

## 塑膠產品整合式工程分析技術之應用

陳春億, 周雅云

科盛科技股份有限公司

### 摘要

近幾年於塑膠射出成型加工上, 使用CAE工具協助設計及解決製程問題, 已經成為普遍應用之趨勢。無論在產品結構設計或成型條件最佳化上, 都可以透過CAE的方式快速進行多組的設計變更, 並搭配實驗相互驗證分析數據的可靠性及正確性。而傳統結構分析於條件輸入時, 常忽略的前段製程所造成的影響, 使得分析的結果與實際產品在變形上的行為上有所不同。在微電子塑膠封裝(PEM)過程中, 受熔膠衝擊造成的導線架偏移問題, 複雜程度難以用單一模擬分析解決。本文主要探討射出成型分析及結構分析之間, 如何透過分析數據傳遞, 讓兩個分析系統可以相互整合。進而更完整的考慮射出成型品, 各項因素之間的交互關聯性及對品質的影響, 提供更有效的設計方向及問題解決方案。

**關鍵字:** 塑膠射出成型、整合式工程分析、結構分析、模流分析、電子封裝

### ABSTRACT

In the packaging of plastic-encapsulated microelectronics (PEM), microchip encapsulation has been the dominant technique for encapsulation processes. With the tendency of the technologies continuously moving toward smaller scale and higher density, the existed defects problems during fabrication become more and more important. Among those problems, wire sweep and paddle shift are the most common. In this study, an integrated CAE technology which gives a comprehensive solution for microchip encapsulation has been developed. By using this technology, wire sweep and paddle shift predictions under different molding conditions can be obtained, and the simulation results also demonstrate the feasibility of our technology for practitioners to analyze their mold designs for microchip encapsulation.

**Keywords:** injection molding, integrated engineering analysis, structure analysis, IC Package

### 一、簡介

近年大量的塑膠材料被廣泛使用, 除了塑膠本身具有價格低廉, 易加工, 物性佳的特色外, 射出成型技術的發展也是一重大原因, 使得產品可以被快速、大量地製造, 以供應市場需求。在應用上, 除了產品外觀可以使用塑膠材質製作造型外, 有強度需求的結構元件也可以採用機械性質佳的塑膠來製作。在市場競爭下, 必須推陳出新, 產品的生命週期愈來愈短, 也意味著產品設計人員必須在更短的時間內, 以最少的成本完成整個產品開發。以往的經驗法則以無法完全滿足現在的需求, 一套完整且系統化的CAE分析工具可以提供設計人員更有效率地開發新產品。

結構元件上的工程塑膠, 為了提昇機

械性質, 通常都是透過添加無機纖維材料的方式。一般而言, 平行於纖維方向會有較佳的機械性質, 垂直於流動方向則溪屆性質較差。過去透過CAE分析工具來測試產品時, 所使用的纖維材料參數不是完全的等向性(isotropic)就是理想化的非等向性(anisotropic), 但纖維排向受到成型過程的影響, 會隨著流動場產生排列。因為射出成型製程導致複雜的纖維排向, 使得實際產品無法單純只靠經驗法則預測。若要使結構分析結果更接近實際情況, 便需要先透過模流分析計算, 得到產品真實性質, 再透過資料轉換的方式, 將各項參數帶入結構分析軟體之中, 進行完整的測試分析。

除了材料特性外, 射出成型中的熔膠流動對於嵌入件的影響也相當的大。熔膠的快速流動, 會對嵌入件產生壓力, 造成偏移, 微芯片封裝的導線架偏移就屬於這類型

的問題。傳統上，要解決由熔膠流動造成的影響，只能靠嘗試錯誤法，累積經驗優化設計。但是這樣的作法是困難、低效率、高成本，因為在複雜的模型中，熔膠相互作用，彼此影響，難以直接修正問題。

在此提供一種真實 3D CAE 技術，用以模擬射出成型的整個過程。一個綜合模擬技術包含了前處理設定，成形過程中的充填、保壓和冷卻分析，以及固化分析和結構分析。在前處理設定中，提供參數化的方法來減少使用者在建立網格時所會遭遇到的困難。在成形過程中，精確預測成形中會產生的問題，並顯示整個充填的過程。除此之外，也支援後處理輸出，供給使用者對產品做後續測試分析。

透過這樣綜合的 CAE 技術，完整地顯示出整個製造過程中的各種情況，提供設計人員快速分析產品狀況，解決各式問題。

## 二、理論背景

高分子材料於成型過程中的充填/保壓過程，採用的模型為泛牛頓流體 (Generalized Newtonian Fluid, GNF)，其非等向性三維流動行為可以下列方程式表示。

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \mathbf{u}) + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u} \mathbf{u} - \boldsymbol{\sigma}) = \rho \mathbf{g} \quad (2)$$

$$\boldsymbol{\sigma} = -p \mathbf{I} + \eta (\nabla \mathbf{u} + \nabla \mathbf{u}^T) \quad (3)$$

$$\rho C_p \left( \frac{\partial T}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla T \right) = \nabla \cdot (\mathbf{k} \nabla T) + \eta \dot{\gamma}^2 \quad (4)$$

上述參數  $\mathbf{u}$  為速度向量， $T$  為溫度， $t$  為時間， $p$  為壓力， $\boldsymbol{\sigma}$  為總應力張量， $\rho$  為密度， $\eta$  為黏度， $\mathbf{k}$  為熱傳導係數， $C_p$  為比熱， $\dot{\gamma}$  為應變率。

由於計算上之穩定性及效率考量，於分析上採用有限體積法 (Finite Volume Method, FVM) 處理三維暫態流場之流動行為。

從方程式(3)中可以得到熔膠充填壓力  $p$ ，其壓力對於嵌入件的作用可以下列方程式表示。

$$\nabla \boldsymbol{\sigma} + \mathbf{F} = 0 \quad (5)$$

上述參數  $\boldsymbol{\sigma}$  為應力， $\mathbf{F}$  為熔膠壓力對遷入件

所造成的作用力。

在充填結束後，熔膠壓力所形成的作用力會被附著在遷入件上，輸出至結構分析軟體進行變形量的計算。

## 三、結果與討論

Moldex3D 模流分析後，得到於保壓末端時整體的壓力分佈情形，如圖 1。再經由 I2 介面輸出 Moldex3D 分析結果，並透過資料轉換輸出成 ABAQUS 可直接讀取之檔案格式。目前 I2 介面支援結果輸出功能包含材料縮減(material reduction)、殘留應力(thermal/flow residual stress)、初始應變(initial strain)、保壓溫度(packing phase temperature)、材料纖維配向(Digmat option to export fiber orientation)及熔膠對嵌入件的作用壓力(flow pressure)及模座上的冷卻溫度(moldbase temperature)及熔膠壓力(moldbase pressure)，如圖 2(a)(b)。另外網格的部份支援變形後模型網格，和網格映射功能，可在 Moldex3D 模流分析後改用更適合結構分析的網格型式，如圖 2(c)(d)。在此範例中選用 flow pressure 輸出熔膠作用在嵌入件的壓力，讀入 ABAQUS 後可直接顯示熔膠對嵌入件的壓力分佈情形，如圖 3(a)所示。再配合設定合理的邊界位移條件後，經由 ABAQUS 進行結構分析計算，可得到射出壓力對嵌入件造成的位移結果及應力分佈等相關結果，如圖 3(b)和(c)所示。

另外，導線架偏移是微芯片封裝的一個重大問題。由於導線架偏移是一種流動衝擊的現象，導線架偏移分析可以透過輸出壓力負荷至結構分析軟體 ABAQUS，分析熔膠流動壓力隨時間變化對導線架的影響。圖 4(a)~(c)為充填過程圖示，比較試驗與模擬結果在不同時間下的顯示，結果相近。充填結束後，利用 Moldex3D 計算導線架偏移的功能，引入 ABAQUS 的求解器計算，如圖 5(a)(b)所示。此外，導線架最大偏移量的比較如圖 6 所示，兩者相差不多。因此從這個試驗比較的結果可知，這樣一個綜合分析結果的可行性是可以被證明的。

## 四、結論

在這邊提供一種真實 3D CAE 技術開發評估。透過一個整合性的技術，將射出成型過程及產品測試這樣一連串的模擬分析

結合，可以完整的呈現設計上的問題，提供了全面性的解決方案。

### 五、參考文獻

- [1] R.Y.Chang and C.H.Chen, “Simulation of Filling and Curing Processes in Epoxy Reactive Molding”, J.Chinese Inst. Chem. Engrg., 26, 183 (1995).
- [2] M.R. Kamal and M.R. Ryan, Injection and Compression Molding Fundamentals, A.I.Isayev (Ed.), Marcel Dekker, Ch. 4, (1987).
- [3] M.R.Kamal, S.Sourour, and M.Ryan, “Integrated Thermo-Rheological Analysis of the Cure of Thermosets”, SPE Tech. Paper, 19, 187 (1973).
- [4] R.Y.Chang and W.H.Yang, “Numerical Simulation of Mold Filling in Injection Molding Using a Three-Dimensional Finite Volume Approach”, Int. J. Numer. Methods Fluids, 37, 25-148 (2001).
- [5] C. C. Pei and S. J. Hwang, “Prediction of Wire Sweep during the Encapsulation of IC Packaging with Wire Density Effect”, J. of Electronic Packaging, 335, vol. 127(2005).

### 六、圖片

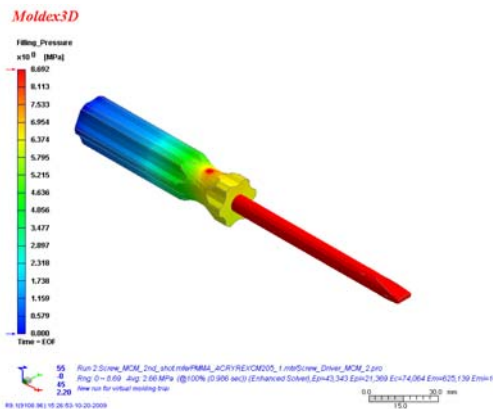


圖 1

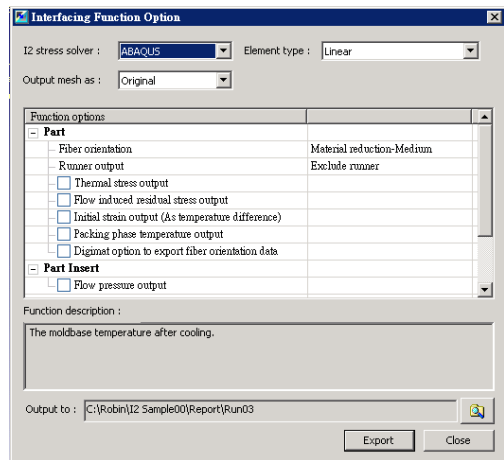


圖 2(a) I2 part 和 part insert 輸出選項介面

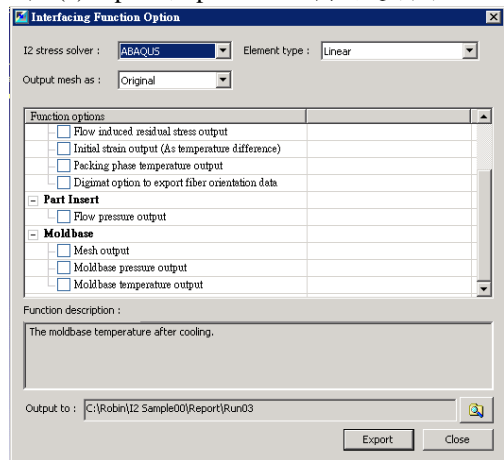


圖 2(b) I2 moldbase 輸出選項介面

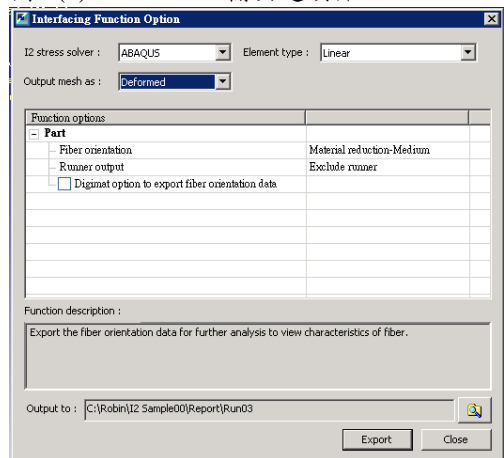


圖 2(c) I2 模型變形後輸出介面

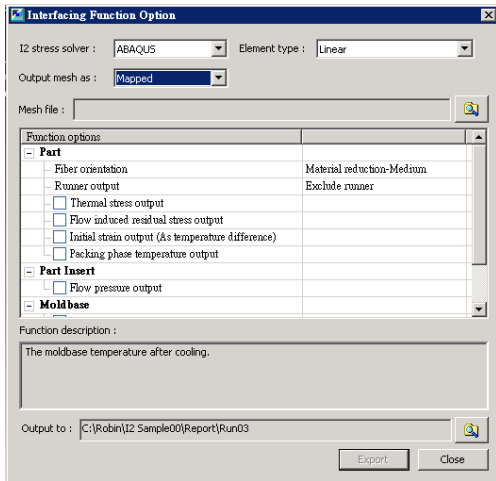


圖 2(d)I2 網格映射輸出介面

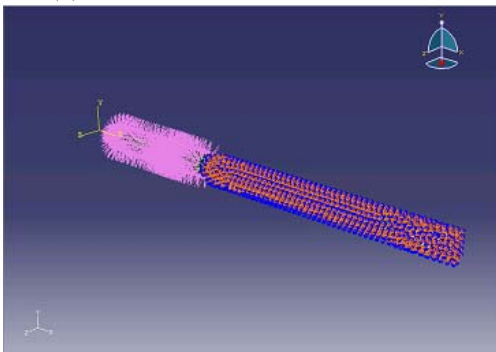


圖 3 (a)熔膠對嵌入件的壓力分佈

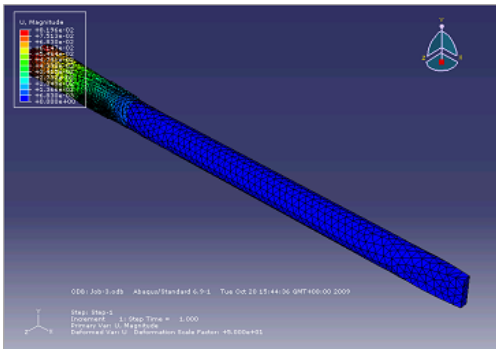


圖 3 (b)計算後的位移(變形倍率：50 倍)

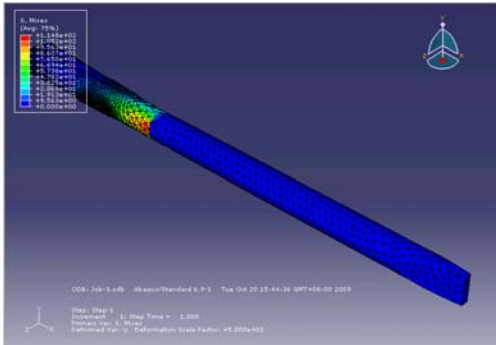
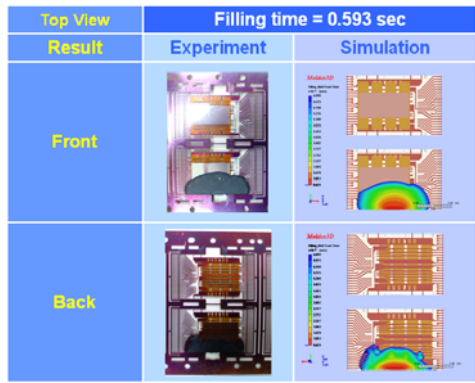
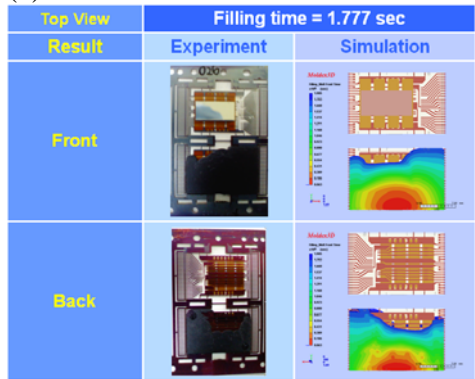


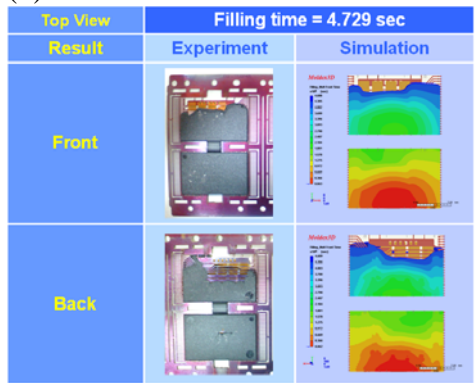
圖 3 (c)應力分佈(變形倍率：50 倍)



(a)

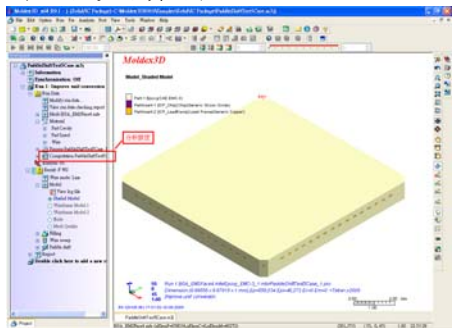


(b)

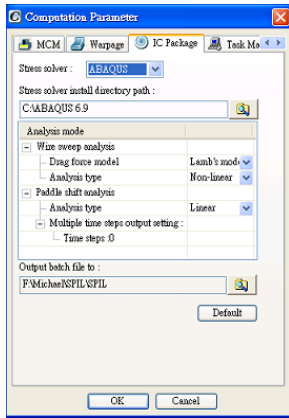


(c)

圖 4 熔膠充填過程



(a)



(b)

圖 5 Moldex3D 引入 ABAQUS 求解器計算

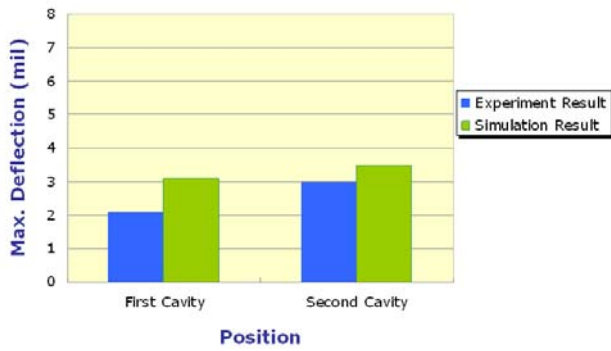


圖 6 導線架最大變形量試驗與模擬比較圖