

純水浸泡對塑膠射出件靜電污染問題之探討與應用

The exploration and application of the pure water soaking for the electrostatic pollution problem of Injected plastics molding parts

曾誰我 張木財

Sei-wo Tseng Mu-Chai Cheng

摘要

本研究利用浸水(25°C、pH7)過程來降低靜電污染產生之機率，結果顯示利用浸水過程，可以減少塑膠件的靜電污染程度；經過 15 天的置放未浸泡靜電污染率 (99.43%) 顯著大於浸泡靜電污染率 (58.86%)。最後塑膠件經超音波清水洗淨後，其靜電污染率不論是未浸泡 (68.57%) 或浸泡 (1.14%) 均能顯著下降。本研究並利用研究結果，提出新的想法；將射出成型機結合新增霧化器噴頭 (發明專利證號 I255221)，以提供射出件在射出後，被頂出可同時進行純水的表面淨化，來達到即時的預防靜電污染。

關鍵詞：塑膠射出成型、靜電污染、霧化器噴頭

ABSTRACT

This study investigated how the water (25°C、pH7) soaking processes reducing the probability of the electrostatic pollution. The results showed that the degree of the electrostatic pollution of plastics models can be reduced by the process. After 15 days placement without water soaking, the electrostatic pollution rate (99.43%) was significantly greater than the rate (58.86%) with water soaking. When the plastic models been washed clearly by the ultrasound water, the rates without soaking (68.57%) or with soaking (1.14%) were significantly decrease. The result was applied to invent a new type of Model Injection Molding Machine, which combines an atomizer spray head in the nozzle (Invention patent No. I255221), to provide the pure water for surface decontamination when the part being ejected, in order to immediately against electrostatic pollution.

Keywords : Plastic injected molding, Electrostatic pollution, atomizer nozzle

一、前言

由於台灣氣候環境關係是屬於高相對濕度之工作場所 (70%RH ~ 95%RH) 且傳統射出成型工廠射出環境多有粉塵，而射出成型過程中首先要先把塑料烘乾至無水分後，再經螺桿攪拌後射出，由於此時射出件仍為乾燥無水分，故容易吸收空氣中的水分及粉塵，進而使塑件上產生有許多髒污的痕跡 (圖 1)，而隨著射出件髒污的產生也不利於後續之表面加工處理。

本研究利用浸水過程(水溫 25°C、pH7)來降低靜電污染痕跡產生之機率，意即在射出成型件剛完成射出成型頂出後，馬上浸泡乾淨純水 2 ~ 3 秒後，進行放置一段時間(8 小時至 15 天)，來驗證是否可透過此種方法，來降低髒污產生之機率，藉以避免髒污之產生，同時可進一步探討髒污隨著時間所產生之狀況變化，以提供後續製程(如表面處理)的時效處理問題。

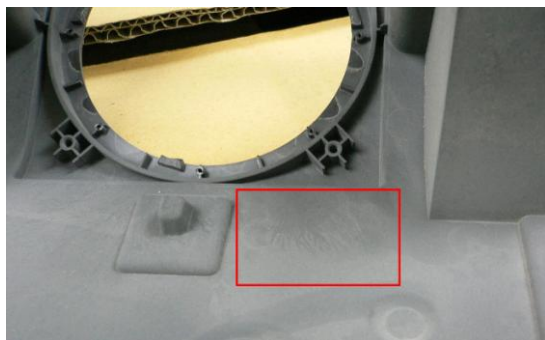


圖 1 髒污 (靜電污染) 現象圖

二、文獻探討

本研究主要探討靜電污染產生原因，來進行原因探討之確認，因此將針對射出成型過程進行污染證據之蒐集與分析。

1. 射出成型過程

射出成型的原理是將塑膠粒以定量、間歇的方式，自進料漏斗加入，送至加熱管中加熱使其融化後，透過活塞或推頭向前推進，經過噴嘴射入模具的模穴中。當模穴充滿後，模具的冷

卻系統將塑膠料冷卻成固體，待降低到適當溫度後，即可開模頂出成品，然後合模繼續下一個射出循環。射出的主要流程，可以圖 2 表示：

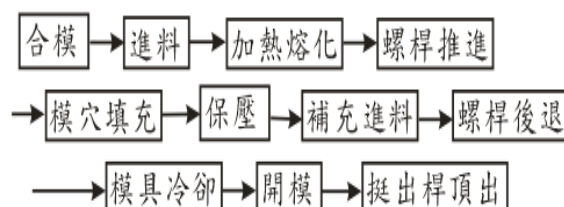


圖 2 射出成型主要流程

熱塑性塑膠之射出成型循環大多在 10sec~45sec 之間 (依產品大小、塑膠種類不同而異)。當一塑膠射出件自模穴中頂出後，一批新的熔融塑膠料已經在注射室中準備射出，而另一批塑膠粒也同時經過漏斗進入注射室中。因此射出成型可以連續不斷大量生產，故成為目前主要的塑膠產品生產方式。

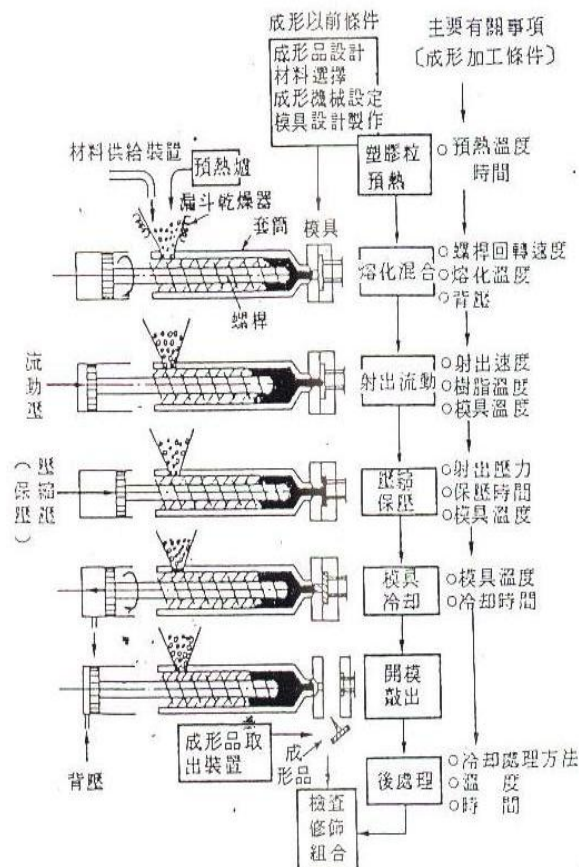


圖 3 射出成型的主要動作與流程

射出成型的主要動作與流程，可以分成幾個部分，下圖 3 以最普遍的螺桿式射出成型機為例子來說明：

- (1) 塑膠粒預熱進料：將塑膠粒放入漏斗中，並且加溫預熱，可乾燥塑膠粒並節省熔化時間；
- (2) 熔化混合：把漏斗中的塑膠粒驅入加熱之熔化室，利用活塞或者螺桿之前進，使的塑膠粒通過加熱管，在熔化室內裝有分流梭（torpedo）或分散器（spreader），將熔融的塑膠推向加熱的筒壁，促使塑膠料完全熔化並且均勻混和；
- (3) 射出流動：熔化的塑膠在活塞或螺桿產生高壓驅動下，經由噴嘴（nozzle）被射入閉合的模穴中；
- (4) 壓縮保壓：射出後螺桿或活塞不會馬上收回，而會維持模穴內壓力，待澆口冷卻凝固後，才會回到原來位置；
- (5) 模具冷卻：模具內有冷卻水道，可以冷卻射入模穴中的高溫熔融態之固溶體，使其降低到具有足夠強度的溫度（塑膠的強度是溫度與時間的函數）；
- (6) 開模頂出：待射出成品降低到適當溫度後，即可打開模具，進行頂出動作，取出成品；

後處理：將成品上的廢料剪除，或者進行其他整理修飾動作，組裝成品。

2. 靜電污染產生之原因與變異數

靜電污染現象的避免，可藉由射出成型壓力、射出速度、料管溫度、射嘴及前段溫度及料管後段溫度的減少調整，與原料乾燥溫度、原料乾燥時間、模具溫度及背壓的增加調整，配合檢查原料、澆口及澆道大小、澆口及澆道位置及檢查料斗來進行檢查修正，透過上述射出參數的調整均無法避免，射出成品經過一段時間後，靜電污染現象的產生。

現在所發生之靜電污染現象，並非在射出後第一

時間觀看射出成型件所產生的，意即透過上述射出參數的調整，能有效的控制射出成型件在射出後產生靜電污染之現象，但射出成型件射出後，置放一段時間仍會產生靜電污染現象，勢必還有其他變數導致此靜電污染。

本研究假設靜電污染源，可能來自於射出成型件自射出成型機成型後，其射出件為幾乎完全乾燥體，經接觸到高相對濕度（80%RH）的空氣粉塵中，進而吸附其空氣中粉塵水氣，導致表面進而產生射出成型品的靜電污染現象。

因此本研究主要探討此因素與靜電污染現象之因果關係；本實驗利用純水（水溫 25°C、pH7）作為射出成型後提供浸泡用途，補充其與環境中相對濕度相同之濕度條件，在將其置放於一定特定時間觀看是否靜電污染現象有減少之趨勢。若靜電污染現象有減少之趨勢或能避免，則研究假設條件成立，靜電污染現象的產生也來自於乾燥射出件與空氣中相對濕度互動反應所造成。

三、實驗方法

1. 實驗目的

本實驗之目的在於解決射出塑膠件之表面靜電污染現象，試圖尋找出除射出成型參數外，可能影響射出塑膠件產生靜電污染現象之其他原因，並進一步探討靜電污染隨著時間之產生狀況變化，來提供後續製程（如表面處理）的處理時效問題。

2. 實驗假設

假設塑膠件靜電污染現象的產生可能來自於乾燥射出成型件與空氣中相對濕度互動反應而吸附空氣中粉塵所造成。

3. 實驗樣本與方法

本實驗將一同批及同時生產製造出塑膠(ABS)射出件 (1000 件)，隨機挑選 70 件(Key cap 1.0g. 14*14*0.8mm)來進行實驗。

其中實驗組為 35 件於射出完成後馬上進行純水浸泡 3 秒，對照組為 35 件於射出後不作任何處理，將兩組狀況置放半月，採 8、16、24、48、

72、96(小時)....等等時間間隔觀看其靜電污染產生之變化，並依照產生之程度性給予分數評比(無髒污、不髒污、較不髒污、髒污、比較髒污、最髒污；0分、1分、2分、3分、4分、5分(目測比對面積 0%.20%.40%.60%.80%.100%)。

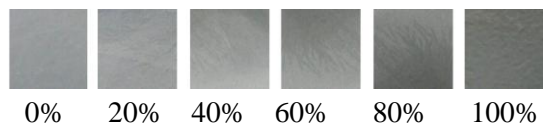


圖 4 靜電污染程度表

4. 使用儀器及計測環境

本次使用儀器為污點比對卡與外觀檢驗標準配合與三人一組目視比對法(由 3 人進行投票來加以確認靜電污染之產生與否及產生嚴重程度性)並利用統計軟體 Excel & SPSS 來進行資料分析。

四、結果與分析

本研究將從塑膠射出件浸泡純水與否，來進行實驗探討，試圖找出影響塑膠件在射出後產生靜電污染之原因，其實驗結果如下表 1。

表 1 靜電污染隨時間產生之變化狀況結果

次數	時間(後)	實驗組(未浸泡)			對照組(浸泡)		
		總分	百分比	平均分	總分	百分比	平均分
1	8 小時	6	3.43%	0.17	0	0.00%	0.00
2	16 小時	78	44.57%	2.23	2	1.14%	0.06
3	24 小時 (1 天)	102	58.29%	2.91	3	1.71%	0.09
4	48 小時 (2 天)	107	61.14%	3.06	18	10.29%	0.51
5	72 小時 (3 天)	120	68.57%	3.43	34	19.43%	0.97
6	96 小時 (4 天)	132	75.43%	3.77	38	21.71%	1.09
7	120 小時 (5 天)	144	82.29%	4.11	45	25.71%	1.29
8	144 小時 (6 天)	158	90.29%	4.51	49	28.00%	1.40
9	168 小時 (7 天)	160	91.43%	4.57	47	26.86%	1.34
10	192 小時 (8 天)	160	91.43%	4.57	61	34.86%	1.74

11	216 小時 (9 天)	163	93.14%	4.66	67	38.29%	1.91
12	240 小時 (10 天)	165	94.29%	4.71	70	40.00%	2.00
13	264 小時 (11 天)	166	94.86%	4.74	78	44.57%	2.23
14	288 小時 (12 天)	170	97.14%	4.86	81	46.29%	2.31
15	312 小時 (13 天)	172	98.29%	4.91	89	50.86%	2.54
16	336 小時 (14 天)	174	99.43%	4.97	94	53.71%	2.69
17	360 小時 (15 天)	174	99.43%	4.97	103	58.86%	2.94

最後在經過以純水超音波洗淨 1 小時後，再進行評分得知，實驗組(未浸泡)總分 120 分，平均 3.428，靜電污染率達 68.57%；對照組(浸泡)總分 2 分，平均 0.057，靜電污染率達 1.14%。

1. 分析一：實驗組 Vs 對照組

探討浸泡與否對於靜電污染產生是否有防治作用，分析每次觀察時段其平均得分是否有差異性即可了解，利用 t-test 統計檢定來進行資料分析其結果如下表 2，並配合折線圖觀看靜電污染率隨著置放時間增長的趨勢線變化圖 5。

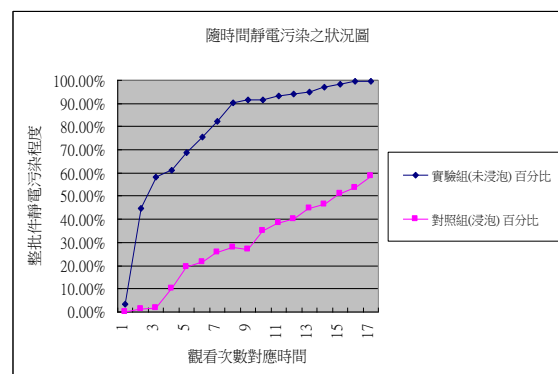


圖 5 靜電污染率隨著置放時間增長趨勢線變化

表 2 實驗組 (未浸水) 與對照組 (浸水) 之 T-test

次數	時間(後)	平均數		P 值	是否有差異性
		實驗組 (未浸泡)	對照組 (浸泡)		
1	8 小時	0.17	0	0.0099	有
2	16 小時	2.23	0.06	0.0000	有
3	24 小時(1 天)	2.91	0.09	0.0000	有
4	48 小時(2 天)	3.06	0.51	0.0000	有
5	72 小時(3 天)	3.43	0.97	0.0000	有
6	96 小時(4 天)	3.77	1.09	0.0000	有
7	120 小時(5 天)	4.11	1.29	0.0000	有
8	144 小時(6 天)	4.51	1.4	0.0000	有
9	168 小時(7 天)	4.57	1.34	0.0000	有
10	192 小時(8 天)	4.57	1.74	0.0000	有
11	216 小時(9 天)	4.66	1.91	0.0000	有
12	240 小時(10 天)	4.71	2	0.0000	有
13	264 小時(11 天)	4.74	2.23	0.0000	有
14	288 小時(12 天)	4.86	2.31	0.0000	有
15	312 小時(13 天)	4.91	2.54	0.0000	有
16	336 小時(14 天)	4.97	2.69	0.0000	有
17	360 小時(15 天)	4.97	2.94	0.0000	有

2. 分析二：超音波洗淨 Vs 未超音波洗淨

經過 15 天置放後，進行 1 小時的超音波洗淨，探討是否可以有效降低表面之靜電污染，利用 t-test 統計檢定來進行資料分析其結果如下表 3，並探討經過超音波洗淨後，無靜電污染之個數及可進行後處理之良率各為多少，如下表 4。

表 3 超音波洗淨與未超音波洗淨之 T-test 分析

實驗狀態	平均數		P 值	是否有差異性
	未超音波洗淨	超音波洗淨		
實驗組(未浸泡)	4.97	3.43	0.0000	有
對照組 (浸泡)	2.94	0.06	0.0000	有

表 4 超音波洗淨後可進行後處理分析

實驗狀態	污染程度個數						可進行後處理之比率
	0	1	2	3	4	5	
實驗組(未浸泡)	0	0	3	18	10	4	0.00%
對照組 (浸泡)	33	2	0	0	0	0	94.29%

本研究將從塑膠射出件浸泡純水與否，是否會影響靜電污染之產生程度，並探討經過超音波洗淨後是否可清洗掉已產生之靜電污染，其結果可從以下四點看出：

- (1) 由表 3 及表 4 顯示出，塑膠射出件射出後，馬上進行純水 3 秒浸泡，能有效明顯的比未浸泡純水之塑膠件靜電污染較少，不論從一開始八小時置放的觀察開始直至 15 天後的觀察，浸泡之塑膠件均明顯比未浸泡好。
- (2) 由表 4 顯示出，經過 15 天 (約 360 小時) 置放後兩種實驗狀態所產生的靜電污染，利用超音波洗淨一小時後，均能有明顯的差異性清除表面之靜電污染。
- (3) 由表 5 顯示出，雖然經過超音波洗淨均能有效的減少塑膠件表面之靜電污染，但對於後加工處理時，有些許的靜電污染狀態均是不可允許的，故當初射出時未浸泡水的塑膠件雖透過超音波洗淨後能降低其表面靜電污染，但是卻所有塑膠件均不能完全清除，而有進行浸水的塑膠件在經過超音波洗淨後，有 94.24% 的比率塑膠件能繼續進行後處理加工。
- (4) 由表 2、3、4 顯示出，射出後浸泡過純水的塑膠件，隨著長時間的置放緩緩的產生靜電污染，但是最後經過超音波洗淨後卻幾乎完成可以清洗掉靜電污染，意即浸泡過純水之塑膠件所產生的靜電污染單純只是附著與表面之污染，並未像未浸泡過純水之塑膠件屬於深層污染是清洗不掉的。

因此研究假設條件成立，射出件於射出後所產生的靜電污染，隨著時間的置放產生是不可避免的，但是卻可以減少嚴重損害到塑膠件的靜電污染。並透過本研究的實驗結果，若於射出後在八小時內進行後處理是可行的，但是在八小時後的後處理必須要妥善的包裝封存來進行保存等待後續之處理。

五、設計應用

本研究仍有一點可持續進行探討，即是塑膠件在

射出後，經由頂出機構頂出塑膠件後在進行運送至下個處理步驟純水的浸泡，在這運送的時間內是否塑膠件本身以產生些微的靜電污染呢。因此本研究最後提出一個新觀念，如何使塑膠件一經過頂出機構脫膜時，同時進行純水浸泡之可能性呢？

透過這樣的想法，我們在射出成型機上新增設感應式霧化器噴頭，經由射出成型機射出塑料於塑件後，並在脫膜時，同時啟動霧化器功能進行噴灑純水於塑件上，即時避免乾燥塑件欲吸附空氣中之粉塵水氣，來達到塑件避免靜電污染現象產生。

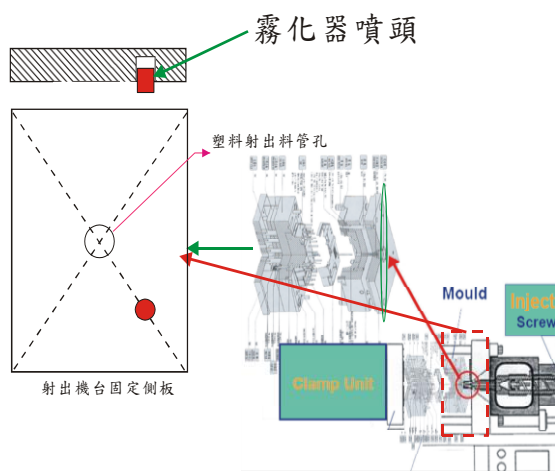


圖 6 提案內部結構圖

如圖 6 所示，一種射出成型機及其噴嘴，此射出成型機包括供料裝置、料管、噴嘴以及止回閥。供料裝置是連接於料管，以供給原料至料管。噴嘴連通於料管之一端，止回閥則連接於料管與噴嘴之間。噴嘴內部具有一送料流道與鄰近噴嘴之出料端的至少一調質腔，且此調質腔之截面積大於送料流道之截面積。藉由上述射出成型機及噴嘴所製成的成品其物性安定且內部不會有氣泡殘存。

而此發明專利之範圍包括：

1.一種射出成型機，包括：一供料裝置，儲存有一原料；一料管，連接至該供料裝置，適於接收該供料裝置所供給之該原料；一噴嘴，連通於該料管之一端，該原料通過該料管流通至該噴嘴內，其中該噴嘴內部具有一送料流道與至少一調質腔，且該調質腔是鄰近該噴嘴之一出料端，而該

調質腔之截面積大於該送料流道之截面積；及一止回閥，連接於該料管與該噴嘴之間。

- 2.如專利範圍第 1 項所述之射出成型機，其中該調質腔為一球狀腔體。
- 3.如專利範圍第 1 項所述之射出成型機，更包括一送料導桿，配置於該料管內，適於將該原料由該料管推擠至該噴嘴內。
- 4.如專利範圍第 3 項所述之射出成型機，更包括一驅動裝置，連接至該送料導桿，適於驅動該送料導桿。
- 5.如專利範圍第 1 項所述之射出成型機，更包括一加熱裝置，配置於該料管之外壁，用以對進入該料管之該原料進行加熱。
- 6.如專利範圍第 5 項所述之射出成型機，其中該加熱裝置更配置於該噴嘴與該止回閥之外壁。
- 7.如專利範圍第 1 項所述之射出成型機，其中該供料裝置包括一液態塑膠供給裝置。
- 8.如專利範圍第 1 項所述之射出成型機，其中該噴嘴具有不同體積之多數個該調質腔。
- 9.一種噴嘴，適於噴射出一液態流體，其特徵在於：該噴嘴內部具有一送料流道與至少一調質腔，且該調質腔是鄰近該噴嘴之一出料端，而該調質腔之截面積大於該送料流道之截面積。
- 10.如申請專利範圍第 9 項所述之噴嘴，其中該些調質腔為球狀腔體。
- 11.如申請專利範圍第 9 項所述之噴嘴，其中該噴嘴具有不同體積之多數個該調質腔。

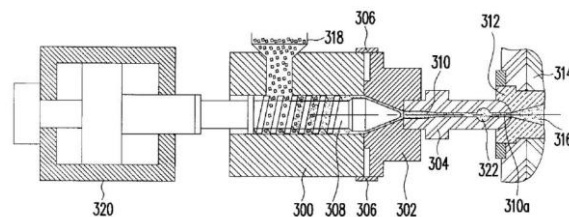


圖 7 為依據本發明第一較佳實施例之射出成型機剖面示意圖

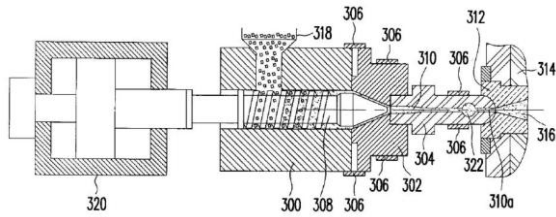


圖 8 為根據本發明之第二較佳實施例之射出成型機的剖面示意圖

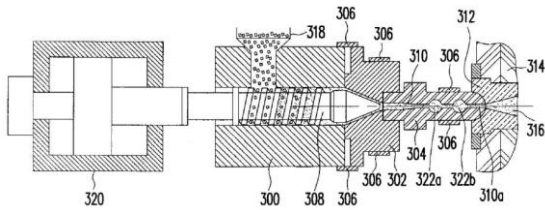


圖 9 為根據本發明之第三實施例之射出成型機的剖面示意圖。

本發明專利於 94 年 7 月 12 日提出申請，並於 95 年 5 月 21 日公告，專利證號 I255221。

六、致 謝

本篇論文感謝華碩電腦股份有限公司協助本研究之實驗管理與執行，資料編碼與紀錄分析，同時也感謝所有參與實驗之受測者。

七、參考文獻

1. 張光榮，「射出成型機之程序控制」，國立清華大學動力機械工程研究所，碩士論文，P9~15、P22~38。
2. 射出成型機手冊-使用者指引，塑膠世界雜誌社，P88~94。
3. 廖榮華，「塑膠射出成型機控制」，機械工業雜誌，工業技術研究院機械工業研究所，P25~36。
4. 林欽隆，「射出成型機加工廠的製造現場管理電腦化」，機械工業雜誌，工業技術研究院機械工業研究所，P41~49。
5. C. J. Yu and J. E. Sunderland, "Determination of Ejection Temperature and Cooling Time in

Injection-Molding, Including Dissipation Effects," Rheologica Acta, Vol 31, Iss. 6, pp. 592-602, 1992.

6. C. M. Seaman, A. A. Desrochers and G F. List, "A Multiobjective Optimization Approach to Quality-Control with Application to Plastic Injection-Molding" IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, Vol.23, Iss. 2, pp. 414-426, 1993
7. K. M. B. Janden and J. Vandam, "An Analytical Solution for the Temperature Profiles During Injection-Molding, Including Dissipation Effects," Rheologica Acta, Vol. 31, Iss. 6, pp.592-602,1992.

