

應用田口法於CD-ROM 碟片托盤射出成型之 製程最佳化開發

江可達 楊展耀 林秀姿

摘要

本文使用田口方法之品質工程規劃法，來搭配Moldflow MPA模流分析軟體，建立一套塑膠射出成型過程之製程最佳化流程，以便進行有效率之電腦模擬。以CD-ROM 碟片托盤塑膠製品的毛邊現象與翹曲問題為例，經由信號雜音比S/N計算與變異數分析過程，獲得其不同工程因子對目標品質之影響。進而求得製程之最佳化加工參數與可調整因素，減少分析所需之試模時間及成本浪費，以提升品質與降低生產成本。

關鍵字：田口方法、最佳化、信號雜音比、射出成型。

Optimization of process parameters of injection molding with Taguchi method for a CD-ROM disk pallet

Ko-Ta Chiang, Chan-Yaw Yang and Shioh-Tzy Lin

Abstract

This article makes use of quality engineering program of the Taguchi method and collocates the mold flow analytical software of Moldflow MPA to establish the optimal process of plastics injection molding in order to execute the effective computer simulation. We take the burr and warping phenomenon of CD-ROM disk pallet for an example and acquire the different engineering factors in the influences of the objective quality by the process of signal to noise ratio and analysis of variance. We also obtain the optimal process parameters and adjusting factors in the plastic production to decrease the time of simulation and cost of production test. Therefore it will increase the quality of product and reduce cost.

Keywords: Taguchi method, optimization, signal to noise ratio, injection of form.

一、前言

近年來由於塑膠製品被廣泛使用已逐漸地取代輕金屬材料甚至鋼材的用途，相對地提高其製品之耐衝擊、耐高溫與耐磨耗等特性。而塑膠射出成型製程已經成為塑膠製品最常使用之加工過程，同時塑膠射出成型製程之塑膠製品也成為眾多塑膠製品的主流。對於此類產品之品質提升則有賴於塑膠射出成型之模具設計、產品設計、加工條件設定及材料選擇等項目，都需要加以妥善規劃[1,2]。尤其對於成型之加工條件設定上如何影響到產品之品質，如何快速且有效找出影響產品品質主要因素是很重要的步驟。在高科技的發展與市場的需求下，塑膠模具業界大量地引入電腦輔助工程(CAE)分析技術，來用於改進其塑膠模具設計技術與製程並提昇其塑膠製品之品質。至於使用電腦輔助工程(CAE)分析技術來模擬與預測其有關射出成型過程之相關套裝軟體，於目前已是非常普遍地使用，如C-mold、moldflow MPA、Moldex等模流分析套裝軟體。

有關塑膠射出成型製程之數值模

擬分析，Kamal and Keing [3]、Wu et al. [4]曾對半圓形模穴的射出製程藉由有限差分法加以分析，模擬射出成型製程中充填、保壓與冷卻等過程，廣泛地探討非牛頓流體(Non-Newtonian Behavior)行為與冷模壁熱傳固化塑料的現象，並且配合試驗驗證之。Hieber and Shen [5]則透過有限元素法與有限差分法的混合運用，來模擬平板結構模擬射出成型之模穴，以Hele-Shaw[6]流場與非牛頓流體(Non-Newtonian Behavior)來處理非彈性與非等溫之邊界條件。Chiang et al. [7]則建立一模組來模擬射出成型製程中充填與保壓之過程，也以運用有限元素法與有限差分法來解非等溫之邊界條件下可壓縮粘性之Hele-Shaw[6]流場。Hetu et al. [8]提出以3D有限元素法來模擬射出成型製程中充填之過程。

目前對於塑膠射出成型製程之研究，都朝向探討其成型過程之最佳化製程與最佳化加工參數，如Pandelidis and Zou [9]提出其澆口位置之最佳化設定法則。而Choi et al. [10]使用Neural network來分析不同加工參數對品質之

影響，求得最佳成型加工參數。至於運用電腦輔助工程(CAE)分析套裝軟體來模擬與預測其有關射出成型過程的方面，對分析結果進行判讀與提出建議改善方案，傳統上仍須仰賴有豐富經驗的CAE工程人員，才能有效利用CAE技術來解決製程上問題。此一方法是屬於試誤法(try-and-error)，不僅浪費成本及試模時間外，亦不易找出影響產品品質的主要原因。本文中採用田口方法(Taguchi Method) [11] 之品質工程規劃法，是係源自於1923年英國人R. A. Fisher [12] 所創始的實驗設計法，經由日本田口玄一博士加以簡化其統計技巧，利用直交表(orthogonal array)、信號雜音比(signal to noise ratio, S/N)、變異數分析 (analysis of variance, ANOVA)、回應表(response table)或回應圖(response graph) 等過程進行分析，並首先將此一方法轉往工業產品之應用。田口方法(Taguchi Method)之品質工程規劃法可以大量簡化全因素實驗的實驗次數，目前被廣泛地使用於工程設計與製程最佳化分析上，諸如切削加工條件最佳化[13,14]、電子封裝製程最佳

化[15,16]、放電加工表面精度控制[17]等。

本文目的在於採用田口方法之品質工程規劃法，並搭配I-deas Master Series 8 整合性軟體中Moldflow MPA模流分析軟體，發展出塑膠射出成型過程之製程最佳化流程，以便進行有效率之電腦模擬，來分析其不同工程因子對目標品質之影響，進而求得製程之最佳化加工參數，以減少分析所需之試模時間及成本浪費。本文以CD-ROM 碟片托盤塑膠製品為例，針對處理其毛邊現象與翹曲問題上，探討其加工條件、目標品質設定，經由信號雜音比S/N計算與變異數分析過程，在現有射出成型機設備下，能快速找出其影響問題之主要因素，獲得其最佳加工條件與可調整因素，以提昇品質與降低生產成本。

二、製程最佳化之流程

本文中有關製程最佳化之流程是依照田口方法之品質工程規劃法，並搭配Moldflow MPA模流分析軟體，以便進行有效率之電腦模擬其塑膠射出成型過程，並從獲得模流之結果來分析其不

同工程因子對目標品質之影響，求得製程之最佳化加工參數，以減少分析所需之試模時間及成本浪費。而田口方法之品質工程規劃其主要步驟為利用直交表(orthogonal array)規劃其相關工程因子來建立實驗項目，將實驗結果透過信號雜音比(signal to noise ratio, S/N)、變異數分析(analysis of variance, ANOVA)、回應表(response table)或回應圖(response graph)等過程進行分析。此外，本文中使用的Moldflow MPA模流分析軟體是屬於圖形介面操作方式，對於3D塑膠製品模型很容易經由CAD繪圖軟體繪圖後輸入，並經由軟體內建塑膠材質資料庫提供有關材質之各項加工條件，能快速地直接模擬分析與獲得其模型之特性。可提供在設計有關塑膠射出成型之零件時，對在射出成型作業上有一快速、可靠、準確、評估其產品設計可行性之有效工具。也可就材料融熔溫度，模具溫度、與射出壓力各項加工條件等項目自行調整，以能快速找出其影響產品品質之主要因素，並加以改善。有關製程最佳化流程之架構大致如下：

(1) 繪製3D塑膠製品模型。

使用相關CAD繪圖軟體來繪製3D塑膠製品模型，並將圖檔以STL格式輸出。

(2) 分析其塑膠製品成型過程中遭遇問題之相關因素。

造成其塑膠製品成型不良的主要原因如下：

1. 塑膠材料本身材質所造成的。
2. 成型過程中各項加工條件設定不當。
3. 模具設計或製作不良。
4. 塑膠製品設計不良。
5. 射出成型機器功能不足。

(3) 設定其成型過程中影響所遭遇問題之主要因素為目標品質並取其特性為望大(the larger-the-better)、望小(the smaller-the-better)或望目(the nominal-the-better)等。

諸如成型過程中有毛邊問題產生可以選擇最小射出壓力做為目標品質，其特性為望小的。若是出現流痕現象必須選擇模具溫度或充填壓力為目標品質，其特性為望大的。

(4) 在變異因素設定方面，以對影響其遭遇問題(所設定目標品質)之各項

加工條件來設定。

依據所得其塑膠製品成型過程中相關因素，來分析其各項加工條件如澆道系統、材料選擇、模具溫度、熔膠溫度、充填壓力、充填時間等對其遭遇問題之影響，並設定為變異因素。

- (5) 選定其變異因素之水準值，即相關各項加工條件之設定。

變異因素之水準值以原始加工條件、塑膠材材質或模具設計參數等條件加以設定其各項加工條件之範圍。

- (6) 建立直交表。

將設定為變異因素之各項加工條件如澆道系統、材料選擇、模具溫度、熔膠溫度、充填壓力、充填時間等，依照田口方法直交表配置各項加工條件之測試組合。

- (7) 按照直交表所提供各項加工條件之測試組合，進入Moldflow MPA模流分析軟體來分析。

- (8) 將模流分析之結果數據轉化成信號雜音比S/N，並計算其變異數分析。

依據田口方法將目標品質之模流分析結果數據計算出其信號雜音比S/N，

$$S/N = -10 \log(M.S.D.) \quad (1)$$

此處M.S.D.為各項測試組合之目標品質的結果數據之平方的平均值(the mean square deviation)。

- (9) 依據信號雜音比S/N計算其變異數分析，求得製程之最佳化加工參數。

- (10) 產生S/N回應表或回應圖，檢視各變異因素之貢獻率及找出調整因子。

各變異因素之貢獻率為各變異因素對目標品質的影響程度，可提供設計者可調整較顯著變異因素做為提昇其目標品質之參考，而變更較不顯著變異因素做為降低成本之依據。

- (11) 將最佳、最差之加工條件來進行分析與比較。

三、實例研討

(一) 產品說明

本文以CD-ROM 碟片托盤為案

例，此產品為應用於高速光碟機上的托盤，產品材質為ABS，外觀尺寸為長187、寬127、高18(mm)，主平面厚度為1.5mm。此產品於生產過程中對於其尺寸穩定性、平整度、翹曲變形量等要求極為嚴格，亦是對於產品造型及外觀的品質要求也與日俱增。在射出成型進澆過程中必須保持其較小的成型壓力，以避免產生毛邊現象。同時需具有較佳的流動趨勢，以獲得較均勻的體積收縮率，以避免於成型過程中產生翹曲問題，使得開模後的變形值在可接受的公差範圍內。因此，本文就以CD-ROM碟片托盤於成型過程中毛邊現象與翹曲問題為例，在現有射出成型機設備下，運用文中所提出製程最佳化之處理流程，快速找出影響問題之主要因素。並求出最佳加工條件與可調整因素加以改善，以提昇品質與降低生產成本。

(二) CD-ROM 碟片托盤製程最佳化流程之過程

- (1) 繪製3D塑膠製品模型，如圖一。
- (2) 分析其塑膠製品成型過程中遭遇問題之相關因素（原因）。

造成毛邊現象可能原因有

1. 射出成型加工過程方面：成型壓力太高、鎖模力不足、材料過度充填、保壓時間過長、模具溫度過高、射出速度太快等。
2. 模具方面：模具密著性不佳、模具構造不良等。
3. 材料方面為塑料之流動性過大。在射出成型進澆過程中可以保持其較小的成型壓力，以避免產生毛邊現象，設定成型壓力太高為主要原因。

產生翹曲問題可能原因有

1. 射出成型加工過程方面：射出壓力、射出速度、保壓時間、模具溫度等加工條件設定不當。
 2. 模具方面：塑件尺寸與厚度變化大小、模具構造不良等。
 3. 材料方面為塑料之收縮率過大。在避免於成型過程中產生翹曲問題上，將控制其型成溫度分佈均勻，使得其塑料之收縮均勻以降低開模後的變形值。因此，翹曲問題上主要原因則為型成溫度分佈差。
- (3) 對於成型過程中影響所遭遇到毛邊

現象與翹曲問題之主要因素分別取為成型壓力與溫度分佈差，設定為目標品質並取其特性為望小。

- (4) 在變異因素設定方面，以模具溫度、熔膠溫度、充填壓力、充填時間等四項加工條件來設定。
- (5) 選定其變異因素之水準值方面，可以參考其產品材質ABS所建議的加工條件，如表一，來設定其模具溫度、熔膠溫度、充填壓力、充填時間等四項變異因素之水準值表，如表二。
- (6) 建立直交表。
依照田口方法選用直交表，來配置四項加工條件因素，如表三、表四。
- (7) 按照直交表所提供各項加工條件之測試組合，進入Moldflow MPA模流分析軟體來分析。
- (8) 將模流分析之結果數據轉化成信號雜音比S/N，因其目標品質之特性取為望小，其計算為。

$$S/N = -10 \log\left(\frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n}\right) \quad (2)$$

$$= -10 \log(\bar{y}^2 + S^2)$$

此處， y_i 為實驗所得之值， n 為實驗次數， \bar{y} 為實驗數據的平均值， S 則為標準偏差。使用信號雜音比S/N需使得其成型壓力與溫度分佈差達到最小化，同時也最小化其之變異。其所得其信號雜音比S/N如表五所示。

- (9) 依據表五中信號雜音比S/N計算其變異數分析，求得製程之最佳加工參數。

在射出成型進澆過程中避免產生毛邊現象，則必須保持其較小的成型壓力。從表五中，得知其所須實際成型壓力大小及其對目標品質(最小成型壓力)之S/N比值。成型壓力值愈小則S/N比值愈大，表示在控制其型成溫度分佈均勻，使得其塑料之收縮均勻以降低開模後的變形值。相同成型機台噸數下，愈不易於成型過程產生毛邊問題。四項不同變異因子水準值之個別S/N比值，如表六。並依此值建議最佳條件組合為A3、B3、C2、D1，最差條件組合為A1、B1、C3、D3，如表七。

在避免於成型過程中產生翹曲問題上，則必須降低其型成溫度分佈差均勻。另表五中，得知其型成溫度分佈差大小及其對目標品質(最小溫度分佈差)之S/N比值。型成溫度分佈差值愈小則S/N比值愈大，表示在其型成溫度分佈均勻，使得其塑料之收縮均勻以降低產生翹曲問題之機會。四項不同變異因子水準值之個別S/N比值，如表八。並依此值建議最佳條件組合為A1、B3、C1、D1，最差條件組合為A3、B2、C2、D3，如表九。

(10) 產生S/N回應圖，檢視各變異因素之貢獻率及找出調整因子。

依四項不同變異因子之水準值，產生S/N回應圖，分別為圖二、圖三。圖中其斜率愈大，則代表其變異因子對目標品質影響愈大。在避免產生毛邊現象案例中，其變異因子影響大小排例如下：模具溫度、熔膠溫度、充填時間、充填壓力。另從表十中影響成型壓力之各變異因子S/N比之變異數情形，分析其貢獻率可得知顯著變異因子為

模具溫度可作為提昇品質之參考，而不顯著變異因子則為熔膠溫度、充填時間與充填壓力可作為降低成本之依據。另外，在避免產生翹曲問題案例中，其變異因子影響大小排例如

下：模具溫度、充填時間、充填壓力、熔膠溫度。同樣地也從表十一中影響溫度分佈差之各變異因子S/N比之變異數情形，分析其貢獻率可得知此時顯著變異因子則為模具溫度與充填時間可作為提昇品質之參考，不顯著變異因子則為充填壓力與熔膠溫度可作為降低成本之依據。而兩者問題相同的顯著變異因子是模具溫度，其溫度就塑膠製品成型過程中遭遇問題之相關因素而言是主要的、重要的因素。

(11) 將最佳、最差之加工條件來進行分析與比較。

先就避免產生毛邊現象，將所獲得最佳條件組合A3、B3、C2、D1與最差條件組合A1、B1、C3、D3都透過Moldflow MPA模流分析軟體，以了解其電腦模擬之塑膠射出成型

過程壓力分佈，如圖四、圖五。在最佳條件組合下壓力分佈為0~50.24Mpa，正好與L₉直交表中第9組別情形相同，而最差條件組合下壓力分佈為0~73.28Mpa，與直交表中任何組別之情況高出很多。而在避免產生翹曲問題案例中，最佳條件組合A1、B3、C1、D1與最差條件組合A3、B2、C2、D3之塑膠射出成型過程溫度分佈，如圖六、圖七。在最佳條件組合下溫度差為7.33°C，與L₉直交表中任何組別之情況低出很多，而最差條件組合下溫度差則為10.13°C，與L₉直交表中任何組別之情況高出很多。為瞭解其採用最佳化組別進行分析與最差條件組別間相互比較下改善程度情形如何？則取其改善程度F計算為

$$F = \frac{y_{wst} - y_{opt}}{y_{wst}} \times 100\% \quad (3)$$

此處， y_{wst} 為最差加工條件組合下所模擬實驗所得之目標品值， y_{opt} 為最佳加工條件組合下所模擬實驗所得之目標品值。因此在避免產

生毛邊現象上其壓力分佈遞減情形下約有31.44%改善。對於翹曲問題若採最佳化組別進行分析，則溫度差遞減情形將有27.64%改善。

此外對於避免產生毛邊現象，所獲得最佳條件組合A3、B3、C2、D1，而在避免產生翹曲問題案例中，最佳條件組合為A1、B3、C1、D1，其中模具溫度(A)與充填壓力(C)兩項有所差異。在同時處理毛邊現象與翹曲問題上，模具溫度可以避免採用A1、A3加工條件，因為對彼此卻是最差加工條件，而採用A2(模具溫度215°C)加工條件對毛邊現象與翹曲問題影響程度最適中。而處理毛邊現象上充填壓力C2加工條件卻對翹曲問題上是最差加工條件，而翹曲問題上最佳條件為C1不是充填壓力之最差加工條件(C3)，因此可以採用C1(充填壓力 200MPa)為兩者合適之加工條件。所以兩者之最佳加工條件整合為A2、B3、C1、D1，再透過Moldflow MPA模流分析軟體，以了解其電腦模擬

之塑膠射出成型過程壓力分佈與溫度分佈，如圖八、圖九。從兩者分佈情形上，可獲得同時處理毛邊現象與翹曲問題上將有最大之改善。

四、結論

在塑膠射出成型加工過程中，對於產品品質的提升有賴於模具設計、產品設計、加工條件設定及材料選擇等妥善規劃。尤其對於成型之加工條件設定如何影響到產品之品質，如何快速並且有效找出影響產品品質主要因素，是很重要的步驟。本文中採用田口方法之品質工程規劃法，並搭配Moldflow MPA模流分析軟體，發展出塑膠射出成型過程之製程最佳化流程，以便進行有效率之電腦模擬，來分析其不同工程因子對目標品質之影響，進而求得製程之最佳化加工參數，以減少分析所需之試模時間及成本浪費。本文以CD-ROM碟片托盤塑膠製品為例，在處理毛邊現象與翹曲問題上，以模具溫度、熔膠溫度、充填壓力、充填時間等四項加工條件設定為變異因素。分別以成型壓力與溫度

分佈差設定為目標品質，並取其特性為望小。經由信號雜音比S/N計算與變異數分析過程，在避免產生毛邊現象方面，其最佳條件組合為A3、B3、C2、D1；而在避免產生翹曲問題案例中，最佳條件組合則為A1、B3、C1、D1。同時處理毛邊現象與翹曲問題上，兩者之最佳加工條件整合將為A2、B3、C1、D1。此一製程之最佳化流程將可提高製程之成功率，降低試模次數，使得成本降低與減少時間損耗。若能以此科學化、合理化的最佳化製程流程來適應多樣少量的生產型態，勢必能提升競爭力，立足國際市場。

五、參考文獻

- [1] J. Bown, Injection moulding of plastic components, McGraw-Hill, Maidenhead, 1979, pp.88-146.
- [2] R. J. Crawford, Plastic engineering, 2nd edition, Pergamon press, Oxford, 1989.
- [3] M. R. Kamal and S. Kenig, "The injection molding of thermoplastics", Polym. Eng. Sci. 12, 1972, pp.294

- 302.
- [4] P. C. Wu, C. F. Huang and C. G. Gogos, "Simulation of mold filling process", *Polym. Eng. Sci.* 30(10), 1990, pp.882-892.
- [5] C. A. Hieber and S. F. Shen, "a finite-element/finite-difference simulation of the injection molding filling process", *J. Non-Newtonian Fluid Mech.* 7, 1980, pp.1-32.
- [6] H. Schlichting, *Boundary-layer theory*, McGraw-Hill, New York, 1968.
- [7] H. H. Chiang, C. A. Hieber and K. K. Wang, "A unified simulation of the filling and post filling stages in injection molding. Part I. Formulation", *Polym. Eng. Sci.* 31(2), 1991, pp.116-123.
- [8] J. F. Hetu, D. M. Gao, A. Garcia-Rejon and G. Salloum, "3D finiteelement method for the simulation of the filling stage in injection molding", *Polym. Eng. Sci.* 38(2), 1998, pp.223-236.
- [9] I. Pandelidis and Q. Zou, "Optimization of injection molding design. Part I. Gate location optimization", *Polym. Eng. Sci.* 30(10), 1990, pp.882-892.
- [10] G. H. Choi, K. D. Lee and N. Chiang, "optimization of process parameters of injection molding with neural network application in a process simulation environment", *Ann. CIRP* 43(1), 1994, pp.449-452.
- [11] G. Taguchi, *Introduction to quality engineering*, Asian Productivity Organization, Tokyo, 1990.
- [12] R. A. Fisher, *Statistical methods for research workers*, Oliver and Boyd, London, 1925.
- [13] D. C. Koa, D. H. Kimb and B. M. Kimc, "Application of artificial neural network and Taguchi method to preform design in metal forming considering workability", *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 39, 1999, pp.771-785.
- [14] W. H. Yang and Y. S. Tarnng, "Design
-

optimization of cutting parameters for turning operations based on the Taguchi method", *Journal of Materials Process Technology* 84,1998, pp.122-129.

- [15] A. Mertol, "Application of the Taguchi method on the robust design of molded plastic ball grid array packages", *IEEE Trans. Components Packaging and Manufacturing Technol, Part B*, 1995, pp.734-743.
- [16] R. S. Chen, H. C. Lin and C. Kung, "Optimal dimension of PQFP by using Taguchi method", *Composite Structures* 49, 2000, pp.1-8.
- [17] K. M. Tsai and P. J. Wang, "Semi-empirical model of surface finish on electrical discharge machining", *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 41, 2001, pp.1455-1477.
-

表一、ABS PA-746 材料的加工條件設定

加工條件	最大值	最小值	建議值
模具溫度	250°C	180°C	215°C
熔膠溫度	70°C	20°C	45°C

表二、加工條件因素之水準表

符號	加工條件因素	單位	水準一	水準二	水準三
A	模具溫度	°C	200	215	230
B	熔膠溫度	°C	40	45	50
C	充填壓力	Mpa	200	210	220
D	充填時間	秒	0.71	0.81	0.91

表三、 L_9 直交表配置

組別	A	B	C	D
	模具溫度	熔膠溫度	充填壓力	充填時間
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

表四、成型壓力分佈與溫度分佈之直交表配置

組別	模具溫度 °C	熔膠溫度 °C	充填壓力 MPa	充填時間 秒
1	200	40	200	0.71
2	200	45	210	0.81
3	200	50	220	0.91
4	215	40	210	0.91
5	215	45	220	0.71

6	215	50	200	0.81
7	230	40	220	0.81
8	230	45	200	0.91
9	230	50	210	0.71

表五、信號雜音比 S/N 分析

組別	成型壓力 (MPa)	溫度分佈差 (°C)
	S/N 比 dB	S/N 比 dB
1	-37.124	-17.401
2	-37.064	-18.521
3	-37.045	-18.086
4	-35.977	-19.429
5	-35.614	-18.770
6	-35.554	-18.760
7	-34.471	-19.682
8	-34.408	-20.112
9	-34.021	-18.647

表六、影響成型壓力之各變異因子水準值的 S/N 比值

加工條件因子	水準		SN 比(dB)
模具溫度°C	A1	200	-37.078
	A2	215	-35.715
	A3	230	-34.300
熔膠溫度°C	B1	40	-35.857
	B2	45	-35.695
	B3	50	-35.540
充填壓力 MPa	C1	200	-35.696
	C2	210	-35.688
	C3	220	-35.710
充填時間 秒	D1	0.71	-35.586
	D2	0.81	-35.697
	D3	0.91	-35.810

表七、避免產生毛邊現象之建議組別條件設定表

加工條件因子	最佳組合		最差組合	
模具溫度°C	A3	230	A1	200
熔膠溫度°C	B3	50	B1	40
充填壓力 MPa	C2	210	C3	220
充填時間 秒	D1	0.71	D3	0.91

表八、影響溫度分佈差之各變異因子水準值的 S/N 比值

加工條件因子	水準		SN 比(dB)
模具溫度°C	A1	200	-18.002
	A2	215	-18.987
	A3	230	-19.480
熔膠溫度°C	B1	40	-18.837
	B2	45	-19.134
	B3	50	-18.498
充填壓力 MPa	C1	200	-18.758
	C2	210	-18.866
	C3	220	-18.846
充填時間 秒	D1	0.71	-18.273
	D2	0.81	-18.988
	D3	0.91	-19.209

表九、避免產生翹曲問題之建議組別條件設定表

加工條件因子	最佳組合		最差組合	
模具溫度°C	A1	200	A3	230
熔膠溫度°C	B3	50	B2	45
充填壓力 MPa	C1	200	C2	210
充填時間 秒	D1	0.71	D3	0.91

表十、影響成型壓力之各變異因子 S/N 比之變異數分析

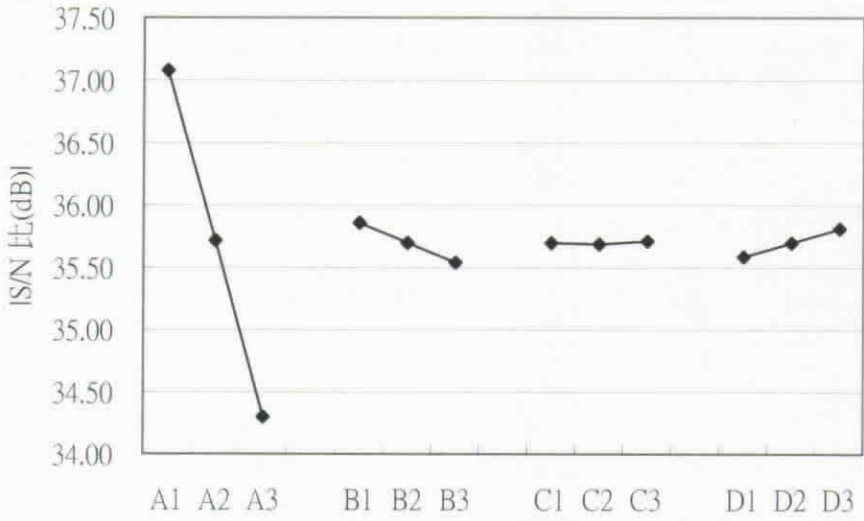
因子	自由度	變動	變異	純變動	貢獻率
	f	SS	V	SS'	ρ
模具溫度	2	13.12984	6.564919	12.95384	95.70%
熔膠溫度	2	0.213473	0.106736	0.037473	0.28%
充填壓力	2	0.054553	0.027276		
充填時間	2	0.138527	0.069263		
合併誤差	4	0.352	0.088	0.54508	4.03%
合計		13.53639		13.53639	100.00%

表十一、影響溫度分佈差之各變異因子 S/N 比之變異數分析

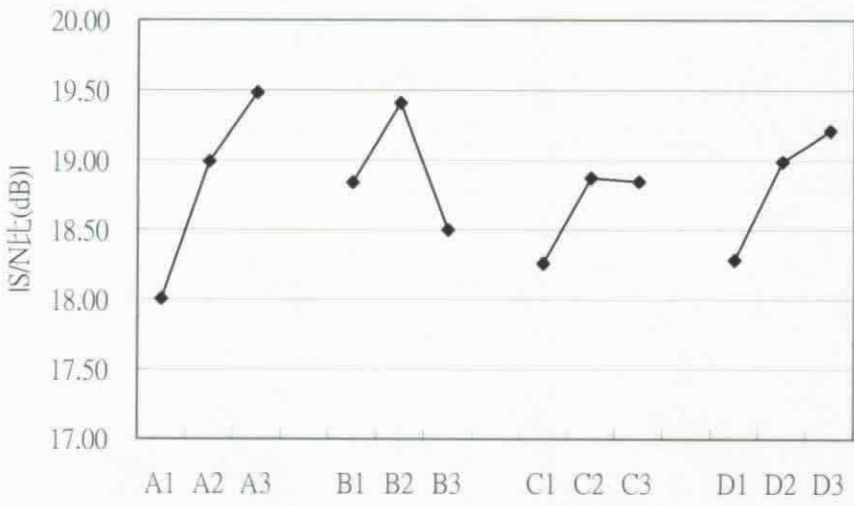
因子	自由度	變動	變異	純變動	貢獻率
	f	SS	V	SS'	ρ
模具溫度	2	3.395135	1.697567	3.080745	56.42%
熔膠溫度	2	0.608927	0.304463		
充填壓力	2	0.019854	0.009927		
充填時間	2	1.436934	0.718467	1.122543	20.56%
合併誤差	4	0.62878	0.157195	1.257561	23.03%
合計		5.460849		5.460849	100.00%



圖一、CD-ROM 碟片托盤塑膠製品模型



圖二、影響成型壓力之各變異因子S/N回應圖



圖三、影響溫度分佈差之各變異因子S/N回應圖



圖四、避免毛邊現象最佳條件組合A3、B3、C2、D1之壓力分佈



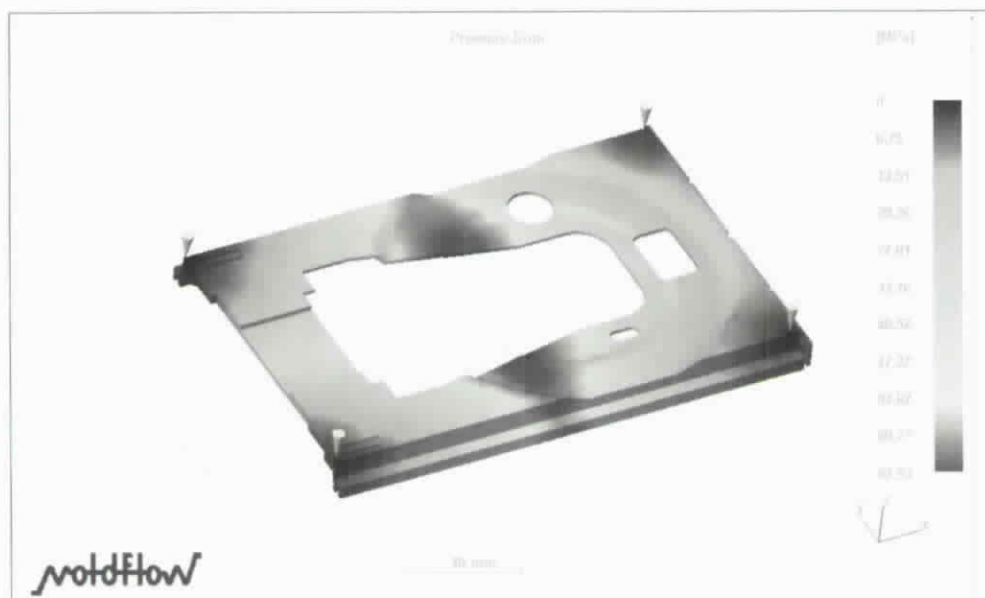
圖五、避免毛邊現象最差條件組合A1、B1、C3、D3之壓力分佈



圖六、翹曲問題案例最佳條件組合A1、B3、C1、D1之溫度分佈



圖七、翹曲問題案例最差條件組合A3、B2、C2、D3之溫度分佈



圖四、避免毛邊現象最佳條件組合A3、B3、C2、D1之壓力分佈



圖五、避免毛邊現象最差條件組合A1、B1、C3、D3之壓力分佈