

11. 具知識管理之熱流道設計引導系統

鍾文仁、李品慧、陳夏宗、徐正立
中原大學 機械工程學系
映通股份有限公司

摘要

由於塑膠材料的成長，配合產品輕量化與精緻化的需求，塑料製品從日常生活產品中，急速應用於精密工業產品，尤其是3C 產業的產品，更是廣泛使用塑料的製品，所以對產品精密度度的要求，尺寸安定性，成型週期（Molding Cycle）的快速性，越來越重視。傳統冷流道式之射出成型，需要較長的流道冷卻時間、流道的塑料損失、及廢料處理，無形中降低成型的效率，也增加成本。另外目前各國環保規格日益嚴格，廢料回收也增加不少額外成本。

所謂熱流道成型模具是指在流道與澆道的部位，利用加熱或保溫的方式，使流道內的塑料常保熔融狀態，以供下一次射出成型使用。因此如何合理、迅速與優化地規劃並設計出熱流道系統，正是本研究的重點；本研究在Web-based的架構下，利用CAD軟體 Pro/ENGINEER視窗下的瀏覽器開發出熱流道設計引導系統，經由清楚規劃之流程，一步一步引導使用者，有效率設計出一套熱流道系統；並且使用資料庫儲存歷史設計資訊，在往後設計時可提供參考，並降低3D熱流道模型設計與繪製時間。

關鍵字：熱流道、網路化引導系統、模具設計、射出成型

一、前言

現今模具產業中，客戶的要求越來越嚴格，除了考慮產能效率外，也需同時滿足成本的降低、成形週期的縮短及產品表面的美觀。由於熱流道系統不會在流道上產生廢料，同時可提高生產效能與品質，因此，熱流道系統在精密塑膠模具產業被廣泛的使用。熱流道系統與一般傳統模具不同的地方在於熱流道模具多了加熱分流板、加熱器、熱嘴、溫度感測器、絕熱裝置及溫度控制系統。熱流道系統應用CAD/CAM/CAE技術已步入成熟階段，目前大部分的企業都使用2D系統，並用以解決部分實務問題；但是CAD發展將以3D實體模型為主流，才能進一步提高模具精度及降低產品設計變更的機率，未來更會結合製造與工程分析，達到整合性的應用發展。

在熱流道應用的相關研究方面，Unger[1]熱流道技術有詳細解說，包括熱流道各部位名稱，熱傳的基本概念，熱流板、熱嘴及溫度計算與控制等；王玉琳[2]研究熱澆道含時序針閥澆口開啓，是重要的新成型技術，可以使得成型以類似接力賽之方式完成，對於降低成型壓力、減少產品殘留應力與消除縫合線有顯著的功效；江孟育[3]針對小型多模穴塑件的熱澆道進行研究，設計的重點在於減少廢料的產生、縮短成型週期、降低成本以

及迅速成型多個微細元件或有多個微結構之成品。在知識管理應用的相關研究方面，Dong[4]利用了文字檢索方式建立設計文件的資料庫，將CAD圖檔、規格資料、設計資料等資訊建立在資料庫當中，並採用文字檢索的演算法(TRS法)作為人工智慧的基礎，設計者在設計過程中所缺乏的資料，以啓發式的方式，一步一步引導使用者做選擇，並透過電腦在資料庫中演算，提供設計者所需的設計資料；Fahey[5]針對知識管理系統提出，知識管理如果太過重視技術面的應用而忽略了管理面的考量，知識被視為與資訊無異，如此一來，知識管理系統就與資訊管理大同小異，無法確實達到知識管理的使命；Turng[6]開發一套塑膠射出模具知識管理系統，並將其架構於網路上，利用資訊技術克服距離和時間障礙，來保存公司內的知識及組織記憶，該系統將知識分成設計、材料、製程、CAE、問題排除等五項主題，藉由操作介面讓使用者取得資料。

本研究由以上對熱流道的概念，開發出一套針對熱流道設計的3D建模流程，運用資訊技術將資料加以彙整組織而形成使用者方便使用的知識庫管理系統，配合以網路化與客製化的引導系統對熱流板設計做分類，設計者也能提供技術及經驗來擴充知識庫，使知識庫更加完善；知識庫的建立，讓新進的設計人員更快對工作上手，從中學習到經驗以完成設計工作、提高設計效能。

二、網路化與客製化之熱流道設計引導系統

1. 三層式引導系統

本研究之網際網路平台架構在Pro/ENGINEER之CAD繪圖軟體上，利用其支援Web瀏覽器的能力，讓使用者在有權限的企業網路上進行開發設計。並且導入Jong [7]所開發的三層式架構，如圖1所示，使用者介面層為使用者對CAD軟體進行編輯與設計，並且擁有引導設計流程步驟的Web介面；商業邏輯層為整個系統程式的核心部分，主要利用Pro/ENGINEER的API開發工具Pro/Web.Link與網頁開發語言ASP.NET開發出必要的邏輯運算處理，它是由多個模組構成；資料層為整個系統設計資訊、技術文件與檔案儲存的位置，以SQL進行存取，並以網路磁碟機作為設計專案的圖檔儲存裝置。這引導系統能與CAD做最緊密的整合，而且有效地協助做合理化、系統化、客製化的模具開發，並且容易管理與維護。

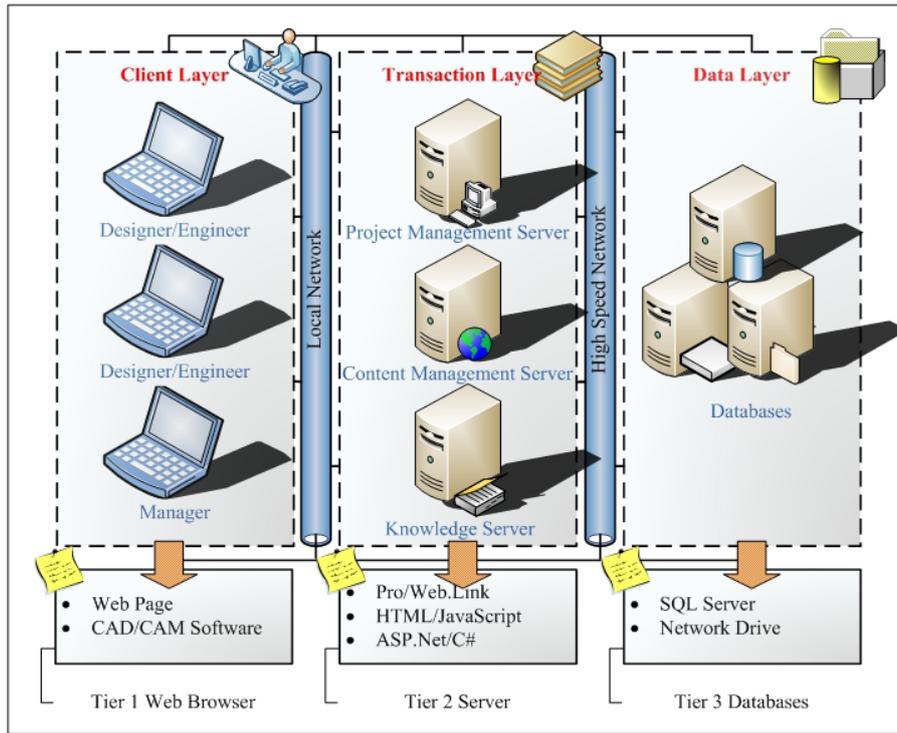


圖1 三層式伺服器架構圖

2. 熱流道設計引導系統

目前在熱流道設計方面大多是靠著工程師自身的經驗來繪製，以至於不同人設計出來的熱流道系統會有不同的流程與結果，而等到試模結果出來，才知道設計上是否有不適當的地方；然而這些熱流道設計經驗，會隨著工程師的離開而難以維持，所以本引導系統，透過知識庫來管理與協助整個熱流道設計生產流程，將能大幅降低錯誤的產生與減少試模的次數。

熱流道設計引導系統導入Jong [7]所開發的模具設計引導架構，如圖2所示，藉由專案管理，讓整個模具設計流程能夠層次分明有連貫性，並且明確的區分設計人員自身的设计權限，並針對目前模具業遭遇的問題、產業背景、工程應用以及未來趨勢為出發點，提出熱流道設計引導系統。目前多數的業者都還是只用2D來建構模型，但是2D建模在許多時候並不能完整表達出圖面的構造，此時我們就必須建構3D的熱流道模型。

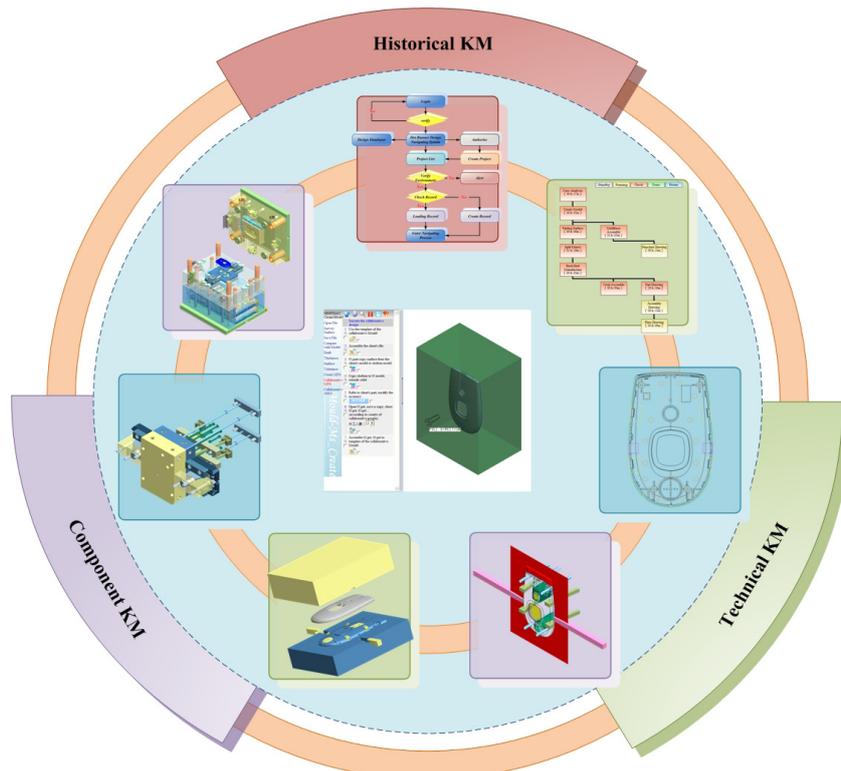


圖2 熱流道設計引導系統

熱流道的3D設計架構規劃方面，從客戶的要求決定熱嘴型式為開放式或針閥式，以及進澆點位置後，將整個熱流道繪製流程依功能、種類、繪製先後順序作區分；加入知識管理及歷史資料參考，規劃出五大流程部分：客戶設計資料、熱流板設計、零組件放置、間隔板設計與汽缸板設計，其主要工作內容如圖3所示；設計者於設計過程中需時常考量前後設計相關性，因此設計者可藉由資料庫連結取得這些設計資訊，而每個模組內皆採用合理化之步驟式流程的處理方式，引導設計人員執行指令操作並與設計資料庫連結，加強模組的設計開發能力與資訊流通共用之能力。另一方面能清楚知道每個步驟要執行那些工作，可以省去對軟體操作不熟悉所帶來的摸索時間，亦可避免不當操作所引發的錯誤。

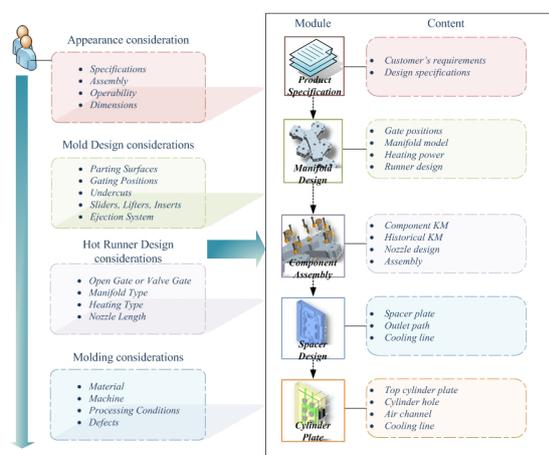


圖3 熱流道設計主要工作內容

3. 開發技術

本研究使用Pro/Web.Link程式來進行開發熱流道設計引導系統，並整合到模具設計引導系統中；將引導介面設計於Pro/ENGINEER內嵌瀏覽器，以及結合企業的专业與學理知識經驗至流程中，協助工程師快速且準確地完成熱流道設計繪製。

由於系統透過網路來達成設計引導的目的，除了需要相關的網頁開發語言（ASP.Net、JavaScript、HTML）、結構查詢語言（SQL）與關聯式資料庫（MSSQL）技術之外，二次開發工具就扮演著非常重要的角色；Pro/ENGINEER的二次開發工具包含了Pro/Toolkit、Pro/J-Link以及Pro/Web.Link三項[9][10]：Pro/Toolkit是以C語言為開發工具，Pro/J-Link則是基於Java語言的應用程式介面，本研究則是利用JavaScript語言為基礎的Pro/Web.Link來進行開發；除了能將開發的程式完全地嵌入於網頁當中，也同時具備了網頁只需透過瀏覽器即能執行功能之目的，無須在Client端安裝任何其他應用程式，設計工程師只要透過瀏覽器連接系統伺服器，就能夠使用本研究所開發的設計平台。

三、主要系統架構與功能

熱流道設計引導系統分成五大流程部分：客戶設計資料、熱流板設計、零組件放置、間隔板設計與汽缸板設計，因為每一流程的步驟很多，本節會對主要的開發與功能，做架構的探討與細部的說明。

1. 客戶需求與歷史設計參考

一個好的設計就是要能確切符合客戶的需求，所以本系統在進行3D設計之前，會先將客戶需求的所有資訊要求輸入到網頁中以便存至資料庫，這些資料會在往後的流程中適當的提示設計者所需的设计參考，如此一來便可有效的減少再與客戶的溝通協調，甚至更改設計；另一方面，將公司以往的设计經驗及準則以資料庫做存取管理，可在设计中作為歷史參考，讓設計避免人為的因素而發生錯誤；以液晶顯示器為例，設計者選擇要參考的TV吋型及類型，系統將會選擇出符合的經驗準則，綜合以上的設計資訊後，再進入後面的熱流道設計流程，如圖4所示。設計者在流程的第一步驟輸入客戶資訊及選擇歷史參考後，在繪制定位孔位置及零件組裝步驟，網頁上都會顯示指定的零件工號，適時的提醒設計者此地方該放置的配合零件工號，設計者不必再去查詢歷史的设计或是客戶訂單內容，如圖5所示。

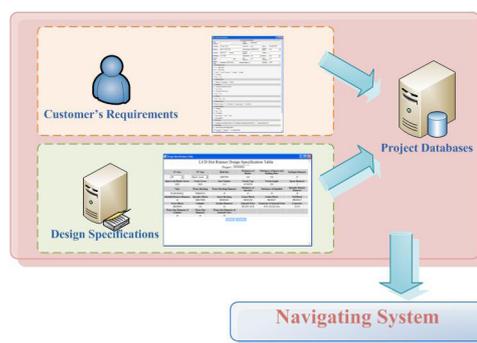


圖4 客戶資訊與歷史參考

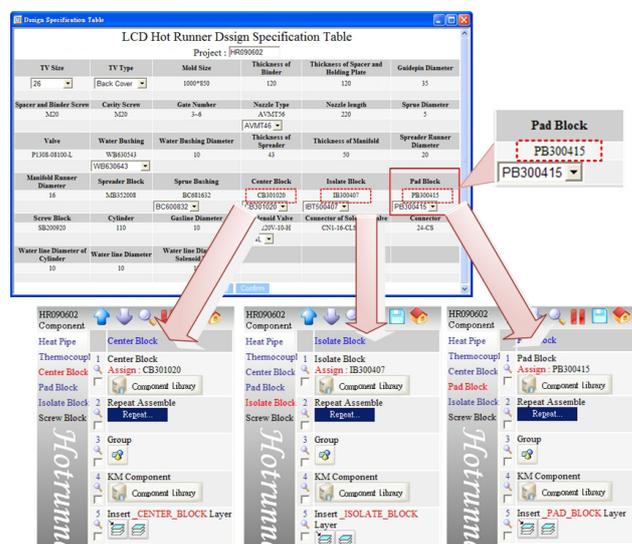


圖5 歷史資料設計參考

2. 進澆點與熱流板設計

此部分的設計主要是利用參數化設計去控制使用者自訂特徵，所謂參數化是指對零件上的各種特徵施加各種型式的拘束，各個特徵的幾何形狀與尺寸大小用變數的方式表示，如果定義的特徵尺寸改變，則特徵的幾何形狀及尺寸大小將隨著參數的改變而改變。藉由參數的尺寸變更，可以將相似性大且重複性高的特徵，變更為設計者所需要的特徵後，產生拘束在產品零件上。在應用上可以依據各個不同產業的需求，將常用的標準特徵建構出各個尺寸的經驗值，並儲存於資料庫中，而後從資料庫中選用的UDF(User Defined Feature)搭配經驗值參數，便可節省建立特徵的時間，並達到設計標準化的目的，其工作流程如圖6所示。

熱流道設計在確定客戶需求及確定進澆點後，第一步就是繪製進澆點與建立熱流板模型，透過引導系統設計者只需將進澆點位置的XY座標輸入至表格，UDF會依照輸入的座標位置自動建立進澆點草繪圖型，如圖7所示；繪製完進澆點後，要在進澆點位置上長出熱流板模型，引導系統會依使用者選擇的熱流板型式，將尺寸的經驗值從資料庫帶出，使用者亦可改變數值來最佳化本次的設計，而後網頁會從選擇的熱流板型式，選定UDF，再帶入其輸入的尺寸參數做為建構模型的基準，如圖8所示。

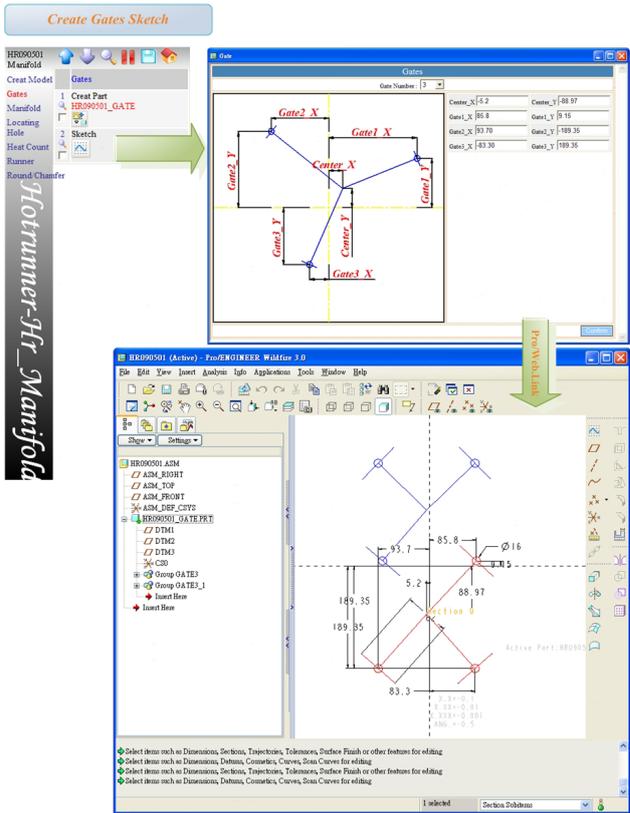


圖7 建立進澆點草繪線

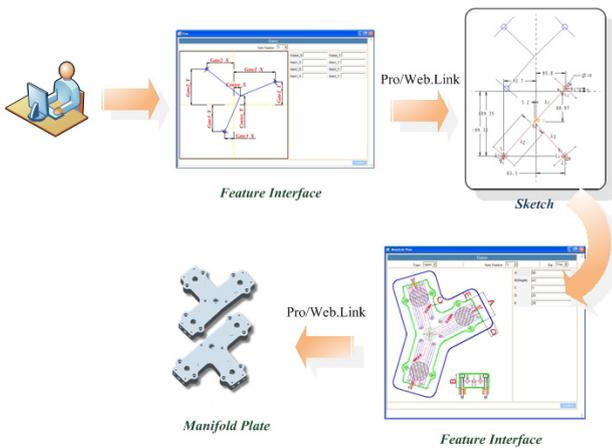


圖6 熱流板建構流程示意圖

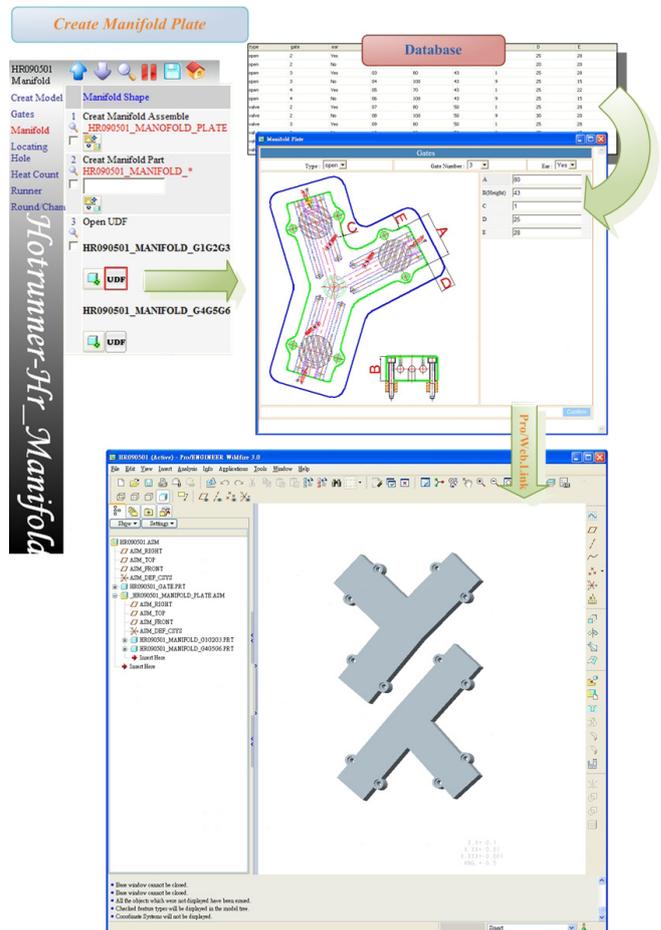


圖8 建立熱流板零件

3. 熱流板加熱量計算

熱流道系統初步設計完成，獲知了熱流板的體積後，按質量m的經驗公式計算，以每1kg鋼需150W/kg到500W/kg電功率計算[1]。小模具可增大些比值，升溫時間可少20min，而大型模具要減小些比值；單方面追求快速升溫，並不利於電氣加熱和溫度調節的設計。

加熱流板所需要的功率分三部分組成，其一是達到設置注射溫度所需電功率；其二是補充流道板的傳導、對流和輻射熱的功率；其三是考慮電壓波動影響和加熱器的熱效率。

Unger[1]在書裡提到工程設計時，計算熱流板的加熱功率公式如式(1)所示

$$P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta \theta}{3600 \cdot t \cdot \eta} \quad (1)$$

P 加熱器電功率 (W)

m 熱流板的重量(kg)

c 熱流板材料的熱比容(kJ/kg·K)，對於一般鋼材， $c=0.48$ (kJ/kg·K)

$\Delta \theta = \theta_{HR} - \theta_0$ 熱流板的溫度與室溫之差(K)

θ_{HR} 熱流板的溫度(K)

θ_0 室溫(K)

t 熱流板的加熱升溫時間(hr)，通常為0.3~0.5hr，時間長短取決於熱流板尺寸大小和射出溫度

η 加熱熱流板的效率係數，若熱流板的絕熱條件良好， $\eta = 0.47 \sim 0.56$

如圖9所示，熱流道引導系統在熱流板加熱量計算，以Pro/Web.Link抓取每塊熱流板的質量，再經過程式運算求出此塊熱流板所需的加熱量；如圖10所示，透過程式以模型名稱搜尋熱流板的模型，並分別計算出每塊的加熱量，系統會參考此數值，以零件資料庫現有的加熱器，選出適當型號，設計者可依此型號挖出加熱器的位置及符合深度，省去設計者查尋加熱器型號的時間。

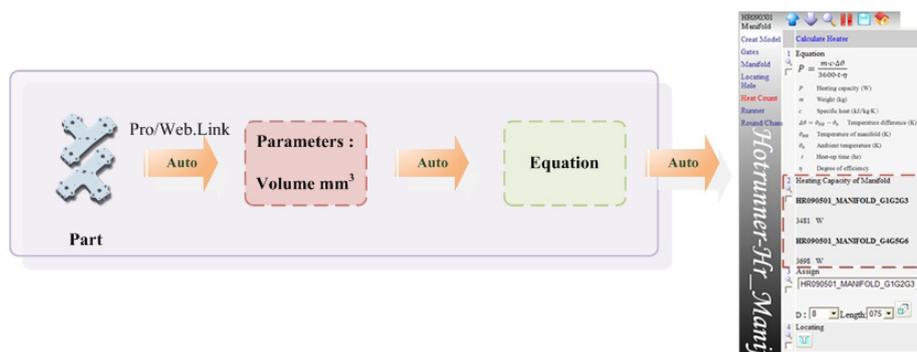


圖9 熱流板加熱量計算流程

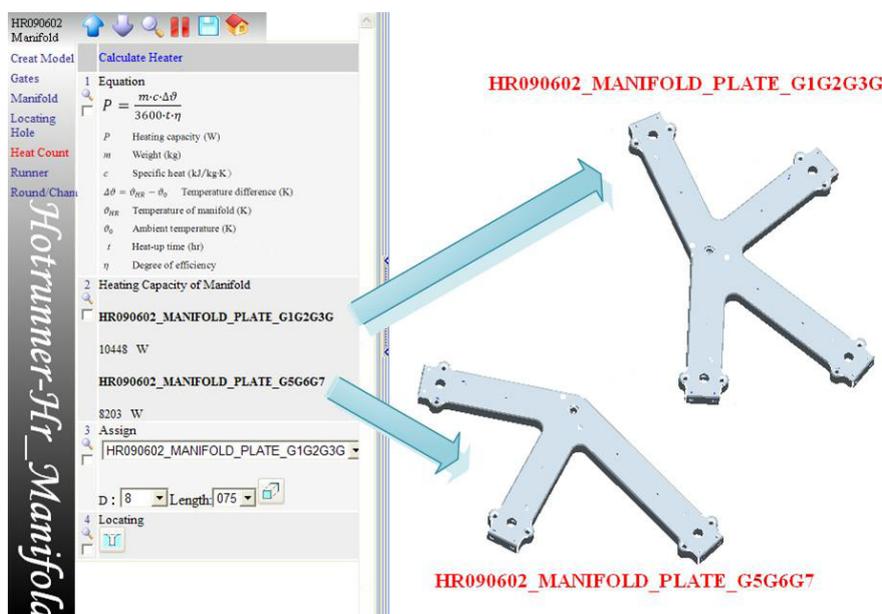


圖10 計算熱流板加熱量

4. 熱流道標準零件資料庫

目前業界使用的PDM系統，由於在設計階段無法即時與流程緊密搭配使用，設計者平均必須花費約25%的設計時間在尋找模型資訊上[8]。本系統之標準零件資料庫，採用三層分類來管理零件，分別為類別(Class)、樣式(Type)、型號(Order Number)，如圖11所示；透過此方式，可將各式零件依使用時機的不同來分門別類。在熱流道設計引導系統中，根據流程需求，可立即檢視對應類型的零件，此方式可有效節省設計者花費在尋找零件的時間上，並且透過資料庫管理庫存。標準零件資料庫在網路的架構下將資料庫一分为二，模型檔案利用檔案伺服器來管理標準化模具零件；零件的技術資料、尺寸、圖像與知識文件則是透過SQL資料庫來負責維護，而兩者之間都是透過Pro/Web.Link進行參數控制，以達到與零件溝通的目的，如圖12所示。

零件透過類型與樣式的分類方便使用者進行查詢，或直接透過關鍵字搜尋找出符合的項目，包含模糊與精確兩種型式，另外，如在前步驟有指定零件工號，在此開啓零件資料庫會直接帶入搜尋值顯示符合之零件供運用；此外更可透過資料庫對零件做管理，以資料庫存取庫值，每個零件均會顯示目前庫存量，並且此庫存量會在網頁執行開啓零件時遞減，而此庫存量可直接在網頁上做修改增減，但唯有權限的使用者才能使用此功能，如圖13所示。

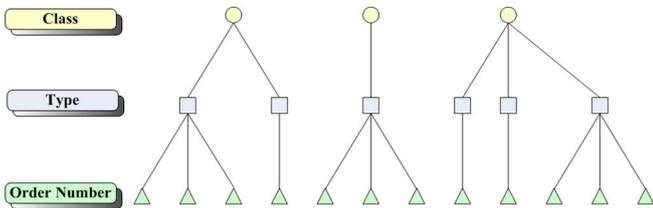


圖11 熱流道零件資料庫之三層式分類架構

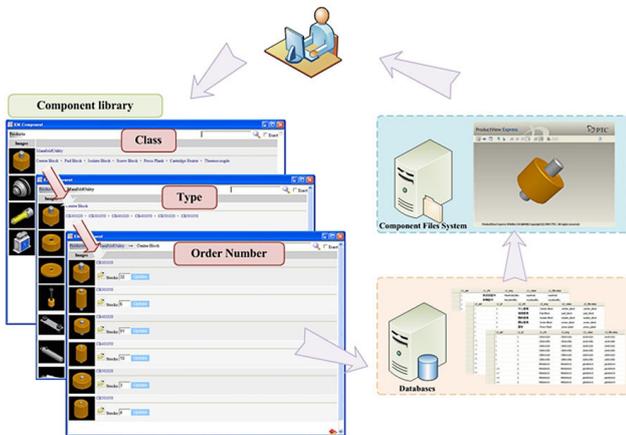


圖12 零件資料庫

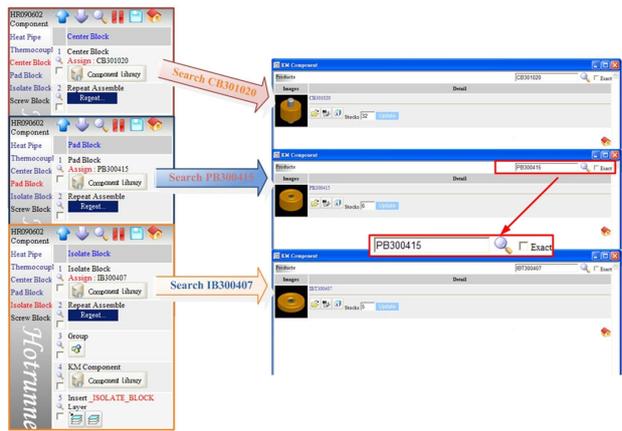


圖13 零件資料庫搜尋關鍵字

四、結果與範例討論

1. 範例一：四點進澆

本節以一套四點進澆的液晶顯示器熱流道模型，藉由熱流道設計引導系統，比較出有無使用設計引導系統，在設計時間上的差異性。

首先以成品幾何形狀繪製進澆點，然後依據草繪線於資料庫選擇適用熱流板，再從零件資料庫選擇適合零件組裝，並且做圖層管理，根據客戶給的模板大小，建立間隔板並繪製出線槽與水路，最後建立組立板，依據上述動作建構出一套完整的熱流道3D模型，如圖14所示。

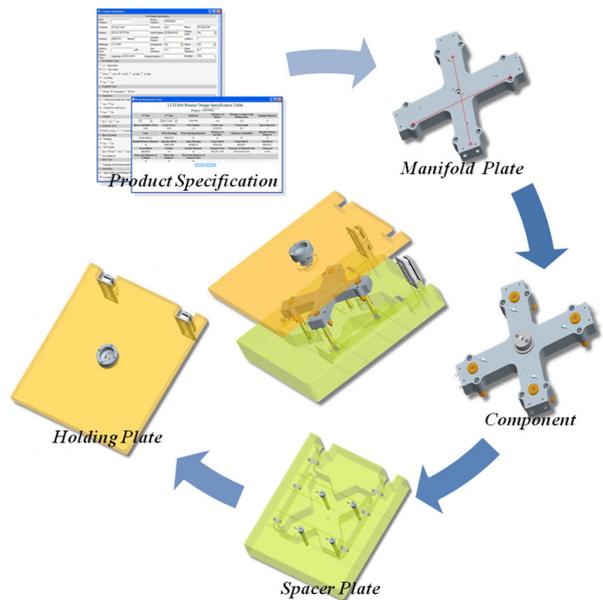


圖14 範例一：熱流道設計流程

如表一所示，經過系統實作後，以同一組熱流道模具做比較，透過引導系統設計熱流道系統，在各個流程的設計中大約可減少一半的時間，在沒有使用引導系統的情況下整個設計時程約為1.35個工作天，但在使用熱流道設計引導系統後將可縮短至0.61個工作天，節省達到55%的工作時間。

表1 範例一：流程結果比較

	熱流板設計	零組件放置	間隔板設計	上蓋板設計	總時間	節省時間百分率
沒有使用引導系統	3.3 hr	1.3hr	3.4 hr	2.8 hr	10.8 hr	--
熱流道設計引導系統	1.7 hr	0.4 hr	1.5hr	1.3 hr	4.9 hr	55%

2. 範例二：六點進澆

本節以一套六點進澆的液晶顯示器熱流道模型，藉由熱流道設計引導系統，比較出有無使用設計引導系統完成時間上的差異性。

首先，依成品幾何形狀繪製進澆點，然後依據草繪線於資料庫選擇適用熱流板，由於本模型是由兩塊熱流板組成，所以需在接上一塊分流板，再從零件資料庫選擇適合零件組裝並且做圖層管理，根據客戶給的模板大小，建立間隔板並繪製出線槽與水路，最後建立汽缸板於汽缸板上繪製汽缸槽與電磁閥汽路，依據上述動作建構出一套完整的熱流道3D模型，如圖15所示。

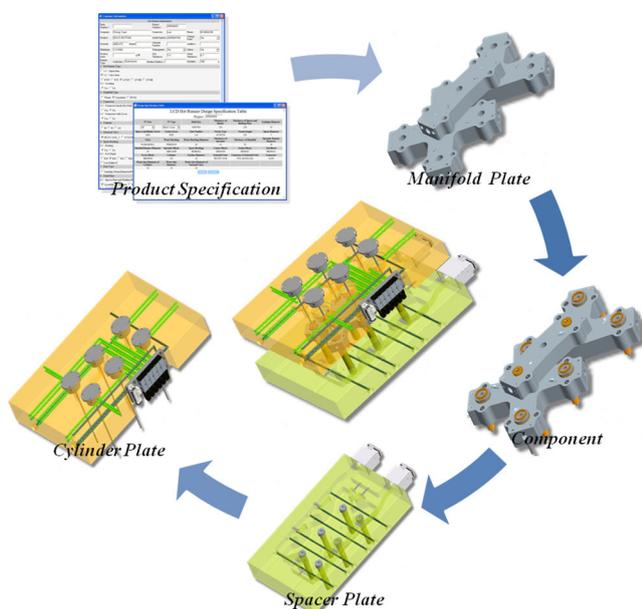


圖15 範例二：熱流道設計流程

如表二所示經過系統實作後，以同一組熱流道模具做比較，透過引導系統設計熱流道系統在各個流程的設計中大約可減少一半的時間，在沒有使用引導系統的情況下整個設計時程約為2.1個工作天，但在使用熱流道設計引導系統後將可縮短至1個工作天，節省達到53%的工作時間。

表2 範例二：流程結果比較

	熱流板設計	零組件放置	間隔板設計	上蓋板設計	總時間	節省時間百分率
沒有使用引導系統	5.1 hr	1.3 hr	5.4 hr	5.3 hr	17.1 hr	--
熱流道設計引導系統	2.4 hr	0.4 hr	2.7hr	2.6 hr	8.1 hr	53%

五、結論

本研究之網路化與客製化熱流道設計模組的開發，有助於模具產業加速回覆客戶產品設計的資訊，讓原本需要兩個工作天的工作大幅縮短至幾個小時，同時此項工作不再限制僅資深工程師才能進行開發，新進人員也能夠快速上手，並且讓所有開發經驗透過知識庫管理而能持續成長與應用。

流程的標準化一方面可以使設計時間減短，另一方面可以讓不同設計者設計出來的模具規格較一致性，不會有因為個人認知上的差異而影響到設計，這對往後新進人員在學習上也較不會造成困擾及混

參考文獻

- [1] P. Unger, "Hot Runner Technology", Hanser Gardner, New York, 2006.
- [2] 王玉琳, "熱澆道時序閥澆口系統開發與製程特性之研究", 中原大學機械工程學研究所碩士論文, 2001年。
- [3] 江孟育, "應用微熱澆道系統於多微細元件射出成型研究", 國立雲林科技大學機械工程系碩士論文, 2005年。
- [4] A. Dong, M. Agogino, "Text Analysis for Constructing Design Representations", Artificial Intelligence in Engineering, Vol.11, pp.5-75, 1997.
- [5] L. Fahey, L. Prusak, "The Eleven Deadliest Sins of Knowledge Management", California Management Review, 1998.
- [6] S. L. Turng, "A Knowledge Base System for the Design and Manufacture of Injection-Molded Plastic Products", Information Technology Conference, pp.95-98, 1998.
- [7] W. R. Jong, C. H. Wu, H. H. Liu, M. Y. Li, "A Collaborative Navigation System for Concurrent Mold Design", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 40, pp. 215-225, 2009.
- [8] Parametric Technology Corporation, Electronics & High Tech Product Development Benchmark, PTC, 2005.
- [9] Parametric Technology Corporation, Pro/Engineer Wildfire 3.0 User's Guide, PTC, 2005.
- [10] Parametric Technology Corporation, Pro/Engineer Wildfire 3.0 Pro/Web.Link User's Guide, PTC, 2005.