

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 氣體輔助射出成型製程中 DSP 控制器之發展研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2212-E-164-006-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：修平技術學院電機工程系

計畫主持人：趙時勉

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 10 月 20 日

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果 報告

氣體輔助射出成型製程中 DSP 控制器之發展研究

計畫類別： 個別型計畫          整合型計畫

計畫編號：NSC 91 - 2212 - E - 164 - 006 -

執行期間：91 年 08 月 01 日至 92 年 07 月 31 日

計畫主持人：趙時勉

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：修平技術學院電機系

中 華 民 國 92 年 10 月 20 日

**行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告**

# 氣體輔助射出成型製程中 DSP 控制器之發展研究

計畫編號：NSC 91-2212-E-164-006-

執行期限：91 年 08 月 01 日至 92 年 07 月 31 日

主持人：趙時勉

執行機構及單位名稱：修平技術學院電機系

## 一、中文摘要

本計畫利用 DSP 晶片(TMS320C2407)來研製一個通用控制器並發展相關的週邊電路，以實現氣體輔助射出成型製程中所設計之氣壓控制系統。除了可降低系統的發展與生產成本，也能提高系統更新、維修與監控的彈性。為驗證系統之可行性，除了以電腦軟體模擬分析驗證外，並製作一套實驗設備來驗證整體系統之性能。

**關鍵詞：**DSP 單晶片控制器，氣體輔助射出成型

### Abstract

This project has utilized a DSP ( TMS320F2407 ) EVM and associated peripheral electronic circuits to implement a general purpose controller to the designed gas pressure control system of gas assisted injection molding process to improve the flexibility maintainability and develop cost. To verify the feasibility of the proposed study, a series of simulation and experiment have been conducted.

**Keywords:** DSP controller, Gas assisted injection molding

## 二、緣由與目的

氣體輔助射出成型(又稱中空射出成型)，其主要方法是在傳統射出成型過程中，先射入固定量的熔態樹脂，然後從澆注口或是由預置的氣體管路中注入可控制量的惰性氣體（通常使用氮氣）於模穴中熔融塑膠的核心。由於氣體壓力能夠迅速而均勻的分佈，因此藉著這些氣體的輔助可以將壓力導至遠離澆口的模穴處，來幫助熔融塑膠的成型。以現今氣體輔助射出成型的製程而言，氣體壓力的控制應該是最重要的。無論是射入口之供給壓力或是模穴內的壓力發展與分佈均是氣體輔助射出成型產品品質的決定性製程參數。不幸的是，氣體為一高壓縮性質的流體，再加上氣體在熔融塑膠內二相流的複雜界面，要能達到製程參數規格的需求，相當的困難。有鑑於此，我們在之前的研究之重要成果為[1-4]。有鑑於製程本身之複雜性，上述之成果均使用即有之氣體輔助射出機與射出機。因侷限於硬體的限制，在整體設計與應用過程中，產生如下之問題：(1) 控制器為固定式 PID 架構無法變更，其修改、維護彈性低且相當昂貴。(2) 控制法則 ( control law ) 無論是以 Optimal 控制或 H- 控制理論來設計，均須回歸至 PID 架構，先期之解析過程趨於複雜且降低控制法則的性能。(3) 對於數據的讀取、記錄與運算，除使用個人微電腦外，也需要套裝軟體 Labview 及所屬的 I/O 界面卡。整體發展成本高，並不利於後續之發展。

由於微處理機之進步快速，全數位化電液氣壓伺服系統已成為一種發展趨勢，這使得電液氣壓伺服系統在速度迴路、位置迴路及壓力迴路等控制皆能在微處理機內以軟體實現。與類比系統比較，以微處理機設計之數位控制器除具有控制法則調整彈性、成本低及體積小之優點外，利用微處理機可以執行複雜之計算與可結合各種演算法則，因此相當適合發展為高速及高性能之控制器並應用在具有強烈非線性效應的氣壓伺服系統，如模式參考 (Model Reference)、自調式 (Self-Tuning)、最佳控制 (Optimal Control)、H- 等控制理論所發展出的控制器。目前隨著 DSP 晶片功能的增進、高整合性，且因製作技術更為成熟與價格更低，使得新一代 DSP 晶片產品更具競爭力。以 TI 公司生產之定點式 TMS320F2407 [5] 晶片來說，除了整體效能可達 30MIPS (million instructions per second)，在硬體設計上採改良式哈佛結構，具有獨立的 16 位元資料匯流排及程式匯流排，同時增加了兩匯流排間的互通管道，因此指令執行過程中的指令解析、位置計算、資料傳送、加乘運算、回圈處理等功能均能同時進行。此外，TMS320F2407 晶片亦具備硬體乘法器、積和演算器與柱形移位暫存器等特殊結構來加強運算速度，並且內含許多合併指令，因此非常適合做即時且複雜之數位控制方面的運算。而晶片內部已構建有伺服控制器所需之週邊電路，如具有 2 組共 16 頻道之 10-bits A/D 轉換器，每個頻道 A/D 轉換時間為 500ns 兩組事件管理器(EVA、EVB)，每組事件管理器具有 2 個 16-bits 計時器、8 個 16-bits 非同步、同步或向量模式之 PWM 模組 3 個輸入信號捕捉器等電路及監測所須之 CAN、RS232，因此極適合發展伺服控制系統[6-13]。

因此本計畫針對上述問題，研製了一通用型 DSP 晶片(TMS320F2407)控制器，使其成為一個獨立系統，除了能以即時的方式執行所設計的控制法則外，並期望能完成一低成本、具修改彈性的多用途控制器，以利於後續之發展。為驗證系統之可行性，除了以電腦軟體模擬分析驗證外，並製作一套實驗設備來測試整體系統之性

能。

### 三、研究方法、進行步驟

#### (一) 模擬部份

首先，以已發展出之線性動態模式(式 1) 及 Optimal LQR 控制法則，在 Matla/Simulink 之環境下進行模擬不同操作條件下系統之氣體壓力特性 (方塊示意圖如圖一)。

$$G_{op} = \frac{P_t(s)}{P_e(s)} = \frac{k_o e^{-ds}}{(\tau_a s + 1)(\tau_t s + 1)}$$

(1)

式中之  $P_e = i_c \times 6.25 \times k_2$  psi. 為設定之壓力， $i_c$  為設定之電流， $k_2$  為比例放大式致動器的放大常數， $k_o$  為系統開回路之增益值。 $P_t$ ，調節閥出口之壓力， $a$ ，ER-3000 的充壓時間常數， $t$ ，壓力調節閥的充壓時間常數。

再依據上述模擬分析之結果加以修改並重新建構實驗系統中所須之演算法則與界面溝通之程式，編譯完成後再在 TMS320LF2407 EVM 上進行 DSP in the loop 的即時模擬。

#### (二) DSP 之實現

本計劃以 VisSim/TI C2000 Rapid Prototyper 整合型軟體，來快速完成應用德州儀器公司 (TI) 生產的 TI C2000 系列之 DSP 控制系統原型機測試工作。圖二為整體測試之架構示意圖，圖三則為程式方塊示意圖，其內包含上述之動態模式以及控制器。

### 四、結論

在數值模擬方面，如前所述，以 Matlab 程式語言輔以該語言所提供之 Simulink Toolbox，來執行所有數值與邏輯運算。而在實驗方面，對於數據的讀取、記錄與運算，除了使用了高速的個人微電腦外，並採用以多樣性、易於修改且容易編寫的人機界面程式語言—TIC2000 Rapid prototyper，此一程式是由美國 Vissim 公司所發展出來的一套應用於 TI TMS320LF2407 DSP 的發展程式軟體。經由模擬分析的結果比對於原型機測試的結

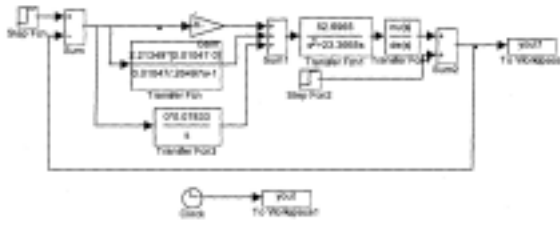
果，圖四為氣體射入壓力的響應曲線圖。可以發現氣體的射入壓力均能快速的到達所設定的壓力，而且所產生的最大超越量相當的小。相較於氣體射入壓力在開回路時的動態響應，除了能確實的控制壓力，其反應的時間也有所縮短。

雖然由圖五模穴內壓力的響應曲線。說明如果氣針的節流孔口面積為固定的話，則閉回路控制並不會獲得快速反應的優點。然而，對於因溶膠內氣體體積變化所造成之壓力變化，及因非線性或其他因素使得設定壓力偏移的現象，都可經由閉回路控制加以解決。

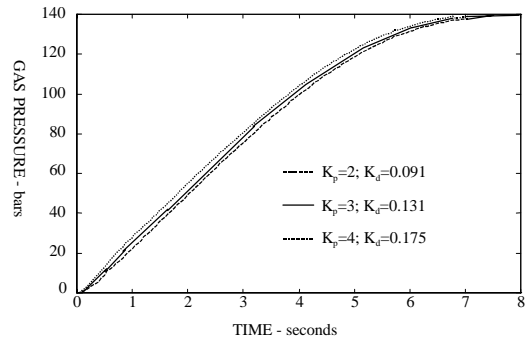
這些結果與原廠的 PID 控制器來比較，所發展出的 DSP 控制器效能可以完全達到應有之功能。而本計畫所完成的最大成就，則是擺脫原有固定型態的控制器結構，而可以針對製程特性的要求，僅經由軟體程式的編寫與更改控制法則的應用來完成。

## 六、參考文獻

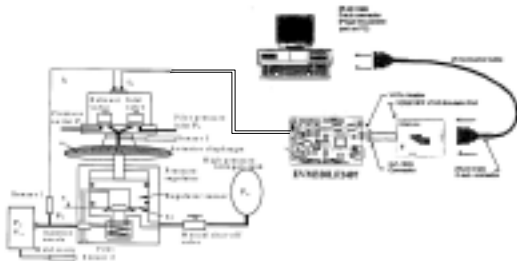
1. S. M. Chao, S. M. Wang, S. C. Chen, and F. R. Gao, *Evaluation of gas pressure dynamics for gas-assisted injection molding process*, Int. Comm. Heat Mass Transfer, Vol. 26, pp. 85-93, 1999.
2. S. C. Chen and S. M. Chao, *Closed loop control of gas pressure in the gas-assisted injection molding process*, Advances In Polymer Technology, Vol. 18, No. 2, pp. 137-145, 1999.
3. S. M. Chao, S. M. Wang and S. C. Chen, *Dynamic modeling of gas pressure control system for gas-assisted injection molding process*, Polymer Eng. And Science, Vol. 40, No. 3, pp. 583-594, 2000.
4. 趙時勉, 氣體輔助射出成型製程中氣壓系統之強健控制研究, 國家科學委員會專題研究計畫成果報告, 2001.
5. "TMS320LF/LC240x DSP controllers reference guide", Texas Instruments Inc., January 2000.
6. PC\_based 工業用控制器及其在自動化設備之應用, 工研院機械所, 1994
7. *Sensorless control with Kalman filter on TMS320 fixed-point DSP*, Texas Instruments application report BPRA057, TI Europe, July 1997.
8. *Implementation of a speed controlled brushless DC drive using TMS320F240*, Texas Instruments application report BPRA064, TI Europe, July 1997.
9. K.M. Chung, Astro Wu and Tresna Hidajat, *Using TMS320C24x DSP controller for optimal digital control*, Texas Instruments application report SPRA295, Jan. 1998
10. Irfan Ahmed, *Implementation of PID and deadbeat controller with the TMS320 family*, Texas Instruments application report SPRA 083, 1997.
11. G. Tall and M. Wiest, *A TMS320C50-based Algorithm Control*, First Euro. Edu.and Research Conf., TI (1996)
12. D.Mann, *New DSP-controller IC for digital motor control*, Electronic Engineering, No.1, pp.57-62. Sep. (1996).
13. Jizhong Xiao, Hans Dulimarta, Zenyu Yu, Ning Xi, R. Lal Tummala, "Controller Design for an Autonomous Wall-climbing Micro-robot Based on TI 320LF2407 DSP Chip", DSPSFEST'2000, Houston, Texas, August 2-4, 2000.



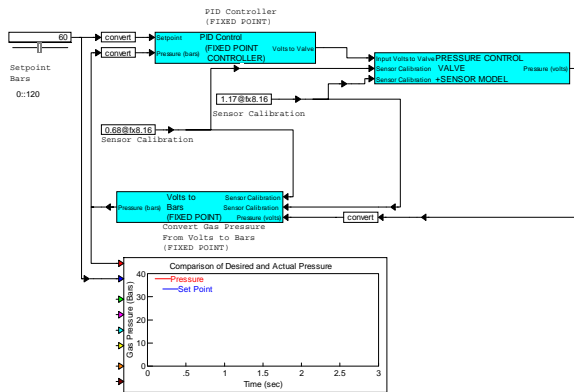
圖一 系統模擬示意圖



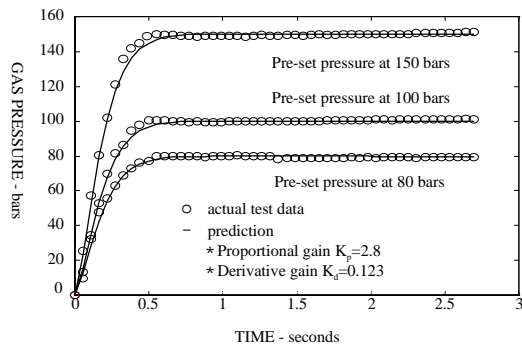
圖五 閉迴路模穴氣體壓力響應圖



圖二 系統測試架構示意圖



圖三 DSP HARDWARE IN THE LOOP 程式



圖四 閉迴路氣體壓力響應圖

