

7.1 結論

本研究針對射出成型結合線問題，利用平板式熱管設計一組加熱機構，經加熱機構效能數值模擬並與實驗驗證過後，確認效能可達到預期效果後，將此加熱機構安裝於射出成型模具內，進行拉伸試片與多孔平板試片之製作，針對其結合線產生位置進行加熱，製作完成之試片觀察其結合線外觀改善情形，並且進行試片強度試驗，經分析檢討後可歸納為以下結論：

1. 將平板式熱管應用在加熱機構的傳熱上，確實可以在有限的時間內達到快速升溫的效果，而結果也顯示透過平板式熱管可以將較小範圍的熱源均勻的加熱一個較大範圍的面積。

2. 本研究所設計之加熱機構目前僅安裝於模具之公模側，經實驗結果發現，除了安裝加熱機構於公模側外，在母模側同時進行加熱之效果會比只有單側進行加熱更可以達到改善結合線的目的。

3. 影響結合線強度的主要因素為塑膠合流處不完全鍵結與結合線表面的 V 型缺口造成應力集中。由機械強度試驗的結果發現，將模具溫度提高至 100°C 後，可以改善結合線位置不完全鍵結的問題，提升其抗拉與抗彎強度，而結合線表面 V 型缺口雖然外觀上有所改善，但由於氣體仍然無法完全排出，因此缺口處仍然會有應力集中現

象產生，容易造成破壞降低試片的韌性。

4.顯微照片的結果顯示，容易造成結合線強度上應力集中現象的 V 型缺口，在加熱過後確實可以將其深度改善至深度只有未加熱的約 1/24 倍，不過在寬度上並無明顯改變，這是由於結合線位置空氣無法完全排出所造成的原因，氣體依然佔據了部分空間，加熱只是使熔膠充填時流動性較佳壓縮氣體，改變了結合線容易造成應力集中的 V 形缺口幾何形狀。

7.2 未來展望

1.使用平板式熱管於模具加熱與冷卻上確有其成效，在加熱上若要達到更佳的效果，應該改變平板式熱管的工作流體，使其可達到更高的適用溫度，且目前平板式熱管的外型由於其腔體強度上的問題所以受到限制，要將平板形狀的平板式熱管應用在複雜模型的模具中是有相當的難度，如能改善這個製造上的瓶頸，製作出任意形狀且高熱傳導係數的平板式熱管，這可將其沿著模穴形狀安裝進行加熱，才可達到模具加熱的更好效果；而在冷卻上將低溫的空氣打入模具與加熱槓桿的縫隙，未達到最佳效果，較佳的方式是在模具上預留孔洞，使低溫氣體可以直達平板式熱管的位置，利用平板式熱管的傳熱效能幫助模具冷卻達到最佳效果。

2.由實驗中可觀察到若想將結合線消除，模具的加熱溫度應該不

只要到達塑膠料的玻璃轉換點，而是在更高溫時會有更佳的效果。

3.本研究在實驗與模擬過程中，得出使用平板式熱管用於射出成型模具加熱與冷卻上確實比未使用的例子來的好，但如果能將不同加熱方式的成型時間（Cycle time）加以實驗記錄與比較，將可使本實驗更加完整。

4.由實驗結果得知，在機械強度方面，加熱機構能改善結合線位置鍵結不良的問題，使其抗拉、抗彎強度提高，但針對結合線表面因排氣不良所造成 V 型缺口的問題，如果模具內可再安裝適當的排氣機構配合局部加熱，可使改善結合線問題達到最佳的效果。



參考文獻

1. S. Fellahi, A. Meddad, B. Fisa, and B.D. Favis, "Weldlines in Injection -Molded Parts: A Review," *Advances in Polymer Technology*, Vol. 14, NO.3, pp.169~195, 1995.
2. S. Dairanieh, A. Haufe, H. J. Wolf, and G. Mennig, "Computer Simulation of Weld Lines in Injection Molded Poly(Methyl Methacrylate)," *Polymer Engineering and Science*, Vol.36, NO.15, pp.2050~2057, 1996.
3. Osman G. Ersoy and Nihan Nugay, "A new approach to increase weld line strength of incompatible polymer blend composites: selective filler addition," *Polymer*, 45, pp.1243~1252, 2004.
4. R. Selden, "Effect of Processing on Weld Line Strength in Five Thermoplastics," *Polymer Engineering and Science*, Vol.37, NO.1, pp.205~218, 1997.
5. Younggon Son, Kyung Hyun Ahn, and Kookheon Char, "Weldline Morphology of Injection Mold Modified Poly(phenylene-oxide)/ Polyamide-6 Blends," *Polymer Engineering and Science*, Vol.41, NO.3, pp.554~565, 2001.
6. Necar Merah, M. Irfan-ul-Haq, Z. Khan, "Temperature and weld-line effects on mechanical properties of CPVC," *Journal of Materials Processing Technology* 142 247-255 (2003)
7. E. M. Hagerman, "Weld-Line Failure in Moulded Parts", *Plastics Eng.*, (Oct. 1973).
8. Du Hwan Chun, "Cavity filling analyses of injection moldingsimulation: bubble and weld line formation," *Journal of Materials Processing Technology*, pp.177~181, 1999.
9. Miguel Pazos, Juan Baselga, Julio Bravo, "Limiting thickness estimation in polycarbonate lenses injection using CAE tools," *Journal of Materials Processing Technology*, 143-144 (2003)
10. Chang Lu, Shaoyun Guo, Li Wen, Junyou Wang, "Weld line morphology and strength of polystyrene / polyamide-6 / poly(styrene – co - maleic anhydride) blends," *European Polymer journal*, 2565-2572 (2004)
11. Lih-Sheng Turng and Hrishikesh Kharbas, "Effect of Process Condition on the Weld-Line Strength and Microstructure of Microcellular Injection Parts," *Polymer Engineering and Science*, Vol.43, No.1, pp.157~168, 2003.

12. W. Dai, P. Liu and X. Wang, "An improved mold pin gate and its flow pattern in the cavity", *Journal of Injection Molding Technology*, Vol. 6, No. 2 pp. 115-119, June 2002.
13. R. P. Koster, "Importance of Injection Molding Parameters for Mechanical Performance of Cold Flow Weld Lines," *Journal of Injection Molding Technology*, Vol.3, NO.3, pp.154~158, 1999.
14. L. Wang, P.S. Allan & M.J. Bevis, "Enhancement of internal weld line strength in thermotropic liquid crystal polymer mouldings," *Plastics, Rubber and Composites Processing and Application* 23 139-150 (1995)
15. 曾宇譚, "射出成型之製程參數對不同材質縫合線強度的影響," 成功大學工程科學研究所碩士論文(1997)
16. 鍾明修, "ABS 薄殼射出成型件縫合線之探討," 中原大學機械工程學系碩士論文(2001)
17. Tao C. Chang and Ernest Faison, III, "Optimization of Weld Line Quality in Injection Molding Using an Experimental Design Approach," *Journal of Injection Molding Technology*, Vol.3, NO.2, pp.61~66, 1999.
18. Shih-Jung Liu, Jun-Yu Wu, and Jer-Haur Chang, "An Experimental Matrix Design to Optimize the Weld line Strength in Injection Molded Parts," *Polymer Engineering and Science*, May 2000; 40, 5, pp.1256~1262.
19. Y.H. chung, K. Kato, N. Otake "Melt front surface asperity and welding-defect generation in ceramic injection molding" *Journal of Materials Processing Technology*, 219~224 (2001)
20. 杜光宗, "射出成型技術入門", 建宏出版社, (January 2001)。
21. 李清貴, "具內螺紋塑膠瓶蓋之射出成型", 中興大學碩士論文, pp. 36-43, 1998.
22. P. Friel, "Influence of mould surface temperature control on processing and on the quality of injection mouldings", *Kunststoffe*, (1986)
23. Donggang Yao, Ming Chen and Byung Kim, "Development of Rapid Heating and Cooling Mold Inserts Comprising A Heating Layer An Insulation and Substrate", *SPE ANTEC Tech. Paper* 2001, pp.704~708 (MIT).
24. S. Stefan, "Shorten Cycle Times – But How", *Kunststoffe plastic Europe*, vol. 90, pp.32-34, (2000)
25. Catic, I.J., "Cavity Temperature – an Important Parameter in the

- Injection Molding Process”, Poly. Eng. Sci., 19, 13, p893(1979).
26. Kim D. H., Kan M. H. and Chun Y. H., ”Development of A Notebook PC Housing by Using MMSH (Momentary Mold Surface Heating) Process”, SPE ANTEC Tech. Paper 2001, pp.3347~3350 (Korea).
 27. Kimura, ”Mold device for injection molding synthetic resin”, United States Patent No.6,752,612 B2, 2004
 28. A. Faghri, Heat Pipe Science and Technology, Taylor & Francis, Bristol, 1995
 29. Anon, ”Heat pipes speed injection mold cooling”, Plastics Technology V.25, Aug. P19~33, 1979
 30. 周文豪, “嵌入式熱管散熱模組之實驗測試與數值分析”, 台灣大學機械工程學研究所碩士論文, 九十四年
 31. Handbook of plastics Testing Technology



附件一. 模具完成圖



(a)



(b)



(c)

