

## 氣體式變模溫控制技術應用

韓志翔<sup>1</sup>、劉文斌<sup>2</sup>

Ivan Han、Web-Bing Liu

<sup>1</sup>先特精密工業股份有限公司

<sup>2</sup>科盛科技股份有限公司

(Xantop Industries, Inc.)

(CoreTech System (Moldex3D) Co., Ltd.)

### 摘要

射出成形的模具表面溫度條件對於塑料在充填模穴時的流動特性影響很大，尤其是薄形件產品當使用傳統射出製程上的低模溫條件進行生產時，往往會因為接觸模面區域形成固化層及持續冷卻流動波前，而使成品產生了表面外觀品質、機械物性、冷卻收縮特性及成型殘留應力過大等等不良的問題。目前較新的射出成型技術可藉由快速變模溫技術來解決一些薄形件產品的表面缺陷問題，例如合膠線、表面浮纖及產品翹曲等現象。所謂快速變模溫技術是藉由快速提高模具模面溫度使塑料在充填階段時，模具表面是處在高溫條件，以避免在射出時塑料熔膠同時進行充填及冷卻。

本報告是介紹利用高溫氣體來作為快速變模溫的介質，在射出充填階段前快速精準定量將氣體注入模穴中，可以瞬間加熱模穴表面溫度至 200<sup>0</sup>C 左右，且高溫溫度變化區域可以有效控制在模具表面附近，不會造成模具鋼材因溫度變化過劇而產生尺寸膨脹的配合度問題。本製程技術可以快速提昇模具表面溫度，使射出階段時塑料可以在一個高模溫的模穴中進行充填，所以可以有效改善因低模溫條件所造成的產品缺陷，解決傳統射出成品常遇到外觀不良、合膠線明顯以及成型應力過大等現象。且使用氣體式變模溫製程技術，無需對現有模具作太大的修改，是一項非常符合經濟效益的新製程技術。

**關鍵字：**變模溫技術、高溫氣體

### 一、前言

隨著工業生產製程與技術的不斷進步，加上產業整合與產品的創新研發，目前消費性產品不斷朝向精密性、整合性、多功能性等高附加價值方向發展，尤其像 3C 消費性產品與電子及光電產品，也都是在設計端就朝向輕薄短小的產品方向來開發；因此在一些新產品的塑膠射出件上，可以發現在產品厚度上有越來越薄型化的趨勢。然而對於薄型件的產品射出加工上，傳統的成型製程條件往往會衍生出許多成形上的問題，例如塑料充填流動不易，產品表面外觀不良，表面浮纖現象嚴重，殘留應力過大，結合線問題，成品翹曲問題等等，這些都會造成射出產品在組裝上、後加工上或產品使用上的困難點。

傳統的射出成型製程是利用設定一固定模

溫條件來冷卻固化所成型的射出件產品，由於設定的冷卻模溫與塑料的料溫相差極大，所以對於在充填階段會產生許多問題；例如在充填流動階段時發生過早的冷卻固化現象，因為接觸低模溫的成品表面會形成固化層，其將會影響核心層塑料的充填流動，所以對於薄型件或流長比較大的成品，往往會有充填不足等問題發生。又例如光學透明產品，在利用傳統射出條件成型時，也常常會因為低模溫條件而造成塑料在充填階段於產品表面附近容易產生分子定向效果，使得在成品表面發生霧化現象而影響到產品的透光度。另外像利用傳統低模溫條件下成型的射出件，也會常常在一些後加工製程場合中，發生了應力釋放或後結晶收縮現象，進而造成產品尺寸變化等問題產生。

為了解決傳統射出製程中，因低模溫條件造

成產品表面形成固化層，進而影響塑料充填不易及產品形成高應力或表面不良等問題。目前有許多學界單位及業界公司都積極投入在研開模具的可變模溫技術或是模面溫度能快速加熱及快速冷卻的相關技術，希望藉由模面溫度的快速高、低溫切換，來達到射出製程中充填及冷卻階段不同的模溫需求。

所謂可變模溫製程的技術重點，是藉由外部機構使模具在塑料的充填(filling)階段，模具的表面溫度可以盡量提高，甚至超過塑料的  $T_g$  或  $T_m$  溫度，所以塑料熔膠在模穴充填流動時，將不會發生傳統射出成型塑料在充填階段，因為接觸低溫模面，而產生表面固化層而影響熔膠的流動情況；同時也可以避免流動波前的過早冷卻，造成不良的冷料結合問題。可變模溫製程其後在保壓結束後的冷卻階段，模面溫度可以藉由循環冷卻系統，迅速降低到達材料的定型冷卻溫度。如果可變模溫製程的溫度切換可以精準加以穩定控制，則將可以在不影響成型週期時間的條件下進行經濟規模生產。

本報告是針對氣體式變模溫製程技術內容加以說明，氣體式變模溫技術是由先特精密公司所發展的新型製程，主要是利用將氮氣鋼瓶中的氮氣加熱後，在射出充填動作開始前將高溫氮氣注入模穴中來加熱模穴表面，使模具表面可以在瞬間加熱，使得後續的射出充填熔膠可以在一較高模溫條件下進行流動，此高模溫條件下除可增加塑料之流動性，也可減少因低模溫條件所引發之表面缺陷及快速冷卻所造成的應力及不均勻收縮等問題，可有效解決傳統低模溫射出條件下成型品的一些成型問題。

## 二、為何使用高溫高壓氣體加熱模面

變模溫技術由於在充填階段的高模溫要求及冷卻階段的快速熱交換機制，所以模具鋼材須承受高溫低溫的快速變動。如果製程上無法控制模具鋼材因溫度變動差異造成的膨脹及收縮的均勻變化，則會影響模具的定位與配合度。尤其對於模具有滑塊機構或精密定位有要求的情

況，也需要考慮不同模材高低溫收縮變異量的配合度，若無法使其有相同的膨脹與收縮變異量，則往往會造成生產穩定性及成品尺寸精度上的問題。而本研究所使用的氣體式變模溫製程，因氣體的比熱( $N_2$  比熱約為  $75J/M^3 \cdot ^\circ C$ )和模具鋼材比熱(Stavax 比熱約為  $460J/Kg \cdot ^\circ C$ )數級上的差異，所以高溫氣體所導入的熱量，可以迅速被高熱傳係數的模具鋼材所吸收導出，但是所導入的氣體熱量卻只能加熱模具鋼材表面極小厚度的區域，因此利用氣體式變模溫方式只會瞬間加熱模具表面，約只加熱模具表面深度 0.1mm 的鋼材區域，並不會加熱整個模仁或模座溫度。另外對於外型較複雜的成品，藉由高溫氣體的注入模穴，可以藉由氣體的高擴散性而有效加熱整個複雜模穴表面，這也是藉由模座外部加熱方式較難達到的效果。

## 三、氣體式表面變模溫技術之操作方式

氣體式變模溫製程技術的操作方式，相對上比較簡單，與傳統射出製程上的主要差異是需要增加一套氣體加熱灌注設備，此灌注設備可以將鋼瓶裏的高壓氣體在短時間內迅速加熱到極高溫度(一般可以達到  $600^\circ C$ )，且能在每一次射出週期行程中作精密的氣體劑量及灌注高溫氣體；在射出成型週期中於合模後射出前將高溫氣體以  $20kgf/cm^2$  壓力定量灌注於模穴中，一般高溫氣體的灌注孔會選擇在分模線的適當位置，所以針對模具部分並不需要做太大修改，當將  $600^\circ C$  高溫氣體注入於模穴中，因氣體體積的膨脹氣體溫度會降至約  $300^\circ C$  左右，當此高溫氣體與模面相接觸會瞬間加熱模具表面，且因為氣體和模具鋼材比熱上的差異，所以模具鋼材加熱的區域厚度約只有 0.1mm 的深度，所以此氣體模面加熱方式只會加熱模面厚度約 10 條的距離，並不會影響整體模座的溫度。

## 四、應用實例

本製程技術實驗案例是藉由塑膠光學鏡片模具來進行不同塑料的模穴表面加熱效果，其中

PC 材料射出成型件，模溫條件設定為  $120^{\circ}\text{C}$ ，使用高溫  $\text{N}_2$  氣體變模溫製程可以提升模面溫度至  $230^{\circ}\text{C}$ ；而 ABS 材料射出件，模溫條件設定為  $70^{\circ}\text{C}$ ，使用高溫  $\text{N}_2$  氣體變模溫製程將可以提升模面溫度到  $130^{\circ}\text{C}$ 。除可有效改善成品表面外觀，提升射出件機械物性，也可降低成品的成型殘留應力。本氣體加熱變模溫製程主要是適用的產品以薄型件為主，尤其本變模溫製程適用於具微型結構之射出件。薄型產品或是表面外觀有要求之成品，或是對於表面光學性質有要求的光學產品都適用本氣體式變模溫技術，可以有效提高模面溫度降低產品成形應力及提高產品的尺寸安定性與表面外觀品質。

### 五、結論

氣體式變模溫技術是目前變模溫技術中可以有效只針對模具表面加熱，而不大幅影響整體模座溫度的加熱技術。可以針對射出成型製程中因為低模溫條件所造成之產品品質問題加以改善，使用氣體式變模溫技術可以改善產品表面外觀，解決成品表面結合線、浮纖等問題，可以有效降低成品殘留應力，及降低產品翹曲量提升產品尺寸安定性。

### 六、圖表彙整



圖 1.先特精密公司研發實驗室



圖 2.先特精密高溫流體循環控制裝置

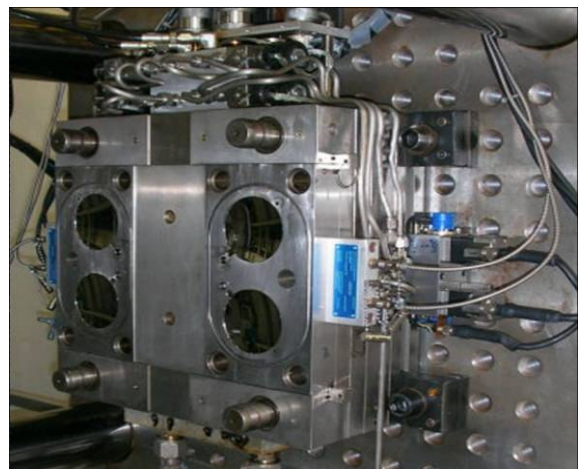


圖 3.先特精密公司光學產品模具外觀

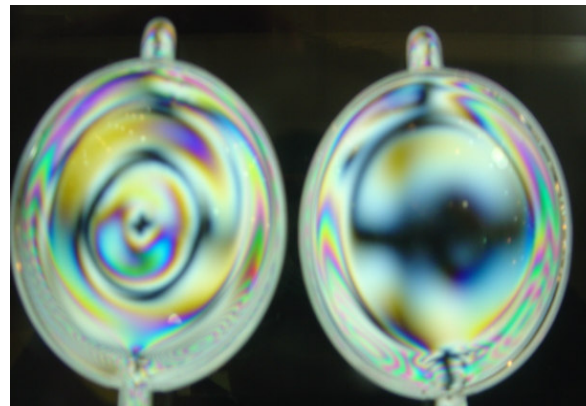


圖 4.光學鏡片產品變模溫製程應力觀測比較