

摘要

作品名稱：銑刀鈍化 A 先知---自動化工廠監控工作中刀具狀況之研究

在自動化工廠製程中的刀具磨損或斷裂不僅影響工件品質，嚴重時甚至會影響整個加工系統的運作，造成龐大的損失。如果能夠提早偵測到刀具磨損或斷裂的狀態，及時更換刀具，對於自動化生產工廠不但可以節省時間成本、並且能提升產品加工及生產運作整體精度與可靠性。

為了改善上述問題，本小組經過收集、閱讀相關文獻和多次實驗的數據，印證馬達功率及電流量的數據，確實可以即時地監控工作中銑刀的狀態，並在老師指導下利用 Microsoft Visual Basic 軟體程式製作成本小組研究的工具---「電腦偵測軟體程式」將數據轉化為圖形呈現，讓操作者或工程師在電腦上比對模板圖形後，可以直覺判斷工作中刀具的狀態。

專題內容

1. 前言

1.1 射出成型的簡介

射出成型是塑膠產品最為普遍的生產方式，但產品的缺陷卻要透過 CAE 模流分析或試模才能發現，因此衍伸出可製造性設計的概念，利用制定好的製造規範，快速篩檢 CAD 模型的設計問題[1]。各項可量產之產品皆使用模具進行生產與製作，加工精確性將決定模具之優劣。因此，若模具精度不佳或組裝時裝配有瑕疵，成品則無法達成客製化需求之精度與標準。須要重續修改至該模具方能解決問題[2]

1.2 射出成型原理

射出成型就是將塑膠（一般為粒料）在射出成型機的料筒內加熱熔化，當呈流動狀態時，在螺杆加壓下頂出，熔融塑膠被壓縮並向前移動，進而通過料筒前端的噴嘴以很快速度注入模具內，經過一定時間塑料冷卻後，模具開模頂出產品。整個循環可分為下列三個階段：

- I. 充填階段：高分子塑料熔融液化於電熱器熱能高溫中，射出螺杆 前進將熔膠往前推進射出，熔膠經流噴嘴注入口、澆道、澆口而進入模穴，完成充填
- II. 保壓階段：當模穴被填滿後，澆口尚未凝固，再擠膠料進入模穴，以補償冷卻收縮的量，一直到澆口凝固為止，模具仍然必須保持高壓狀態，此過程稱為保壓階段。
- III. 冷卻狀態：此階段即是模穴內之融膠持續進行冷卻，直到塑料固化成型，在利用射出機上得頂出裝置，將射出產品自模穴內取出[3]。

1.3 流道平衡

多穴模具(Multi-cavity)於幾何平(Geometrical ly balanced)流道系統設計之下的流動不平衡問題，其原因長久以來被歸咎於模具溫度的差異，或模具於製程中撓曲變形所致；透過多次實驗與各式有限元素模流分析，已經證明流動不平衡問題導因於射出填充時，熔融塑料於流道內所生不對稱剪切分布現象。因此所產生之後續各模穴彼此之間的變異包含壓力、熔融塑料溫度與成型品機械性質；塑料剪切所造成的流動不平衡效應會應製程條件、材料、流道配置及流道尺寸的不同而更型顯著與複雜[4]。

1.4 模具簡介

在眾多的模具種類下，大多數使用傳統機械加工法，主要目的在於減少時間與降低成本，但產品的精度趨近輕薄短小，依據上述，傳統沖壓模具中，2002 年，Wang et al. 利用具有上模與脫料版間的合模間隙(Blankholder gap)進行沖壓模擬分析，找出能夠使產品品質達到最好的合模間隙值[5]

邱正豪(2011)研究中提出，生活中可量產之產品，能夠透過模具發產及製作，至於模具精準度取決於加工法的精確性。因此，模具精密度不佳，射出成品則無法達到客製

化需求，後續也會影響模具裝配產生之干涉問題；對於無法加以運用於第一線之加工生產線等問題，提出「模具微米水平定位技術」可在成品完成時針對上下面的結構偏差量並利用模具水平定位調整機構直接進行 X-Y 軸所需要的雙面定位基準[6]。

以 TRIZ 應用於熱澆道模具的快速換模設計創新方法研究來說，射出成型品尺寸為一固定之長方形框體，並以此規格範圍內之產品，做熱澆道系統共用、快速換模之創新設計，結合了 TRIZ 及系統化的工程設計方法；主要目的在於建立一套快速換模機制，如此一來模具製程縮短，減少了模具製造成本，也加快了模具更換的速度，提高利潤以及市場競爭力 [7]。

傅家宏(2011)研究提出單獨考慮模板結構所造成的結構應力時，其產生的位移非常小且幾乎微不足道；若加入熱結構應力的因素，則產生的位移就會大到不能忽視的程度；因此在實際的模具變形分析必須考慮熱-結構耦合場的情況[8]。

1.5 產品簡介

聚甲基丙醯酸甲酯 (Polymethylmethacrylate 簡稱 PMMA，英文 Acrylic)，又稱做壓克力 PMMA。樹脂是以 99% 的甲基丙烯酸甲酯 (MMA) 及 1% 的添加物製成，具備良好的光潔度、耐候性、耐熱性、透明度及光澤等特性，也具備穩定的物理、化學、光學及電氣性質。光學級 PMMA 樹脂廣泛用於光學級導光板、燈光招牌及背光模組。提供市面上最高的透明度。

固態照明的發光二極體 (LED) 光源在照明應用領域將扮演一個舉足輕重的角色，現在有很多傳統的光源正漸漸地被 LED 光源所取代。為了能讓光源清楚地照亮目標平面，二次光學系統被廣泛地應用在照明光學元件中。另一方面，機械性能在光學元件中占有非常重要的因素。大多數單一的光學塑膠材料具有良好的強度和高韌性，聚碳酸酯和聚甲基丙烯酸甲酯 (PC/PMMA) 混合後經由射出成形所造成的機械性能和光學性質的影響。經由實驗分析與混合方法，光學元件的機械性能將可被先行預測，並且元件的光學性能可先做初步的設計然後藉由射出模造成形確認[9]。

2. 研究方法

2.1 創新性問題解決理論-TRIZ

創新性問題解決理論為俄文(Theoria Resheneyva Isobretatelskehuh Zadach，創意問題解決理論)各字首之縮寫。TRIZ 創始人 Genrich Altshuller，生於西元 1926 年十月並於 14 歲時獲得蘇聯專利。Altshuller 透過專利之審核作業發覺到任何一種技術的創新過程當中，都有著一定的動態過程。因次該創辦人攜手帶領著研究團隊進行 20 萬案件專利研究，並挑出 4 萬件為較佳方法之專利，其中歸納出專利解決之道及運用方法之基本原則 [10]。

面臨工程問題，Altshuller 指出「技術矛盾」與物理矛盾」兩種問題面向，「技術矛盾」指出當甲參數改變時，則以參數即會變差，如動力對照耗油量、重量對照強度等；「物理矛盾」指出同一參數之兩兩相對性質，如：「冷卻、加熱」，「硬度、韌性」等...，面臨問題時，能先判對此矛盾點為技術矛盾或是物理矛盾。假設此矛盾點為技術矛盾時，則能夠使用 TRIZ 之中「矛盾矩陣」以解決此矛盾點。利用矛盾矩陣方法中 TRIZ 已

機械領域優等(1)

提出工程上所常用到 39 參數，利用參數中所出現的矛盾點，使用矛盾矩陣中於 40 個創新法則中找出其中可能性，就此能夠解決該項矛盾點之法則；而從此被建議法則中，則利用類比方式思考能夠提供可解決的思考方向。問題點於矛盾矩陣中各 39 個參數內無法找尋適合參數所使用，或於 40 個創新法則內找不到適合法則，則必須將該矛盾點轉為物理矛盾上之矛盾，再利用時間、空間或尺寸上之分離原理將物理上各矛盾點分離，在使用類比思考方式求解為即可。

2.2 射出成形模 TRIZ 分析圖

根據 Chiu 以 TRIZ 進行技術領域分析[11]，並成功解決模具定位問題及開發一種模具定位平台，如表 1 所示，因此本專題亦使用 TRIZ 進行微射出光學產品模具之建議改進方法；藉此利用 TRIZ 進行分析找出需改善地方，在運用矛盾矩陣統計惡化參數，最後用創新發明原則逐一解決問題。

根據上述矛盾點及專利特別針對模具水路冷卻系統配置進行分析，找出水路冷卻系統設計受限進行改善，原本以水路迴路設計，但因母模板上設計的空間所受到限制，後來捨棄在母模板上設計多重冷卻迴路，應變更設計成模仁底部僅需兩條單進單出冷卻系統，改善了母模板空間不足之問題，也讓模板的溫度能夠同時持續保持恆溫，不會因為水路進去溫度較低，經過迴路出來造成另一邊溫度偏高此問題。

2.3 創新發明原則選項統計表

從 TRIZ 改善因子中得到了複製及參數改變，針對這幾項因數找出本模具冷卻水路必須改良方向，進行重點分析並加以改良；經過重點整理得到了幾點種改變因子，並找出總和的答案：

- 複製⇒使用簡化及便宜的複製品取代昂貴的，有弱點的物品或系統。
- 複製⇒用光學的複製（影像）取代一物體或程序。
- 複製⇒如果已使用可見光的複製品，改用紅外光或紫外光的複製品
- 參數改變⇒改變物理狀態（氣態、液態、固態）
- 參數改變⇒改變濃度或密度
- 參數改變⇒改變彈性（伸縮性，彎曲性）
- 參數改變⇒改變溫度或體積
- 參數改變⇒改變壓力
- 參數改變⇒改變其他參數

總結：必須找出一種能夠讓模板強度維持更能滿足水路通過，讓模板足以維持冷卻溫度，更不會破壞模板原先強度的水路設計。

3. 設計與製作

3.1 設計方法

首先找尋與討論可行研究主題，並瞭解射出模具之原理及用途與瞭解射出模具之種類，最後決定設計方向。

在設計上，使用 Inventor 設計模具 3D 草圖，以壓克力產品為主；主要分為平凸鏡頭跟 5CM 的尺，並採用一模四穴以及一模兩穴，在設計上將模穴擺放模仁適當位置，並透過模流分析是否達到流道平衡，讓產品沒有誤差，且強度均一。

3.2 模具設計

本研究之模具設計使用 Inventor 進行模具設計、模具 3D 組合模擬、頂針孔設計，模具設計圖如圖 10 所示，模具設計過程如下：

1. 在網路上下載 C 型大水口兩板標準模座
2. 產品設計完成後，考慮模仁尺寸大小
3. 設計模仁裝配位置
4. 模具標準零件選用，如灌嘴、定位環等
5. 設計頂針孔
6. 2D 工程圖出圖

3.3 模仁加工方法與製程設計

- (1) 使用 Mastercam 繪製模仁圖製作
- (2) 材料六面體銑削及表面研磨
- (3) Mastercam 加工程式製作
- (4) CNC 銑床工件座標及刀具校正
- (5) 背面螺絲孔鑽孔攻牙後取下
- (6) 鎖固在虎鉗上
- (7) 模仁內部結構加工銑削開始

3.4 模具裝配干涉問題

在模仁及模座加工完成後，於開始進行裝配，因為模具的公差極小較為精準，若模仁加工精度不佳可能造成裝配干涉問題，為了避免次問題產生，加工模仁時，尺寸基準須以模穴中心點作為基準點，加工後六面體亦為互相對稱平行且垂直，當塑料進行射出時才不易產生衝突。

3.5 模流分析

產品設計完成後，將產品從 Inventor 3D 圖檔轉成 igs. 檔案匯入 Moldflow，進行修網格及參數調整，當跑完模流分析之後，能很清楚地了解到塑料進入模仁的流道走向，且能夠判定模穴設計是否達到流道平衡，透過分析之後也知道了產品大約花了 1.7 秒完成填充階段進入保壓。

3.6 材料成型參數

本次實驗主要為驗證設計完成之模具，進行射出之結果驗證，因此選用 PMMA 材料，原因為具有良好的光潔度、耐候性、耐熱性、透明度及光澤等特性，因前述所以選擇該材料進行射出試驗，其根據 PMMA 材料物性表建議參數實驗，熔融指數 8.0g/10min，比重 1.19，假比重 0.7g/cm³，吸水率 0.3%，成行收縮率 0.2-0.6%，硬度 88M Scale，拉伸強度(斷裂)700kg/cm²，延伸率 7%，彎曲強度 1100kg/cm²，IZOD 衝擊強度 2.0kg-cm/cm，維氏軟化溫度 107℃，熱變形溫度 95℃，UL 燃燒等級 1.5mm HB。

4. 結果與討論

當模模具透過加工製造完成後，即將產品裝上射出機台，進行試射試驗，射出前將模具水路牽引完成後，讓模具合模進行射出，射出結果發現，當模具開模後頂針一頂立即掉出，塑料皆填滿模穴，射出相當成功。

5. 結論

此模具在設計部分，了解模具種類之後，進行模座挑選即模具的基本裝配設計，以光學產品凸透鏡為例，本次射出採用具有良好透明光澤度及穩定化學性質的壓克力 (PMMA) 進行射出，產品具備良好的光學性質及強度，且達到凸透鏡發散效果。

在模具加工程式選用 Mastercam 進行模仁草圖製作、加工程式選寫即刀具路型模擬，先進行模擬分析過後，在進行 CNC 銑床加工，除了能夠確保加工程式有無問題，更能夠預先知道設計與加工衝突點，能做好事先的預知，並克服衝突問題，讓實際加工過程能較為順利完成。

6. 誌謝

感謝高苑工商機械科提供加工機及加工協助，以致順利完成本研究。

感謝國立高雄科技大學模具系提供射出機及加工協助，以致順利完成本研究。

7. 參考文獻

- [1] 陳冠融，2020，塑膠射出成型之薄殼件可製造化分析技術研究
- [2] 邱正豪，2020，模具定位系統應用於高分子加工之研究，國立高雄科技大學模具工程系博士論文。
- [3] 高分子加工原理及應用，劉大佼，1997，楊製文化。
- [4] 蔡明宏、楊文禮，幾何平衡流道系統的流動不平衡與模具流道設計最新專利技術
- [5] Wang Huaibao, Xu Weili, Lin Zhongqin, Yang Yuying, Z.R. Wang, 2002, Stamping and stamping simulation with a blank holder gap, Journal of Materials Processing Technology, vol.120, pp.62-67
- [6] 邱正豪，2011，具雙面微調定位功能之模具平台開發，國立高雄應用科技大學模具工程系碩士論文。
- [7] 葉濠銘，2013，熱澆道模具之快速換模設計，國立高雄應用科技大學模具系模具系碩士在職專班碩士論文。
- [8] 傅家宏，2011，應力作用對塑膠射出模具之位移研究
- [9] 黃文盛，2012，混合PC/PMMA材料應用於LED照明元件射出成形研究
- [10] 張書豪，2015，高分子板材沖剪之研究，國立高雄應用科技大學模具工程系碩士論文
- [11] Cheng-Hsien Wu, Cheng-Hao Chiu, Yu-Hsuan Chen, 2019, Design and application of a hybrid alignment platform for a double-sided hot-embossing process, Microsystem-Technologies, 2019 pp.1-10.



微射出成型應用於光學產品製作-以鏡頭為例

Micro-Injection Molding Applied to Production of Optical Products-Example of Lens

摘要

射出模具有利於塑膠產品的大量生產，本研究微射出成型應用於光學產品製作，透過自行設計模具，及模仁的結構加工。本次射出材料選用能夠具備良好的光潔度、耐候性、耐熱性、透明度及光澤的壓克力PMMA，在使用射出機台射出產品後，觀察產品射出結果此產品是否能夠達到光學性質作用。透過TRIZ分析結果，了解問題改良的方向，降低了加工成本，採用一橫四穴及一橫兩穴之產品，讓產品能夠量產，也提高了生產效率。

關鍵字：射出成型、光學產品、模具設計、TRIZ分析

1.前言

1.1射出成型的簡介

射出成型是塑膠產品最為普遍的生產方式，但產品的缺陷卻要透過CAE模擬分析或試模才能發現，因此衍伸出可製造性設計的概念，利用制定好的製造規範，快速篩檢CAD模型的設計問題[1]。各項可量產之產品皆使用模具進行生產與製作，加工精確性將決定模具之優劣。因此，若模具精度不佳或組裝時裝配有瑕疵，成品則無法達成客製化需求之精度與標準。須要重續修改至該模具方能解決問題[2]。

1.2射出成型原理

射出成型就是將塑膠（一般為粒料）在射出成型機的料筒內加熱熔化，當呈流動狀態時，在螺桿加壓下頂出，熔融塑膠被壓縮並向前移動，進而通過料筒前端的噴嘴以很快速度注入模具內，經過一定時間塑膠冷卻後，模具開模頂出產品。整個循環可分為下列三個階段：

I.充模階段：高分子塑料熔融液於電熱器熱能高溫中，射出螺桿前進將熔膠往前推進射出，熔膠經流噴嘴注入入口、澆道、澆口而進入模穴，完成充模。
II.保壓階段：當模穴被填滿後，澆口尚未凝固，再擠膠料進入模穴，以補償冷卻收縮的體積，一直到澆口凝固為止，模具仍然必須保持高壓狀態，此過程稱為保壓階段。
III.冷卻狀態：此階段即是模穴內之融膠持續進行冷卻，直到塑料固化成型，在利用射出機上得頂出裝置，將射出產品自模穴內取出[3]。

1.3流道平衡

多穴模具(Multi-cavity)於幾何平衡(Geometrically balanced)流道系統設計之下的流動不平衡問題，其原因長久以來被歸咎於模具溫度的差異，或模具於製程中扭曲變形所致；透過多次實驗與各式有限元素模擬分析，已經證明流動不平衡問題等因於射出填充時，熔融塑料於流道內所生不對稱剪切分布現象。因此所產生之後續各模穴彼此之間的變異包含壓力、熔融塑料溫度與成型機械性質；塑料剪切所造成之流動不平衡效應應應製程條件、材料、流道配置及流道尺寸的不同而更形顯著與複雜[4]。

1.4模具簡介

在最多的模具種類下，大多數使用傳統機械加工法，主要目的在於減少時間與降低成本，但產品的精度趨近短薄短小，依據上述，傳統沖壓模具中，2002年，Wang et al.利用具有上模與脫料板間的合模間隙(Blankholder gap)進行沖壓模擬分析，找出能夠使產品品質達到最好的合模間隙值[5]。

邱正豪(2011)研究中提出，生活中可量產之產品，能夠透過模具生產及製作，至於模具精準度取決於加工法的精確性。因此，模具精密度不佳，射出成品則無法達到客製化需求，後續也會影響模具裝配產生之干涉問題；對於無法加以運用於第一線之加工生產線等問題，提出「模具微米水平定位技術」可在成品完成時針對上下面的結構偏差量並利用模具水平定位調整機構直接進行X-Y軸所需要的雙面定位基準，如圖1所示。[6]

以TRIZ應用於熱流道模具的快速換模設計創新方法研究來說，射出成型尺寸為一固定之長方形體積，並以此規格範圍內之產品，做熱流道系統共用、快速換模之創新設計，結合了TRIZ及系統化的工程設計方法；主要目的在於建立一套快速換模機制，如此一來模具製程縮短，減少了模具製造成本，也加快了模具更換的速度，提高利潤以及市場競爭力[7]。

傅家宏(2011)研究提出單獨考慮模腔結構所造成之結構應力時，其產生的位移非常小且幾乎微不足道；若加入熱結構應力的因素，則產生的位移就會大到不能忽視的程度；因此在實際的模具變形分析必須考慮熱-結構耦合的情況。[8]。

1.5產品簡介

聚甲基丙烯酸甲酯 (Polymethylmethacrylate 簡稱PMMA，英文Acrylic)，又稱壓克力PMMA。樹脂是以99%的甲基丙烯酸甲酯(MMA)及1%的添加物製成，具備良好的光潔度、耐候性、耐熱性、透明度及光澤等特性，也具備穩定的物理、化學、光學及電氣性質。光學級PMMA樹脂廣泛用於光學級導光板、燈光招牌及背光模組。提供市面上最高的透明度。

因應照明的發光二極體(LED)光源在照明應用領域將扮演一個舉足輕重的角色，現在有很多傳統的光源正漸漸地被LED光源所取代。為了能讓光源清楚地照亮目標平面，二次光學系統被廣泛地應用在照明光學元件中。另一方面，機械性能在光學元件中占有非常重要的因素。大多數單一的光學塑膠材料具有好的強度和高韌性，聚碳酸酯和聚甲基丙烯酸甲酯(PC/PMMA)混合後經由射出成型所造成之機械性能和光學性質的影響。經由實驗分析與混合方法，光學元件的機械性能將可被先行預測，並且元件的光學性能可先做初步的設計然後藉由射出模造成形確認[9]。

1.研究方法

2.1創新性問題解決理論-TRIZ

創新性問題解決理論為俄文(Theoria Resheniya Isobretatel'skikh Zadach, 創意問題解決理論)各字首之縮寫。TRIZ創始人Genrich Altshuller，生於西元1926年十月並於14歲時獲得蘇聯專利。Altshuller透過專利之審核作業發覺到任何一種技術的創新過程當中，都有著一定的動態過程。因此該創辦人攜手帶領著研究團隊進行20萬案件專利研究，並提出4萬件為最佳方法之專利，其中歸納出專利解決之道及運用方法之基本原則[10]。

面臨工程問題，Altshuller指出「技術矛盾」與物理矛盾「兩種問題面向，「技術矛盾」指出當甲參數改變時，則以參數即會變差，如動力對照耗油量、重量對照強度等；「物理矛盾」指出同一參數之兩兩相對性質，如：「冷卻、加熱」、「硬度、韌性」等...，面臨問題時，能先判斷此矛盾點為技術矛盾或是物理矛盾。假設此矛盾點為技術矛盾時，則能夠使用TRIZ之「矛盾矩陣」以解決此矛盾點。利用矛盾矩陣方法中TRIZ已提出工程上常用到39參數，利用參數中所出現的矛盾點，使用矛盾矩陣中於40個創新法則中找出其中可能性，就此能夠解決該項矛盾點之法則；而從此被建議法則中，則利用類比方式思考能夠提供可解決的思考方向。問題點於矛盾矩陣中各39個參數內無法找尋適合參數所使用，或於40個創新法則內找不到適合法則，則必須將該矛盾點轉為物理矛盾上之矛盾，再利用時間、空間或尺寸上之分離原理將物理上各矛盾點分離，在使用類比思考方式求解為即可。

2.2射出成型模TRIZ分析圖

根據Chiu以TRIZ進行技術領域分析[11]，並成功解決模具定位問題及開發一種模具定位平台，如表1所示，因此本專題亦使用TRIZ進行微射出光學產品模具之建議改進方法；藉此利用TRIZ進行分析找出需改善地方，在運用矛盾矩陣統計惡化參數，最後用創新發明原則逐一解決問題。

根據上述矛盾點及專利特別針對模具水路冷卻系統配置進行分析，找出水路冷卻系統設計受限進行改善，原本以水路迴路設計，但因母模板上設計的空間所受到限制，後來捨棄在母模板上設計多重冷卻迴路，應變更設計成模仁底部僅需兩條單進單出冷卻系統，改善了母模板上空間不足之問題，也讓模板的溫度能夠同時持續保持恆溫，不會因為水路進去溫度較低，經過迴路出來造成另一邊溫度偏高此問題。

2.3創新發明原則選項統計表

從TRIZ改善因子中得到了複製及參數改變，針對這幾項因數找出本模具冷卻水路必須改良方向，進行重點分析並加以改良；經過重點整理得到了幾點複製因子，並找出總和的答案(如表2、表3)：

- 複製○使用簡化及便宜的複製品取代昂貴的、有弱點的物品或系統。
- 複製○用光學的複製(影像)取代一物體或程序。
- 複製○如果已使用可見光的複製品，改用紅外光或紫外光的複製品。
- 參數改變○改變物理狀態(氣態、液態、固態)
- 參數改變○改變濃度或密度
- 參數改變○改變彈性(伸縮性、彎曲性)
- 參數改變○改變溫度或體積
- 參數改變○改變壓力
- 參數改變○改變其他參數

總結：必須找出一種能夠讓模腔強度維持更能滿足水路通過，讓模腔足以維持冷卻溫度，更不會破壞模腔原先強度的水路設計。

1.設計與製作

3.1設計方法

首先找尋與討論可行研究主題，並瞭解射出模具之原理及用途與瞭解射出模具之種類，最後決定設計方向。

在設計上，使用Inventor設計模具3D單圖，以壓克力產品為主；主要分為平凸鏡頭跟5CM的尺，並採用一橫四穴以及一橫兩穴，在設計上將模穴擺放模仁適當位置，並透過模流分析是否達到流道平衡，讓產品沒有誤差，且強度均一。



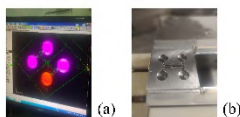
微射出成型應用於光學產品製作-以鏡頭為例

Micro-Injection Molding Applied to Production of Optical Products-Example of Lens

3.2 模具設計

本研究之模具設計使用Inventor進行模具設計、模具3D組合模擬、頂針孔設計，模具設計圖如圖10所示，模具設計過程如下：

1. 在網路上下載C型大水口兩板標準模座
2. 產品設計完成後，考慮模仁尺寸大小
3. 設計模仁裝配位置(如圖2-圖6)
4. 模具標準零件選用，如進嘴、定位環等(如表1)
5. 設計頂針孔
6. 2D工程圖出圖(如圖7-圖9)



3.3 模仁加工方法與製程設計

- (1)使用Mastercam繪製模仁圖製作(如圖11)
- (2)材料六面體銑削及表面磨削(圖12)
- (3)Mastercam加工程式製作
- (4)CNC銑床工件座標及刀具校正
- (5)背面螺絲孔鑽孔攻牙後取下
- (6)鎖固在虎鉗上
- (7)模仁內部結構加工銑削開始(如圖13-圖15)

圖4. 模仁加工過程，其中(a)為加工路徑、(b)CNC銑床加工、(c)模仁完成

3.4 模具裝配干涉問題

在模仁及模座加工完成後，於開始進行裝配，因為模具的公差極小較為精準，若模仁加工精度不佳可能造成裝配干涉問題，為了避免次問題產生，加工模仁時，尺寸基準須以模穴中心點作為基準點，加工後六面體亦為互相對稱平行且垂直，當塑料進行射出時才不易產生衝突。

3.5 模流分析

產品設計完成後，將產品從Inventor 3D圖檔轉成igs檔案匯入Moldflow，進行修網格及參數調整，當跑完模流分析之後，能很清楚地了解到塑料進入模仁的流道走向，且能夠判定模穴設計是否達到流道平衡，透過分析之後也知道了產品大約花了1.7秒完成填充階段進入保壓。(如圖18)

3.6 材料成型參數

本次實驗主要為驗證設計完成之模具，進行射出之結果驗證，因此選用PMMA材料，原因為具有良好的光潔度、耐候性、耐熱性、透明度及光澤等特性，因前述所以選擇該材料進行射出試驗，其根據PMMA材料物性表建議參數實驗，熔融指數8.0g/10min，比重1.19，假比重0.7g/cm³，吸水率0.3%，成行收縮率0.2-0.6%，硬度88M Scale，拉伸強度(斷裂)700kg/cm²，延伸率7%，彎曲強度1100 kg/cm²，IZOD衝擊強度2.0kg-cm/cm，維氏軟化溫度107°C，熱變形溫度95°C，UL燃燒等級1.5mm HB(如表2)。

4. 結果與討論

當模模具透過加工製造完成後，即將產品裝上射出機台，進行試射試驗，射出前將模具水路牽引完成後，讓模具合模進行射出，射出結果發現，當模具開模後頂針一頂立即掉出，塑料皆填滿模穴，射出相當成功。

5. 結論

此模具在設計部分，了解模具種類之後，進行模座挑選即模具的基本裝配設計，以光學產品凸透鏡為例，本次射出採用具有良好透明光澤度及穩定化學性質的壓克力(PMMA)進行射出，產品具備良好的光學性質及強度，且達到凸透鏡發散效果。

在模具加工工程式選用Mastercam進行模仁草圖製作、加工工程式選取即刀路類型模機，先進行模機分析過後，在進行CNC銑床加工，除了能夠確保加工工程式有無問題，更能夠預先知道設計與加工衝突點，能做好事先的預知，並克服衝突問題，讓實際加工過程能較為順利完成。

6. 誌謝

感謝高苑工商機械科提供加工機及加工協助，以致順利完成本研究。
感謝國立高雄科技大學模具系提供射出機及加工協助，以致順利完成本研究。

7. 參考文獻

1. 陳冠融，2020，塑膠射出成型之薄殼件可製造化分析技術研究
2. 邱正豪，2020，模具有定位系統應用於高分子加工之研究，國立高雄科技大學模具工程系碩士論文。
3. 高分子加工原理及應用，劉大俊，1997，楊梨文化。
4. 蔡明宏、楊文禮，幾何平衡流道系統的流動不平衡與模流設計最新專利技術

5. Wang Huaibao, Xu Weili, Lin Zhongqin, Yang Yuying, Z.R. Wang, 2002, Stamping and stamping simulation with a blank holder gap, Journal of Materials Processing Technology, vol.120, pp.62-67
6. 邱正豪，2011，具雙面微定位功能之模具平台開發，國立高雄應用科技大學模具工程系碩士論文。
7. 葉澤銘，2013，熱流道模具之快速換模設計，國立高雄應用科技大學模具工程系碩士在職專班碩士論文。
8. 傅家宏，2011，應力作用對塑膠射出模之位移研究
9. 黃文盛，2012，混合PC/PMMA材料應用於LED照明元件射出成形研究
10. 張書豪，2015，高分子板材沖剪之研究，國立高雄應用科技大學模具工程系碩士論文
11. Cheng-Hsien Wu, Cheng-Hao Chiu, Yu-Hsuan Chen, 2019, Design and application of a hybrid alignment platform for a double-sided hot-embossing process, Microsystem Technologies, 2019 pp.1-10.

8. 圖表彙整



圖1. 微可調式模具水平定位調整平台，其中(a)為上視圖、前視圖、(b)為模具體體圖

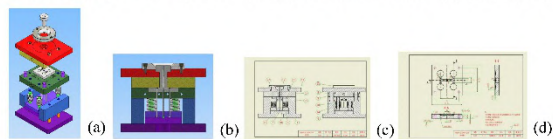


圖2. 模具設計圖，其中(a)爆炸圖、(b)剖面圖、(c)2D組立圖、(d)模仁工程圖

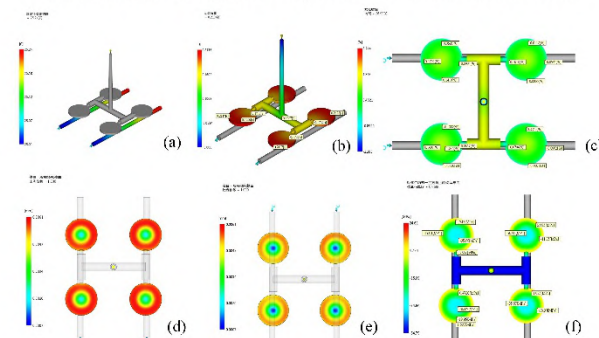


圖3. 模流分析數據，其中(a)水路冷卻溫度、(b)填充時間、(c)體積收縮、(d)產品撓曲-俯視圖、(e)產品撓曲-仰視圖、(f)產品殘留應力

表1. 從分析中找出需改善平均最高因子

因素因子	因子名稱	內容
26.	模仁	(1)使用圓角及適當的倒角以散化角 (2)將模仁的頂面與底面 (3)將模仁的側面(即模仁)散化 (4)將模仁的頂面與底面 (5)將模仁的側面(即模仁)散化
35.	參數調整	(1)改變模仁的厚度(高度、深度、寬度) (2)改變模仁的長度 (3)改變模仁的寬度 (4)改變模仁的厚度 (5)改變模仁的長度 (6)改變模仁的寬度 (7)改變模仁的厚度

表2. 從TRIZ中找出射出模具有需改善參數

改善	優化	因子
14-溫度	8. 固定(不變)	9. 14. 溫度
17-溫度	15. 溫度	16. 溫度
18-溫度	17. 溫度	18. 溫度
19-溫度	19. 溫度	20. 溫度
20-溫度	21. 溫度	22. 溫度
21-溫度	23. 溫度	24. 溫度
22-溫度	25. 溫度	26. 溫度
23-溫度	27. 溫度	28. 溫度
24-溫度	29. 溫度	30. 溫度
25-溫度	31. 溫度	32. 溫度
26-溫度	33. 溫度	34. 溫度
27-溫度	35. 溫度	36. 溫度
28-溫度	37. 溫度	38. 溫度
29-溫度	39. 溫度	40. 溫度
30-溫度	41. 溫度	42. 溫度
31-溫度	43. 溫度	44. 溫度
32-溫度	45. 溫度	46. 溫度
33-溫度	47. 溫度	48. 溫度
34-溫度	49. 溫度	50. 溫度
35-溫度	51. 溫度	52. 溫度
36-溫度	53. 溫度	54. 溫度
37-溫度	55. 溫度	56. 溫度
38-溫度	57. 溫度	58. 溫度
39-溫度	59. 溫度	60. 溫度
40-溫度	61. 溫度	62. 溫度
41-溫度	63. 溫度	64. 溫度
42-溫度	65. 溫度	66. 溫度
43-溫度	67. 溫度	68. 溫度
44-溫度	69. 溫度	70. 溫度
45-溫度	71. 溫度	72. 溫度
46-溫度	73. 溫度	74. 溫度
47-溫度	75. 溫度	76. 溫度
48-溫度	77. 溫度	78. 溫度
49-溫度	79. 溫度	80. 溫度
50-溫度	81. 溫度	82. 溫度
51-溫度	83. 溫度	84. 溫度
52-溫度	85. 溫度	86. 溫度
53-溫度	87. 溫度	88. 溫度
54-溫度	89. 溫度	90. 溫度
55-溫度	91. 溫度	92. 溫度
56-溫度	93. 溫度	94. 溫度
57-溫度	95. 溫度	96. 溫度
58-溫度	97. 溫度	98. 溫度
59-溫度	99. 溫度	100. 溫度
60-溫度	101. 溫度	102. 溫度
61-溫度	103. 溫度	104. 溫度
62-溫度	105. 溫度	106. 溫度
63-溫度	107. 溫度	108. 溫度
64-溫度	109. 溫度	110. 溫度
65-溫度	111. 溫度	112. 溫度
66-溫度	113. 溫度	114. 溫度
67-溫度	115. 溫度	116. 溫度
68-溫度	117. 溫度	118. 溫度
69-溫度	119. 溫度	120. 溫度
70-溫度	121. 溫度	122. 溫度
71-溫度	123. 溫度	124. 溫度
72-溫度	125. 溫度	126. 溫度
73-溫度	127. 溫度	128. 溫度
74-溫度	129. 溫度	130. 溫度
75-溫度	131. 溫度	132. 溫度
76-溫度	133. 溫度	134. 溫度
77-溫度	135. 溫度	136. 溫度
78-溫度	137. 溫度	138. 溫度
79-溫度	139. 溫度	140. 溫度
80-溫度	141. 溫度	142. 溫度
81-溫度	143. 溫度	144. 溫度
82-溫度	145. 溫度	146. 溫度
83-溫度	147. 溫度	148. 溫度
84-溫度	149. 溫度	150. 溫度
85-溫度	151. 溫度	152. 溫度
86-溫度	153. 溫度	154. 溫度
87-溫度	155. 溫度	156. 溫度
88-溫度	157. 溫度	158. 溫度
89-溫度	159. 溫度	160. 溫度
90-溫度	161. 溫度	162. 溫度
91-溫度	163. 溫度	164. 溫度
92-溫度	165. 溫度	166. 溫度
93-溫度	167. 溫度	168. 溫度
94-溫度	169. 溫度	170. 溫度
95-溫度	171. 溫度	172. 溫度
96-溫度	173. 溫度	174. 溫度
97-溫度	175. 溫度	176. 溫度
98-溫度	177. 溫度	178. 溫度
99-溫度	179. 溫度	180. 溫度
100-溫度	181. 溫度	182. 溫度
101-溫度	183. 溫度	184. 溫度
102-溫度	185. 溫度	186. 溫度
103-溫度	187. 溫度	188. 溫度
104-溫度	189. 溫度	190. 溫度
105-溫度	191. 溫度	192. 溫度
106-溫度	193. 溫度	194. 溫度
107-溫度	195. 溫度	196. 溫度
108-溫度	197. 溫度	198. 溫度
109-溫度	199. 溫度	200. 溫度
110-溫度	201. 溫度	202. 溫度
111-溫度	203. 溫度	204. 溫度
112-溫度	205. 溫度	206. 溫度
113-溫度	207. 溫度	208. 溫度
114-溫度	209. 溫度	210. 溫度
115-溫度	211. 溫度	212. 溫度
116-溫度	213. 溫度	214. 溫度
117-溫度	215. 溫度	216. 溫度
118-溫度	217. 溫度	218. 溫度
119-溫度	219. 溫度	220. 溫度
120-溫度	221. 溫度	222. 溫度
121-溫度	223. 溫度	224. 溫度
122-溫度	225. 溫度	226. 溫度
123-溫度	227. 溫度	228. 溫度
124-溫度	229. 溫度	230. 溫度
125-溫度	231. 溫度	232. 溫度
126-溫度	233. 溫度	234. 溫度
127-溫度	235. 溫度	236. 溫度
128-溫度	237. 溫度	238. 溫度
129-溫度	239. 溫度	240. 溫度
130-溫度	241. 溫度	242. 溫度
131-溫度	243. 溫度	244. 溫度
132-溫度	245. 溫度	246. 溫度
133-溫度	247. 溫度	248. 溫度
134-溫度	249. 溫度	250. 溫度
135-溫度	251. 溫度	252. 溫度
136-溫度	253. 溫度	254. 溫度
137-溫度	255. 溫度	256. 溫度
138-溫度	257. 溫度	258. 溫度
139-溫度	259. 溫度	260. 溫度
140-溫度	261. 溫度	262. 溫度
141-溫度	263. 溫度	264. 溫度
142-溫度	265. 溫度	266. 溫度
143-溫度	267. 溫度	268. 溫度
144-溫度	269. 溫度	270. 溫度
145-溫度	271. 溫度	272. 溫度
146-溫度	273. 溫度	274. 溫度
147-溫度	275. 溫度	276. 溫度
148-溫度	277. 溫度	278. 溫度
149-溫度	279. 溫度	280. 溫度
150-溫度	281. 溫度	282. 溫度
151-溫度	283. 溫度	284. 溫度
152-溫度	285. 溫度	286. 溫度
153-溫度	287. 溫度	288. 溫度
154-溫度	289. 溫度	290. 溫度
155-溫度	291. 溫度	292. 溫度
156-溫度	293. 溫度	294. 溫度
157-溫度	295. 溫度	296. 溫度
158-溫度	297. 溫度	298. 溫度
159-溫度	299. 溫度	300. 溫度
160-溫度	301. 溫度	302. 溫度
161-溫度	303. 溫度	304. 溫度
162-溫度	305. 溫度	306. 溫度
163-溫度	307. 溫度	308. 溫度
164-溫度	309. 溫度	310. 溫度
165-溫度	311. 溫度	312. 溫度
166-溫度	313. 溫度	314. 溫度
167-溫度	315. 溫度	316. 溫度
168-溫度	317. 溫度	318. 溫度
169-溫度	319. 溫度	320. 溫度
170-溫度	321. 溫度	322. 溫度
171-溫度	323. 溫度	324. 溫度
172-溫度	325. 溫度	326. 溫度
173-溫度	327. 溫度	328. 溫度
174-溫度	329. 溫度	330. 溫度
175-溫度	331. 溫度	332. 溫度
176-溫度	333. 溫度	334. 溫度
177-溫度	335. 溫度	336. 溫度
178-溫度	337. 溫度	338. 溫度
179-溫度	339. 溫度	340. 溫度
180-溫度	341. 溫度	342. 溫度
181-溫度	343. 溫度	344. 溫度
182-溫度	345. 溫度	346. 溫度
183-溫度	347. 溫度	348. 溫度
184-溫度	349. 溫度	350. 溫度
185-溫度	351. 溫度	352. 溫度
186-溫度	353. 溫度	354. 溫度
187-溫度	355. 溫度	356. 溫度
188-溫度	357. 溫度	358. 溫度
189-溫度	359. 溫度	360. 溫度
190-溫度	361. 溫度	362. 溫度
191-溫度	363. 溫度	364. 溫度
192-溫度	365. 溫度	366. 溫度
193-溫度	367. 溫度	368. 溫度
194-溫度	369. 溫度	370. 溫度
195-溫度	371. 溫度	372. 溫度
196-溫度	373. 溫度	374. 溫度
197-溫度	375. 溫度	376. 溫度
198-溫度	377. 溫度	378. 溫度
199-溫度	379. 溫度	380. 溫度
200-溫度	381. 溫度	382. 溫度
201-溫度	383. 溫度	384. 溫度
202-溫度	385. 溫度	386. 溫度
203-溫度	387. 溫度	388. 溫度
204-溫度	389. 溫度	390. 溫度
205-溫度	391. 溫度	392. 溫度
206-溫度	393. 溫度	394. 溫度
207-溫度	395. 溫度	396. 溫度
208-溫度	397. 溫度	398. 溫度
209-溫度	399. 溫度	400. 溫度
210-溫度	401. 溫度	402. 溫度
211-溫度	403. 溫度	404. 溫度
212-溫度	405. 溫度	406. 溫度
213-溫度	407. 溫度	408. 溫度
214-溫度	409. 溫度	410. 溫度
215-溫度	411. 溫度	412. 溫度
216-溫度	413. 溫度	414. 溫度
217-溫度	415. 溫度	416. 溫度
218-溫度	417. 溫度	418. 溫度
219-溫度	419. 溫度	420. 溫度
220-溫度	421. 溫度	422. 溫度
221-溫度	423. 溫度	424. 溫度
222-溫度	425. 溫度	426. 溫度
223-溫度	427. 溫度	428. 溫度
224-溫度	429. 溫度	430. 溫度
225-溫度	431. 溫度	432. 溫度
226-溫度	433. 溫度	434. 溫度
227-溫度	435. 溫度	436. 溫度
228-溫度	437. 溫度	438. 溫度
229-溫度	439. 溫度	440. 溫度
230-溫度	441. 溫度	442. 溫度
231-溫度	443. 溫度	444. 溫度
232-溫度	445. 溫度	446. 溫度
233-溫度	447. 溫度	448. 溫度
234-溫度	449. 溫度	450. 溫度
235-溫度	451. 溫度	452. 溫度
236-溫度	453. 溫度	454. 溫度
237-溫度	455. 溫度	456. 溫度
238-溫度	457. 溫度	458. 溫度
239-溫度	459. 溫度	460. 溫度
240-溫度	461. 溫度	462. 溫度
241-溫度	463. 溫度	464. 溫度
242-溫度	465. 溫度	466. 溫度
243-溫度	467. 溫度	468. 溫度
244-溫度	469. 溫度	470. 溫度
245-溫度	471. 溫度	472. 溫度
246-溫度	473. 溫度	474. 溫度
247-溫度	475. 溫度	476. 溫度
248-溫度	477. 溫度	478. 溫度
249-溫度	479. 溫度	480. 溫度
250-溫度	481. 溫度	482