, pp.107-118.
16. C. Lhymn, "Impact Fatigue of PPS/Glass Composites," Journal of Materials Science Letters, Vol.4, 1985, pp.1221-1224.
17. J. E. Stamhuis, "Mechanical Properties and Morphology of Polypropylene Composites III: Short Glass Fiber Reinforced Elastomer Modified Polypropylene," Polymer Composites, Vol.9, 1988, pp.280-284.
18. Golovoy, "The Influence of Velocity on the Impact Strength of Glass Reinforced Polypropylene," Polymer Composites, Vol.7, 1986, pp.403-412.
19. C. Lhymn, "Impact Fatigue of PPS/Glass Composites Microscopy," Journal of Materials Science Letters, Vol.4, 1985, pp.1429-1433.
- 20.

圖表

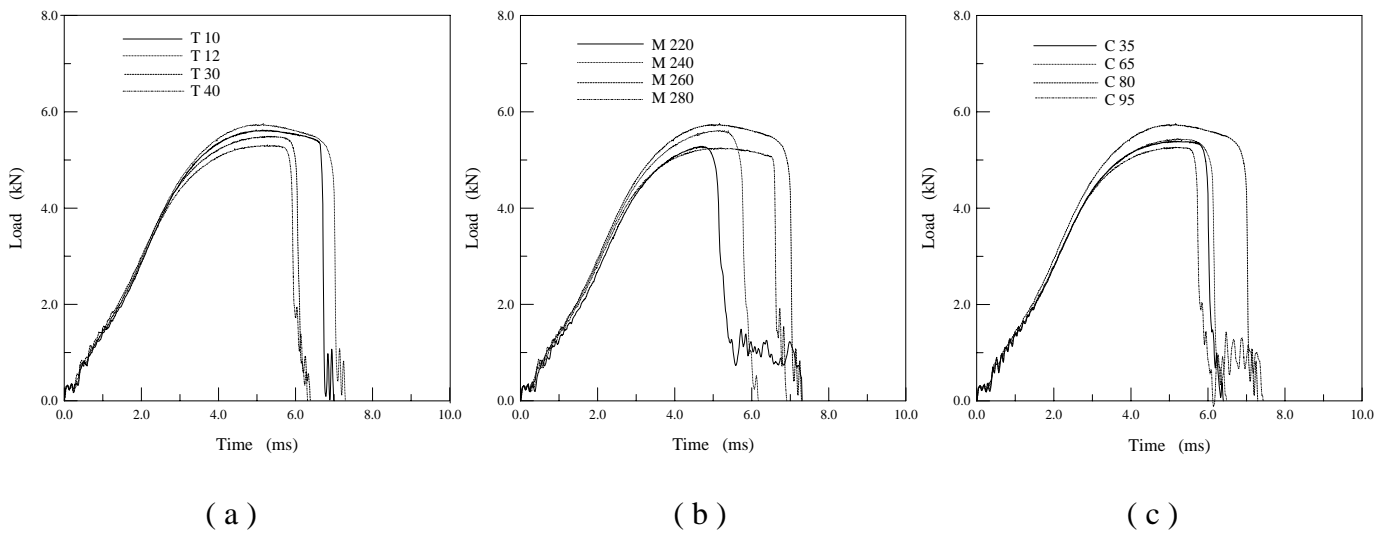


圖 3-1 PC/ABS合膠材料於不同射出成型條件對單次衝擊破壞之負荷-時間歷程圖 (a)充填時間，(b)融膠溫度，(c)模具溫度 (衝擊速度4.3 m/s)

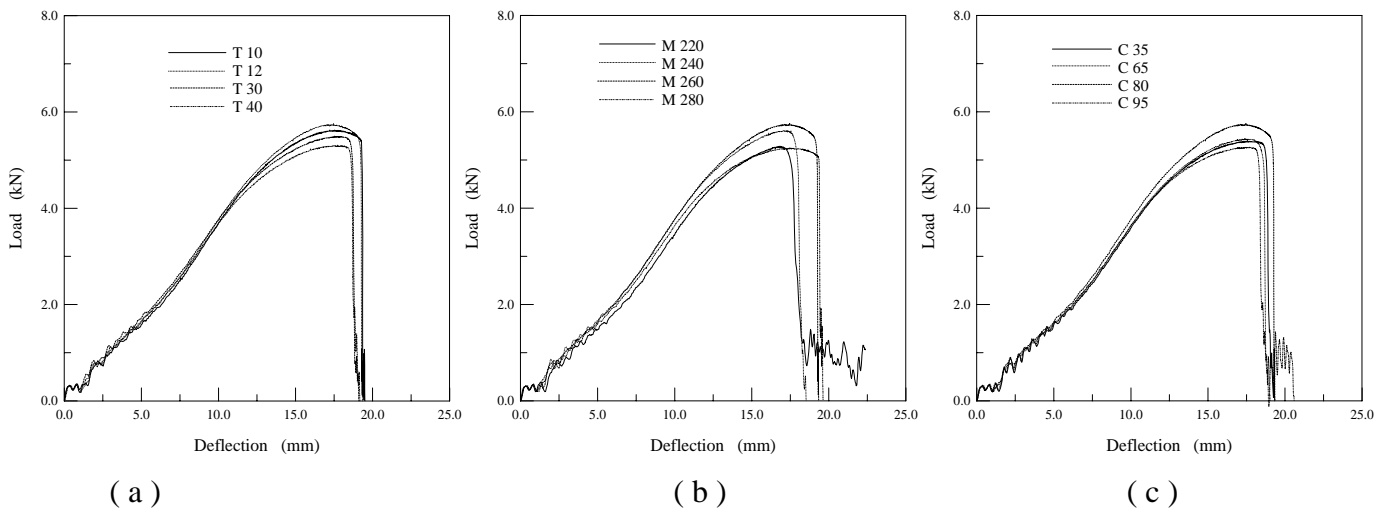


圖2 PC/ABS合膠材料於不同射出成型條件之單次衝擊破壞負荷-變形圖 (a)充填時間，(b)融膠溫度，(c)模具溫度

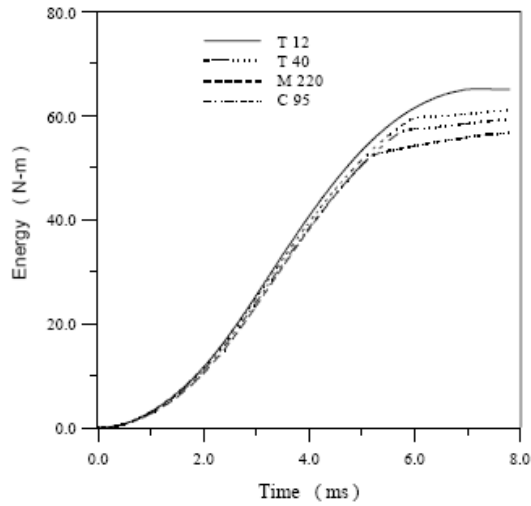


圖 3-3 PC/ABS合膠材料於不同射出成型條件之單次衝擊破壞能量-時間歷程圖

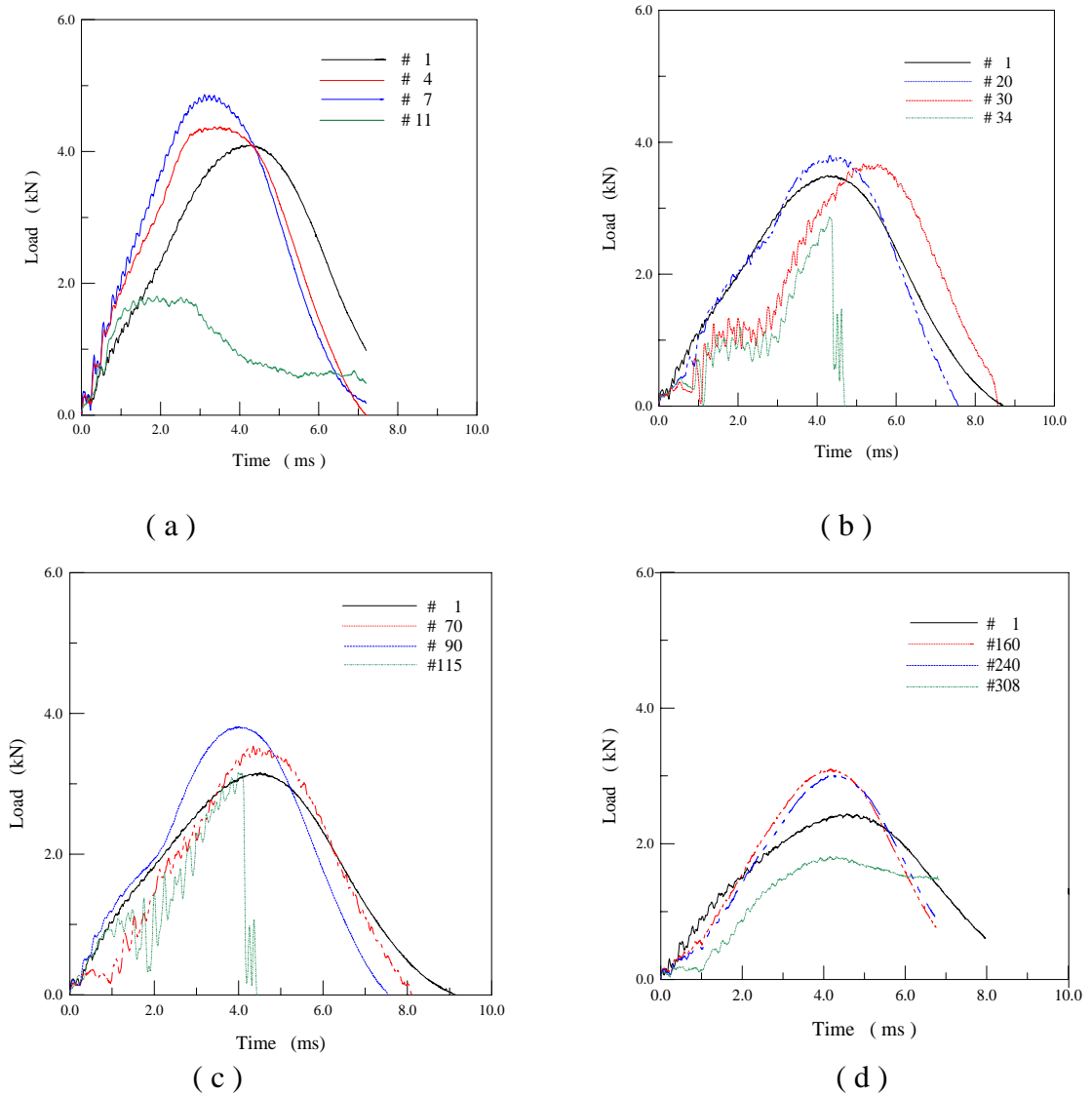


圖 3-4 PC/ABS合膠材料於充填時間12秒時不同衝擊能量之負荷-時間歷程圖 (a) 25 N-m，(b) 20 N-m，(c) 15 N-m，(d) 10 N-m

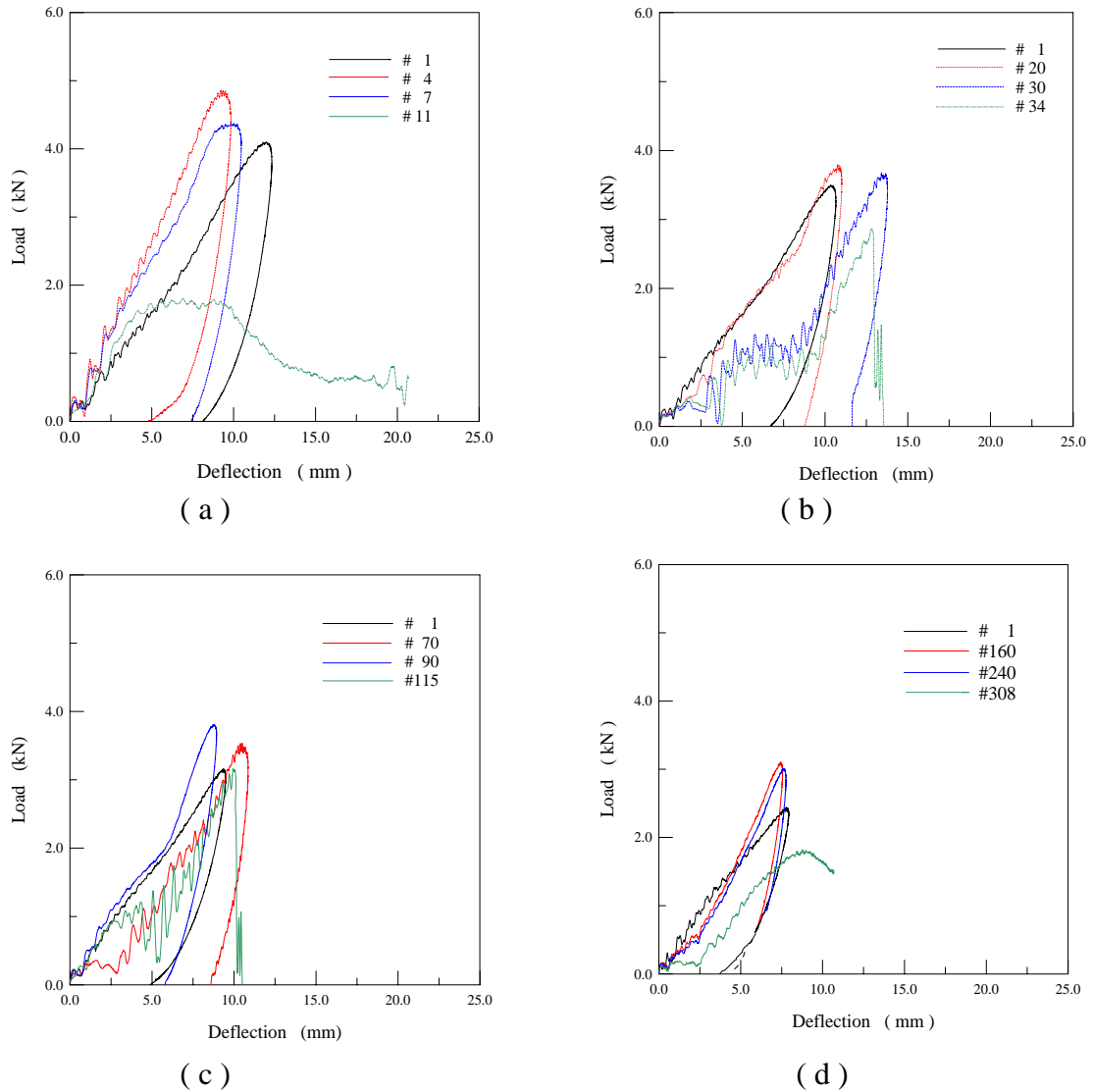


圖 3-5 PC/ABS合膠材料於充填時間12秒時不同衝擊能量之負荷-變形圖 (a) 25 N-m, (b) 20 N-m, (c) 15 N-m, (d) 10 N-m

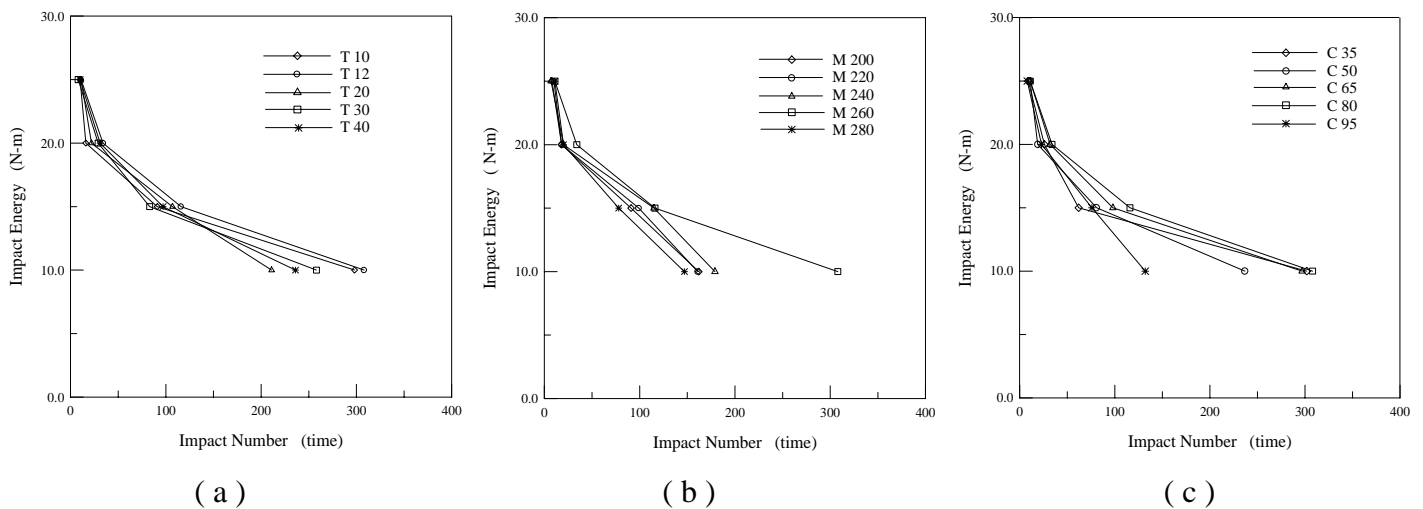


圖6 PC/ABS合膠材料於不同射出成型條件對不同重覆衝擊能量之衝擊次數分佈圖 (a) 充填時間, (b)融膠溫度, (c)模具溫度

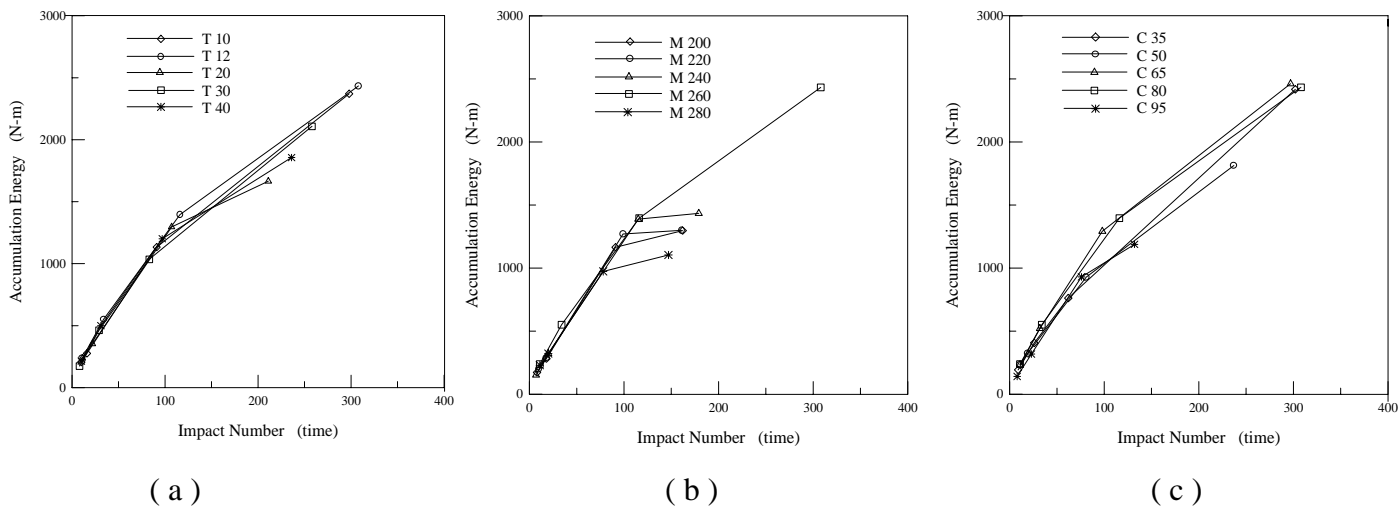


圖7 PC/ABS合膠材料於不同射出成型條件對不同重覆衝擊能量之衝擊累積能量分佈圖
(a)充填時間，(b)融膠溫度，(c)模具溫度

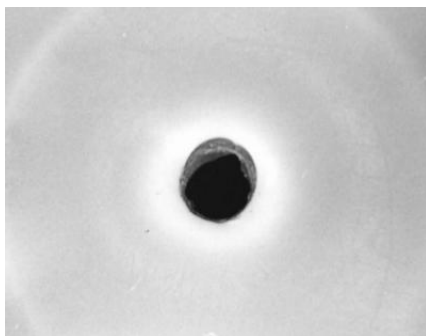


圖8 PC/ABS合膠材料於單次衝擊之破斷面

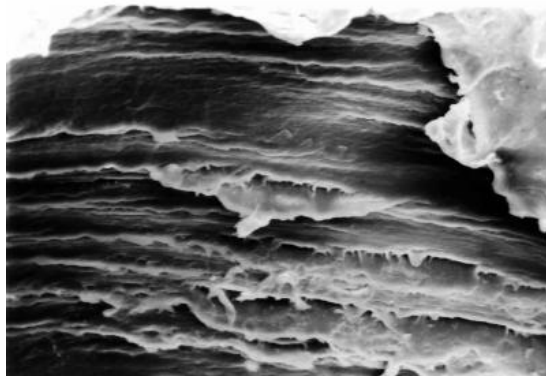


圖9 PC/ABS合膠材料於充填時間12秒、重複衝擊能量為25 N-m時之SEM破斷面

表 1 衝擊疲勞試片成型條件及參數

試片編號	成型條件	充填時間 (s)	融膠溫度 (°C)	模具溫度 (°C)
T10		10	260	80
T12		12	260	80
T15		15	260	80
T20		20	260	80
T30		30	260	80
T40		40	260	80
M200		2	200	80
M220		2	220	80
M240		2	240	80
M260		2	260	80
M280		2	280	80
C35		2	260	35
C50		2	260	50
C65		2	260	65
C80		2	260	80
C95		2	260	95

表 2 PC/ABS 合膠材料於單次衝擊之最大負荷、接觸時間與最大吸收能量

Specimen Identification	Maximum Load (kN)	Contact Time (ms)	Absorbed Energy (N-m)
T10	5.62	7.00	64.22
T12	5.76	7.29	65.07
T15	5.61	6.50	60.45
T20	5.28	6.07	57.98
T30	5.50	6.39	61.59
T40	5.31	6.31	59.76
M200	5.33	6.84	58.52
M220	5.28	6.87	56.86
M240	5.61	7.13	58.28
M260	5.76	7.29	65.07
M280	5.25	6.91	62.25
C35	5.40	6.40	59.95
C50	5.17	5.97	55.85
C65	5.45	6.49	59.44
C80	5.76	7.29	65.07
C95	5.26	6.13	57.52

表 3 PC/ABS 合膠材料於重覆衝擊時重覆衝擊次數與重覆衝擊累積吸收能量變化情形

Specimen Identification	Impact Energy with 20 N-m		Impact Energy with 15 N-m		Impact Energy with 10 N-m	
	Impact Number	Accumulation Energy (N-m)	Impact Number	Accumulation Energy (N-m)	Impact Number	Accumulation Energy (N-m)
T10	16	275.81	91	1133.48	298	2370.39
T12	34	550.73	116	1395.85	308	2433.92
T15	20	338.81	96	1182.25	255	2023.80
T20	22	353.28	107	1296.24	211	1664.69
T30	29	462.33	83	1034.82	258	2108.00
T40	31	499.97	97	1200.61	236	1855.87
M200	18	281.91	91	1164.89	162	1296.58
M220	18	288.88	99	1269.91	161	1299.91
M240	20	321.02	115	1387.89	179	1433.29
M260	34	550.73	116	1395.85	308	2433.92
M280	20	322.23	78	973.70	147	1103.96
C35	26	406.81	62	761.62	302	2416.54
C50	19	323.35	81	928.63	237	1813.14
C65	32	520.83	98	1291.45	297	2461.67
C80	34	550.73	116	1395.85	308	2433.92
C95	23	318.66	76	930.12	132	1188.34