

Abaqus interface for Moldflow 於連結器產業之應用

賴劭岡，李佳諺

慶良電子股份有限公司

摘要

連結器在射出成型後，由於各部位的冷卻速率的不同，材料收縮不均，以及纖維配向等影響，會造成一定程度的翹曲，所以在設計連結器時，通常都會使用 CAE 模流分析軟體(例如 Moldflow)模擬分析產品的翹曲程度，以確定其翹曲值在產品的規範要求之內。

但對於 FPC 連結器必須經過迴焊製程，將連結器焊在軟性電路板上，經常發生的一個現象是射出成型之 FPC 連結器翹曲值在規範內，但經過迴焊爐的加熱製程，射出成型所殘留之應力及材料非等向性等因素將產生二次變形，往往造成產品翹曲量超越規範值，而無法通過 QA 的檢驗。

FPC 連結器之熱翹曲現象無法由模流分析軟體單獨預測出來。因此，本研究將結合模流分析軟體 Moldflow 和結構分析軟體 ABAQUS 進行 FPC 連結器之迴焊熱翹曲分析，首先以 Moldflow 模擬 FPC 連結器之射出成型翹曲值，再經由 Moldflow 與 ABAQUS 之接口介面，以 Moldflow 分析之殘留應力、材料性質及纖維配向為初始條件，並輸入熱場及降伏強度等參數進行 ABAQUS 之熱應力及變形分析，模擬預測過迴焊爐後所產生之熱翹曲值。

本案例應保留慶良電子股份有限公司設計隱私權，此案例以 FPC 蓋板為例。

關鍵字：翹曲、連結器、Abaqus、Moldflow。

ABSTRACT

Due to the effects of uneven cooling rate, different material contraction and different fiber orientation, the connectors will warp after injection molding process. Therefore, the CAE software modeling injection molding (for example, Moldflow) is used to predict the warping behavior to ensure its value is confined to specifications requirement as designing the connectors.

However, for FPC connectors, they are soldered on mother board by circle soldering process. As a result, the new thermal warping is induced by the residual stress, the anisotropic material property and fiber orientation on the injected connectors after they go through the circle soldering process. It is frequently occurred that the injected part can meet the specifications requirement but they cannot pass QA qualification due to the new thermal warping caused by circle soldering process.

The thermal warping cannot be predicted by injection molding software along. It is proposed in the present analysis to combine the injection molding software Moldflow and the structural analysis software ABAQUS to study the thermal warping behavior for FPC connectors of TFT-LCD. First, the injection warping analysis is conducted by using Moldflow. As following, the thermal warping analysis is executed by using ABAQUS by inputting the residual stress, the anisotropic material property and fiber orientation etc. calculated by Moldflow as initial conditions through the Moldflow-ABAQUS interface module.

Keywords: Warping, Connector, Moldflow, ABAQUS

一、前言

隨著 PC 周邊連接器的需求趨緩，連接器市場的成長動力正在轉向高利潤率的應用，如液晶電視。根據 DisplaySearch 發表的資料，全球液晶電視交貨數量年成長達 99%，每季度成長達到 15%，2006 年銷量達到 1080 萬台，占全球電視市場的 24%。由於一台 LCD TV 平均約使用五顆 FPC 連接器，這一趨勢推動了對平板印刷電路 (FPC) 連接器的需求。

FPC 連接器的用途主要在於連接面板與主體結構，日本製造商傳統上在這種產品上處於支配地位，如 JAE 和 Hirose。由於液晶電視製造商降低平均售價，擴展了產品滲透速度，這一趨勢已經發生了變化。臺灣供應商能夠以比日本供應商便宜 10% 至 30% 的價格提供 FPC 連接器。與 PC 連接器相比，FPC 的利潤空間仍然相當令業者滿意。相對而言，很多臺灣製造商還是 FPC 連接器製造領域的新軍。再加上液晶電視市場的成長，預計對 FPC 連接器的需求也將提升。

此外，FPC 連接器不只應用於液晶電視，由於 FPC 連接器的電纜保持力極高，能夠提供安全可靠的連接，非常適合手機，數位相機等應用，以及其他緊密封裝的應用。[1][2]。

二、迴焊熱翹曲之行為探討

當一個連接器產品圖面設計完成後，經過一連串的測試分析，到開模做出成品，其過程需要花費大量的時間金錢以及人力物力，但若成品出現瑕疵或形狀不合原設計的規範時，之前花費的金錢往往是白費的，常常發生花了很多錢開模，而做出來的成品卻不能用的情形，因此用電腦分析模擬出可能出現的瑕疵或問題，便可以節省大量的開發成本，在以往的 Moldflow 分析模擬只能預測到產品射出成形後的階段，之後過迴焊爐所產生的翹曲是無法預測的，因此，更進一步預測產品過迴焊爐後所產生之熱翹曲，則為本文的研究動機；藉此研究來節省開發成本，則為此研究之目的。

三、基本理論

3.1 連接器射出成形流程

(1) 螺桿旋轉將塑料輸入料缸，並加熱塑化。(2) 可動側模盤前進將模具閉合。(3) 螺桿前進將熔膠射入模穴直至填滿。(4) 進行壓縮使模穴內的熔膠密度升高，避免冷卻收縮。(5) 持續壓動作，直到澆口處不發生流動。(6) 模穴繼續進行冷卻，螺桿旋轉進行下一週期之進料塑化動作，並逐漸後退至進料行程設定位置為止。(7) 模穴繼續進行冷卻直到冷卻時間結束。(8) 可動側模盤後退將模具打開。(9) 頂出機構前進將成品頂出。(10) 取出成品，進行必要動作如噴脫模劑、安置內插物等。再重新執行步驟(1)。

3.2 翹曲原理

翹曲是連接器未按照設計的形狀成形，卻發生表面的扭曲，翹曲是由於成形塑件的不均勻收縮。假設整個模型有均勻的收縮率，就不會發生翹曲，而僅僅會縮小尺寸；然而，由於分子鏈，纖維配向、模具冷卻、塑件設計、模具設計及成形條件等諸多因素的交互影響，要能達到低收縮或均勻收縮是一件非常複雜的工作。

翹曲的主要原因為收縮不均，收縮率變化的原因包括：塑件內部溫度不均勻。塑件凝固時，沿著肉厚方向的壓力差異和冷卻速率差異。塑件尚未完全冷卻就頂出，或是頂出銷變形，倒勾太深，頂出方式不當，脫模斜度不當等因素都可能造成塑件翹曲。塑件肉厚變化導致冷卻速率的差異。塑件具有彎曲或不對稱的幾何形狀。塑件材料有，無添加填充料的差異。流動方向和垂直於流動方向之分子鏈，纖維配向性差異，保壓壓力的差異（例如澆口處過度保壓，遠離澆口處卻保壓不足）[3]。

3.3 迴焊熱翹曲現象

造成迴焊熱翹曲的主要原因為射出成型後所殘留之應力、材料熱膨脹非等向性，以及熱塑性變形等因素。

連接器在射出成形後，在冷卻過程中，外部收縮，但內部仍維持高溫，收縮較外部緩

慢，待冷卻後會造成連接器內外部承受自體一拉一壓之應力。這些應力一部份會形成翹曲，一部份會留在連接器內，為殘留應力。等到連接器經過迴焊製程時，殘留應力將會釋放，造成迴焊熱翹曲。

連接器在射出成形後，其材料為熱膨脹非等向性，因此，經過一迴焊製程之熱場後，會形成不均勻之熱脹冷縮，最終造成連接器的熱翹曲變形。

四. 結合 Moldflow 與 ABAQUS 進行迴焊熱翹曲有限元素分析

FPC 連接器之熱翹曲現象無法由 Moldflow 模流分析軟體或 ABAQUS 結構分析軟體單獨預測出來。因此，本研究將結合模流分析軟體 Moldflow 和結構分析軟體 ABAQUS 進行 TFT-LCD 面板 FPC 連接器之迴焊熱翹曲分析，首先以 Moldflow 模擬 FPC 連接器之射出成型翹曲值，再經由 Moldflow 與 ABAQUS 之接口模塊介面，以 Moldflow 分析之殘留應力、材料性質及維配向為初始條件，並輸入熱場及降伏強度等參數進行 ABAQUS 之熱應力及變形分析，模擬預測過迴焊爐後所產生之熱翹曲值本研究比對所使用之模型為一連接器之蓋板部分。

本研究使用之塑料皆為 PA46，性質如表一。

迴焊製程中 FPC 連接器必須經過一高溫環境將焊錫熔化，以達到將 FPC 連接器焊接於 PCB 板上之目的，迴焊爐的加熱方式，為分別由上下兩個方向對連接器以熱風加熱，但連接器之下表面由於與 PCB 板接觸，故由下往上吹之熱風應被 PCB 板隔絕，但由上往下吹之熱風則直接作用於連接器上表面，故下表面上升之溫度應較上表面低許多，故本研究之熱場邊界條件設定方式則採用不考慮迴焊爐內的溫度變化，在單位時間內持續給定一固定之熱通量於連接器表面，使連接器表面之溫度上升至約 240°C，而下表面則不給定熱通量之方式模擬迴焊爐之熱邊界條件。

殘留應力、材料非等向性性質、複雜模型幾何皆為影響迴焊熱翹曲之重要原因參數，故在此有限元素分析中，加入殘留應力、材料非等向性性質、實際模型幾何三種

參數來和實驗結果做一比較。

以下之有限元素分析結果圖因需比對其翹曲趨勢，故將其翹曲量放大 5 倍，比較實際圖片與有限元素分析結果後，可發現到有限元素分析的結果趨勢與實際迴焊熱翹曲的趨勢是相同的，皆呈現兩端往上彎的翹曲情形(由實際圖片之視角)。

圖一~圖六為蓋板空焊之過爐觀測截面圖與分析結果之比較。

圖七、八主要比較其過爐前到過爐後迴焊熱翹曲之影響。

由圖七的結果可由黃圈處觀察到其迴焊熱翹曲的趨勢為兩端上翹。

由圖八同樣也可觀察到加熱後兩端之上翹程度較加熱前高，與實際過爐觀測之迴焊熱翹曲趨勢相同。

綜合本章的結果，證明在加入殘留應力、材料非等向性性質、複雜模型幾何後之迴焊熱翹曲有限元素分析與實際之產品進行翹曲趨勢的比對後，其熱翹曲趨勢是一致的，至於更精確到量的比較，因目前具備之實驗設備還無法精準量測其經過迴焊製程產生之翹曲值，本研究只做一定性的翹曲趨勢比較。

五、結論

有限元素在工程上的分析應用方面，是更加多元化的，傳統單一探討結構有限元素分析或模流分析已無法解決目前工程上所面臨的問題，多元的耦合分析已漸漸成為主流，例如熱電耦合，流固耦合等。故結合各種不同的領域的有限元素分析技術是非常重要的。

本文使用 Moldflow 與 ABAQUS 之間的接口介面將 Moldflow 分析之結果作為 ABAQUS 分析初始條件及材料參數模擬連接器之迴焊熱翹曲現象，產品在經過一迴焊製程後，由於溫度的升高，對連接器之膠芯造成的迴焊熱翹曲現象，並將一簡化之模型做同樣設定之分析，並考慮殘留應力、材料非等向性等參數對翹曲之影響，並以實際模型分析結果來驗證簡化模型結果。最後再做一實際產品之翹曲趨勢與模擬結果之翹曲趨勢之比對。而得到以下的結論：

1. Moldflow 之分析結果的確可經由其與 ABAQUS 之介面導入 ABAQUS 中做運算。
2. 殘留應力對迴焊熱翹曲分析是必要的，因其不僅對最後之翹曲值有直接關係，且對材料非等向性影響翹曲量時有交互影響之效果，故在考慮到翹曲量的預測時，為不能忽略之重要參數。
3. 材料非等向性對迴焊熱翹曲的影響在於其形變，而在有殘留應力的情況下對翹曲量有增加放大的影響。
4. 實際連接器之蓋板再過爐觀測中，其蓋板受熱之後確實會產生一迴焊熱翹曲，而經由 ABAQUS 結合 Moldflow 之有限元素分析後，也可得到相同趨勢之結果。

經由上述之結論，若要改善或預防迴焊熱翹曲，其方法有三：

- 減少殘留應力，殘留應力對材料非等向性影響翹曲量時有交互影響之效果，故減少殘留應力應可改善迴焊熱翹曲。
- 控制纖維配向，纖維配向為造成材料非等向性之主要原因，可透過 Moldflow 模流分析預測纖維的配向所造成之材料非等向性，進而透過本研究探究纖維配向對迴焊熱翹曲的影響，希望透過本研究找出最佳之迴焊熱翹曲纖維配向[4]。
- 改變模型幾何，改變模型幾何除了可增強產品之剛性，增加其抵抗迴焊熱翹曲的能力，也可改變其受熱的狀況，造成產品各部位之不同程度的熱膨脹以及體積收縮。

六、未來展望

未來可更進一步模擬實際之情況，如使用熱流場模擬熱風加熱、設置楊氏係數與降伏強度隨溫度函數改變、設置比熱與熱傳導係數隨溫度函數改變等，相信此類的參數若能提高其精度，便能更進一步由預測迴焊熱翹曲之趨勢，精進到預測迴焊熱翹之翹曲量，達到改善迴焊熱翹曲的目的[5]。

七、參考文獻

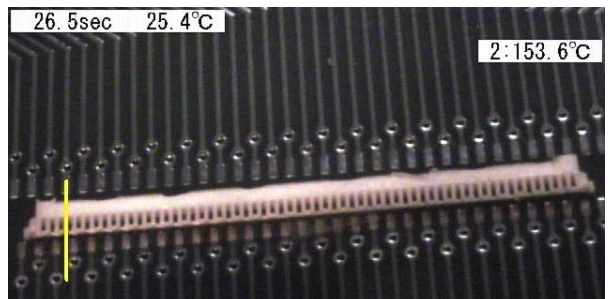
- [1] 電子工程專輯
http://www.eettaiwan.com/ART_8800570_295_480702_NT_0832791b.HTM
- [2] 沈高豪，江榮成 “透視 TFT-LCD 面板暨顯示器產業未來發展趨勢” 拓璞科技出版 2005 年 9 月
- [3] 林宸生，張寧群，蔡嘉文 “TFT-LCD 面板蝕刻電晶體之自動化檢測” 逢甲大學碩士論文 2005 年 7 月
- [4] 許明發，郭文雄 “複合材料纖維學” 全威出版 2002 年 4 月
- [5] Fox, McDonald, Pritchard, “Introduction to FLUID MECHANICS” 2004

八、表格

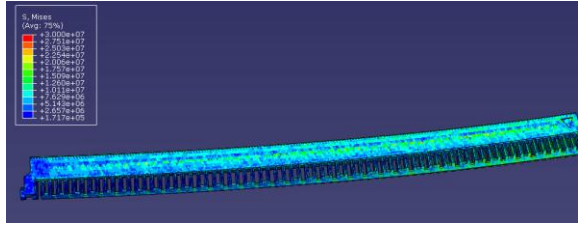
PA46	
Elastic modulus 1st principal direction	14753MPa
Elastic modulus 2nd principal direction	10586MPa
Poisson's ratio v12	0.384
Poisson's ratio v23	0.435
Shear modulus	3320MPa
Solid density	1.852 g/cm ³
Specific heat at 51°C	932.5J/kgC
Conductivity at 30°C	0.309W/mC

表 1 PA46 性質表

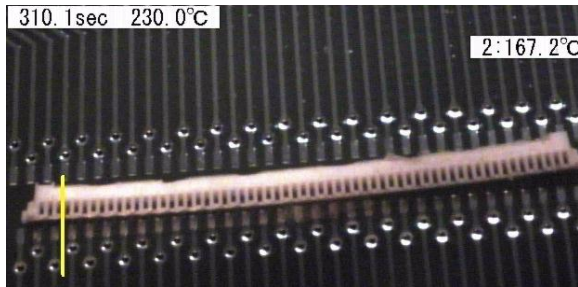
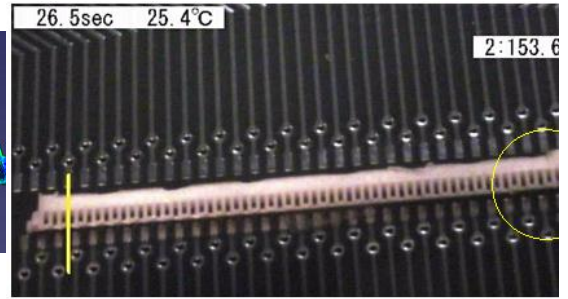
九、圖片



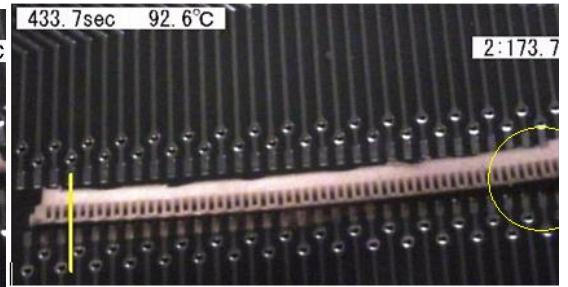
圖一 蓋板過爐觀測(室溫)



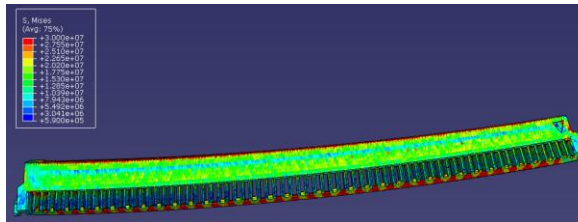
圖二 蓋板未加熱前(比較用角度)



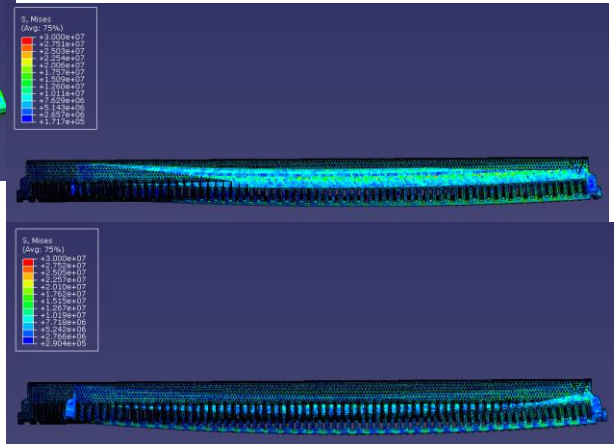
圖三 蓋板過爐觀測(230°C)



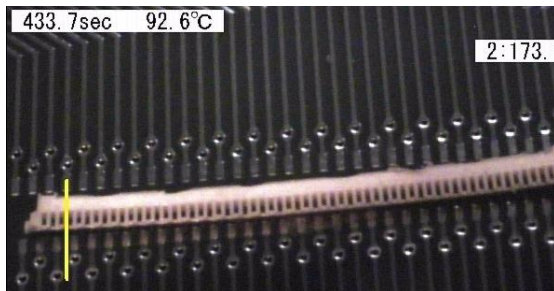
圖七 上:加熱前;下:冷卻後;過爐前後比較圖(迴焊熱翹曲比較)



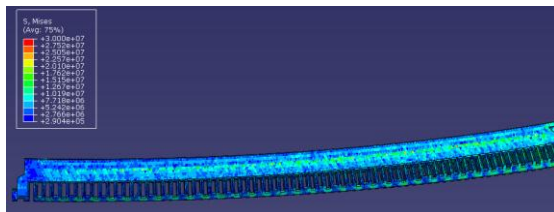
圖四 蓋板加熱至最高溫時之翹曲(比較用角度)



圖八上:加熱前;下:冷卻後;加熱前後比較圖(迴焊熱翹曲比較)



圖五 蓋板過爐觀測(冷卻至 92.6°C)



圖六 蓋板冷卻後翹曲(比較用角度)