

### 第三章 塑膠射出成型件的缺陷、翹曲與變形

#### 3.1 塑膠射出成型件常見的缺陷

能將產品的品質做到符合客戶的要求，並增加產品的生產效率，有效的掌握生產成本，提高公司產品競爭力，是一般公司追求的目標。影響到產品的品質的問題主要反應在塑膠射出成型的缺陷，要克服這些缺陷並將產品的品質要求做到最好，需要適合的生產的技術。

好的塑膠射出成型件，除了形狀尺寸要精確外，結構要符合強度要求，外觀要完美，才能被消費者接受；但常因加工不妥而有許多種的缺陷現象[1]，包括了收縮 / 縮水、接合線、表面凹痕、充填不足、成品毛邊、翹曲 / 變形、表面流痕、內有氣泡等，如圖(3.1)所示。

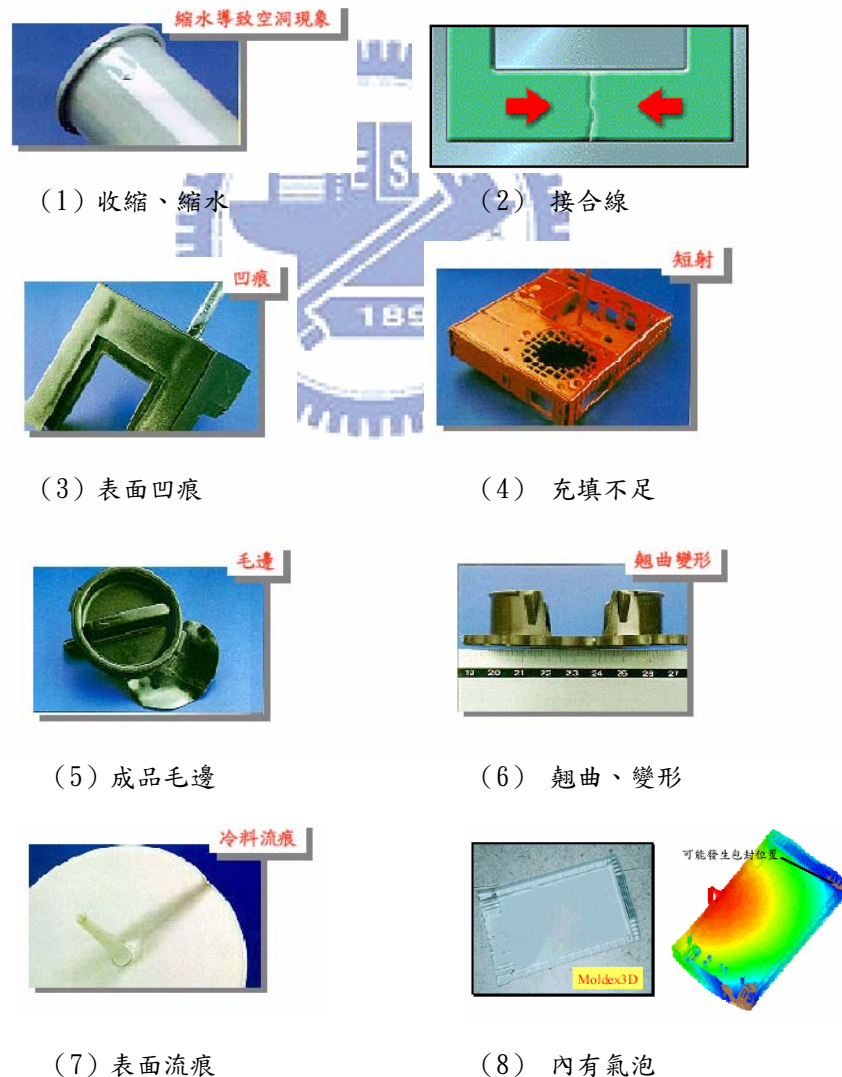


圖 3.1 射出成型件常見的缺陷[1]

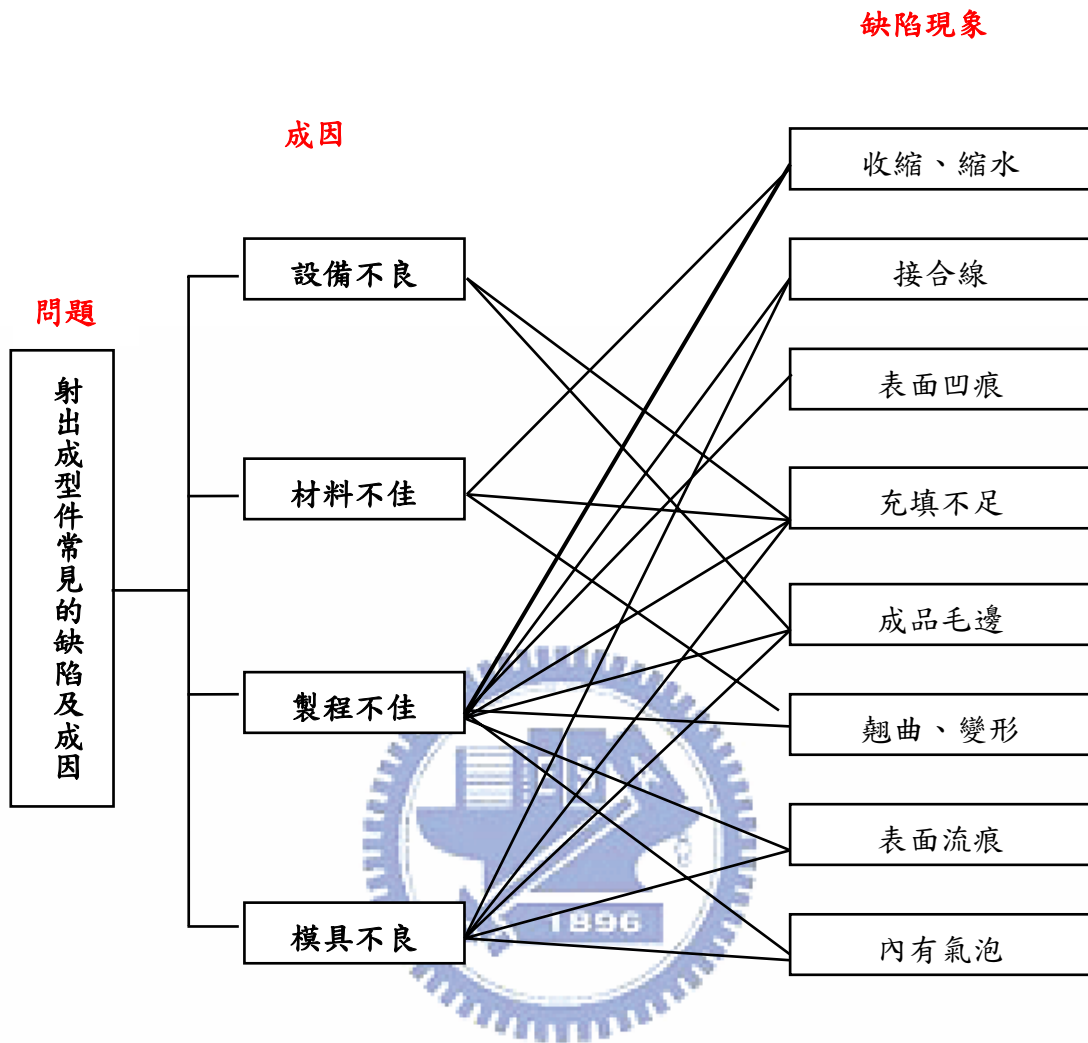
### 3.2 射出成型品質缺陷的成因

在成型加工時最重要的是將設備、材料、製程、模具等主要加工要因掌握，依正確作業規範來進行。但在各種不確定問題下，要滿足工程作業與品質要求，讓射出成型品很快速、標準化、有效率的進行生產；當加工時成型品產生缺陷的問題，需有系統的分析、找出解決的對策，並且快速的解決。成型品的缺陷有下列幾種成因，如表(3.1)所示。其說明如下：

- (1) 設備不良：『工欲善其事，必先利其器』；選用合適的成型機台大小、射出噸數及相關塑料儲存、烘乾、輸送等，為成型加工中最重要的工作，若不如此成型品則易產生缺陷。
- (2) 材料不佳：塑料的使用是依產品外殼機構強度要求，以及射出成型作業需求，選用合適塑料來進行成型加工作業，是重要的課題，其材料不佳自然容易形成品的缺陷。
- (3) 製程不佳：在射出成型加工時的速度、充填時間、充填壓力、保壓時間、冷卻時間等都是製程條件；製程不佳是影響品質作業中，最應被留意的，成型加工製程條件應隨時被調整到最合適的；因沒有好的加工製程條件，無法將成品完整的、標準化的被生產與製造。
- (4) 模具不良：模具的使用讓產品可大量的被複製，以生產同一品質的成品；模具的設計與製造的因素，將直接影響到產品的品質，因此應選用合適的模具作業；模具設計不良，產品的品質不可能好。

綜合上述，選用合適的塑料、機器設備、模具設計與製程條件來進行生產，為最重要的技術要求，避免射出成型品質缺陷。

表 3.1 射出成型件常見的缺陷及成因



### 3.3 翹曲、變形的現象

翹曲、變形是由射出成型加工後，其產品零件內部受保壓壓力與內應力收縮變化而造成的，單有收縮並不會造成翹曲，而一個厚度均勻的收縮只會使到物體變小而已。物體發生翹曲，是因為產品零件在成型收縮時發生不均的現象，故造成內應力（所有的零件均有內應力），而該內應力超過產品零件的剛度，所以就發生翹曲、變形的現象。而翹曲的形成就是由於塑膠成型件收縮不均所造成的；如果元件收縮的區域不均勻，那就會在此元件內產生應力，而該應力得視產品零件的剛度而定，長時間的翹曲則可能會造成產品零件的變形，甚至是產生裂縫等。

射出成型時，在塑流的方向上以及與其直交之方向上，其成型收縮率並不相同，在塑流方向上，其成型收縮率較大，兩方向收縮率之差異，在結晶性樹脂之場合，大致達到 40/1000 之量，此外成型收縮率亦與肉厚之不同而相異，這種成型收縮率之差異必然是造成成型件變形之潛在原因。因此在成型收縮終了後，因射出壓力已經解除，成型件

將很快地就出現翹曲、變形等現象，嚴重時造成不良的結果。此外，如果成型品在模具內未能充分予以冷卻固定而即行取出時，亦將受頂出銷衝擊而導致成型件的變形。

矯正翹曲、變形之對策，除了必須適當地調整成型製程條件之外，補助矯正的方法有冷卻或使用矯正用夾具的方法，但是這種方法通常只針對固化不完全之成型品在取出後即行矯正並且要維持數分鐘以上才有效，在生產效率面上，並不值得採用；因此由上述得知導致射出成型件翹曲、變形等缺陷現象的原因為：

### (1) 冷卻不足的情形

當成型件在冷卻不足之情況下即從模具內取出時，塑件固化冷卻不全之情況一樣，將因頂出銷之衝力而使成型品產生變形；其改善的方法為將成型件在未取出之前，應要完全地給于冷卻固化，但在特殊的情況之下，會有部份難以完全冷卻的情形，即使以標準之射出成型條件予以冷卻時，亦很難防止這種變形的發生；因此在這種情形下，必需在冷卻困難之模具部份，另外加裝冷卻配管予以額外處理才可。

### (2) 因頂出銷頂出變形的情形

除了在固化不足時，容易因頂出銷頂出產生之變形以外，當模具因離模性不良時，所產生之頂出變形亦常有所聞，因頂出力而使成型件產生破裂、變形或頂出點產化白點（白化）之現象；其改善的方法是降低射出壓力，並提高加熱汽缸之溫度，以便提高離模性；若仍然無法改善的話，應該修正拔模斜度以利離模之容易性；最後的方法是針對離型不良之部份，另外增加頂出銷或加大頂出銷之直徑亦有顯著之效果。

### (3) 成形時產生變形的情形

因塑流方向而產生成型收縮率差，產生翹曲、變形的現象，矯正的方法可以將成型條件，修正到成型收縮率差較小的成型條件；如提高塑膠之溫度，減低射出壓力等，如果仍然無法有效地予以改善時，則應採用補助冷卻或夾具矯正之方法，或將澆注口之位置轉移到最容易產生翹曲、變形的地方附近。此外，可以在彎曲部份之內側，增加補強肋（rib）以防止變形之發生。

## 3.4 翹曲的原因

塑膠射出成型後，產品會發生翹曲、變形的原因包括了：溫度差異（主要的因素）- 收縮率不均、壓力差異、分子定向（非結晶性材料）、結晶度差異等。當不同層溫度不均、不同點流向不同、不同點冷卻速率不同時，便有可能引起收縮不均勻；例如若零

件有不同的厚度，則厚的部分冷卻較慢收縮量較大，薄的冷卻快，收縮量較小，如此便會產生不均勻的收縮，不均勻的收縮會造成零件的內應力而零件是否會翹曲，就須考慮與衡量產品零件的內應力，與剛性兩者間強與弱的問題。

若是剛性較強，有辦法壓過收縮不均，則零件就不會翹曲；反之，若收縮不均勻的很厲害，剛性擋都擋不住，如此便翹曲了。如前收縮的起因所述，可能引起不均勻收縮的情況有很多，上面的厚薄不同只是其一。對晶質材料而言，若有的部份冷卻較快，有的部份冷卻較慢，快的會來不及結晶，收縮量較小，慢的會慢慢結晶，收縮量較大，因此便會造成不均勻的收縮。對非晶質材料來說，順著融膠流向的會收縮較大，垂直融膠流向的收縮較小，於是在兩個方向的收縮便不均勻了。

### 3.5 減少收縮不均（內應力）的方法

塑膠射出成型後，產品會發生收縮不均，產品內應力過大的發生，其產生上述問題的原因有：調整模具設計及修正成型條件使之平衡。改善塑膠材料，(如使用或依比例加入玻璃纖維(glass fiber)等)。成型件設計改善(如增加補強肋等)。提高產品、零件剛(強)度的方法，(如改善產品、零件斷面設計，提高材料的E值(彈性係數)等。如果「剛性」比較重，表示剛性勝過了收縮不均勻，零件不會翹曲；如果「收縮不均勻」比較重，表示收縮太嚴重，剛性不夠強，所以會翹曲；所以使用剛性比較好的材料，就可以減少翹曲、變形等問題的可能。

### 3.6 翹曲、變形分析

本論文將以無線通訊產品射出成型後，產生翹曲、變形等缺陷現象來做研究分析與討論。翹曲、變形分析位移分布(displacement distribution)，如圖(3.2)所示：以不同顏色，顯示塑件在成型完畢脫模後，因收縮所產生的位移量；以x軸、y軸、z軸方向位移而言，代表塑件在座標系(取決於圖形建檔時之參考座標)；x軸、y軸、z軸方向的位移變化u。正值代表塑件變形方向為正，+x軸、+y軸、+z軸方向之變形量(向外擴)；負值代表沿-x軸、-y軸、-z軸方向之變形量(向內縮)。

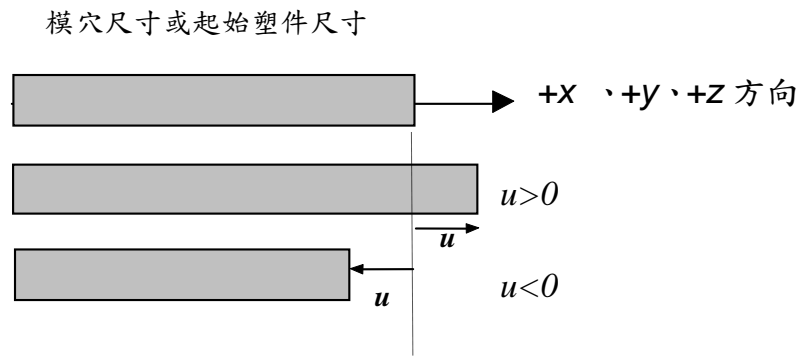


圖3.2 翹曲變形量分析

### 3.7 結語

綜合上述，為改善成品的品質，不論是在成型設備、塑膠材料、成型製程、模具製造等成因，與成型不良缺陷等現象，皆需要去掌握與解決這些問題。因此成型作業要依正確製程規範，與品質標準要求，讓射出成型品能很快速、標準化、有效率的進行作業。若成型問題能有系統的被分析、找出解決的對策，且快速有效率的被解決；此為改善成型問題最顯著的，最有效率的解決對策。

產品零件的翹曲、變形，是由於射出成型加工後，其內部受保壓壓力與內應力收縮變化而造成的，再加上其因為產品零件，在成型收縮時發生不均的現象，故造成內應力（所有的零件均有內應力），而該內應力超過產品零件的剛度，所以就發生翹曲、變形的現象。

如果零件有不同的厚度與薄度的設計，就應該瞭解並考慮它的冷卻速度與收縮量的大小，如此就能減少產生不均勻的收縮，而避免零件的內應力產生，導致發生翹曲，變形的品質不良因素，就要考慮與衡量，產品零件的內應力與剛性間的設計，並且配合成型零件的造形與尺寸設計，來進行安排與設定成型製程條件的作業要求。