

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

具自動壓縮機構之智慧卡模具設計與射出成型研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 97-2221-E-168-027-
執行期間：97年08月01日至98年07月31日
執行單位：崑山科技大學機械工程系

計畫主持人：孫書煌

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：莊智強

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 98 年 10 月 06 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

具自動壓縮機構之智慧卡模具設計與射出成型研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 97-2221-E-168-027
執行期間： 97 年 08 月 01 日至 98 年 07 月 31 日

計畫主持人：孫書煌
共同主持人：
計畫參與人員：莊智強

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：崑山科技大學

中 華 民 國 98 年 07 月 31 日

中英文摘要及關鍵詞

中文摘要

由於智慧卡塑件的厚薄差異甚大，在射出成型時塑料難以流動至較薄部位，極易造成短射，成型非常困難，因此雖然業界都知道智慧卡需求龐大，卻因高不良率而無法降低成本。為解決此問題，本研究提出利用彈簧驅動自動壓縮機構之智慧卡模具設計，並進行實際的射出成型測試。若能測試成功，則此以壓縮彈簧驅動滑塊之設計概念還能應用至所有具有高厚薄比的塑膠產品模具設計上，解決高厚薄比塑膠產品難以成型之問題。

試射結果滑塊並未如預期般於射出完成後復歸，由模穴內溫度壓力曲線圖得知，模穴內壓力在射出完成後沒有下降，此即為彈簧無法復歸之主要原因，判斷乃是因為塑件厚度較薄而快速冷卻，後續將以在滑塊附近局部加熱的方式繼續研究。

中文關鍵字：智慧卡、模具設計、自動壓縮

Abstract

Smart card is very hard to produce since it has very large variety in thickness. In plastic injection, melt almost fill into the thick area only and skip the thin area since the high resistance. Although the market of smart card is so huge, owing to the low yield rate, the manufacturing cost always keeps high.

A new design of a smart card mold is proposed and manufactured in this study. In that mold, a spring is designed to drive an automatic compression mechanism. Using this automatic compression mechanism, a successful injection in smart card is expected. If this problem has been overcome, the concept using a spring in a mold to drive an automatic compression mechanism can be applied in all mold design with high thickness ratio.

Slide didn't return back to the original position as we expected. From the curve of cavity pressure, we find the pressure always keeps in a high value. This is the reason why the slide can't return back. Local heating around the slide area will be used to try to solve the problem.

Keywords: Smart Card, Mold Design, Automatic Compression

報告內容

前言

智慧卡(Smart card)的外殼是塑膠製品，屬薄壁射出成型。其因為具有輕薄短小的特性而成為下一代商品主流。由於智慧卡的需求量很大，所以很多生產記憶體的公司都投入相關之研究，工研院經貿中心的ITIS計畫曾在2005年做過智慧卡的需求預測，在該預估中，到2008年智慧卡的出貨量將超過6億片。

研究目的

雖然智慧卡需求量如此龐大，但是因為它是屬於厚薄差異很大的產品，這方面產品的高不良率一直是業界很頭痛的問題。至目前為止，所收集到的文獻大多數都屬於平均肉厚的研究或是薄件的模流分析研究，厚薄差異大塑件的相關研究文獻則很少見，因此本研究將提出一個新的智慧卡模具設計與成型研究。

文獻探討

目前的研究大部分都侷限在平均肉厚的射出成型技術探討上。付沛福和林瑞章[1,2]利用CAE模流分析技術探討如材料溫度、模具溫度、注射速率、保壓壓力等製程參數於薄殼塑件中對翹曲變形所造成的影響。谷淨巍[3]提出在薄殼成型製品熔接線強度預測模型研究。何文瀚[4]探討射出壓縮成型技術在精密射出成型中的優點，及其在光碟片模具中的應用。董金虎[5]以手機外殼為研究對象，對影響薄殼塑件翹曲變形的因素。張家欣[6]提出射出成品上縫合線容易造成應力集中，而成為機械強度的最弱點所在。林正軒[7]針對噴墨印表機微噴孔薄片的射出成型製程進行研究。陳宜正[8]藉由C-mold、Cadpress等模流分析軟體及數值分析方式，探討不同製程參數，對成品表面凹痕及翹曲變形的影響。谷淨巍和付沛福[9]指出薄殼成型必須使用高性能的專用模具，包括承受高射壓、高射速、具有高剛度、高強度和極好的排氣性、冷卻性及良好的頂出性能，同時應使用熱澆道、順序閥式澆口等各種高技術手段。Oktem etc.[10]以MoldFlow模流分析，透過田口方法，探討對翹曲和收縮過程造成影響的製程參數。Ozcelik和Erzurumlu[11]提出了以整合式有限元素法、實驗統計法、表面反應法及基因演算等各種方法嘗試取得薄塑件的最少翹曲。Hamada和Tsunasawa[12]研究的重點在PC/ABS混合射出模具的薄塑件成型上。Johannaber[13]以實驗數據指出，薄件之射出參數需比厚件要有更大的射出壓力，但是隨著模具溫度的提高，即可降低射出壓力。鄒志明和吳舜英[14]提出模溫的高低、冷卻系統的排熱能力及模腔表面溫度分佈的均勻性會直接影響塑料熔體在模腔中的流動行為和冷卻速度。

研究方法

1. 初步構想

本研究將依據某射出成型廠所提供的現有智慧卡，作為探討厚薄差異大塑膠製品的模具設計與成型研究，詳細尺寸如圖一所示。此產品成型時，由於最厚的地方為僅0.8mm，而最薄的地方甚至僅有0.15mm，不僅產品厚度小，厚薄差異更是非常的大，造成以傳統方式設計的模具已經幾乎不可能將凹穴處完整成型。圖二為其流動情況簡圖，由此圖中可以看到塑料幾乎流不進0.15mm處的凹穴，造成產品產生短射。為解決此問題，在本計畫中嘗試從變更模具設計著手，重新開發一個新型的智慧卡產品專用模具。

2. 類似專利搜尋

從專利的搜尋中，可以找到有幾篇是針對成型厚薄差異甚大成品的新模具設計專利。例如大陸專利(專利號碼01131315.3)、台灣專利(專利號碼268650)和美國專利(專利號碼57,25,819)，如圖三所示，都是類似的智慧卡模具設計。由圖中可以看出這幾篇專利幾乎都從同一個概念出發，那就是在模具中，於成品放置晶片的凹穴處設計一個形狀銷滑塊，然後在成型過程中驅動滑塊，以類似壓縮成型的方式壓出凹穴。

在這三個專利中，大陸專利和美國專利都是以油壓裝置推動此形狀銷，台灣專利則是以高射速出充填放置晶片處的凹穴。若應用大陸與美國專利所使用的方法，則還要修改機台的控制裝置，以控制模具上額外多出來的形狀銷頂出油壓裝置，而且塑料在薄壁處的凝固速度非常快，因此油壓裝置的控制應答也要很快，否則當塑料凝固之後就無法推動油壓裝置了。另外在台灣專利中則需要利用具有高速射出的機台才能成型，以傳統射出機是無法成型的。

從這幾個專利的相同概念出發，同時必須改良這些專利的缺點。在此前提下，經多方思考，一個新的智慧卡模具設計中必須具有下列特點：(1)凹部晶片處設計一個形狀銷滑塊。(2)此滑塊能具有自動前進後退功能，不需再利用其他控制裝置控制其動作。(3)利用射入熔膠壓力做為推動形狀銷之力量。(4)熔膠壓力消失後，形狀銷滑塊能自動回復至原來位置，而此位置即為成品最後位置。

3. 模具之自動壓縮機構

依據前節所設定的特點要求，此模具設計必須具有一個壓縮機構以帶動形狀銷滑塊，而且因為滑塊需具有自動壓縮及回復功能，因此構想以彈簧作為滑塊的主要驅動源。當塑料以高的射出壓力進入模穴時會推動滑塊，使滑塊後退，空出較厚的區域以使塑料容易流動，當射出壓力消失後，滑塊能藉由彈簧的恢復力以壓縮凹穴，形成0.15mm的最薄肉厚。圖四為模具結構的右視剖面圖，圖五為前視剖面圖。在本模具設計中最特殊的部分在於設計有一個晶片形狀銷，如圖四與圖五中編號32的零件，此晶片形狀銷後方有一推銷如圖四中編號42及圖五中編號421的零件，此推銷後方形狀為一斜面，此斜面貼於另一也是具有斜面的滑塊上，如圖四與圖五中所示的編號41零件，此零件後方挖空內埋有一條彈簧，如圖五中編號43所示。

當彈簧處於未壓縮狀態時，晶片形狀銷在原始位置上，此時凹穴形狀為智慧卡的正確成型位置，模穴厚度為成品所要求的0.15mm。當熔膠射入模穴後，因為熔膠的壓力會擠壓晶片形狀銷，推動形狀銷及滑塊而壓縮彈簧，當晶片形狀銷後退至最終位置時凹穴厚度為0.4mm，因此在熔膠初射入模具時，此時的成品在凹穴處的厚度為0.4mm，在成形上並不困難。當熔膠壓力消失之後，滑塊及晶片形狀銷均會因為彈簧欲恢復原長時的推力而往上或往前移動，此時晶片形狀銷形成有如沖頭一般的運動壓縮熔膠，此時晶片形狀銷的凸面即在智慧卡卡片基材熔膠上形成欲植入晶片之凹槽，且此凹槽處之厚度剛好達到要求之0.15mm，以此改良之模具設計即可提昇智慧卡在射出成型時之良率及品質之穩定性。

4. 完整模具

依據以上各小節的描述，圖六為本研究完成之模具設計爆炸圖示，圖七為製作完成之模具。以彈簧作為自動壓縮機構的驅動源之設計概念也已提出發明專利申請，目前正在審核階段中。

5. 試射

射出成型所使用的射出機為Battenfeld 250kN機器，最大射速為320 mm/sec，最大射出量為8 g。以PC30% + ABS70%複合塑膠材料作為成型材料進行試射，觀察所設計的壓縮機構能否發揮功用，將智慧卡中晶片凹穴處的厚度0.4 mm壓縮至0.15 mm。

為尋求較佳的成型條件，於射出前先進行模流分析的出模擬，以便能找出一個近似的成型參數，減少試誤上的時間浪費。因為在模具上設計有一個滑塊以便在射出過程中進行滑動，但現有的模流分析軟體中並無任何一套軟體具有此種模擬功能，而且模擬結果亦僅將作為調整參數的初始參考，因此在模擬上就將滑塊區假設為0.3 mm的固定厚度，以此種方式進行模擬，料溫在270~300°C之間，模溫在60~90°C之間，並測試各種壓力及射速，以找出一組較佳的成型參數，並以分析所算得的模穴容積估計螺桿的儲料距離。分析結果的流動波前、壓力、溫度分佈圖以圖八作代表，此圖的塑料溫度為270°C、模溫為60°C。圖中可以看出，滑塊區因厚度最薄，因此可以預期為最後填滿的部位，而在此條件下，0.3 mm的厚度還可以完全填滿，不致於造成短射。參考從模流分析所獲得的結果，所有的射出成型條件如表一所示。射出之智慧卡試片如圖九所示，使用分厘卡量測射出的智慧卡成品凹穴最薄處部位厚度，測得的厚度均介於0.3~0.4mm之間。

在此模具的設計概念中，彈簧受熔膠壓力而收縮，從理論上而言，待熔膠壓力消失後彈簧會再回彈，而在最薄處壓出0.15 mm厚度，但試射出的結果在凹穴處的厚度介於0.3~0.4 mm之間，代表壓縮機構並沒有壓縮動作，或者僅前進一點點距離，為瞭解造成此問題的原因，必須在模穴中裝入溫度壓力感測器，以瞭解最薄處區域的溫度及壓力在整個充填過程中的變化情形。

6. 模穴內溫度壓力量測

為量得模穴內，特別是滑塊區域的溫度及壓力，必須修改模具，將溫度及壓力感測器置入模具中，如圖十所示。本實驗所使用之溫度及壓力感測器為PRIAMUS公司之產品，連接該公司之資料擷取器，在射出過程中進行溫度及壓力的量測，多次的量測數據大同小異，其中的一次結果如圖十一曲線圖所示。

結果與討論

從圖上的曲線走勢可獲得以下結論：

- (1) 從溫度曲線可以發現，塑料在料管的最末端設定溫度為245°C，進入模穴後由於流動時塑料間的剪切效應，產生摩擦熱，提高了塑料的溫度，使塑料流入滑塊區內時溫度接近300°C，但從曲線圖上可知在塑料射入模穴後不久塑料即開始凝固，之後滑塊就再也無法前進任何距離。若要延長塑料凝固時間，提高模溫應該是一個可行的辦法，若擔心提高模溫會造成成型時間太長，則可使用局部加溫的方式只對滑塊區進行加熱。
- (2) 從壓力曲線可獲知滑塊區的壓力在整個射出過程中的壓力變化為：射出時壓力瞬間達到約46 bar，然後降低一些，然後又迅速升高至約50 bar，接著就一直保持在50 bar的壓力。由這個壓力變化情形可做如下之猜測：在塑料流入滑塊區後使壓力瞬間上升，因為壓力的增加推動滑塊壓縮彈簧，使滑塊向後退，因為滑塊向後退空出空間，使得壓力瞬間下降一些，因此壓力曲線稍微往下掉，而滑塊區的厚度也由0.15 mm增加至0.4 mm，此符合最後的射出成品之情況。在將滑塊推到底後，塑料再繼續不斷地流入滑塊區，因此壓力再度上升，達到50 bar左右，然後一直保持此數值。

截至目前為止，此研究仍持續在進行之中，尚未有滿意的結果出現，研究的最終目標是能夠射出在滑塊區具有0.15 mm的產品，但目前所獲得的產品在該區的厚度均為0.3或0.4 mm，代表彈簧被壓縮後完全沒有任何回復或僅推回一點點的距離。接下來會朝兩個方向繼續進行研究：

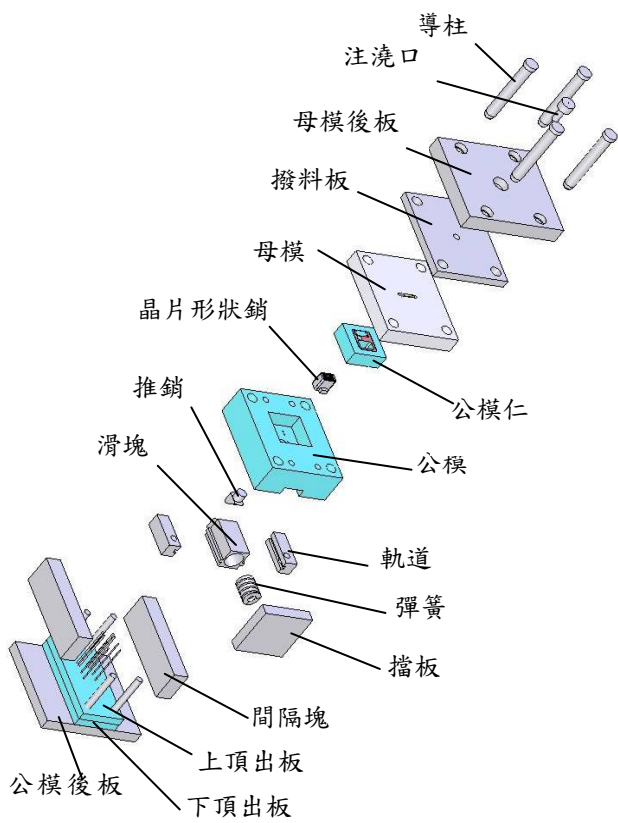
- (1) 一般在進行射出時的壓力變化情況是，在射出瞬間壓力會瞬間達到最高點，然後慢慢下降。但由此研究的壓力曲線圖卻發現滑塊區的壓力在達到最高值後一直保持該值，並未下降，推斷此點是造成彈簧無法回彈的最主要原因，因為彈簧受外力而被壓縮時，

必須等到外力消失才能回彈，因此因為滑塊區內的壓力沒有下降，代表壓縮彈簧的壓力一直沒有消失，才會造成彈簧無法回彈。因此若能發現壓力沒有下降的原因，即能使彈簧發揮功用，回彈壓縮滑塊區內的塑料，製造出滑塊區具有0.15 mm的產品。

- (2) 由溫度曲線圖發現在模穴內的溫度變化非常快，在約300°C的塑料流進模穴內之後，僅經過2秒左右塑料溫度即急遽下降至約140°C，是否因溫度下降太快導致塑料硬化，致使彈簧無法回彈也是本研究需探討的可能原因。解決此問題的方法將如前所言，以修改模具的方式，在滑塊區置入加熱片，局部加熱該區域，以延長塑料保持在液體狀態的時間。

參考文獻

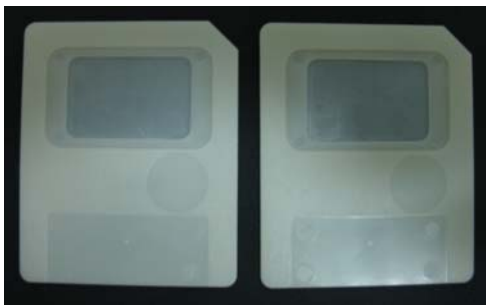
1. 付沛福、谷淨巍，“薄殼成型技術研究進展”，電加工與模具，2000年6月，pp1-4，2000。
2. 林瑞章、張建興、黃勇仁，“3D實體模流應用於SD卡之模具之設計研究”，中國機械工程學會第二十三屆全國學術研討會論文集，2006。
3. 谷淨巍、付沛福，“薄殼成型制品熔接線強度預測模型研究”，中國機械工程，第12卷第8期，2001。
4. 何文瀚、蔡滿，“射出壓縮成型技術在光盤模具中的應用”，機電工程技術，第31卷第4期，2000。
5. 董金虎、董斌斌、張響、李倩、申長雨，“薄殼塑件翹曲變形分析與工藝參數優化”，模具工業，2004年9月，2004。
6. 張家欣，“模內沖壓對高密度陣列式穿孔薄片精密射出成型影響之研究”，碩士論文，國立雲林科技大學機械工程系，雲林、台灣，2004。
7. 林正軒，“結合UV-LIGA及微放電加工技術製作微陣列穿孔薄片模仁及射出成型之研究”，碩士論文，國立雲林科技大學機械工程系，雲林、台灣，2004。
8. 陳宜正，“具補強肋之塑膠射出壓縮成型品表面凹痕與翹曲變形研究”，碩士論文，國立雲林科技大學機械工程系，雲林、台灣，2000。
9. 谷淨巍、付沛福，“薄殼注射成型高性能專用模具設計”，電加工與模具，2001年3月，2001。
10. Hasan Oktem, Tuncay Erzurumlu and Ibrahim Uzman, “Application of Taguchi optimization technique in determining plastic injection molding process parameters for a thin-shell part”, Materials and Design, No.28, p1271-1278, 2007.
11. Babur Ozcelik, Tuncay Erzurumlu, “Determination of effecting dimensional parameters on warpage of thin shell plastic parts using integrated response surface method and genetic algorithm”, International Communications in Heat and Mass Transfer, No.32, pp.1085-1094, 2005.
12. H. Hamada and H.Tsunasawa, “Correlation Between Flow Mark and Internal Structure of Thin PC/ABS Blend Injection Moldings”, Journal of Applied Polymer Science, Vol.60, pp.353-362, 1996.
13. F.Johannabar, “Injection Molding Machines a Users Guide”, Hanser/Gardner Publications, Int. Cincinnati, pp33-37, 1985.
14. 鄒志明、吳舜英，“精密注塑成型技術的探討”，輕工機械，2001年第2期。



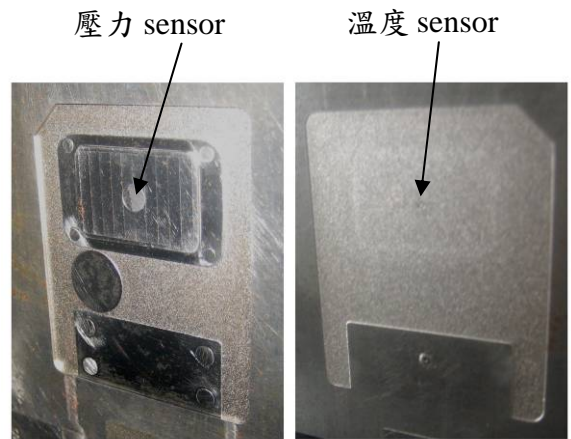
圖六 本研究之智慧卡模具組裝爆炸圖



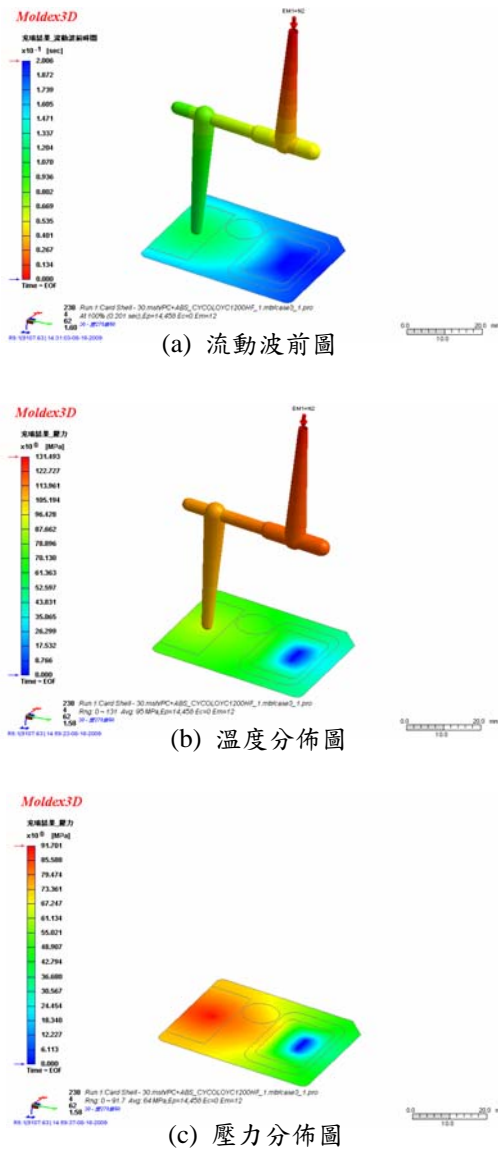
圖七 本研究製作完成之智慧卡模具



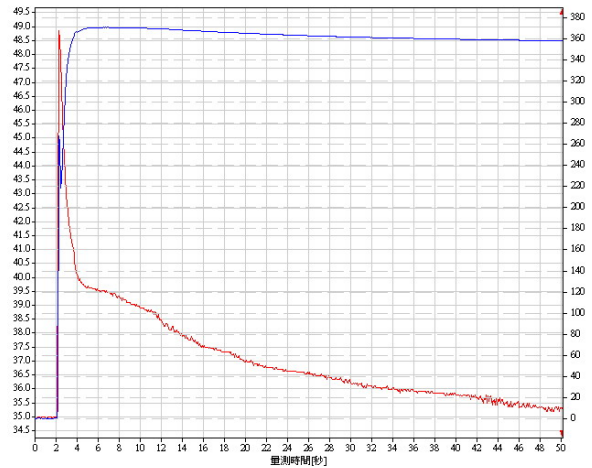
圖九 試射出之智慧卡成品



圖十 模具內裝入溫度壓力感測器



圖八 模流分析結果



圖十一 滑塊區溫度壓力曲線圖

表一 射出成型條件

參數	第1段	第2段	第3段
V (體積, CM ³)	0	1	4.8
Q (流率, CM ³ /S)	8	12	14
P (壓力, bar)	400	500	770

參數	第1段	第2段	第3段	第3段
模溫(°C)	255	250	245	240

參數	不分段
模溫(°C)	60

計畫成果自評

Smart Card是一個市場很龐大的產品，高厚薄比塑件的射出也一直是塑膠射出方面很值得研究的課題。利用具有射出壓縮概念的模具設計是解決此問題的一個很好的方法。以往的模具設計是由一個油壓缸來驅動滑塊，構造及操縱都較複雜，本研究提出利用彈簧的模具設計方式是一個蠻有創意的的方法，也已經提出發明專利的申請。但熔融塑料的流動永遠往阻力小的地方流，這是一個無法被改變的物理特性，因此要能夠引導塑料依照吾人的要求方式來流動並不是一件容易的事。

在此研究中，透過感測器的安裝，可以瞭解模穴內的壓力變化情況，從取回的壓力曲線發現模穴內的壓力並未如一般所認為的至最高點後會逐漸降低，而是一直保持在高點，這也是造成滑塊無法如預期般回彈的主要原因。

目前這個研究仍在持續進行中，如何讓模穴內的壓力能在到達最高點後逐漸降低是最

急需解決的問題，相信在此問題獲得解決之後就能如預期般完成Smart Card產品的射出成型，而且此技術也將能被擴大應用到具有高厚薄比塑膠產品的射出成型上。

備註

本研究成果已投稿中國機械工程學會CSME第26屆全國學術研討會，並獲得審查通過，論文編號為D16-015。

可供推廣之研發成果資料表

可申請專利

可技術移轉

日期：98年7月31日

國科會補助計畫	計畫名稱：具自動壓縮機構之智慧卡模具設計與射出成型研究 計畫主持人：孫書煌 計畫編號：NSC 97-2221-E-168-027 學門領域：自動化學門
技術/創作名稱	具自動壓縮機構之智慧卡模具設計
發明人/創作人	許明風、孫書煌
技術說明	中文： 此模具設計具有一個壓縮機構以帶動形狀銷滑塊，而且因為滑塊需具有自動壓縮及回復功能，因此以彈簧作為滑塊的主要驅動源。當塑料以高的射出壓力進入模穴時會推動滑塊，使滑塊後退，空出較厚的區域以使塑料容易流動，當射出壓力消失後，滑塊能藉由彈簧的恢復力以壓縮凹穴，形成 0.15mm 的最薄肉厚。
	英文： A new design mold used for smart card injection is proposed in this study. A slide is driven by a spring to form a local area with very thin thickness. When plastic liquid is injected into the mold cavity, the slide is back and the spring is compressed. When the injection pressure is disappeared, the slide return back by spring and press the plastic to form a 0.15 mm thickness area.
可利用之產業及可開發之產品	可利用之產業：塑膠產品射出成型產業 高厚薄比之塑膠產品或智慧卡
技術特點	從專利搜尋中也可找到數篇高厚薄比塑膠產品的模具設計專利。這幾個專利都是在模具中利用油壓缸推動一個形狀銷滑塊，然後在成型過程中驅動滑塊，以類似壓縮成型的方式壓出凹穴。本研究針對這種設計提出改善方式，以彈簧作為滑塊的主要驅動源，如此即可大幅簡化模具的構造及驅動控制。
推廣及運用的價值	智慧卡因為具有輕薄短小的特性而成為下一代商品主流。由於需求量很大，所以很多生產記憶體的公司都投入相關之研究，但是因為它是屬於厚薄差異很大的產品，這方面產品的高不良率一直是業界很頭痛的問題。本研究提出一個新的智慧卡模具設計，可用以成行此類難以射出之產品，若研究能有具體成果則不僅可用於智慧卡產品上，也能擴大應用到具有高厚薄比塑膠產品的射出成型上。