

# Moldex3D 新穎實驗設計法 為塑膠產品設計注入絕佳可靠度

## 客戶簡介



客戶:[Plazology](#)

國家:英國

產業:顧問諮詢

解決方案:[Moldex3D eDesign](#)

Plazology 創立於 2009 年，以為全球射出成型相關產業提供顧問服務為宗旨，並於客戶的支持下持續擴張版圖，現在的服務項目已涵蓋了從產品設計到製造等整體的流程。Plazology 是個擁有豐富經驗和活力的公司，隨時與日新月異的科技接軌，並將專業知識和經驗與市場及客戶分享。這些特質讓 Plazology 有能力幫助客戶生產出高品質、一致性高且具成本效益的產品。近年來 Plazology 也與英國境內及海外的學術機構等各類組織團體建立了相當良好的夥伴關係。(來源:[www.plazology.co.uk](http://www.plazology.co.uk))

本文改寫自 2014 年 10 月號 [Injection World magazine](#)，©Applied Market Information Ltd. 2014。

## 大綱

要生產出高品質且一致性高的塑膠射出產品，優良的產品設計、模具設計、優化成型參數及使用正確的材料都是不可或缺的因素。上述四項因素若有任何變動，都會對成型後的產品造成巨大影響。工程師若對模具內高分子聚合物行為的了解不足，往往就會忽略材料的重要性，而在製程中只針對產品尺寸進行調整。這些參數即便在製程中只有微小的變化，就可能使得產品尺寸出現瑕疵而無法達到客戶要求的規格，而必須不斷進行試誤。這樣的過程不但耗工、浪費成本且效率低落，更會導致企業難以適應現代快速變遷的產業結構。

英國頂尖射出成型產業顧問公司 Plazology 在模流分析技術上有了很大的進展，現在已有辦法準確預測產品在模內及成型後的現象。「以往客戶大都希望在大量生產之前先製造樣品，然而這個方式既耗時又消耗成本。」Plazology 專案工程師 Jasmin Wong 指出，模流分析技術可幫助他們找出利於成型的正確產品設計，以及最優化的冷卻水路及澆口位置，「這點使得我們信心大增！」

Plazology 選擇使用 Moldex3D，是因為 Moldex3D 能幫助他們提高產品設計效率及顧客滿意度。Jasmin 強調，Moldex3D 使 Plazology 在做決策時能夠更肯定明確，「我們不只在模具實際製造前借助 Moldex3D 進行全面性分析，還能利用它排除目前生產品質上的疑難雜症。部分客戶的模具製造商較缺乏模擬技術管道，現在已可以利用 Moldex3D 找出最優化的模具設計和冷卻水路配置，並縮短成型週期。」

## 挑戰

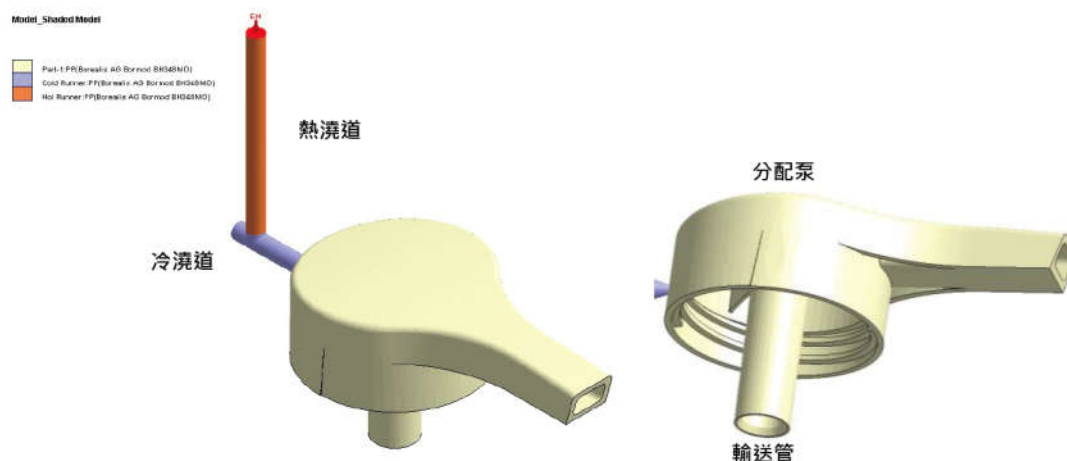
- 翹曲變形
- 真圓度

## 解決方案

利用 Moldex3D DOE 模組找出最優化的製程設定，以改善翹曲和線性收縮。

## 案例研究

以下案例研究中將介紹 Plazology 如何利用 Moldex3D 射出成型模擬分析軟體獲得最佳的製程設定。



圖一 本案例中壓頭的 CAD 模型

圖一是洗手乳瓶壓頭的 CAD 模型。在本案例中，最主要的難題在於模型的翹曲和輸送管的同心軸問題，而這些將影響到壓頭的功能和與瓶身的密合度。由於該產品能忍受的誤差值極小，因此為了將翹曲和同心軸控制到最小，就必須先獲取最佳製程條件的資訊。

Plazology 首先進行原始設計的充填、保壓、冷卻和翹曲分析，以確認產品沒有短射或遲滯等充填問題，接著便開始進行實驗設計法 (Design of Experiment, DOE)。由於翹曲和真圓度是兩個主要須克服的難題，因此將兩者設定為 DOE 中的品質(目標)因子。DOE 中的控制因子則選擇熔膠溫度、保壓壓力、冷卻時間和充填時間等四項會影響翹曲和真圓度的條件。接下來便開始規畫 L9 田口直交表。(註：田口實驗設計法假設各項因子之間並無顯著交互作用，但此假設未必符合實際狀況。本案例研究會選擇使用田口方法，是為了在較短的模擬時間內找出各項因子和反應之間的關聯性。)

表一為此案例中規畫的 L9 田口直交表。

No.	控制因子	Level 1 (低)	Level 2 (原始設計)	Level 3 (高)
1	熔膠溫度 (°C)	225	235	245
2	保壓壓力 (MPa)	9	12	15
3	冷卻時間 (秒)	8	10.6	12
4	充填時間 (秒)	0.1	0.2	0.3

表一 L9 田口直交表

表二為以 L9 田口直交表做出的 9 個專案製程設定。Moldex3D DOE 接著根據使用者需求的規格，將節點之間的翹曲量和線性收縮調整到最小，以利測量真圓度。本文稍後會加以說明)進行數學運算，找出最優化的專案(即專案 10)。

專案編號	熔膠溫度(°C)	保壓壓力(MPa)	冷卻時間 (秒)	充填時間 (秒)
------	----------	-----------	----------	----------

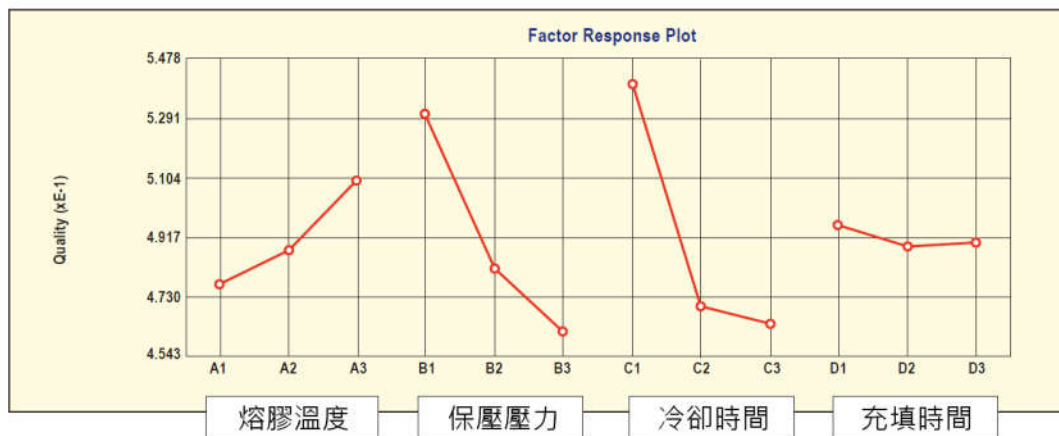
1	225	9	8	0.1
2	225	12	10.6	0.2
3	225	15	12	0.3
4	235	9	10.6	0.3
5	235	12	12	0.1
6	235	15	8	0.2
7	245	9	12	0.2
8	245	12	8	0.3
9	245	15	10.6	0.1
<b>10</b>	<b>225</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>0.1</b>

註：本文結論將針對專案 10(最優化專案)作進一步說明

表二 L9 田口直交表做出的 9 個專案製程設定

翹曲(總位移量-mm)

圖二呈現的是以上九個專案的主要翹曲分析結果。



圖二 產品翹曲分析結果的主效應圖

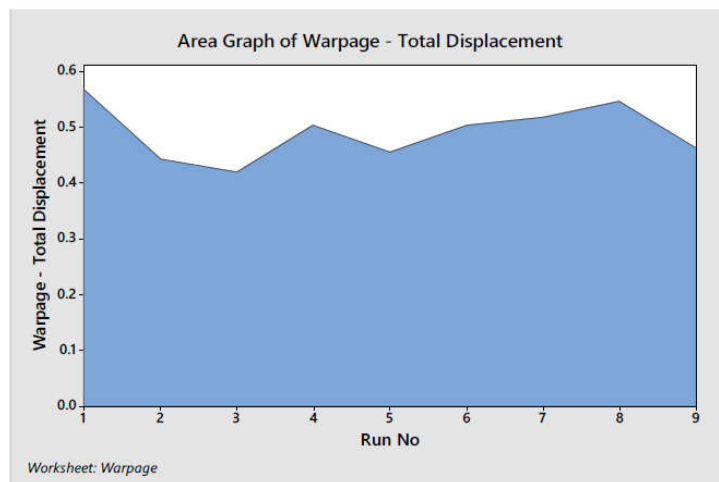
從圖二可看出，增加保壓壓力和冷卻時間，可減少翹曲量。若提高熔膠溫度，則會增加翹曲量。充填時間設定為 0.2 秒或 0.3 秒時，翹曲量比 0.1 秒略為輕微。由此可得知，若要達到較小的翹曲量，最佳的製程設定應為：熔膠溫度 225°C、保壓壓力 15MPa、冷卻時間 12 秒、充填時間 0.3 秒。

Plazology 接下來根據 Moldex3D 的分析結果，以統計軟體 Minitab 17 找出四項控制因子中，何者對產品翹曲的影響最大。從圖三可看出，對翹曲量的影響最大的是冷卻時間(Rank 1)，其次依序是保壓壓力(Rank 2)、熔膠溫度(Rank 3)和充填時間(Rank 4)。

Response Table for Means				
Level	Melt Temperature	Pack Pressure	Cool Time	Fill Time
1	0.4772	0.5305	0.5400	0.4955
2	0.4876	0.4818	0.4698	0.4888
3	0.5095	0.4621	0.4646	0.4900
Delta	0.0323	0.0685	0.0754	0.0067
Rank	3	2	1	4

圖三 響應統計表(翹曲量)

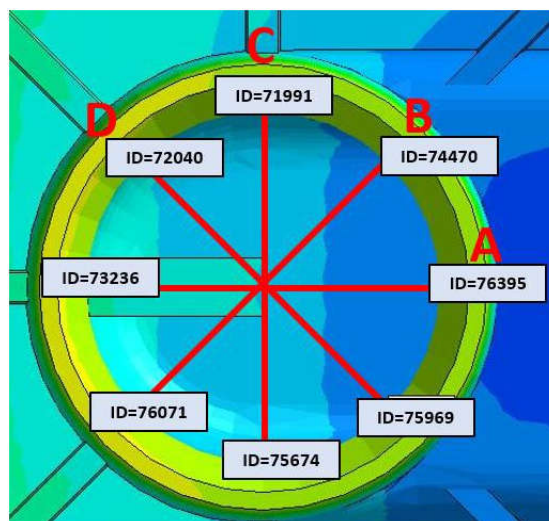
圖四是比較九個不同專案翹曲結果的區域圖，看起來專案 3 是其中翹曲程度最輕微的。



圖四 產品總翹曲量之區域圖

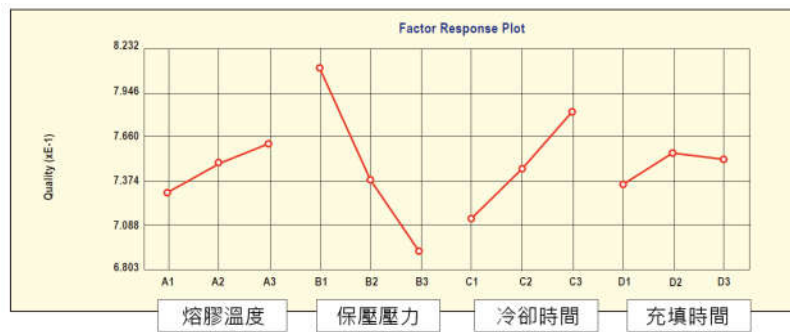
真圓度量測(節點之間的線性收縮-%)

不管是在現實生活或是模擬分析中，真圓度都不容易測量。在現實生活中，兩點間的距離可以用座標測量機(coordinate-measuring machine)測量而得；而在模擬分析中，不同節點之間的線性收縮，則可藉由 Moldex3D 測量出來(圖五)。首先找出八個不同的節點，並測量輸送管上分別通過 A、B、C、D 四點的直徑的線性收縮。線性收縮越小，則產品的真圓度越佳。



圖五 八個用於測量線性收縮的節點

圖六呈現的是不同節點間線性收縮的主效應圖。



圖六 不同節點間線性收縮的主效應圖(真圓度測量)

從圖六可觀察到，若要有較佳的真圓度(或較小的線性收縮)，就需要較低的熔膠溫度、較短的冷卻和充填時間，以及較大的保壓壓力。因此最佳的製程設定應為：熔膠溫度 225°C、保壓壓力 15MPa、冷卻時間 8 秒、充填時間 0.1 秒。然而由於 8 秒的冷卻時間會導致較嚴重的翹曲(根據圖三的結果所示)，此設定並不可行。

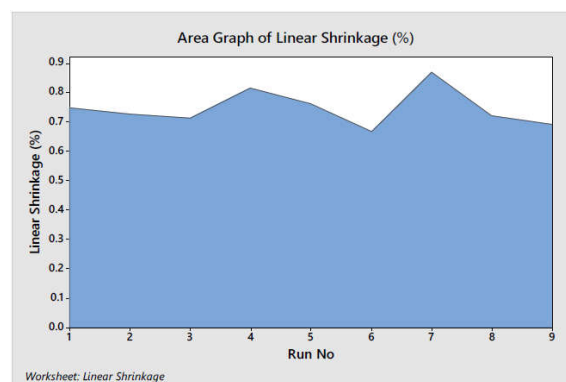
接著一樣使用 Minitab 來找出四項因素中，何者對線性收縮的影響最大。根據圖七的結果，保壓壓力是最大的影響因素，其次則依序是冷卻時間、熔膠溫度和充填時間。

由於 8 秒的冷卻時間會導致過高的翹曲量，因此必須在減少翹曲和線性收縮之間作取捨。前文提到保壓壓力比冷卻時間更容易影響線性收縮，故較合理的設定為：冷卻時間 12 秒、保壓壓力 15MPa。

Level	Melt	Pack	Cool Time	Fill Time
	Temperature	Pressure		
1	0.7302	0.8112	0.7135	0.7350
2	0.7491	0.7375	0.7451	0.7551
3	0.7617	0.6922	0.7824	0.7509
Delta	0.0315	0.1191	0.0690	0.0200
Rank	3	1	2	4

圖七 響應統計表(線性收縮)

比較 9 個專案的線性收縮結果後(圖八)，發現專案 6 的線性收縮最小。

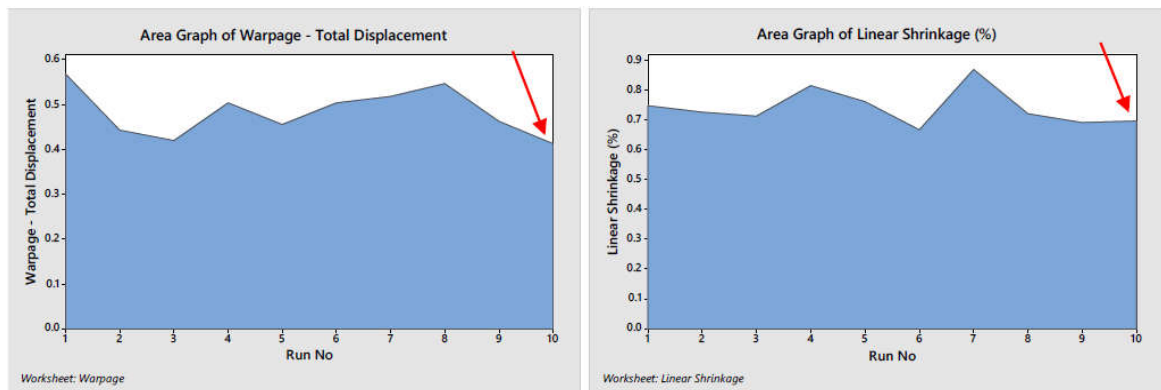


圖八 節點間線性收縮之區域圖(真圓度測量)

效益

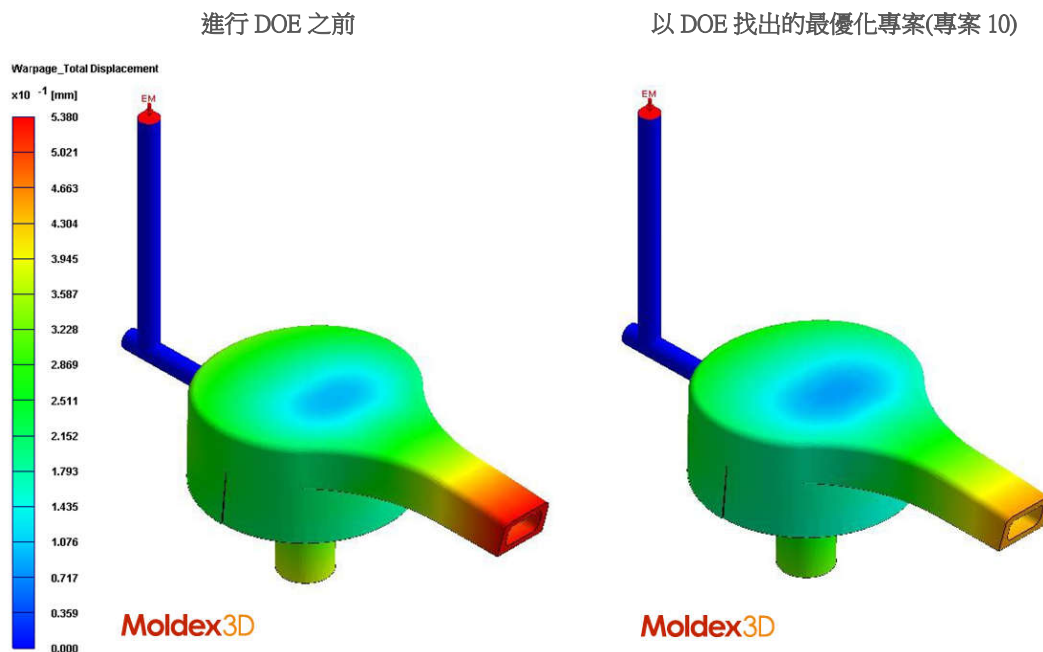
Moldex3D 依據使用者所需求的規格，以數學運算找出最優化的專案(即專案 10)。在此案例研究中，控制翹曲和線性收縮都同樣重要。根據以上的分析結果，要達到最低翹曲量，最佳製程設定是冷卻時間 12 秒、充填時間 0.3 秒；而另一方面，要達到最小的線性收縮，最佳製程設定則是冷卻時間 8 秒、充填時間 0.1 秒。最後 Moldex3D 在兩者之間取得折衷的製程設定：熔膠溫度 225°C、保壓壓力 15MPa、冷卻時間 12 秒、充填時間 0.1 秒。此設定即為最優化的專案。

如圖九的區域圖所示，和其他的九個專案相比，專案 10(最優化專案)的翹曲量最小，同時線性收縮也相對較小。

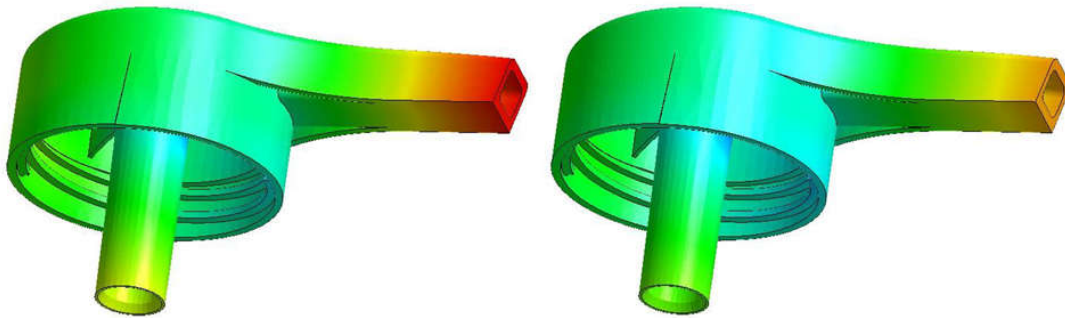


圖九 最優化專案(專案 10)

DOE 模擬結果(圖十、圖十一)顯示，此產品翹曲和真圓度都已大幅改善。翹曲量約改善了 20%至 30%，同時線性收縮仍控制在約 0.6%至 0.7%。



圖十 翹曲(總位移量)的改善可明顯觀察出來



圖十一 輸送管的翹曲也明顯改善

由此案例研究得知，模具設計和製造者應將這些模擬結果的數據視為相對的比較值，而非絕對的參考依據。原因是在實際成型過程中有許多的不可控制因素，是無法在模擬分析中呈現的。不過利用 Moldex3D DOE，還是能夠幫助模具設計者初步判定各項控制因子中，何者是最關鍵的影響因素，以及這些因子和產品品質的關聯性。

「我們認為，Moldex3D 為 Plazology 所提供精確可靠的模擬結果，已成為 Plazology 業務發展中不可或缺的基礎，」Jasmin 說，「除此之外，Moldex3D 也幫助我們的客戶能藉著更聰明的方法，使工作起來更順利、更有信心。」



Moldex3D 讓我們在做決策時能夠更肯定明確。我們不只在模具實際製造前借助 Moldex3D 進行全面性分析，還能利用它排除目前生產品質上的疑難雜症。

Moldex3D 為 Plazology 所提供精確可靠的模擬結果，已成為 Plazology 業務發展中不可或缺的基礎。除此之外，Moldex3D 也幫助我們的客戶能藉著更聰明的方法，使工作起來更順利、更有信心。

**Plazology 專案工程師 Jasmin Wong**

### 關於 Jasmin Wong

Jasmin Wong 現職英國 Plazology 專案工程師，近日獲得 Moldex3D 英國代理商 S4innovation 頒發 Moldex3D 分析師證書。Plazology 專精於產品設計優化、射出成型模擬分析、模具設計、精密模具採購和管理，以及模具和製程驗證等領域，事業夥伴則包括了遍佈歐亞地區的塑膠龍頭企業。