

計畫名稱：先進及革新性射出成型技術之研究(3/3)：陶瓷粉末射出壓縮成型之研究

計畫編號：NSC 90-2216-E-002-023

執行期限：90/08/01-91/07/31

計畫主持人：楊申語 教授

執行機構：國立台灣大學機械工程研究所

一、中文摘要：

近年來粉末射出成型已漸漸應用於生產精密金屬及陶瓷零件，但是陶瓷粉末與塑膠在材料特性上有所差異，所以在射出成型時有許多困難點與未知的問題產生，再加上粉末射出的製程複雜，因此陶瓷粉末的充填模擬分析確實有其必要。

本文採用 C-Mold 中的 C-Filling 模組 (AC-Technology 96.7)，初步以陶瓷材料性質來模擬薄半球殼之充填，並與實驗之短射圖相比較，以探討陶瓷材料在充填過程中之現象，並與一般的塑膠材料(PP)做一比較。研究結果顯示 C-Mold 模擬與實際射出時融膠的充填情形相吻合，且採用單一扇狀進澆口的設計及配合較高的模溫、射速，可獲得較佳的工作品質。

Abstract

Powder injection molding is applied to product precision metallic or ceramic parts. This research intends to use injection molding and C-Mold filling analysis to improve the quality of thin Al_2O_3 molded parts.

C-Mold filling analysis proves helpful in predicting of filling pattern and in the design of runners and gates. Based on these simulation results, it was found in higher mold temperature and higher injection speed, the product has more equal quality.

二、計畫緣由與目的：

本年度研究主題主要是陶瓷射出成型

之充填階段模擬。雖然塑膠射出成型之充填模擬已經發展的相當完備，且廣為被業界利用，但市面上卻還看不到專門為陶瓷或金屬粉末的模流軟體，因為缺少陶瓷粉末的材料特性，且製程較為複雜。因此本研究將利用 C-Mold 來預測模穴充填的過程與波前的型態，希望經由模擬分析的結果能對整個製程有初步的了解，同時更深入分析陶瓷材料流動與熱傳導之特性，並提供有效的流道澆口設計及配置等資料給予工業界參考。

三、研究方法與實驗：

本實驗所使用之薄壁半球殼模為一模兩穴之三板模，採用單一扇狀進澆口與環狀進澆口的方式，圓盤模穴直徑為 36mm，其成品設計與尺寸如圖一所示。本研究採用 C-Mold 中的 C-Filling 模組，模擬陶瓷材料(HP)與塑膠材料(PP)在薄半球殼模穴內之充填過程，分析材料充填流動與冷卻的情形，並與實驗結果做一驗證。陶瓷材料與塑膠材料之材料性質如表一所示。

充填模擬主要觀察的重點：

1. 流動波前觀察—主要觀察充填之狀況，如是否有短射、包風、融合線等現象的發生。
2. 凝固層分佈情形—觀察充填時凝固層的產生與冷卻情形。
3. 溫度場分佈—觀察充填時材料的溫度分佈與冷卻情形。
4. 壓力場分佈—觀察充填時壓力損失情形與壓力分佈。

四、結果與討論：

1. 流動波前觀察

模擬兩種進膠方式之比較，單一扇狀進澆口進膠波前圖(圖二)與實驗之短射圖(圖三)比較，可發現波前形狀十分接近，最後由分模面逃氣，故無包風產生。而環狀進膠之波前圖與實驗之短射波前圖分別為圖四及圖五。由圖可以發現波前在環狀膠道充滿前就因為慣性，已經向上進入半球殼模穴中，但只前進一小段就停滯不前而開始凝固，而環狀膠道因直徑遠大於薄球殼厚度，充填較易，融膠轉而向後將其充填完畢，再往進膠側與先前停滯之凝固波前會合，產生包風，因此包風產生之位置不同於球殼頂端設置之逃氣銷，因此無法逃氣，模擬結果與實驗吻合。

2. 凝固層分佈情形

接下來之充填分析皆以單一扇狀進澆口方式進澆。由圖六、圖七可看到陶瓷材料(HP)與塑膠(PP)冷卻情形並不相同，陶瓷料於模穴充填完畢時，球殼模穴中央的素料已有部分完全凝固，而 PP 塑膠材料因比熱較大，熱傳較慢，故凝固層產生較慢，最多只到厚度之 24%。又以不同之射出速率射出時，當射速低於機器最大之 50% 以下時，凝固層的產生更會發生短射而無法完全充填。

3. 溫度場分佈

充填時溫度隨厚度方向分佈如圖八，可發現因為 PP 比熱較高，融膠冷卻較慢，充填完畢時中央還保持高溫，更靠近模壁方向溫度有一高峰，因該處剪應變率較核心高，shear heating 效果使溫度上昇，而接近表面處因凝固層產生使溫度快速下降。而陶瓷材料因 K 值較大，比熱較小，核心的熱很快傳至模具，融膠核心與表面達成熱平衡的時間較短。充填時接近澆口處溫度(Bulk Temperature)隨時間變化如圖九，充填階段 PP 隨時間緩緩上昇，因為不斷有

融膠流過，產生的 shear heating 較對模具的熱量傳遞效果顯著之故；陶瓷熱傳導效果比 shear heating 效果顯著，因此溫度隨時間下降。

4. 壓力場分佈

充填時壓力隨時間變化如圖十，可發現因為陶瓷粉末之黏度值較低，流動性較 PP 良好，所以充填過程中進膠點的壓力上昇幅度明顯比 PP 小。(圖十一為陶瓷粉末與 PP 之黏度特性曲線)

五、結論：

由 C-Mold 模擬可發現因陶瓷粉末流動性較好，黏度值較低，充填時所需射出壓力較 PP 小；但因為陶瓷胚料熱傳導性質較一般塑膠為佳，冷卻速度較快，可由厚度方向溫度分佈明顯看出。又陶瓷胚料射出時射速不適合太慢以免凝固難以充飽模穴。因此陶瓷胚料在流長肉厚比高的模穴中流動時，最大的困難就是太早冷卻而難以充填。可考慮提高模溫或者提高充填時之射出速度以克服之。又薄件模穴中熔膠比澆道更快凝固，因此在充填時需盡量快速，以利後充填時的控制。

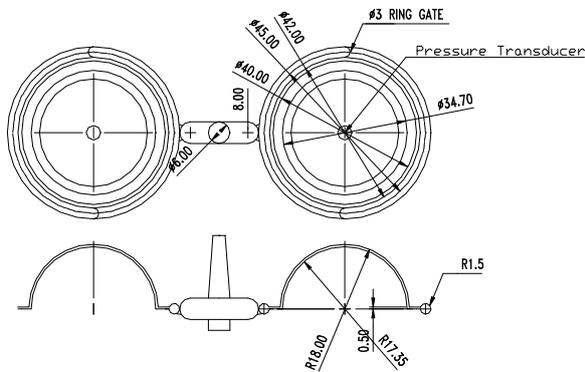
六、參考文獻：

1. J. Greener, "General Consequences of the Packing Phase in Injection Molding", Poly. Eng. Sci., 26 (12), P.886 (1986)
2. K. Yoon, K.K. Wang, "Birefringence Measurements of Injection-Molded Disks", SPE, ANTEC, P.333 (1991)
3. T. Zhang, J.R.G Evans, "Predicting the Viscosity of ceramic Injection Moulding Suspensions", Journal of European Ceramic Society, p.165(1989)
4. J. G. Zhang, M. J. Edirisinghe, J. R. G. Evans, "The control of sprue solidification time in ceramic injection moulding", Journal of Materials Science, 24, P.840 (1989)

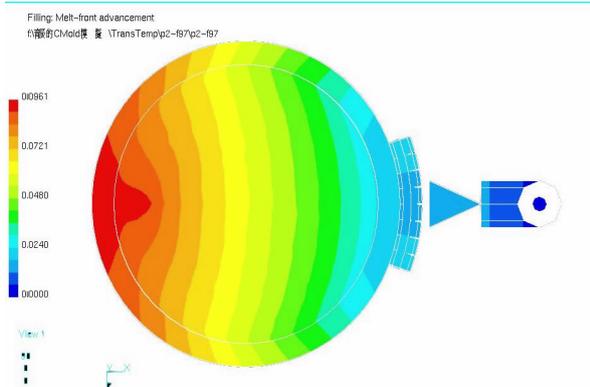
5. Byung Ohk Rhee, Chan I. Chung, "Comparison between Injection Molding Process of Powder And Plastics - Freezing Time", Powder Injection Molding Symposium, P.295 (1992)

表一 模流分析使用之材料性質

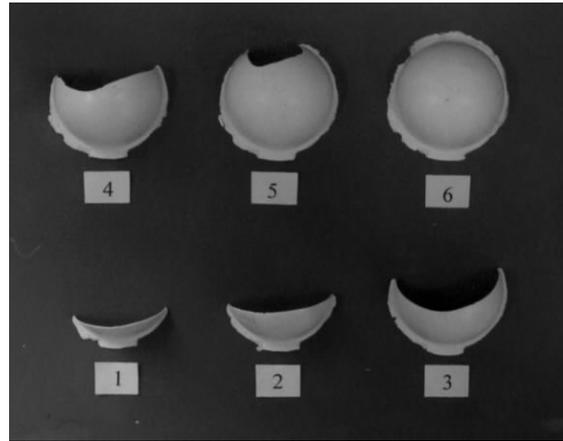
材料性質	PP	陶瓷胚料
n	0.31099	0.17843
τ^* (Pa)	23841	
η_0 (Pa-s)	1.40E+15	
A (Pa-s)		3332.87
ρ (g/cm ³)	0.77	2.608
k (cal/s-cm-°C)	0.000358	0.019
C _p (cal/g-°C)	0.740435	0.38



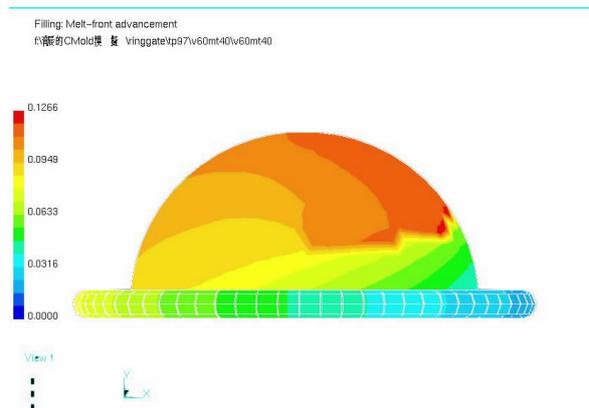
圖一 成品設計與尺寸 (單位: MM)



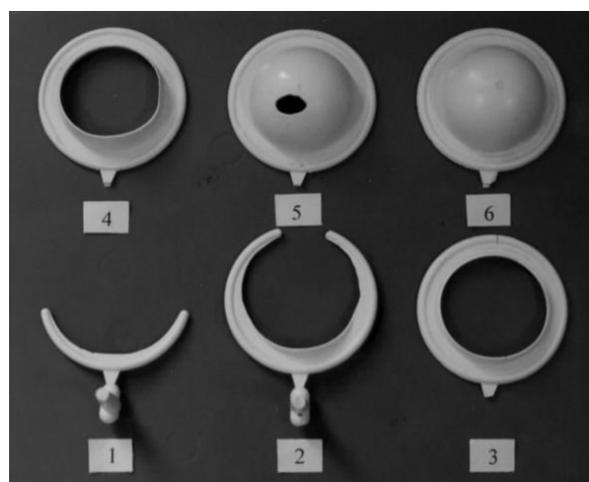
圖二 半球殼波前圖 (採用單一扇狀澆口)



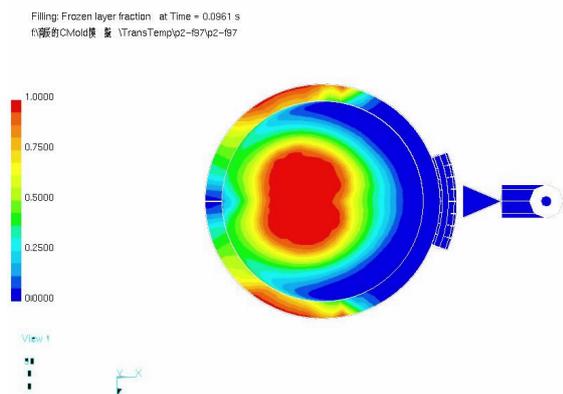
圖三 實際射出波前圖 (單一扇狀澆口)



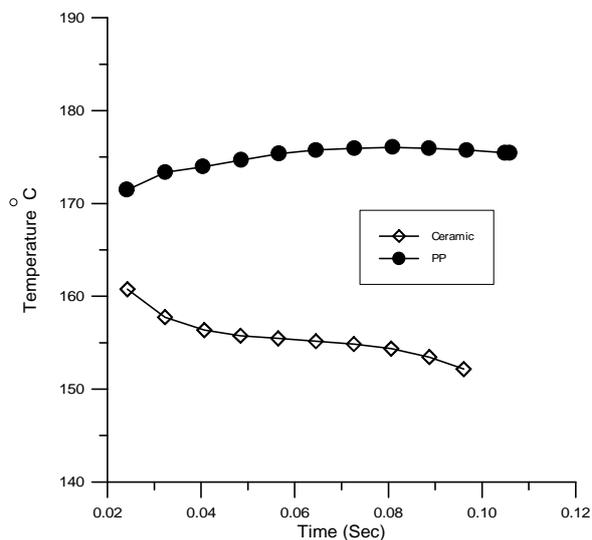
圖四 半球殼波前圖 (採用環狀進澆口)



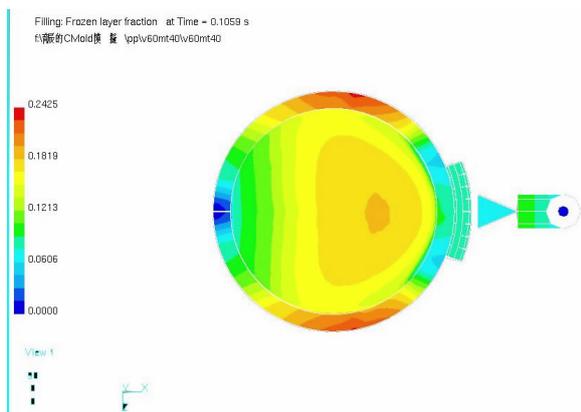
圖五 實際射出波前圖 (環狀進澆口)



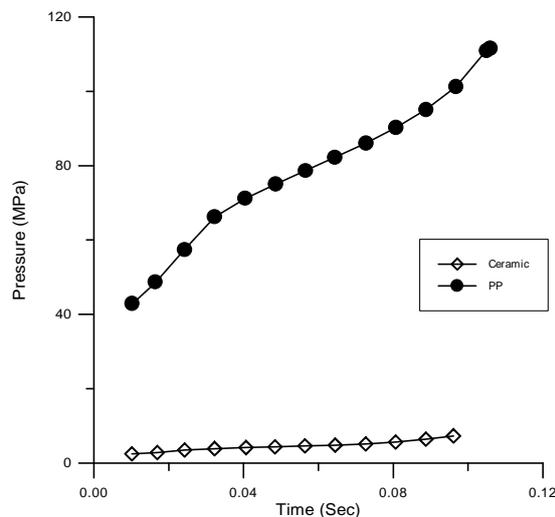
圖六 陶瓷材料充填結束凝固層分佈圖



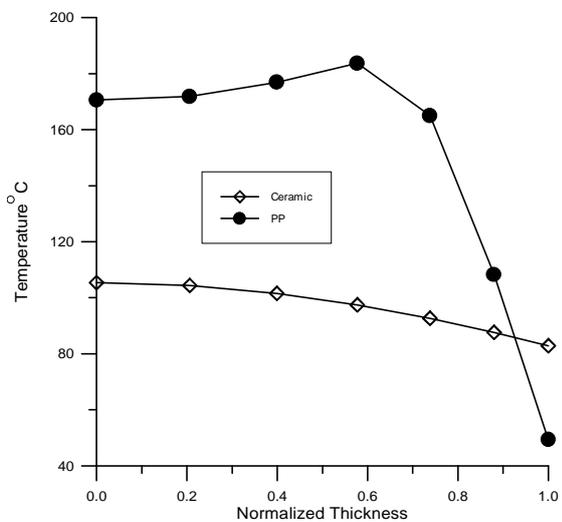
圖九 近澆口處溫度隨時間之變化關係圖



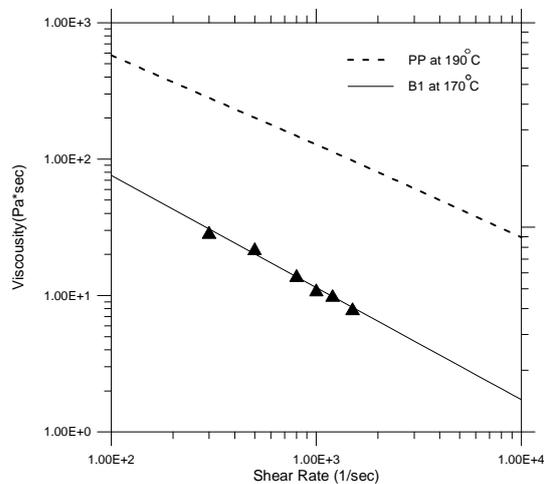
圖七 PP 材料充填結束凝固層分佈圖



圖十 近澆口處壓力隨時間之變化關係圖



圖八 厚度方向之溫度分佈圖



圖十一 陶瓷材料與 PP 之黏度曲線