

塑膠結合線強度模擬預估及探討

李明山

緯創資通股份有限公司

摘要

現有的3C電子(computer, communication, and consumer electronics)產品不斷地在追求輕、薄、方便攜帶的前提下，應用在產品的外觀及結構的塑膠機殼同樣的也被要求輕及薄，而製造方法”塑膠高壓射出”技術相對地也要提升，但在尺寸的條件限制下，塑膠射出的各樣參數皆影響產品的品質差異，本文主要針對筆記型電腦外殼中，所謂的IO port (輸出輸入埠)位置的橋接結構強度進行探討，在面臨IO port位置強度不足情況下，進行結構強度靜力計算及利用數值分析軟體Abaqus進行模擬分析，考量理想與實際的落差影響，針對塑膠成型時各樣參數的影響及熔融塑膠結合時所產生的結合線強度進行比較評估，從而導出一經驗預估方法，用以未來在類似結構上的強度預估。

關鍵字：塑膠高壓射出、Abaqus、結合線

ABSTRACT

The 3C (computer, communication, and consumer) electronics products are always asking to be light, thin and easy to carry. So the same requirement is also applied in plastic parts of product housing and structure. And the technology of manufacture method “high pressure plastic injection” is needed to be improved. And all of the parameter of plastic injection will affect the final product quality. In this paper, we will focus on the strength of the IO port (Input and Output port) portion. When we face the weakness structure situation, we need to find out the design strength by static calculation, Abaqus simulation method. The mold and weld-line condition will need to be considered in real product. By considering most of mold conditions, we could find out an experienced method to predict strength of future similar structure.

Keywords: High pressure plastic injection, Abaqus, weld-line

一、緒論

NB(Notebook), 手機及 Pad 其他消費型電子產品均不斷的追求輕薄易攜帶，而產品的製造工法也面臨相當多問題需要克服，本文主要針對NB產品在製造過程中，發現塑膠外殼於IO(Input and Output) port較細的橋接部分，如圖1，其強度不足，為探討是否為設計問題抑或是塑膠成型時的製造問題，而做一系列討論。

二、問題探討

2.1 結構靜力學計算

針對塑膠件有類似橋接的結構，以多種數學模型進行靜力計算：

1. 雙邊懸臂樑中間受一集中力模型，

圖2，所計算出來的結果反力過大，位移量較小，討論由於實際橋接邊界仍可有變形的區域，因此較不適合套用此模型。

2. 雙邊簡支樑中間受一集中力模型，如圖3，比較此模型與實際受力方式又略有差異，實際為一推力計以直徑5mm圓形壓頭加壓於橋接段，因此需改變模型。
3. 雙邊簡支樑中間受二集中力模型，如圖4，利用此模型所計算出的位移量及受力均與實際情況較為接近，所計算出的結果如圖5、雙邊簡支樑中間受二集中力模型計算結果。

2.2 有限元素模型計算

利用 Abaqus 進行數值模擬分析，所得結果與計算結果進行比較，如圖 6、IO port 強度計算與模擬結果比較。在材料線性段部分計算結果與模擬相當吻合，當材料進入塑性段後，強度降低，僅可由模擬結果看到破裂時的受力大小。由表 1、計算、模擬與實際測試比較表中可知，實際測試的落差極大，而模擬破裂時的力量為較理想的情況，因此就需探討實際成型時可能造成強度降低的因素。

三、射出成形與結合線影響

影響塑膠射出成形的因素相當多，如用料、料溫、模溫、射出速度、射出壓力、保壓時間、保壓壓力、等...。由文獻[2]，可知料溫對縫合線的抗拉強度的影響最大，貢獻度也比其他參數大。由文獻[4]，製程參數對於鍵結度的影響性由大到小排列，分別為料溫>模溫>射出速度>保壓壓力。而結合線強度 σ_w 可用以半經驗表示，如下

$$\frac{\sigma_w}{\sigma_b} = \frac{A_0 - A}{A_0} = 1 - \frac{A}{A_0}$$

A0：起始時塑流相交面的截面積

A：未鍵結區域的面積

σ_b ：為在無定向之抗張強度

但在實際射出成型中，其成型參數較難直接獲得，因此於本文中僅能以正常射出成型下，因各項參數所造成的最差狀況進行依統計分析，由文獻[2]可得，針對 PP 料而言，考量所有最差製程因素下對成品強度的下降百分比 24.1%，有結合線狀態強度降低百分比 8.3%，因此在有結合線強度的情況，並考慮最差製程情況，強度降低會降低 30.42%。但針對於其他料其狀況亦是不同。

四、模流分析

為確保結合線確定於 IO Port 位置產生，利用模流分析軟體進行判斷，如圖 7、模流分析結合線結果，可知確實於該位置產生結合線，後續進一步詢問模流廠商是否可獲得模流後的結構排列作以結構分析之用，以目前技術尚無法得知。

五、實際產品結構強度預估

可藉由半經驗公式及統計方法，先確保最差成型條件下產品類似橋接部位的最後強度，考量 ABS 最差成型條件，強度降

低 25%，若該位置又有結合線產生，再降低 10%，另外根據產品經烘烤後強度下降之統計結果，最差可能降低 25%，原先產品該位置強度為 7kg，綜合上述因素，則為：

$$7 \times 0.25 \times 0.1 \times 0.25 = 3.54 \text{kg}$$

由此可知在塑料無變異情況下，應可達 3.54kg，而此強度也與後續實際產品接近。

六、結論與未來展望

1. 由靜力計算中，可以提供未來類似橋接結構強度的快速評估，並計算出達降伏時可承受的力量。
2. 利用模擬分析可獲得詳細的最大應力區域及當材料達到破壞時，可承受的最大力量，作為設計之參考。
3. 本文利用靜力分析、結構有限元素模擬加入半經驗及統計方法，評估最終成品可能之強度，除可驗證設計強度是否足夠外，亦可以提供成形場未來在出貨時的檢驗標準。
4. 目前模流分析尚無法提供結合後的結合強度或是鍵結結果，若於未來模流軟體可提供相關訊息，亦可更精確的模擬實際的結構強度。

七、參考文獻

- [1] 蘇寶林，“薄殼射出成型製程條件對縫合線強度影響之探討”
- [2] 吳政憲，梁琬蓉，“微射出成型縫合線形成之研究”
- [3] 施政鋒，陳夏宗，“POM 射出成型件縫合線強度之探討”，中原大學機械工程學系碩士學位論文，民 96 年
- [4] 鍾明修，陳夏宗，黃健生，“ABS 薄殼射出成型件縫合線之探討”，中原大學機械工程學系碩士學位論文，民 90 年
- [5] 林文卿，黃健生，“射出成型之縫(熔)合線探討及實務對策”，民 94 年
- [6] 柯昆德，黃俊豪，陳俊生，“高結晶性材料射出成型件縫合線強度之探討”，龍華科技大學工程研究所
- [7] 陳詞章，郭南村，陳俊吉，陳俊生，“ABS 射出成型件縫合線強度之探討”，龍華科技大學機械工程系，龍華科技大學工程技術研究所
- [8] 網路-工作狂人，“MFI 與塑膠二次料

/回收料的關係”

- [9] 網路-工作狂人, ” 塑膠成品脆裂的可能原因”
- [10] 網路-工作狂人, ” 如何判度塑膠是否添加了二次料 (Re-grind resin)”
- [11] 黃文盛, 陳炤彰, ” 混合 PC/PMMA 材料應用於 LED 照明元件射出成形研究”
- [12] 許峻嘉, 董基良, 黃俊仁, ” 射出成型製程參數對短玻璃纖維強化聚丁烯對苯二甲酸酯機械性質影響之探討”, 國立中央大學機械工程研究所博士論文, 民 93 年
- [13] 魏綸群, ” 塑膠射出成型製程時間最佳化設計”, 元智大學機械工程研究所碩士論文, 民 96 年
- [14] 吳文旺, ” 射出製程條件對熔膠剪切效應及成品表面品質影響之研究”, 國立高雄應用科技大學模具工程系碩士班, 民 101
- [15] 曾宇譚, 陳榮盛, ” 射出成型之製程參數對不同材質縫合線強度的影響”, 國立成功大學工程科學研究所

八、表格

	Theory	Simulation	Real test
Yield Total Force (N)	31.28	33.76	-
Yield Displacement (mm)	0.81	0.88	-
Broken Force (N)	-	70.9	17-60

表 1、計算、模擬與實際測試比較表

九、圖片



圖 1、NB IO port 橋接部分

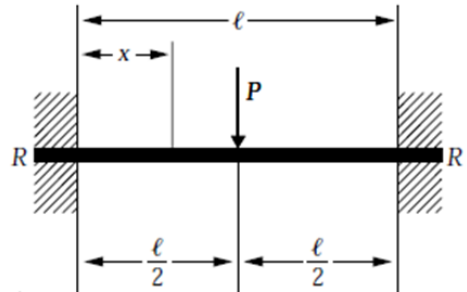


圖 2、雙邊懸臂樑中間受一集中力模型

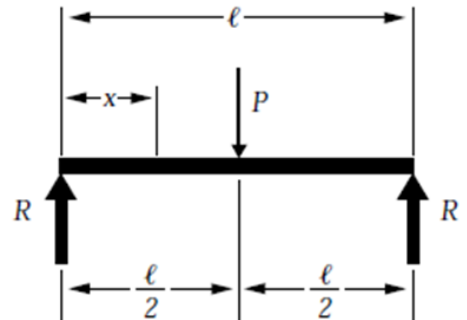


圖 3、雙邊簡支樑中間受一集中力模型

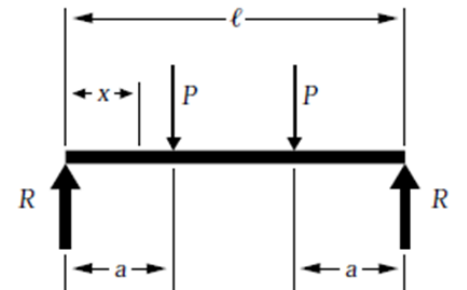


圖 4、雙邊簡支樑中間受二集中力模型

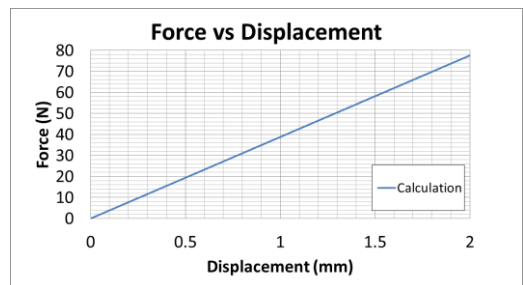


圖 5、雙邊簡支樑中間受二集中力模型計算結果

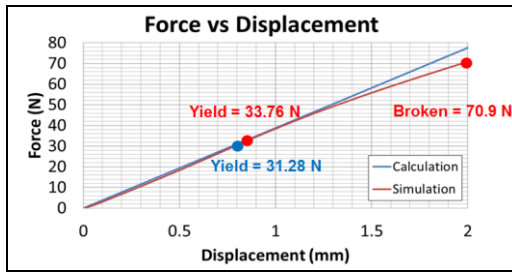


圖 6、IO port 強度計算與模擬結果比較

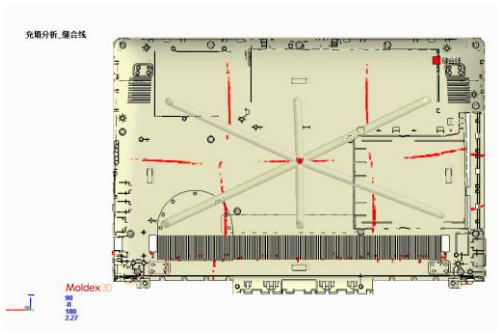


圖 7、模流分析結合線結果