

第四章 剪切操作對於 iPP/PC 聚摻物之影響

4.1 實驗流程

在射出成形過程中，針對不同加工履歷如溫度、壓力及剪切操作等加工條件，成型出標準拉伸試片。iPP/PC 聚摻物各種比例之結晶溫度均介於 118°C~130°C 之間，且在 120°C 時，iPP 具有較高結晶速率的特性[19]，因此本實驗在射出成形之保壓階段的剪切操作過程中，模具溫度設定於 120°C 時，探討在不同的加工履歷下，iPP 被誘發成長成特殊結晶形態，聚摻物之相分佈形態（包含剪切流動之方向性分佈及層狀分佈）與成形品機械性質之關係；此外，為探討壓力對於聚摻物成形品的影響，在射出成形過程中，射壓與保壓之加工條件分別設定為 500bar、1000bar 及 1500bar，且在冷卻階段開啟冷卻水，將成形品冷卻至 30°C 以下，確保成形品之冷卻收縮不致影響物性之量測，最後開模取出試片。

在整個射出成形循環中大致可分為五個階段如圖 4.1 所示，其中在保壓階段中施加不同頻率的剪切操作，成形出的試片可分為一般型、高頻型剪切、低頻型剪切與非等溫剪切等四大類，分述如下：

1. 一般型試片

在不同的保壓力下，保壓時間設定為 45 秒，此時模具溫度持溫在 120°C 且不做任何剪切操作，於 25 秒後開啟冷卻水，待冷卻固化後取出試片，如圖 4.2(a)所示。

2. 高頻型剪切試片

進入保壓階段後，因模具溫度持溫在 120°C，模穴內之塑料仍為熔融的狀態，此時立即啟動油壓驅動剪切機構進行連續式的模內剪切操作，在此過程中的實際剪切頻率約為 6.5 s⁻¹，歷時 25 秒後停止剪切操作並開啟冷卻水，待冷卻固化後取出試片，如圖 4.2(b)所示。

3. 低頻型剪切試片

進入保壓階段後，模具溫度持溫在 120°C 下，啟動油壓驅動剪切機構且控制剪切頻率為 1 s⁻¹進行低頻型的模內剪切，剪切歷時 25 秒

後開啟冷卻水，待冷卻固化後取出試片，如圖 4.2(c)所示。

4. 非等溫剪切試片

進入保壓階段後，同時啟動剪切機構並開啟冷卻水冷卻塑料，模內熔融塑料在降溫固化的過程中同時受到低頻型之高剪應變率的剪切操作，直至熔融塑料冷卻固化後立即關閉油壓系統停止剪切操作，當成形品冷卻至 30°C 以下後開模取出試片，如圖 4.2(d)所示。

射出成形循環中，開始進入鎖模階段後，立即使用資料擷取盒與電腦開始記錄模穴內部的壓力、模仁板溫度以及剪切機構速率；圖 4.3、圖 4.4、圖 4.5 分別為保壓力設定 500、1000、1500bar 時，資料擷取盒所實際擷取到高頻型剪切的模穴內壓力、模仁溫度及剪切機構速率的數據。由於模壁厚度相較於成形品厚度的 10 倍以上，厚度方向可視為穩態之恆溫邊界條件，故在模具溫度之邊界條件控制合宜，不致產生劇烈改變。由實驗數據，發現在剪切操作時，模穴內部的壓力會受剪切力的影響產生約 200bar 的振盪變化，且在模仁溫度方面，模穴內熔融塑料因剪切作用所產生的熱量，造成材料溫度上升，模仁溫度上升均在 5~8°C 之間；因此，剪切操作所造成的溫度以及壓力的變化，亦成為影響成形品材料結構變化的原因之一。在剪切機構部分，由於本設計為油壓驅動的往復式機構，因此在剪切操作時的剪切應變率並不為定值；由實驗所擷取到的資料得知，在剪切機構部分速率可高達 200mm/s，由式 3-1 與式 3-2 換算成剪應變率為 1400s⁻¹，以平均速率來計算約為 100mm/s，平均剪應變率為 700s⁻¹。

4.2 實驗結果

4.2.1 iPP/PC 聚摻物機械性質

拉伸試驗之結果，係以塑膠射出成形法成形標準試片；在室溫下，使用高分子材料試驗機進行拉伸試驗，在定拉伸速率的模式下，拉伸速率設定為 4 mm/min，拉至試片斷裂為止，記錄並繪製應力應變曲線。抗拉強度之結果，係以選用至少 5 支在相同加工條件下的試片，完成拉伸試驗後所計算出的平均抗拉強度。

一般型試片係指未施予剪切操作之試片，剪切型試片係指在保壓過程中施加剪切操作所成形的試片，剪切操作的類型包括高頻型、低頻型及非等溫剪切三種。

圖 4.6、圖 4.7 及圖 4.8 分別為成形壓力 500、1000 及 1500bar，比較聚摻物各種重量分百分比的抗拉強度，在 PC 含量低於 20% 時，其抗拉強度的機械性質較純 iPP 佳；iPP/PC(60/40)其抗拉強度為所有比例的最小值，PC 含量在 50% 以上時，抗拉強度隨 PC 含量增加而變大。

實驗結果中比較施加剪切操作對於成形品機械性質的影響，在聚摻物 PC 含量小於 40% 時，剪切操作可提升聚摻物的抗拉強度，但在 PC 含量大於 50% 時，剪切操作反而降低了抗拉強度，因此在 PC 含量介於 40%~50% 之間為本摻混材料適於施加剪切操作的臨界比例值。

剪切操作對於純 iPP 的影響，圖 4.9、圖 4.10 及圖 4.11 為不同保壓所成形的試片，完成拉伸試驗後所繪出的應力-應變曲線；由結果發現，對於純 iPP 而言施予剪切操作後，由於在配向性形態方面並無變化，因此推論在結晶性形態方面的材料結構受剪切操作後有所改變，造成其在物性上有特殊的性能表現。三個類型的剪切操作中，以非等溫剪切操作提升抗拉強度的效果最佳，其強度增加幅度比一般型試片高達 70%；低頻型剪切操作提升抗拉強度次於非等溫剪切操作的效果，而高頻型剪切操作對於純 iPP 抗拉強度的影響僅有小幅的提升。由應力-應變曲線中看出，材料受剪切操作的影響，其受應力達降服強度後，應力不會快速鬆弛而下降，且斷點延伸率也增大，使 iPP 由原本的軟弱型改變成為具有強韌型機械性質的高分子材料。

剪切操作對於不同比例聚摻物的影響造成不同的物性結果。由圖 4.12、圖 4.13 及圖 4.14 可知，對於 iPP、iPP/PC(90/10)及 iPP/PC(80/20)之高 iPP 重量比例的聚摻物而言，剪切操作試片的材料性能均優於一般型試片，其中又以非等溫剪切操作效果最優。由圖 4.15 發現 iPP/PC(60/40)的比例中，因為 iPP 仍為較多的相分佈，因此剪切操作

仍然提升聚摻物的機械性質，且以高頻型剪切操作效果較佳。圖 4.16~圖 4.19 中可看出，當聚摻物 PC 比例高於 50% 後，剪切操作並無法提升聚摻物的材料性能，且低頻型及非等溫剪切操作均較高頻型剪切的效果還差，因此當 iPP 在 iPP/PC 中低於 50% 的比例時，剪切操作受到較多 PC 相的干擾，影響 iPP 的結晶形態，是造成剪切操作對聚摻物材料性能無法提升的結果。

4.2.2 iPP/PC 聚摻物相分佈形態

為增強相分佈形態 (phase morphology) 之辨識效果及解析度，本實驗採用化學蝕刻方法進行試片處理，係先將 iPP/PC 試片切割成 2~3mm 的厚度，浸入預先調配完成之蝕刻液中蝕刻聚摻物中的 iPP 或 PC 相；此外，為了避免高溫烘箱影響聚摻物形態，蝕刻後採用長時間約 24 小時之常溫除濕處理，之後在試片表面上濺鍍一層鉑/鈮之導電層，並使用 SEM 觀察其相分佈形態。為深入探討剪切操作對於相分佈形態之影響，本實驗分別針對垂直與平行剪切流動方向之位置 (圖 4.33)，進行切割試片以及形態觀察。

試片處理方法，將 iPP/PC(10/90)、iPP/PC(20/80) 與 iPP/PC(40/60) 各比例聚摻物使用 50% 的鉻酸 (CrO_3) 水溶液進行 iPP 相的蝕刻，蝕刻時間約 72 小時；iPP/PC(90/10)、iPP/PC(80/20)、iPP/PC(60/40) 與 iPP/PC(50/50) 等比例，使用二乙基三胺 (DETA) 溶液進行 PC 相的蝕刻，蝕刻時間約 30 分鐘。

1. 垂直剪切流動方向之相分佈形態

在所有比例的 iPP/PC 聚摻物中，iPP 與 PC 互為相分離 (phase separation) 狀，而高分子界面間之交互作用屬於不相溶 (immiscible) 的結構形態。圖 4.20 為加工條件在保壓力 500bar 所成形之一般型試片，經蝕刻處理後，使用 SEM 所拍攝的照片。iPP/PC(10/90) 與 iPP/PC(20/80) 經蝕刻後之組織形態可以看出，iPP 為較小相 (minor phase)，且以不規則狀或小顆粒 (droplets) 之形式分散在 PC 基材

(matrix) 中，如圖 4.20(a)、(b)。iPP/PC(40/60) 蝕刻處理後之相分佈為共連續相 (co-continuous phase) 的形態，圖 4.20(c)。當 iPP 的重量比例高於 50% 後，PC 在 iPP/PC 中，隨比例多寡而具不同形式的分散相形態。iPP/PC(50/50) 與 iPP/PC(60/40) 蝕刻後之組織形態可以看出，PC 相為較大之圓形或橢圓形狀顆粒分散於 iPP 之基材中，如圖 4.20(d)、(e)。當 PC 的比例小於 20% 後，PC 在 iPP/PC 中為小顆粒狀的分散相，如圖 4.20(f)、(g)。在保壓力為 1000 及 1500bar 加工條件下所成形的一般型試片，經過試片處理後，所拍攝之 SEM 照片亦得到類似的觀察結果，如圖 4.22 與圖 4.24。

在保壓力 500bar 並施予剪切操作的加工條件下，圖 4.21 為剪切型試片經蝕刻處理後，使用 SEM 所拍攝的照片。不相溶之界面形態在受剪切操作後，界面形態並無太大改變，僅相分離形態之顆粒分佈大小及形狀有所改變。由 iPP/PC(10/90) 與 iPP/PC(20/80) 經蝕刻處理後之組織形態，iPP 為較小相，並以顆粒狀且均勻地散佈在 PC 基材中，圖 4.21(a)、(b)。iPP/PC(40/60) 在蝕刻處理後，其組織為均勻的共連續相之形態如圖 4.21(c)。當 iPP 的比例高於 50% 後，PC 在 iPP/PC 中為分散相的組織形態。iPP/PC(50/50) 與 iPP/PC(60/40) 蝕刻處理後之組織形態可以明顯觀察出，PC 相受剪作操作的影響，其組織形態明顯變小且形成圓形或橢圓形顆粒狀均勻地分散在 iPP 之基材中，圖 4.21(d)、(e)。當 PC 的比例低於 20% 時，PC 在 iPP/PC 中為小顆粒狀的分散相且顆粒大小在 $10\mu\text{m}$ 以下，圖 4.21(f)、(g)。此外，保壓力為 1000 及 1500bar，成形剪切操作之試片，經試片處理後，拍攝 SEM 照片亦得到類似的觀察結果，如圖 4.23 與圖 4.25。

2. 平行剪切流動方向之配向形態

為比較一般型試片 (未施予剪切操作) 與剪切型試片配向形態上之差異，故分別於成形試片上之緊縮段平行剪切流動方向之相同位置，進行切片並予以蝕刻處理後，由 SEM 觀察其組織形態，並探討經剪切操作後高分子聚摻物受剪切操作之形態分佈。iPP/PC(10/90) 與 iPP/PC(20/80) 蝕刻後之組織形態得知，iPP 之顆粒為不規則狀分

散在 PC 之基材，且少數小顆粒有被拉長的情形，圖 4.26(a)、(b)；iPP/PC(40/60)為共連續相形態，沿剪切流動方向上，PC 相為纖維狀分佈之形態，其 PC 相與 iPP 於緊縮段有明顯分層現象，是完全不相容之相互剝離組織形態。且由形態上明顯看出 PC 之層狀結構中，包覆有 iPP 相（已被蝕刻去除），iPP 相亦有被剪切拉長之現象，如圖 4.26(c)；iPP/PC(50/50)蝕刻 PC 相後，可以明顯看出 PC 相為無規則細長狀的分佈，就形態觀察而言，圖示所見為體積百分比，iPP/PC(50/50)由體積分率表示，PC 相為較小相，故形成 iPP 包覆 PC 之相分佈形態，且較小相之 PC 亦受剪切拉伸變形，沿流動方向平行分佈，圖 4.26(d)；iPP/PC(60/40)在剪切流動方向上 PC 相的形態為較大的圓形或橢圓顆粒狀分佈，且少數為細長狀分散在 iPP 之基材中，圖 4.26(e)；PC 的比例小於 20%後，PC 在 iPP/PC 剪切流動方向上為不規則顆粒狀之分散相，圖 4.26(f)、(g)。由此可知，愈接近共連續相之形態，諸如 iPP/PC(40/60)及 iPP/PC(50/50)兩種聚摻物，於射出成形過程，塑料經過緊縮段時，受到短時間剪切應變率作用之影響，材料內部之配向性明顯會影響其組織形態，其他比例則影響較小。

在剪切型試片沿剪切流動方向上之位置，進行切片並予以蝕刻處理後，由 SEM 觀察其組織形態。由圖 4.27 可以看出，沿剪切流動方向的形態分佈受到剪切操作的影響，在 iPP/PC(10/90)與 iPP/PC(20/80)的比例下，iPP 為細長之圓柱狀（cylinder）狀均勻地分佈在 PC 的基材中，如圖 4.27(a)、(b)；iPP/PC(40/60)受剪切操作後仍為共連續相，在剪切流動方向上有明顯的分層形態，如圖 4.27(c)，可見在靠近試片表層的位置受到較大的剪切作用，並具有方向性的共連續相且層化厚度受高剪切作用有增厚現象，圖 4.28(a)。在試片內層則受剪切操作之影響較小，因此在相分佈上較無規則性，但愈接近中心（core）處，屬於滑動剪切，剪切效果較不明顯，但仍使相形態更趨均勻連續。圖 4.28(b)。iPP/PC(50/50)與 iPP/PC(60/40)的比例後剪切操作後，PC 為分散相形態，沿剪切流動方向上有明顯的分層，圖 4.27(d)、(e)；在靠近試片表層的位置，PC 相受剪切操作所影響，形態為均勻細長圓

柱狀的分佈，圖 4.29(a)與 4.30(a)；靠近試片內層的位置，iPP/PC(50/50)之 PC 相為無規則狀之連續分佈係由於滑動剪切作用於中心位置，使原先相分離之 PC 顆粒，連接成類似 iPP/PC(40/60)之連續相分佈，而 iPP/PC(60/40)之 PC 相則因滑動剪切效果不足以使較小相之 PC 形成連續相，故為均勻圓形顆粒狀分佈於 iPP 基材中。當 PC 的比例小於 20% 後，PC 相在 iPP/PC 沿剪切流動方向亦可觀察到分層的現象，圖 4.27(f)、(g)；在靠近試片表層的位置 PC 之形態為細長狀的分佈，圖 4.31(a)、4.32(a)；在靠近試片內層的位置，PC 則為不規則狀的小顆粒分散在 iPP 的基材中，圖 4.31(b)、4.32(b)。

4.2.3 剪切操作對於純 iPP 結晶形態之影響

利用偏光顯微鏡觀察 iPP 之結晶形態，在未施加切操作之情況下，其試片外部為分佈均勻之 α 球晶為主， β 球晶會偶爾出現於 α 球晶中，如圖 4.34(a)，且試片內部區域均有許多混合型或過渡型 (mixed or transitional type) 球晶，其球晶出現種類多為纖維型 (fibril type) 球晶及花瓣狀 (flower-like) 球晶等，如圖 4.34(b)。

施加高剪應變率之高頻型剪切後，其試片外部均為分佈均勻之 α 球晶，且 α 球晶尺寸均稍小於未施予剪切之試片，如圖 4.35(a)。在試片內部均出現許多發展未完全之混合型球晶，其數量並未有減少之趨勢，推測在高頻型剪切所造成材料內部局部升溫之現象，致使內部發展為混合型球晶，如圖 4.35(b)。

低頻型剪切及非等溫剪切試片，剪切頻率均為 1 s^{-1} ，平均剪應變率為 700 s^{-1} ，在偏光顯微鏡均觀察到層化現象，由外而內形成外層結晶區、中層非結晶區 (amorphous region) 及內層結晶區，如圖 4.36(a)；在外層結晶區之球晶形式為 α 結晶，在界面處約 $20 \mu\text{m}$ 範圍出現類似 ($\alpha + \beta$) 型球晶之分佈，且在界面處幾乎不出現混合型球晶，如圖 4.36(b)、圖 4.37(a)；愈往內部，均為較小而細緻之 α 球晶，且內部並未出現纖維型或花瓣狀球晶等發展不完全之混合型球晶，如 圖

4.36(c)、圖 4.37(b)。

4.3 實驗討論

4.3.1 相分佈形態與機械性質之關係

iPP/PC 聚摻物中，由於各個成分具有其本質上的物性，以及在不同重量比例下，形成不同相分佈之形態，不同形態界面間的作用力亦不同，造成最終成形品具有不同之物性。

對於以 iPP 為基材之 iPP/PC 聚摻物其 PC 相的顆粒大小之相分佈形態與聚摻物之物性有密切關係，施予剪切操作可促使 PC 相均勻地分佈在聚摻物中，且在平行剪切流動方向上出現分層等配向性形態，有助於整體聚摻物物性的提升。由拉伸試驗結果推測，若以 PC 為 iPP/PC 之基材，由於 iPP 為較小相其含量及配向性等成為阻礙物性提升之因子，因此剪切操作促進聚摻物內的相分佈，但反而降低整體材料之物性。

4.3.2 結晶形態與機械性質之關係

剪切操作對於純 iPP 之影響，由拉伸試驗結果推論，由於在相分佈形態方面並無變化，可見在 iPP 內部之結晶形態等方面之高階結構受剪切操作後有所改變，造成其在物性上有特殊的性能表現。

在未施加剪切操作與高頻型剪切之球晶形態觀察中，皆出現纖維型或花瓣狀球晶，其均屬過渡型發展不完全之球晶，對抗拉強度具不利之影響。且混合型球晶所佔比例愈多，則抗拉強度下降愈多，這也是 iPP 之一般型與高頻型剪切試片其抗拉強度差異不大之主要原因。

至於大部分出現於低頻型及非等溫剪切之多層化現象，具有複合材料強化效果，亦是造成抗拉強度提昇之原因。由於剪切頻率較低，致使發展不完全之混合型球晶有明顯減少之趨勢，其內部則多為 α 球晶且其球晶均較小而細緻，對試片之抗拉強度有增強之效果。

整體而言，試片內外部出現 α 球晶及出現在界面處之 $(\alpha + \beta)$ 型球晶與多層次，類似複合材料之層化結構，對試片之抗拉強度均有

大幅提昇之效果。



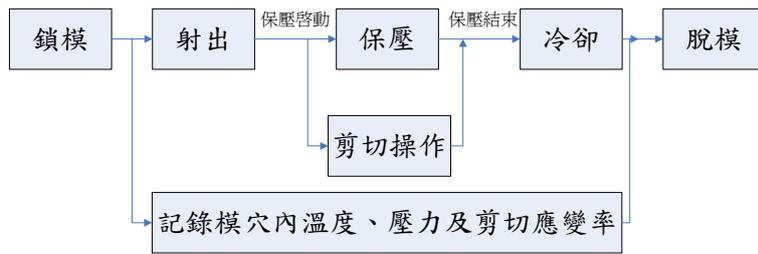


圖 4.1 射出成形循環示意圖

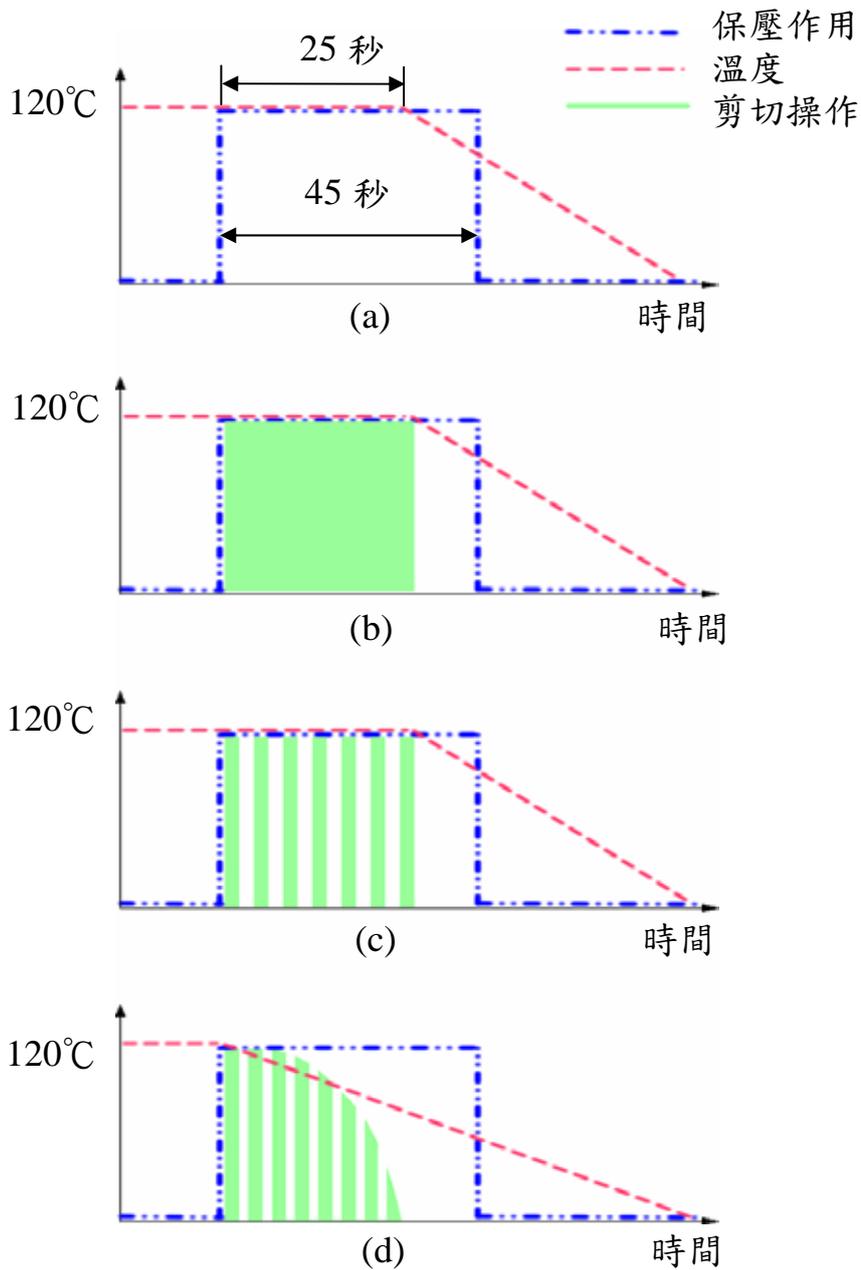
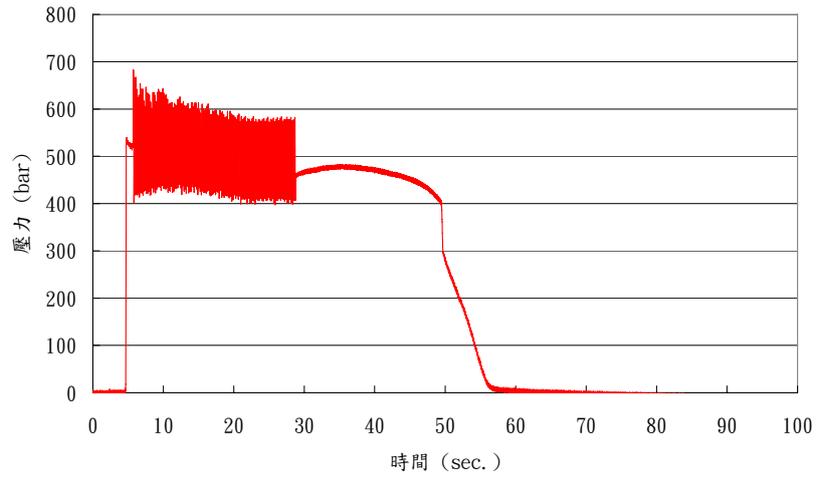
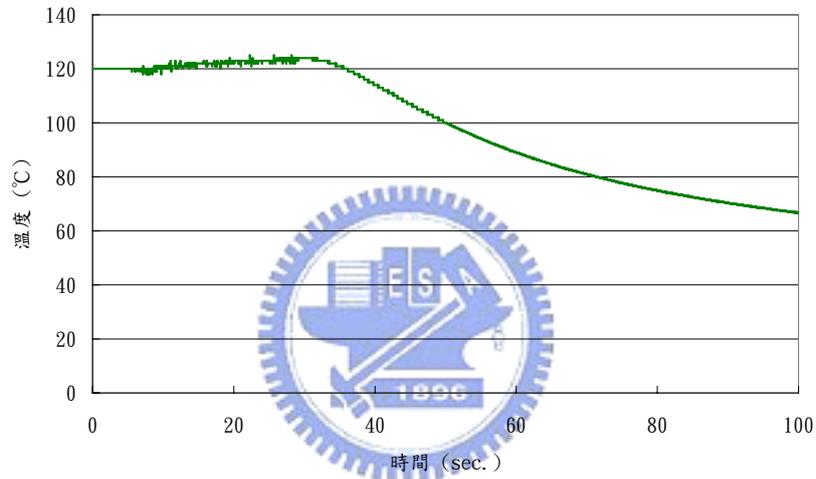


圖 4.2 各種剪切操作之加工流程示意圖

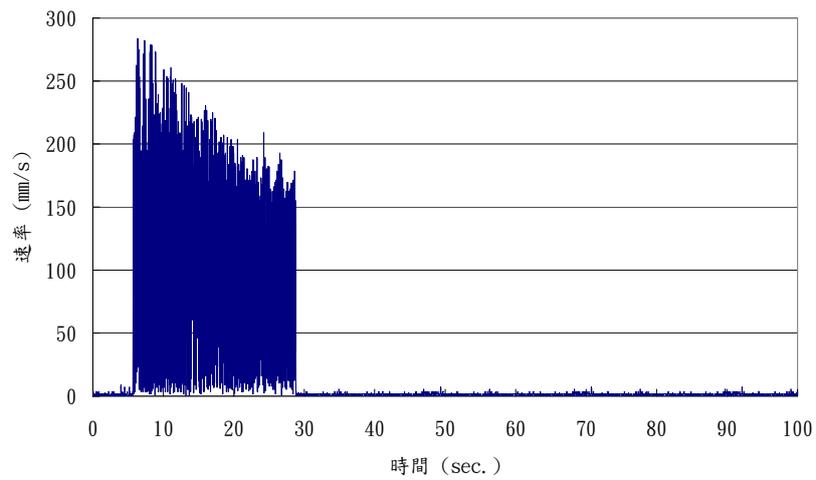
(a)一般型試片、(b)高頻型剪切試片、(c)低頻型剪切試片、(d)非等溫剪切試片



(a)



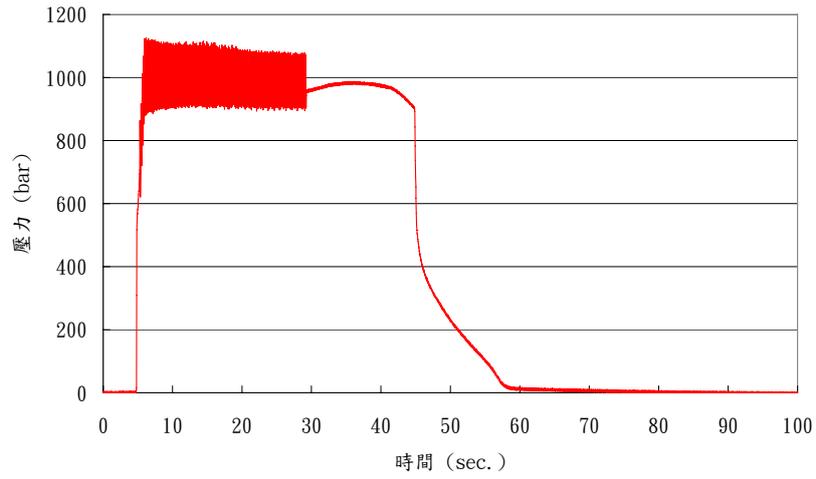
(b)



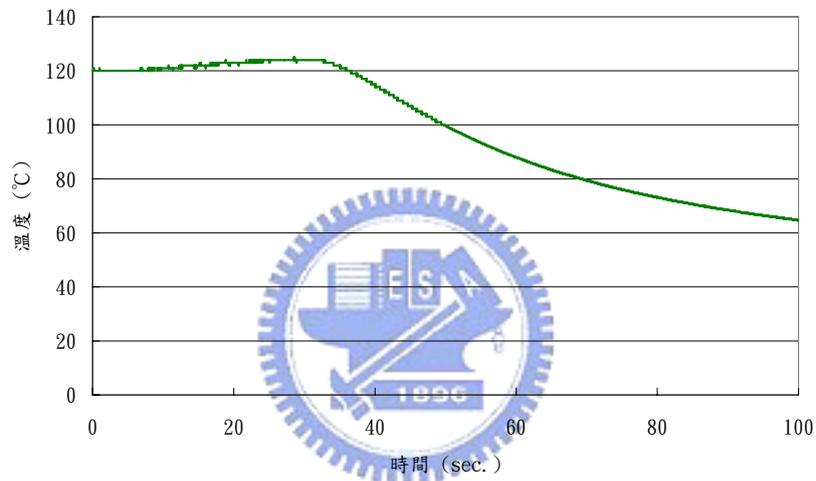
(c)

圖 4.3 模仁壓力、溫度及剪切機構速率之數據擷取

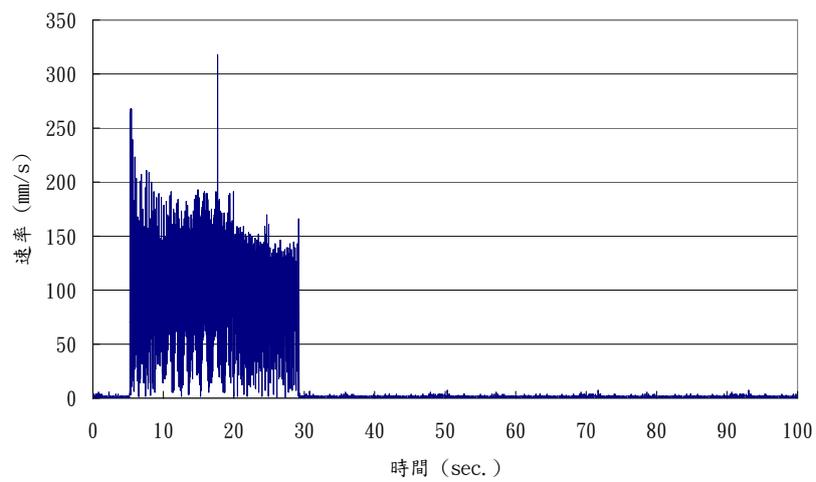
保壓力：500bar



(a)



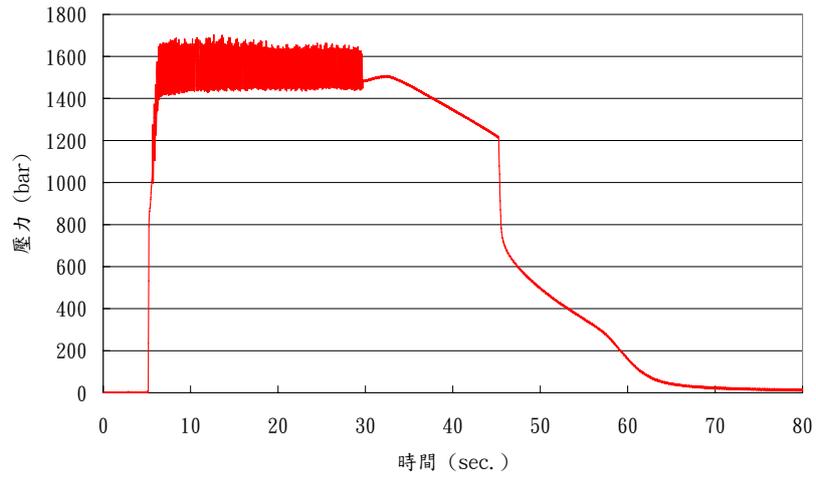
(b)



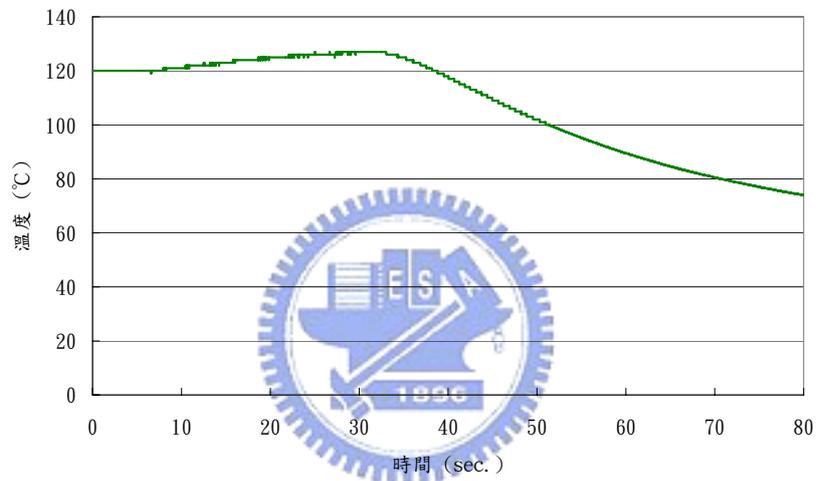
(c)

圖 4.4 模仁壓力、溫度及剪切機構速率之數據擷取

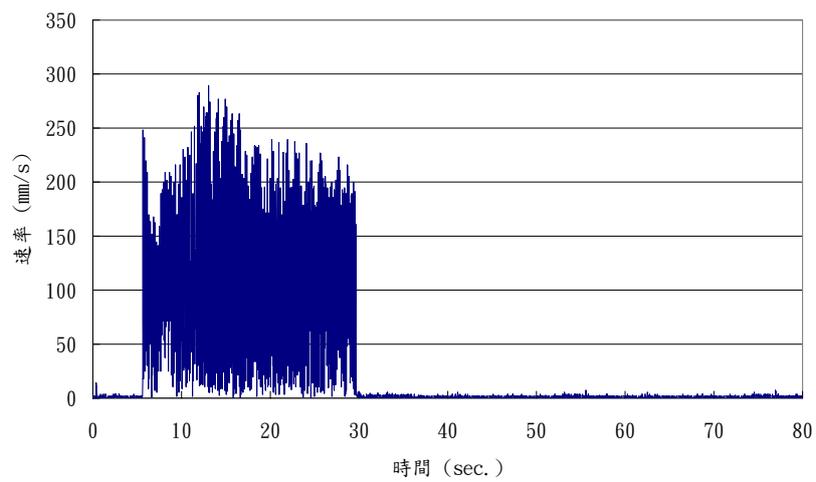
保壓力：1000bar



(a)



(b)



(c)

圖 4.5 模仁壓力、溫度及剪切機構速率之數據擷取

保壓力：1500bar

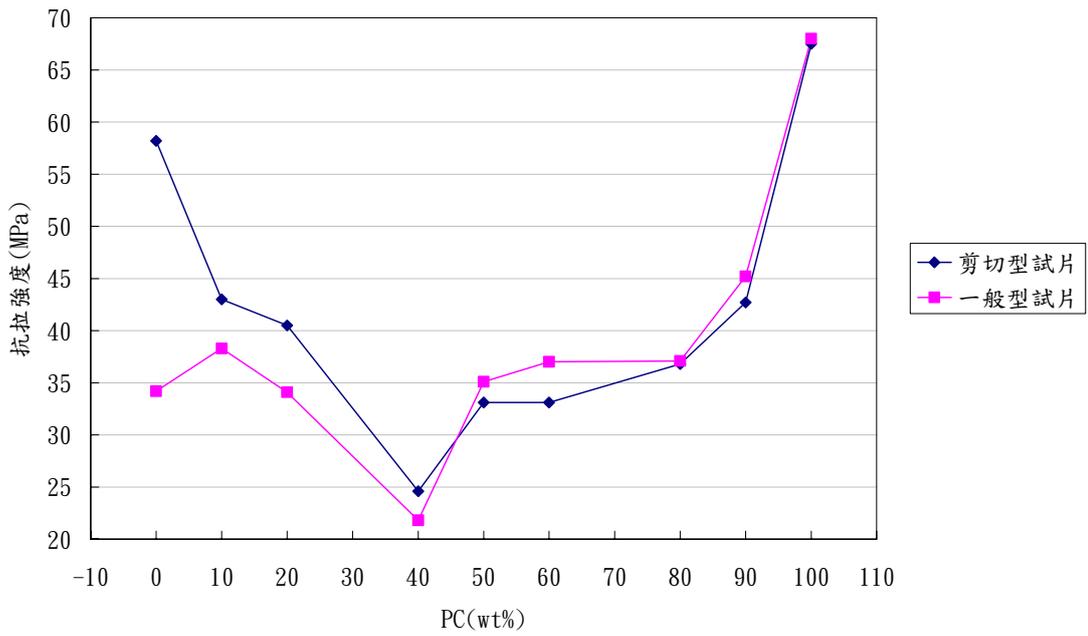


圖 4.6 PC(wt%)-抗拉強度，保壓力：500bar

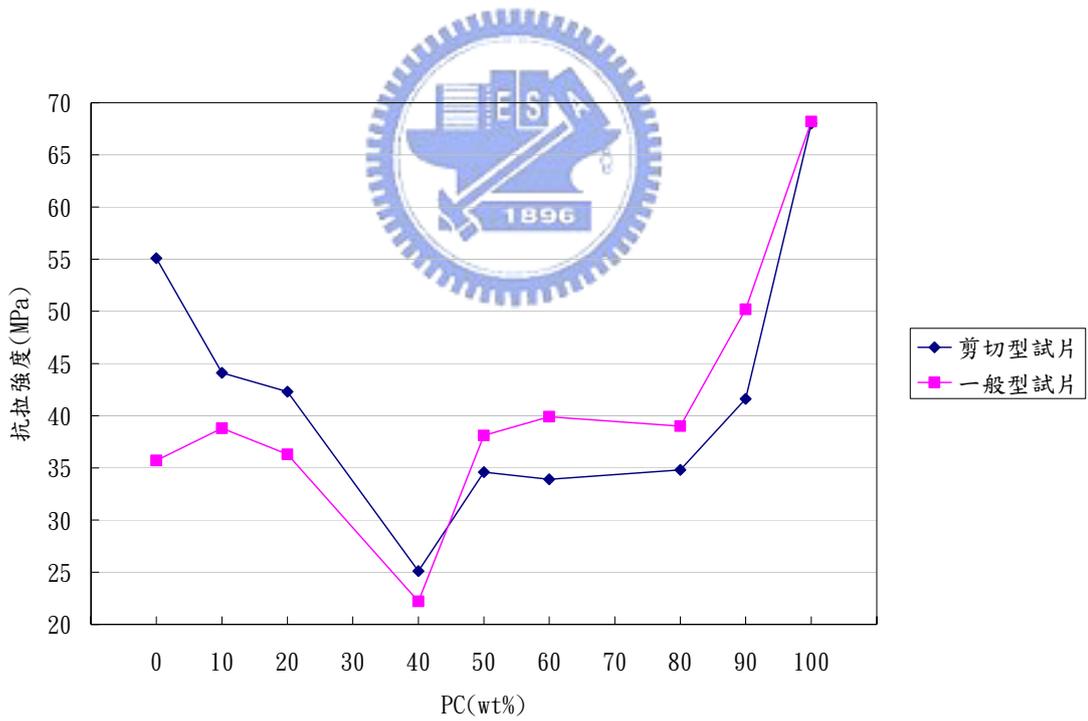


圖 4.7 PC(wt%)-抗拉強度，保壓力：1000bar

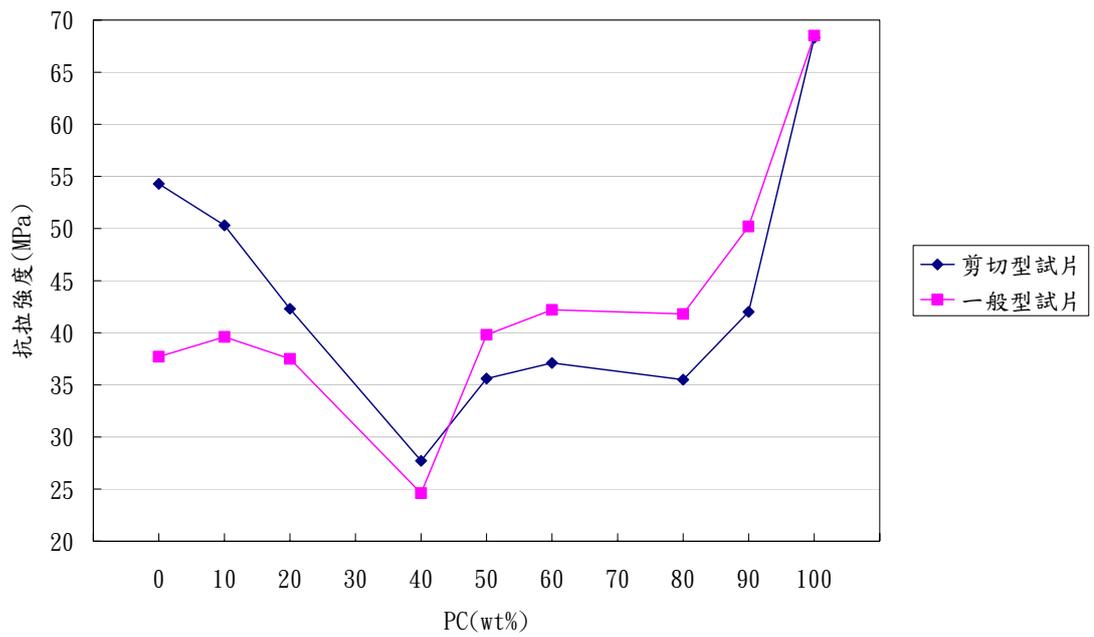


圖 4.8 PC(wt%)-抗拉強度，保壓力：1500bar

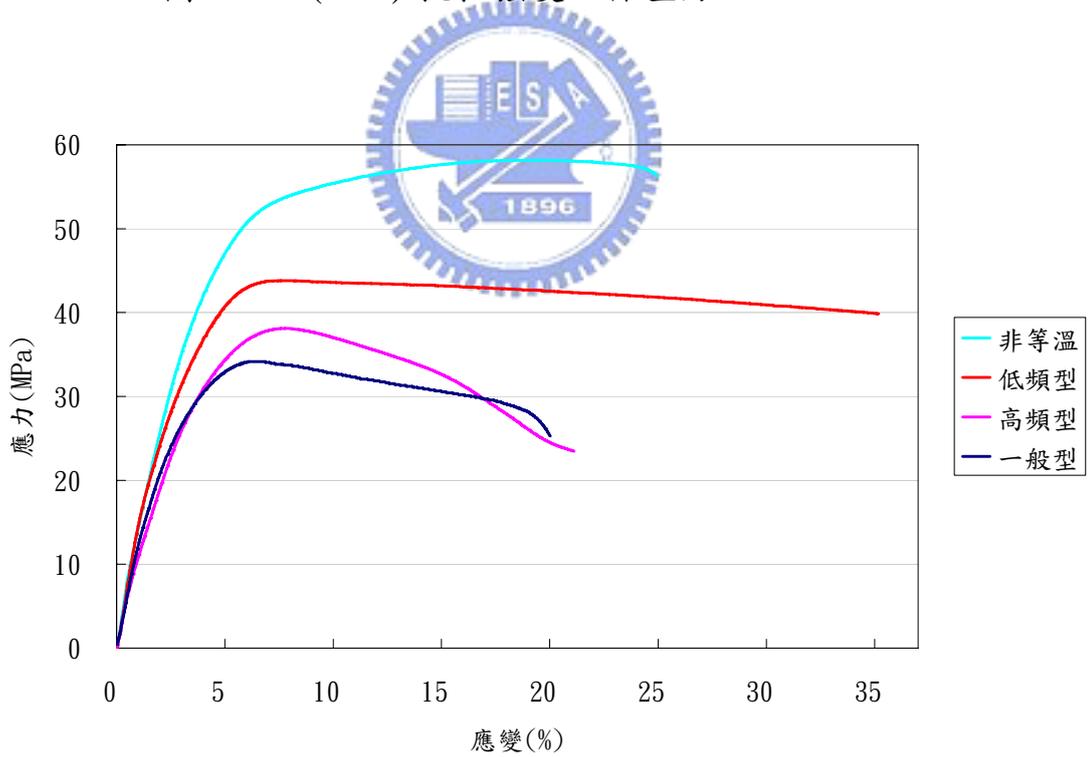


圖 4.9 應力-應變曲線，iPP(保壓力：500bar)

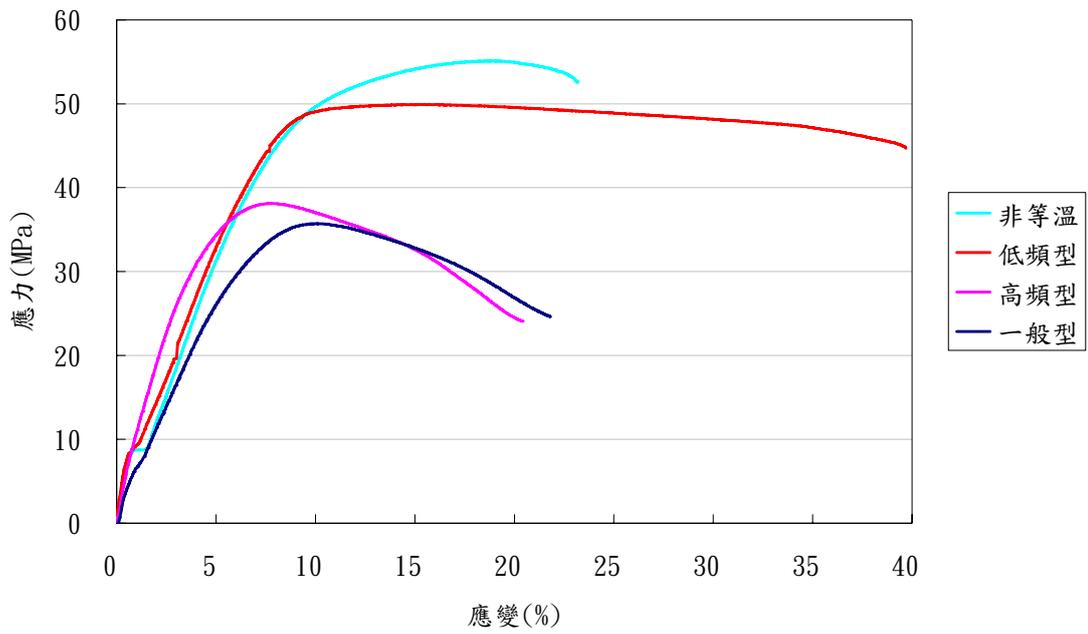


圖 4.10 應力-應變曲線，iPP(保壓力：1000bar)

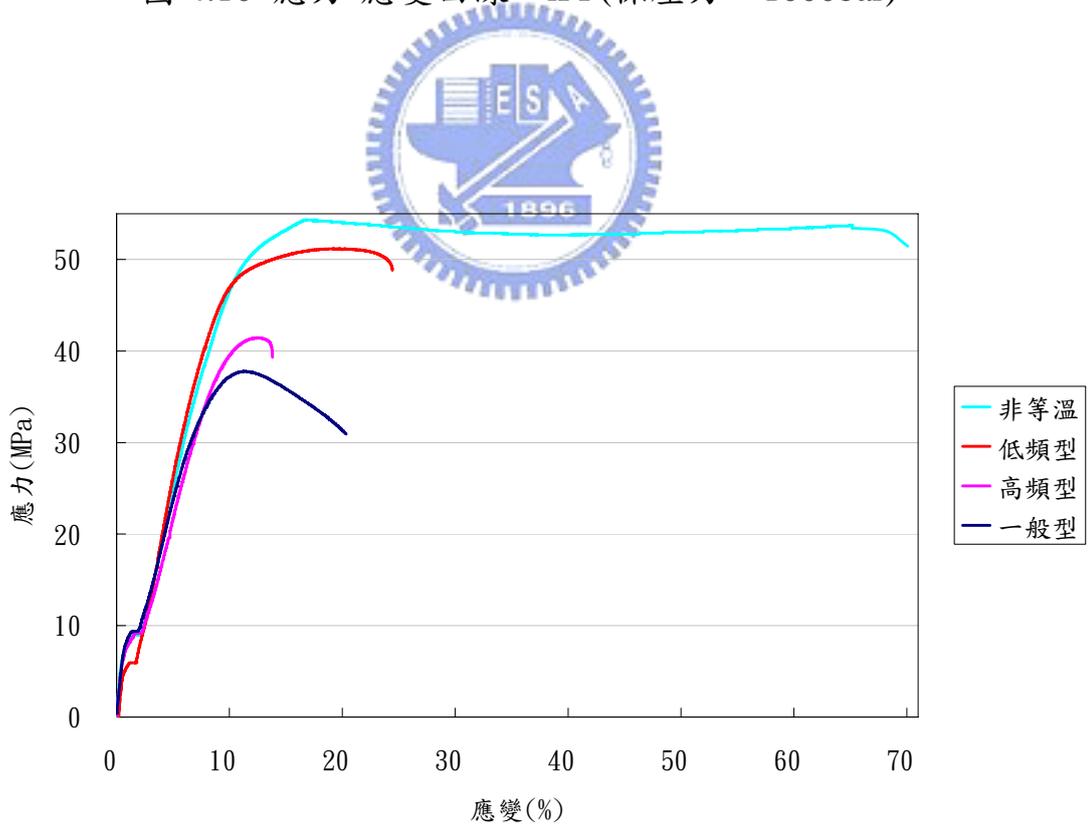


圖 4.11 應力-應變曲線，iPP(保壓力：1500bar)

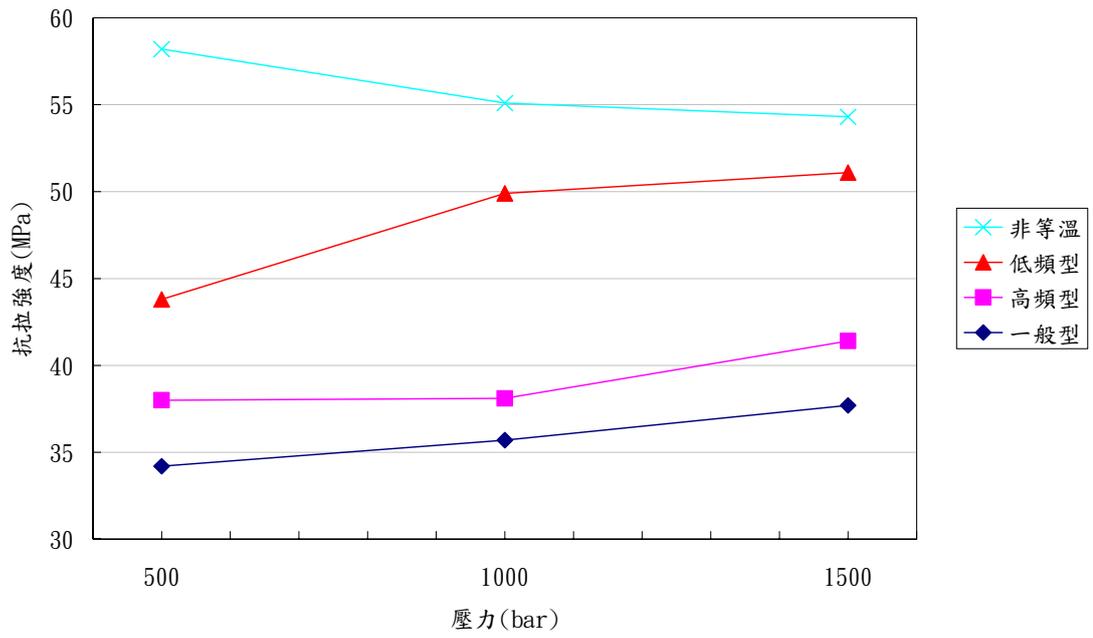


圖 4.12 壓力-抗拉強度，iPP

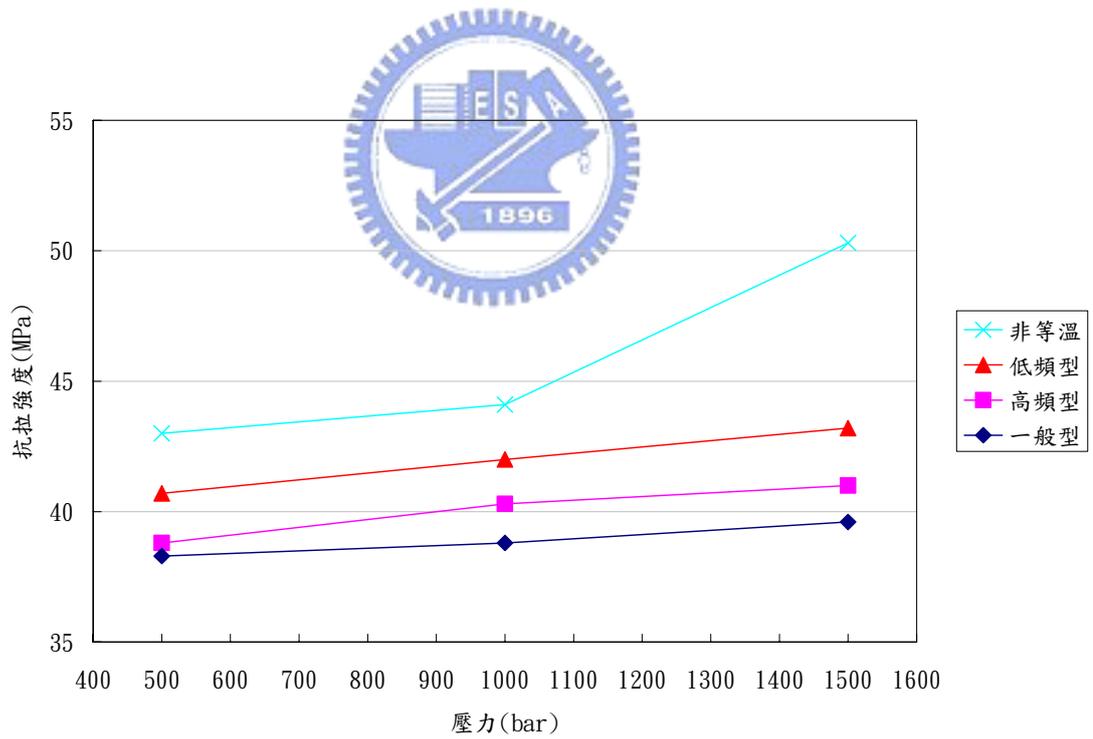


圖 4.13 壓力-抗拉強度，iPP/PC(90/10)

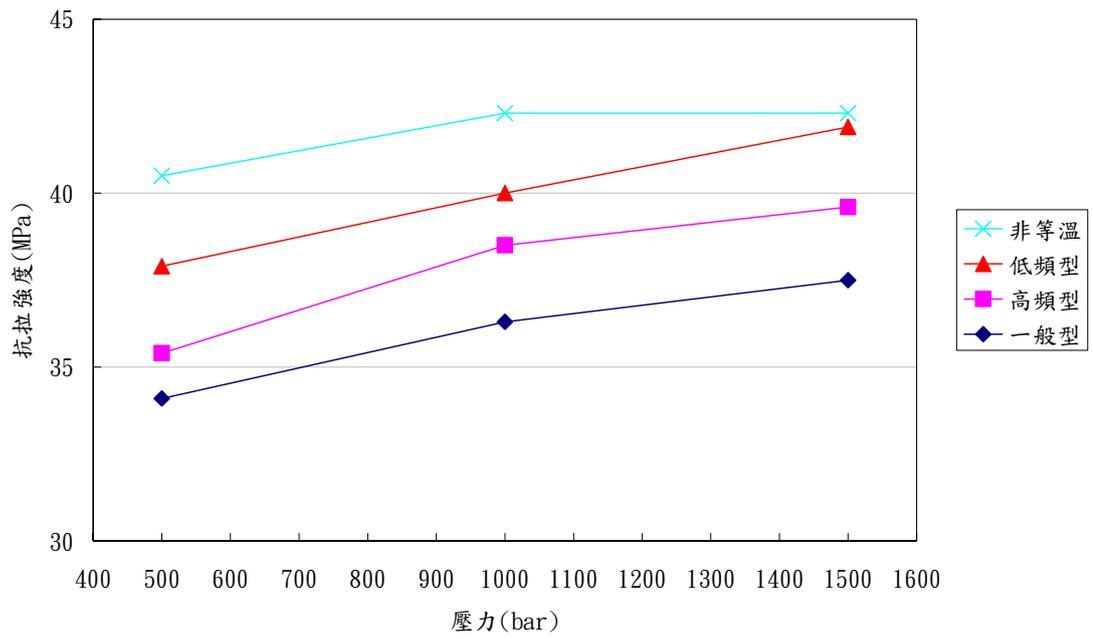


圖 4.14 壓力-抗拉強度，iPP/PC(80/20)

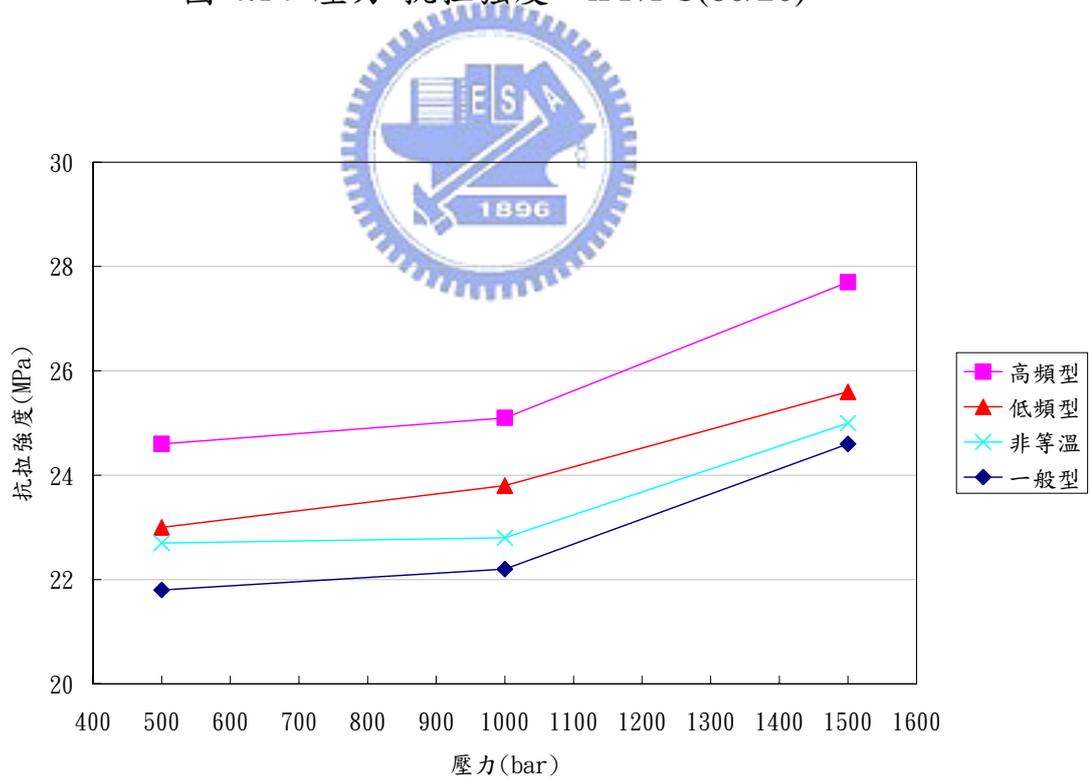


圖 4.15 壓力-抗拉強度，iPP/PC(60/40)

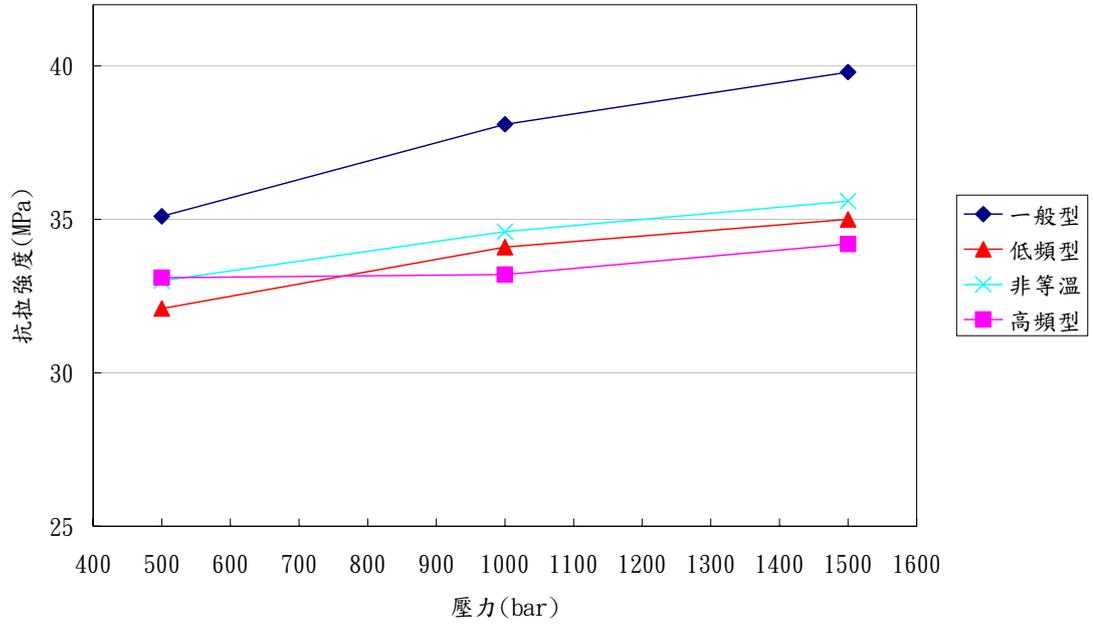


圖 4.16 壓力-抗拉強度，iPP/PC(50/50)

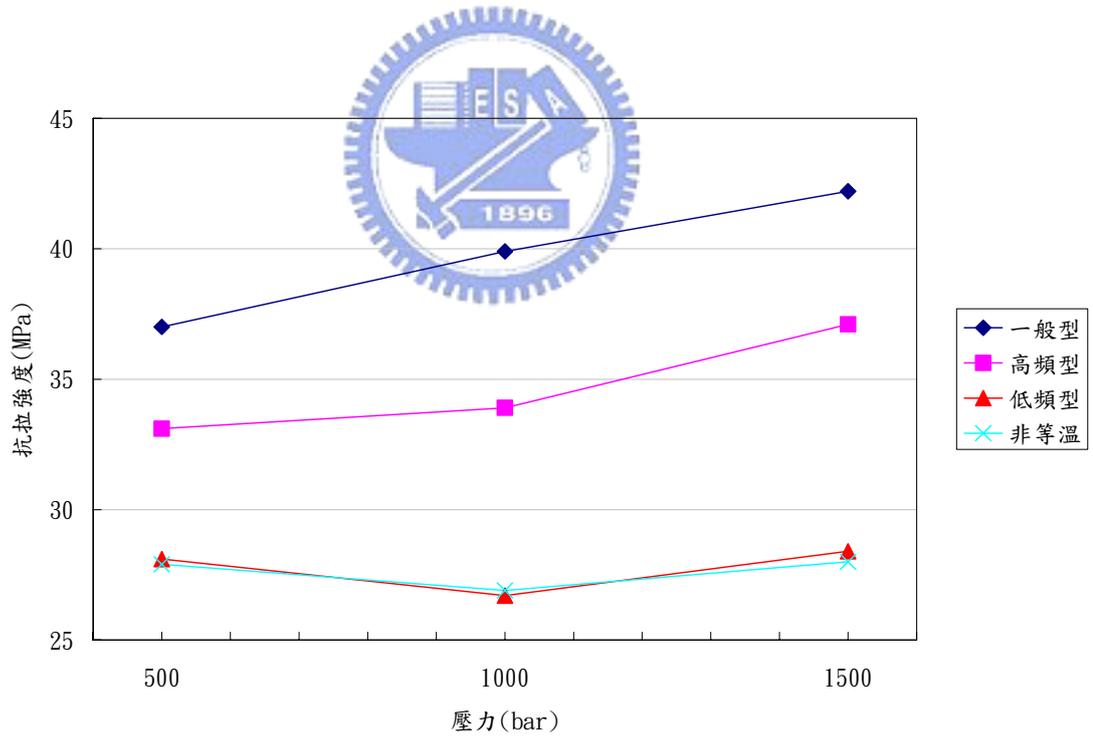


圖 4.17 壓力-抗拉強度，iPP/PC(40/60)

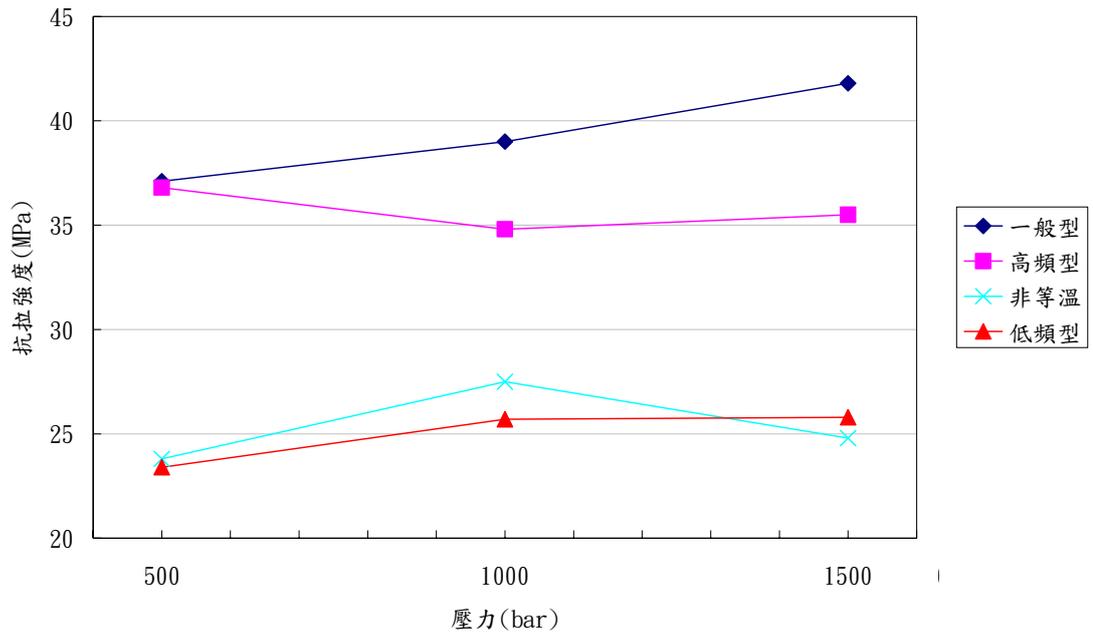


圖 4.18 壓力-抗拉強度，iPP/PC(20/80)

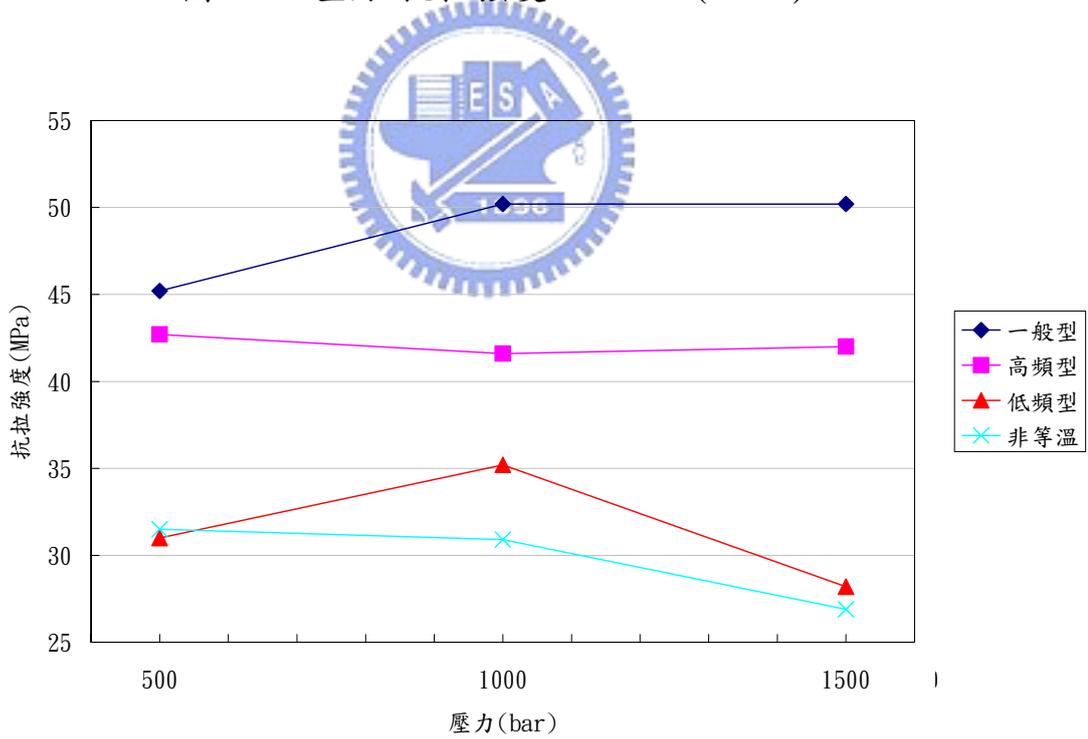


圖 4.19 壓力-抗拉強度，iPP/PC(10/90)

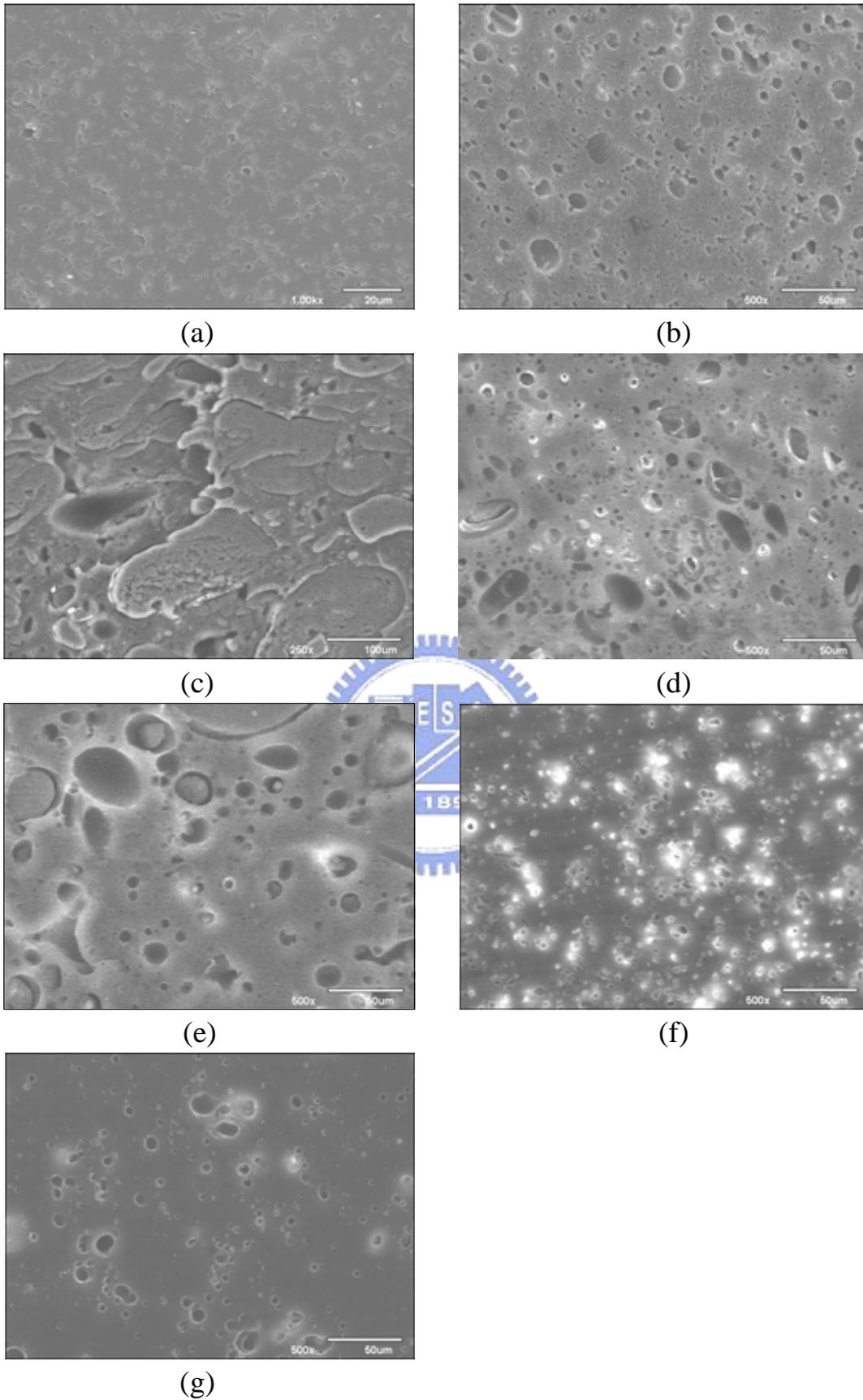


圖 4.20 iPP/PC 一般型試片之 SEM 照片，保壓力：500bar
 iPP/PC: (a)10/90, (b)20/80, (c)40/60, (d)50/50, (e)60/40, (f)80/20,
 (g)90/10.

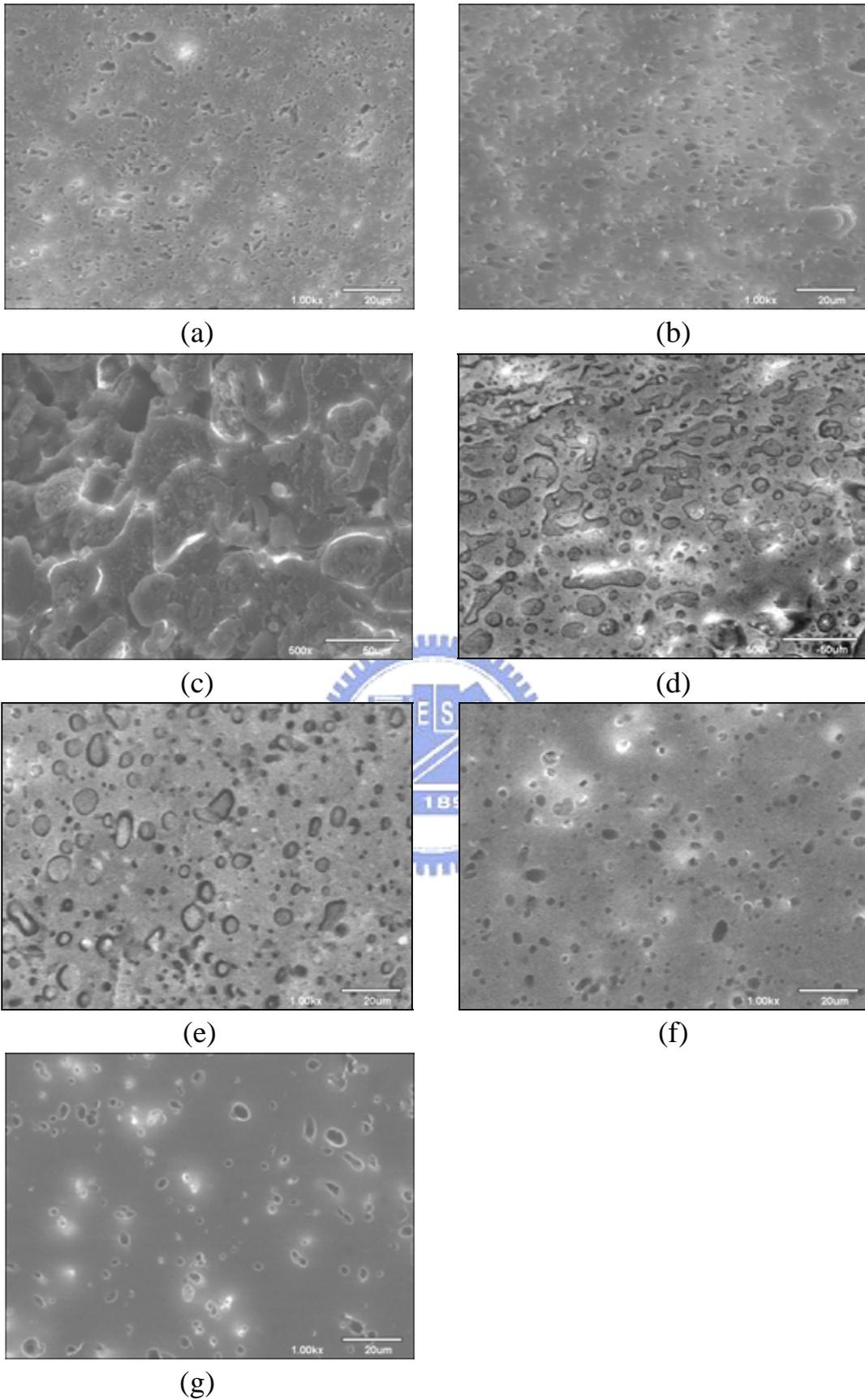


圖 4.21 iPP/PC 剪切型試片之 SEM 照片，保壓力：500bar
 iPP/PC: (a)10/90, (b)20/80, (c)40/60, (d)50/50, (e)60/40, (f)80/20,
 (g)90/10.

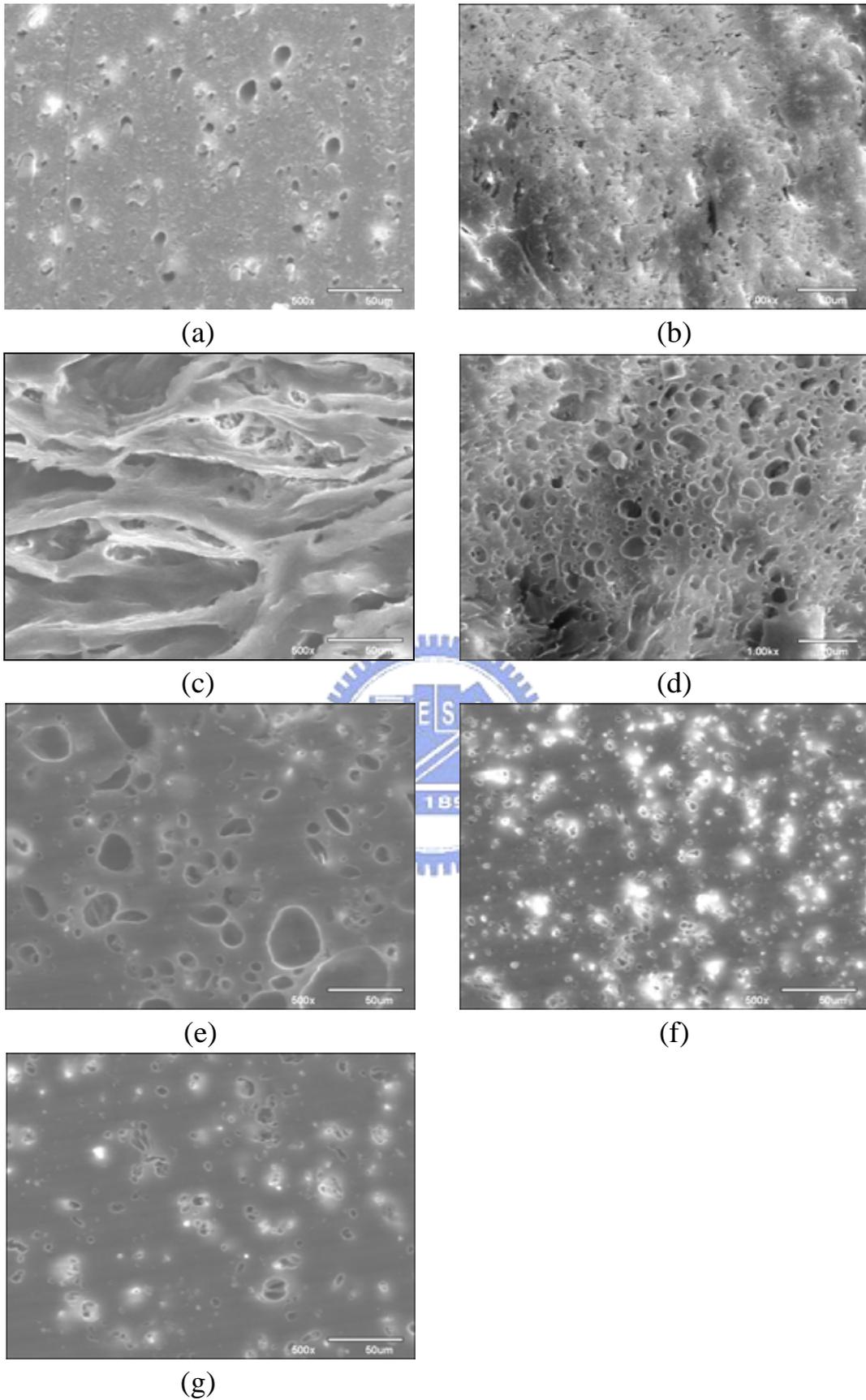


圖 4.22 iPP/PC 一般型試片之 SEM 照片，保壓力：1000bar
 iPP/PC: (a)10/90, (b)20/80, (c)40/60, (d)50/50, (e)60/40, (f)80/20,
 (g)90/10.

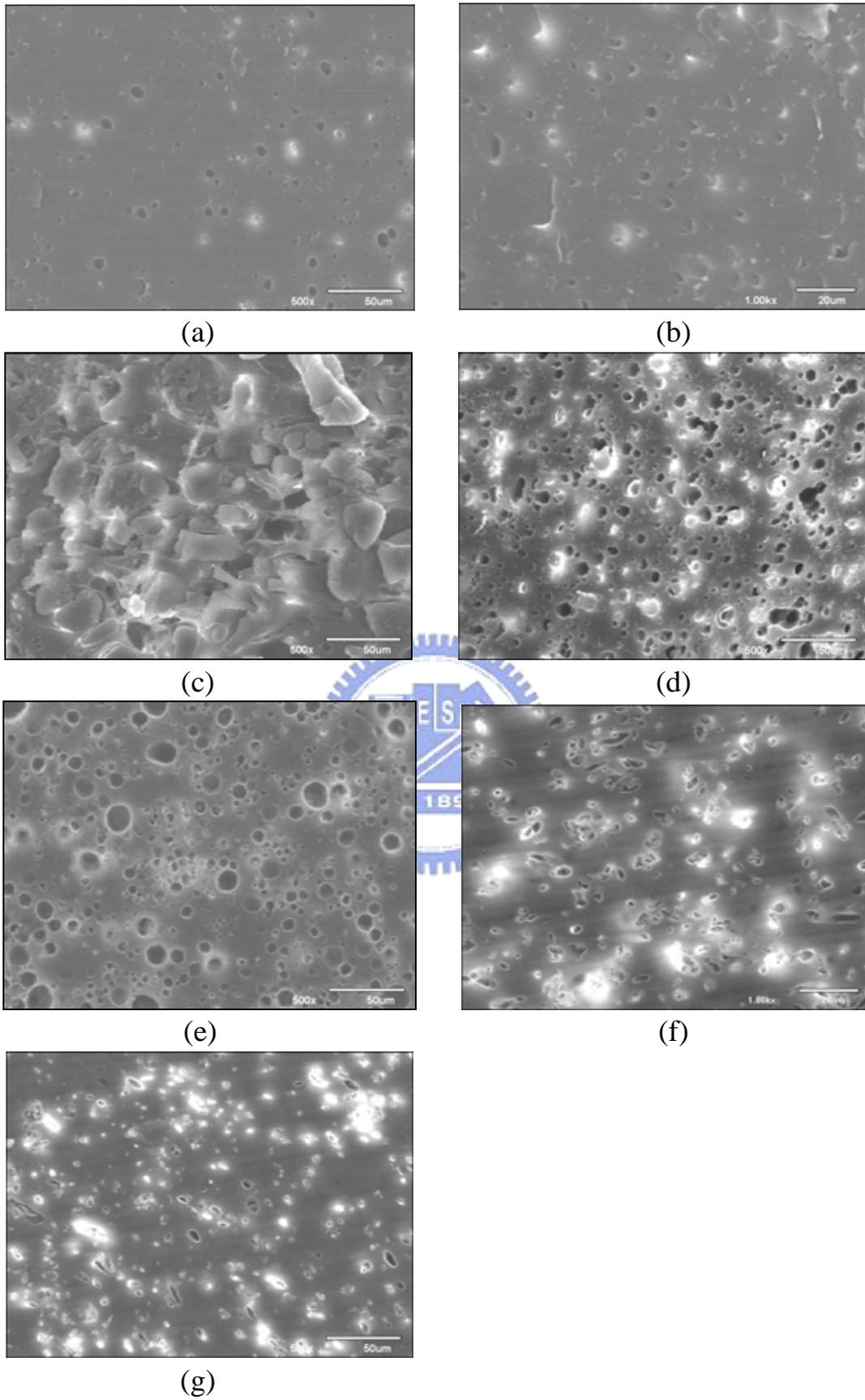


圖 4.23 iPP/PC 剪切型試片之 SEM 照片，保壓力：1000bar
 iPP/PC: (a)10/90, (b)20/80, (c)40/60, (d)50/50, (e)60/40, (f)80/20,
 (g)90/10.

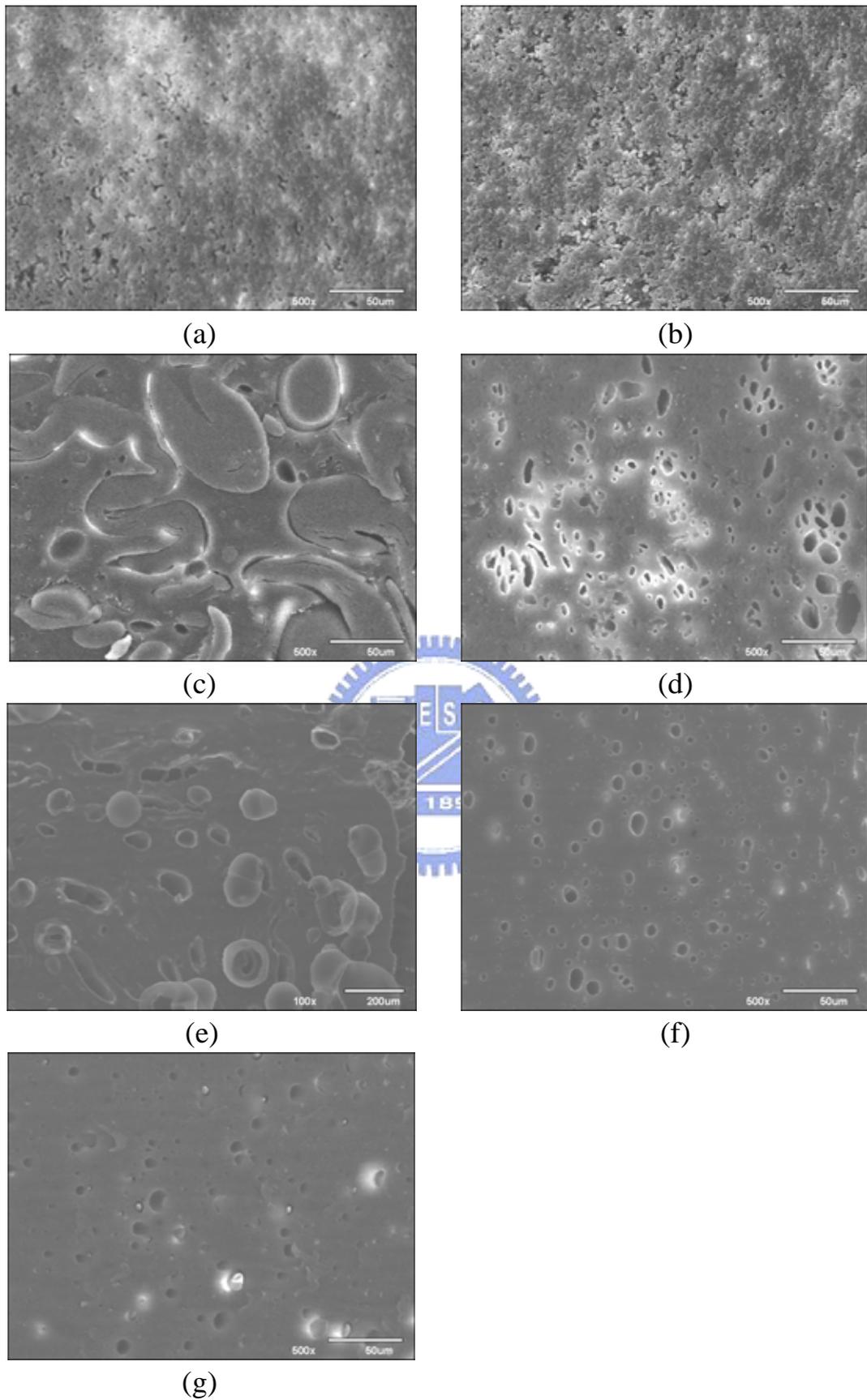


圖 4.24 iPP/PC 一般型試片之 SEM 照片，保壓力：1500bar
 iPP/PC: (a)10/90, (b)20/80, (c)40/60, (d)50/50, (e)60/40, (f)80/20,
 (g)90/10.

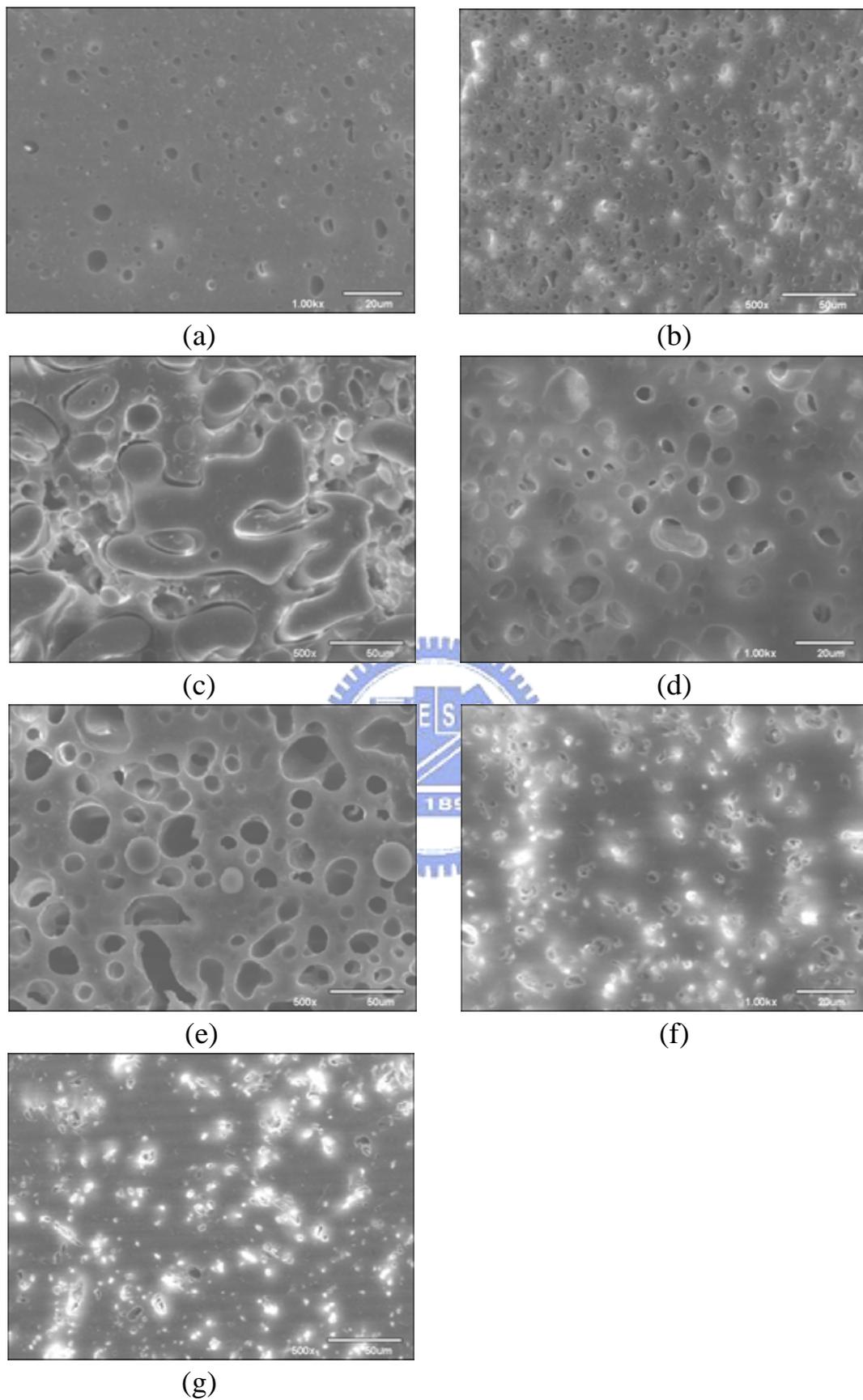


圖 4.25 iPP/PC 剪切型試片之 SEM 照片，保壓力：1500bar
 iPP/PC: (a)10/90, (b)20/80, (c)40/60, (d)50/50, (e)60/40, (f)80/20,
 (g)90/10.

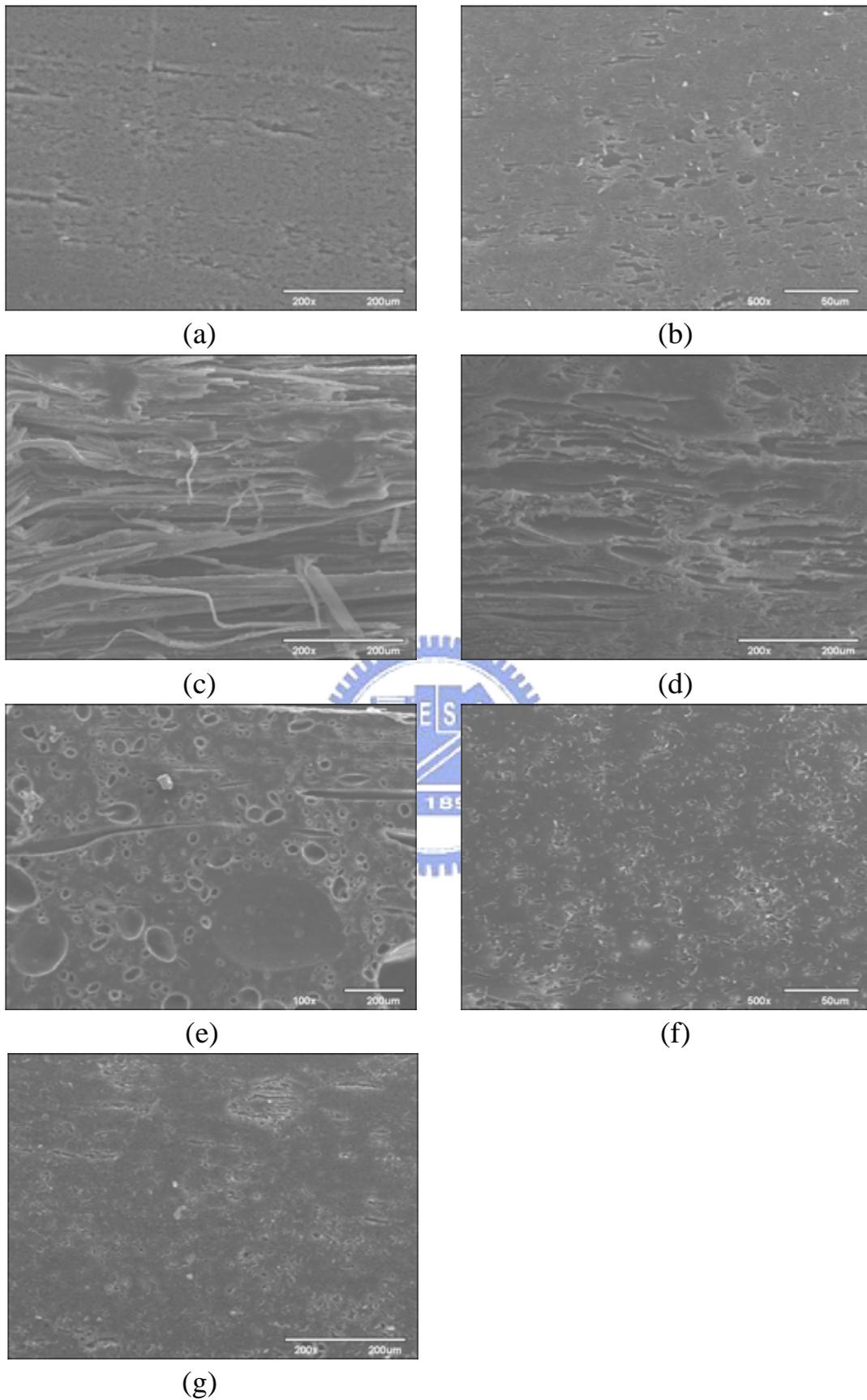


圖 4.26 iPP/PC 一般型試片，平行剪切方向斷面之 SEM 照片
 iPP/PC: (a)10/90, (b)20/80, (c)40/60, (d)50/50, (e)60/40, (f)80/20,
 (g)90/10.

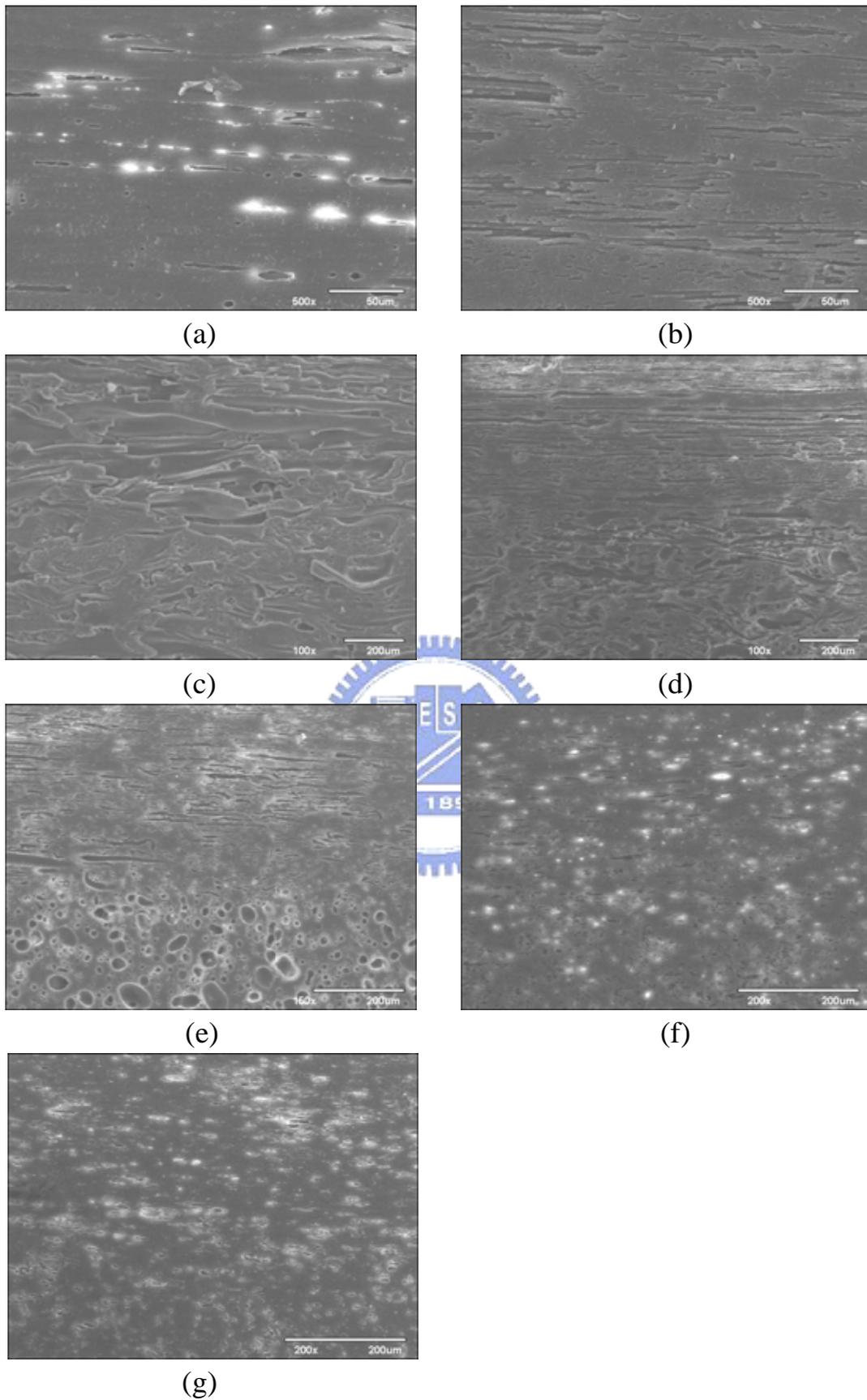


圖 4.27 iPP/PC 剪切型試片，平行剪切方向斷面之 SEM 照片
 iPP/PC: (a)10/90, (b)20/80, (c)40/60, (d)50/50, (e)60/40, (f)80/20,
 (g)90/10.

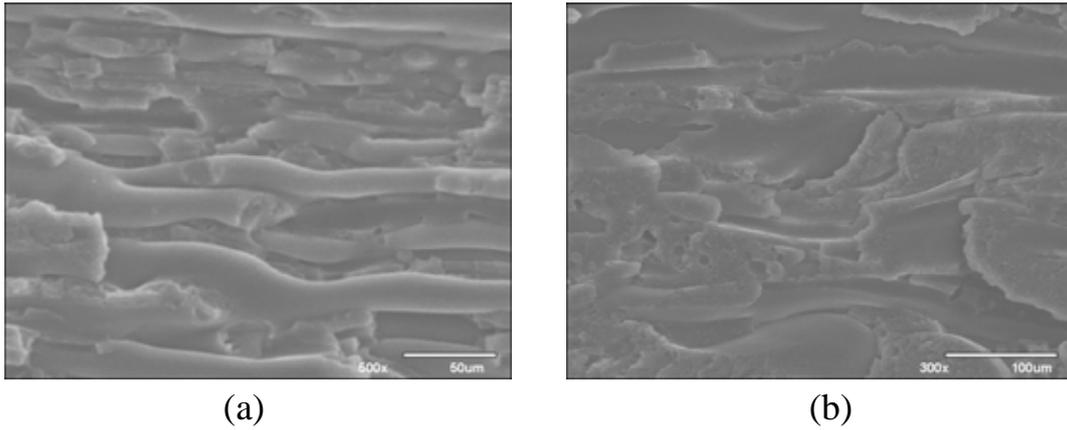


圖 4.28 iPP/PC(40/60)，平行剪切方向斷面之 SEM 照片
 (a)：靠近表層，(b)：靠近內層

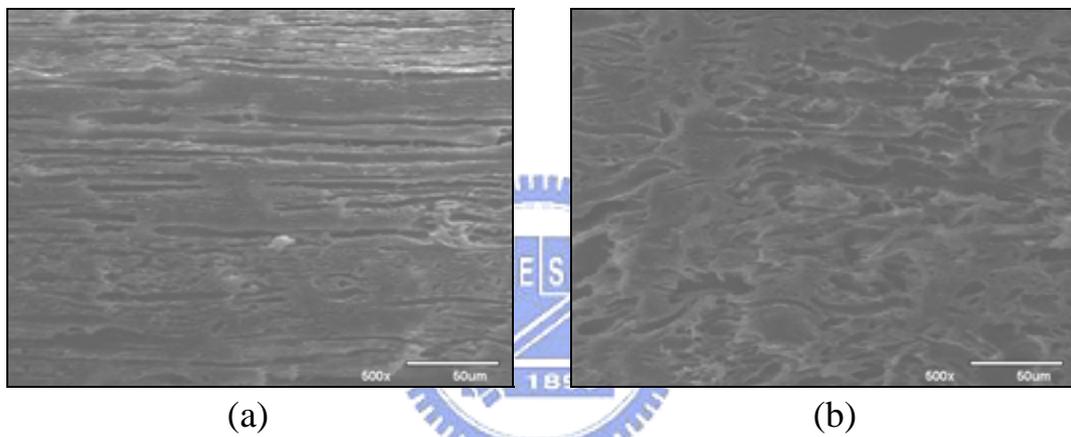


圖 4.29 iPP/PC(50/50)，平行剪切方向斷面之 SEM 照片
 (a)：靠近表層，(b)：靠近內層

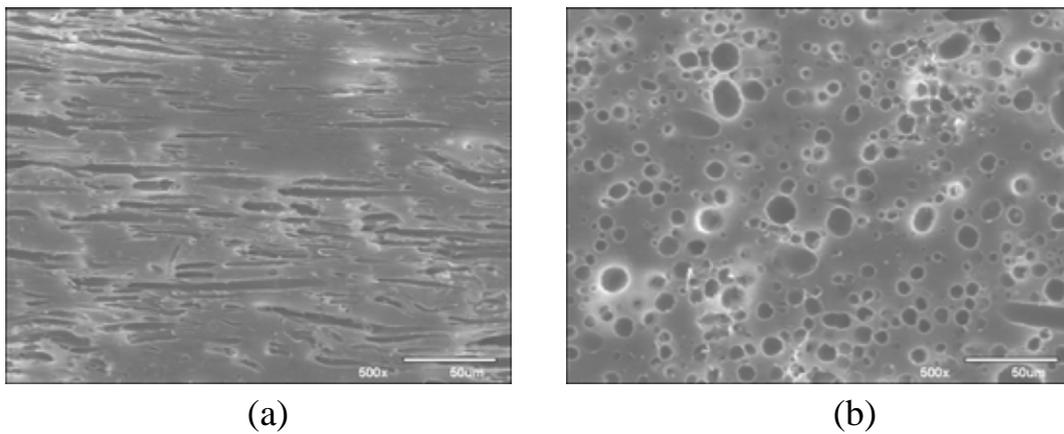
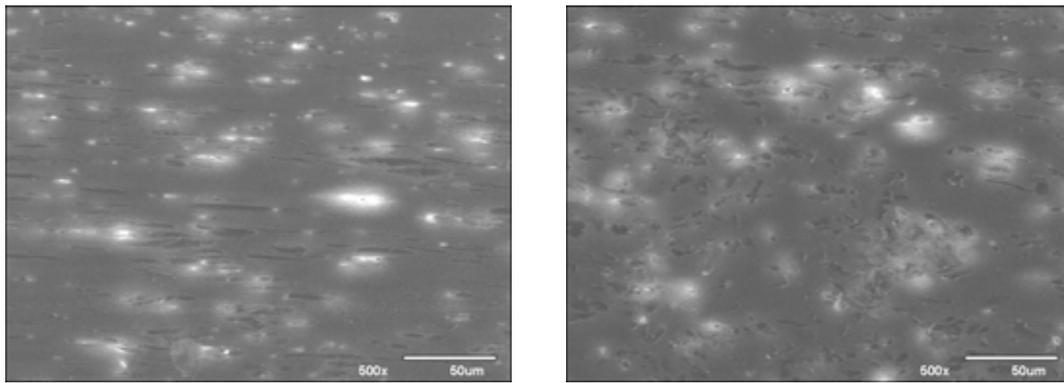


圖 4.30 iPP/PC(60/40)，平行剪切方向斷面之 SEM 照片
 (a)：靠近表層，(b)：靠近內層

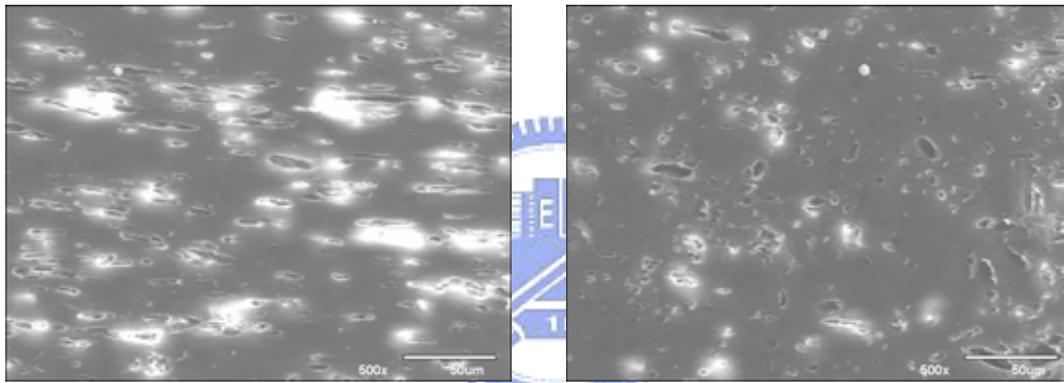


(a)

(b)

圖 4.31 iPP/PC(80/20)，平行剪切方向斷面之 SEM 照片

(a)：靠近表層，(b)：靠近內層

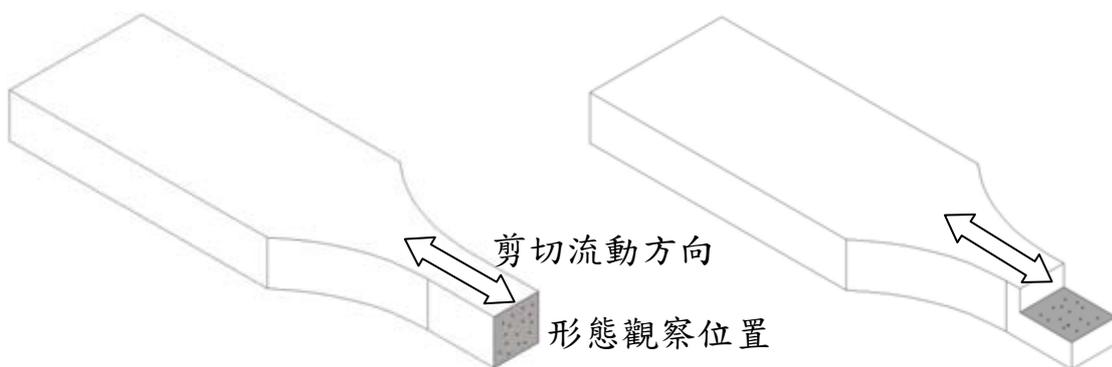


(a)

(b)

圖 4.32 iPP/PC(90/10)，平行剪切方向斷面之 SEM 照片

(a)：靠近表層，(b)：靠近內層



(a)垂直剪切流動方向

(b) 平行剪切流動方向

圖 4.33 試片形態觀察位置示意圖

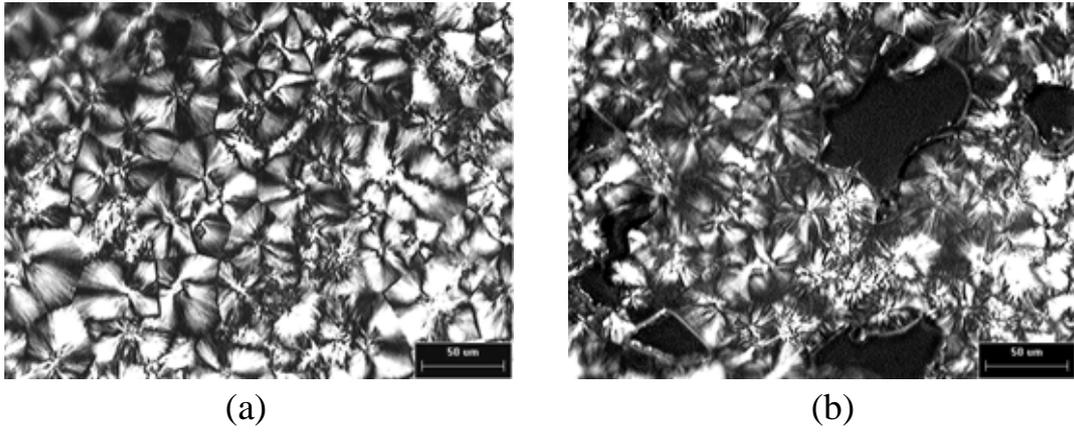


圖 4.34 純 iPP 未施加剪切之結晶形態

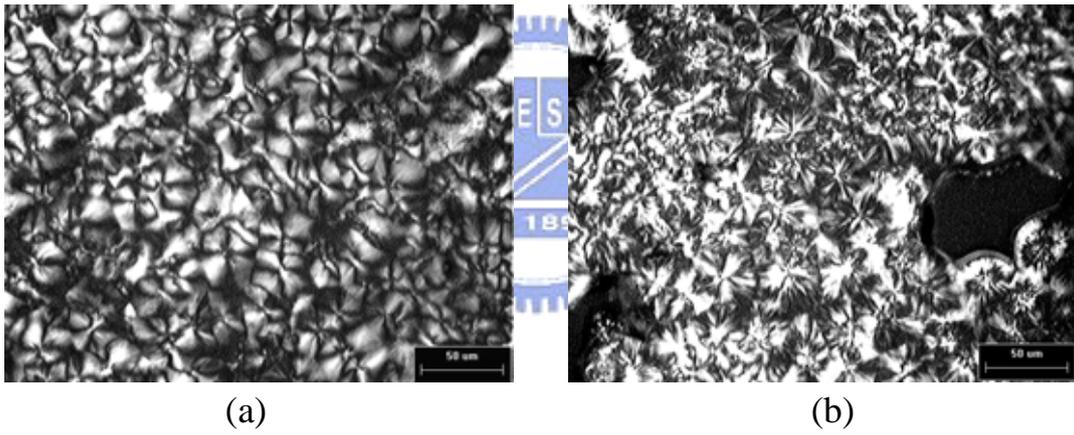


圖 4.35 純 iPP 高頻型剪切之結晶形態

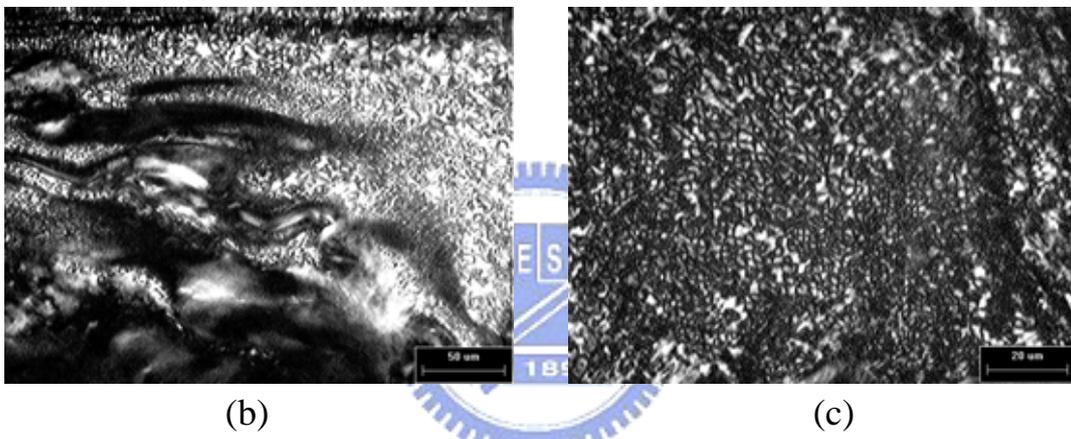
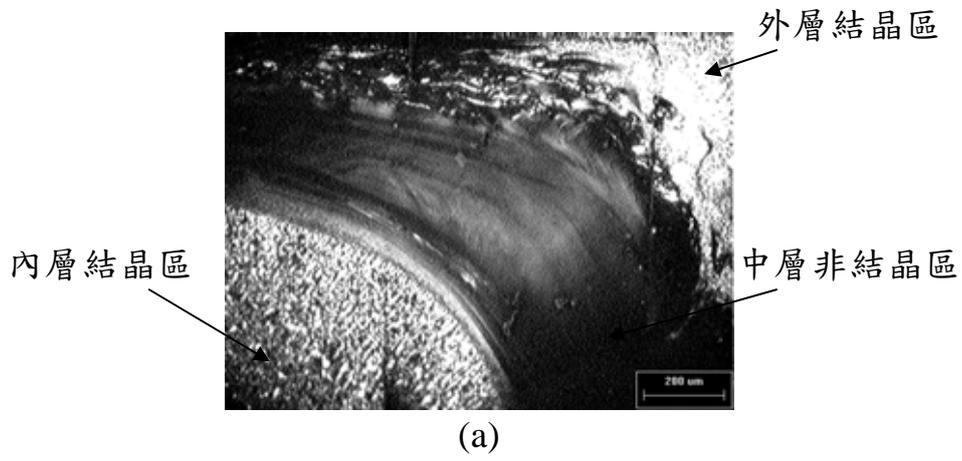


圖 4.36 純 iPP 低頻型剪切之結晶形態

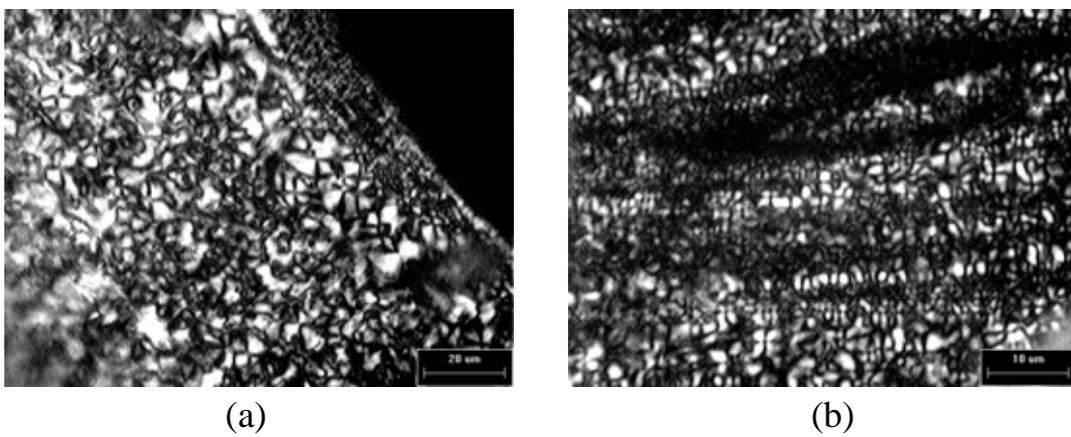


圖 4.37 純 iPP 非等溫剪切之結晶形態