

前一射性質對依序多射成型翹曲行為之效應探討

The Investigation of Warpage Behavior by Considering the Previous Shot Properties in Sequential Overmolding

韋靖、邱彥程、林智仁、王宏洲、邱顯森、劉誠勇

Jing Wei, Yan-Chen Chiu, Chih-Jen Lin, Hung-Chou Wang, Hsien-Sen Chiu, Cheng-Yung Liu

科盛科技股份有限公司
CoreTech System Co., Ltd.

摘要

多材質射出成型(MCM)技術能有效結合兩件以上需組合的塑件，並在工業界已被廣泛運用。由於其複雜的自然與物理現象，使用傳統的試誤法來進行產品開發往往事倍功半。有鑑於此，應用數值分析來進行預測，將有助於產品的開發及瞭解其物理機制。在依序多射成型之中，第一射塑件的熱傳導效應將對第二射塑料的充填流動造成影響，更進一步影響到第二射與整個複合成品的翹曲。此外，第一射材料的機械性質也將會影響最後的成品的翹曲與收縮行為。本文利用 Moldex3D 模流分析軟體，探討前一射塑件的性質對整個成品翹曲行為的影響。

關鍵詞：Moldex3D、多材質射出成型、MCM、翹曲、前一射。

Abstract

Multi-component molding (MCM) is an efficient technology to the assembly of discrete parts and is widely applied in various industries. Due to its complicated nature and physical mechanism, the conventional trial-and-error method can not develop products effectively. In view of this, the application of 3D simulation will help the product development and understanding the mechanism. In sequential overmolding, the temperate conduction effect of the first shot affects the mold filling pattern of the second shot, which furthermore affects the warpage behavior of the second shot and the final product. Besides, the mechanical property of the first shot will also influence the warpage and shrinkage behavior of the final product. In this paper, the influence of previous shot properties for warpage behavior will be discussed by using the simulation of Moldex3D software.

Keywords: Moldex3D, Multi-Component Molding , MCM, Warpage, previous shot.

一、前言

多材質射出成型(MCM)技術能有效結合兩件以上分離的塑件，並在工業界已被廣泛運用。多材質射出製程首先使用標準單材質射出成型技術，將第一射的材料射入第一個模具；然後將第一射成品移入第二個模具，由第二射的射出成型來結合這兩射的材質。通常在第一射塑件尚未充份冷卻至均勻溫度時，便對第一射嵌件進行第二射塑料的充填與保壓。第一射嵌件不均勻的溫度分佈將會對第二射的充填與體積收縮率造成影響，更進一步影響成品最後整體的翹曲行為。除了溫度以外，第一射材料的機械性質，尤其是強度與剛性性質，也是影響翹曲的重要因素。若是第一射使用含纖維之塑料時，由纖維排向所造成之非等向性將會導致整體複合射出件更複雜的翹曲行為。

由於多材質射出成型複雜的自然與物理現象，使用傳統的試誤法進行產品開發往往事倍功半。有鑑於此，應用數值分析來進行預測將有助於產品的開發及瞭解其物理機制。本文利用 Moldex3D 模流分析軟體，探討前一射塑件的性質對成品的翹曲行為之影響。

二、理論與假設

射出成型的模擬分析主要分成熔膠充填/保壓、射出件冷卻與成品翹曲。對於冷卻程序，其熱傳現象利用以下三維 Poisson 方程式來計算：

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = k \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

式中 T 是溫度， t 是時間， x 、 y 及 z 是三維直角座標， ρ 是密度， C_p 是比熱， k 是熱傳導係數。在第二射的模擬分析中，第一射的溫度分佈將被作為其塑膠嵌件的初始條件，並進行全暫態冷卻分析。模座的溫度改變將影響充填與保壓階段的溫度與壓力，更進一步影響第二射塑件的體積收縮率。

在翹曲分析之中，假設塑件的變形為線彈性

變形，並由以下平衡方程式求解：

$$\nabla \cdot \sigma = 0 \quad (2)$$

$$\sigma = \mathbf{C}(\varepsilon - \varepsilon_0) \quad (3)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2}(\nabla \mathbf{u} + \nabla \mathbf{u}^T) \quad (4)$$

式中 \mathbf{u} 為位移， σ 為應力， \mathbf{C} 是關於材料機械性質的四階張量， ε 是應變， ε_0 則是由 PVT 關係所得之初始應變。

前面已提及第一射之溫度分佈對第二射體積收縮率的影響。以體積收縮率作為初始應變的來源，對翹曲行為有相當的影響。此外，由應力平衡方程式，材料的機械性質也是影響翹曲結果的重要因素；若第一射使用含纖維之塑料時，則應該將其纖維排向造成的非等向性加入翹曲分析中。

三、結果與討論

為了瞭解第一射的冷卻溫度與纖維排向對第二射翹曲的影響，第二射分成三組 Run 來進行分析(表 1)：Run1 不考慮第一射的冷卻溫度與纖維排向；Run2 考慮第一射的冷卻溫度但不考慮第一射的纖維排向；Run3 則同時考慮第一射的冷卻溫度與纖維排向。

本文使用多材質射出成型之齒輪模型進行分析：第一射的模型如圖 1 所示，第二射的模型如圖 2(a)，並以第一射的射出件作為第二射中央的塑膠嵌件(圖 2(b))。圖 3(a)與圖 3(b)分別為第一射與第二射的水路配置。材料方面第一射使用含有纖維之 PEI，第二射則使用 ABS。為了方便觀察齒輪內部之量值分佈，選取穿過齒輪中央的 XZ 平面如圖 4。

首先先觀看第一射的冷卻溫度與纖維排向。圖 5 為第一射之冷卻溫度，其範圍為 87.5 °C 至 278.6 °C，平均溫度則為 172.4 °C。圖 6 為第一射之纖維排向，因為充填時的流動方向，在切面內部的主要排向沿著 Y 方向(環狀方向)，而靠近第一射表面的主要排向則朝向 Z 方向(垂直方

向)。

接下來進行第二射的分析。Run1(不考慮第一射之冷卻溫度)的冷卻溫度與體積收縮率分別為圖 7(a)與圖 8(a)，Run2、Run3 之冷卻溫度與體積收縮率分別為圖 7(b)與圖 8(b)。由圖 7 與圖 8，可知 Run2(Run3)因受到第一射冷卻溫度的影響，在射出件與嵌件交界處附近的冷卻溫度與體積收縮率會較 Run1 高。

在翹曲分析的結果方面，圖 9(a)、圖 9(b)與圖 9(c)分別為 Run1、Run2 與 Run3 的 X 方向位移。表 2 則為各 Run 翹曲後之齒輪 內徑、外徑的值。首先比較 Run1 與 Run2。因為 Run2 在嵌件附近有著較高的體積收縮率，帶來較高的收縮量，而得到比 Run1 小的內徑與外徑尺寸；這說明了第一射的冷卻溫度對第二射翹曲的影響。

接下來比較 Run2 與 Run3。由第一射之纖維排向(圖 6)，可知第一射內部的主要排向沿著環狀方向；因為纖維側向的強度較軸向小，因此造成了考慮第一射纖維排向的 Run3 有著比 Run2 更小的內徑與外徑；這說明了第一射纖維排向對第二射翹曲的影響。

四、結論

本文使用數值分析，驗證第一射對第二射成品翹曲行為的影響。由分析的結果可知，第一射的溫度分佈與纖維排向對於翹曲都有著相當的影響。若能更完整地考量第一射的資訊，將可更準確地預測多材質射出成型的翹曲。

五、參考文獻

- [1] Chao-Tsai Huang, Ching-Hui Yeh and Shi-Chang Tseng, "Geometrical Effect and Material Selection in Multi-Component Molding (MCM) Development", SPE-ANTEC Tech. Papers, 103493 (2006).
- [2] Rong-Yeu Chang, Yi-Hui Peng, David C.Hsu and Wen-Hsien Yang, "Three-Dimensional Insert Molding Simulation in Injection Molding", SPE-ANTEC Tech. Papers (2004).

六、圖表彙整

表 1. 第二射分析測試組別

Run	考慮第一射冷卻結果	考慮第一射纖維排向
Run 1	No	No
Run 2	Yes	No
Run 3	Yes	Yes

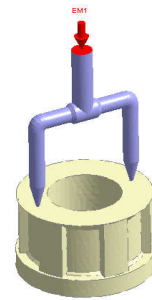
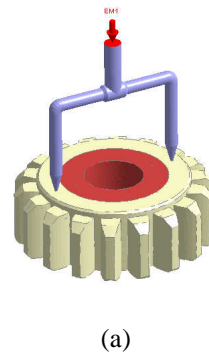
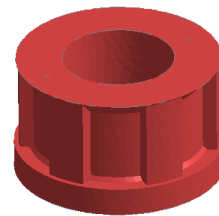


圖 1. 第一射模型

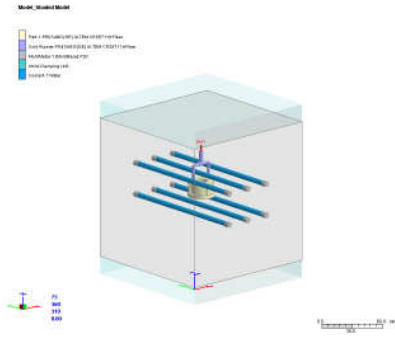


(a)

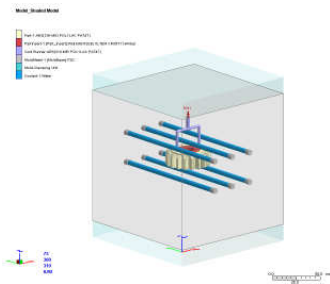


(b)

圖 2. (a)第二射模型，(b)第二射之塑膠嵌件模型

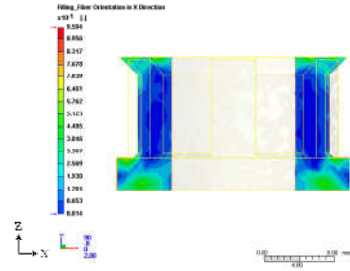


(a)

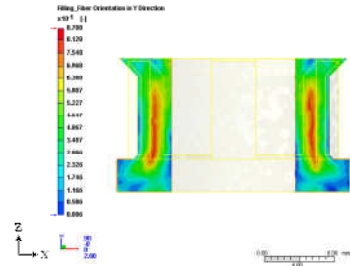


(b)

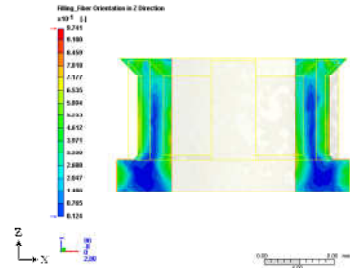
圖 3. 水路配置：(a)第一射，(b)第二射



(a)



(b)



(c)

圖 6. 第一射纖維排向：(a)X 方向，(b) Y 方向，(c)Z 方向

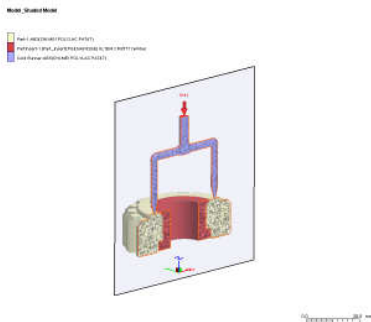
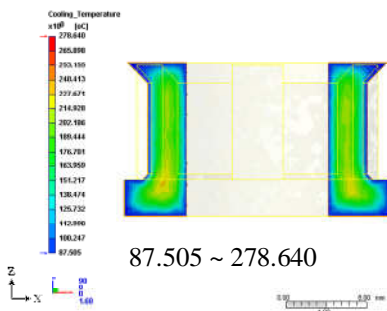
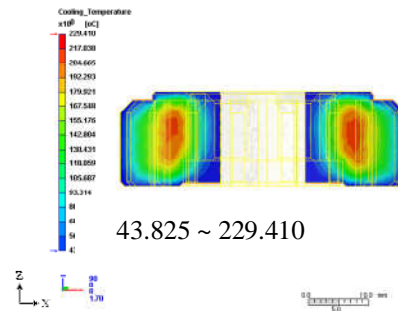


圖 4. 觀看內部結果之 XZ 切面



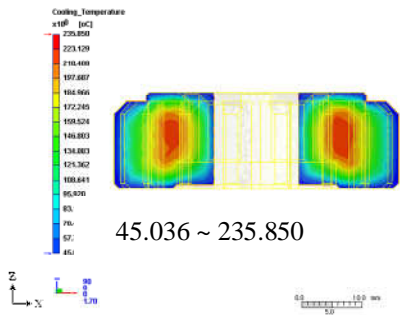
87.505 ~ 278.640



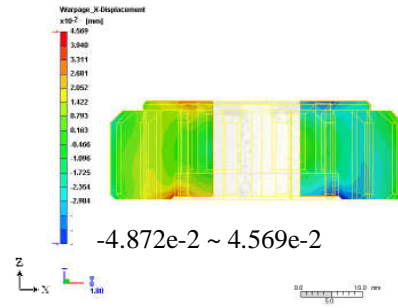
43.825 ~ 229.410

(a)

圖 5. 第一射之冷卻溫度

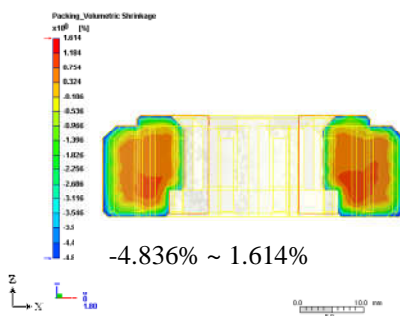


(a)

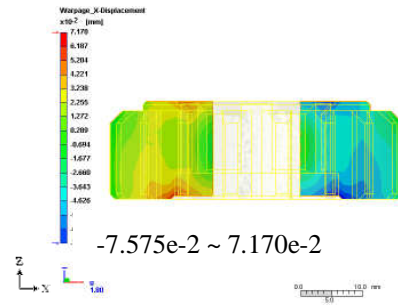


(b)

圖 7. 第二射冷卻溫度：(a)不考慮第一射冷卻溫度，
(b)考慮第一射冷卻溫度

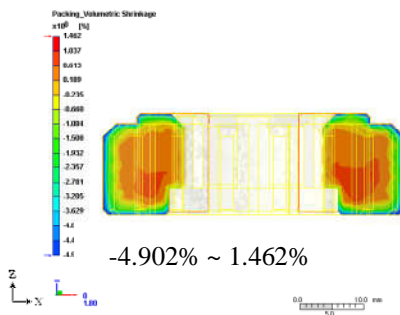


(a)



(b)

圖 9. X 方向位移：(a)Run1，(b)Run2，(c)Run3

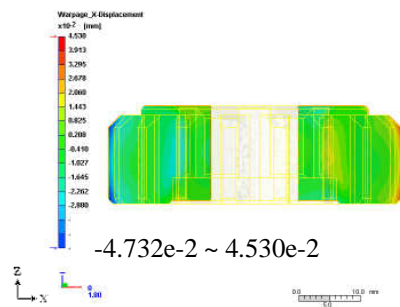


(b)

圖 8. 第二射體積收縮率：(a)不考慮第一射冷卻溫度，
(b)考慮第一射冷卻溫度

表 2. 各 Run 翹曲後之內徑與外徑

	內徑(mm)	外徑(mm)
翹曲前	13.98	46.72
Run 1	13.97	46.80
Run 2	13.94	46.76
Run 3	13.90	46.71



(a)