

# A356鋁合金消失模型鑄件之高壓凝固製程探討

陳輔仁、胡瑞峰

E-mail: 364869@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本研究探討10大氣壓高壓凝固模式以及實施T6熱處理之製程條件下，分析消失模型鑄造參數如澆注溫度、塗層厚度和高壓持續時間等對於A356 鋁合金消失模型鑄件之抗拉強度、降伏強度、伸長率、洛氏硬度、密度、孔洞率和析出物與雜質之影響，以瞭解高壓凝固模式改善A356鋁合金消失模型鑄件機械性質和品質情形，提供產學合作廠商使用高壓凝固模式之消失模型鑄造法生產鋁合金鑄件技術。研究結果發現隨著製程參數條件之不同，10大氣壓高壓凝固之A356鋁合金消失模型標準抗拉試棒及階梯型鑄件之抗拉強度、降伏強度、伸長率、洛氏硬度以及韌性皆有所差異。720 澆注溫度鑄造的標準抗拉試棒鑄件，其強度、硬度與延性皆優於700、740 和760 澆注溫度鑄造的標準抗拉試棒鑄件。而模型塗覆0.3mm塗層厚度的標準抗拉試棒和階梯型鑄件，其強度、硬度與延性以及韌性皆會優於塗覆0.6mm塗層厚度的鑄件。其次，針對10大氣壓高壓凝固的消失模型鑄造過程，對鋁合金標準抗拉試棒鑄件保持6分鐘的高壓持續時間，其強度與延性皆會優於持續3分鐘或10分鐘高壓之A356鋁合金標準抗拉試棒鑄件。而10大氣壓高壓凝固的A356鋁合金消失模型標準抗拉試棒及階梯型鑄件經由T6熱處理後，其強度、硬度與延性及韌性均會優於鑄態的機械性質。對於10atm高壓持續6min、720 澆注溫度及0.6mm塗層厚度的A356鋁合金標準抗拉試棒，其鑄態與T6熱處理孔洞率之比較，鑄態的孔洞率為0.39%跟T6熱處理的0.36%差別不大，因這些T6熱處理的試棒並不是之前量測孔洞率的試棒，故孔洞率差異不大，機械性質也差異較小。對於採取 10 大氣壓高壓凝固模式進行A356鋁合金鑄件之EPC鑄造，高壓持續6分鐘、720 澆注溫度及0.3mm塗層厚度的鋁合金鑄件內部孔洞率甚少、鋁晶粒之大小分佈情形較佳，而且也無共晶組織堆積偏析現象產生。

關鍵詞：消失模鑄造法、A356鋁合金、高壓凝固、機械性能

## 目錄

封面內頁 簽名頁 中文摘要.....	iii	ABSTRACT.....	iv	誌謝.....	vii	目錄.....	viii
圖目錄.....	xi	表目錄.....	xxii	符號表.....	xxiii	第一章 前言.....	1
第二章 文獻探討.....	3	2.1 A356鋁合金.....	3	2.2 消失模型鑄造法.....	3	2.3 模型製作.....	6
2.3.1 聚苯乙烯發泡步驟.....	6	2.3.2 模型密度.....	8	2.4 模型塗層.....	8	2.4.1 塗層性能.....	8
2.4.2 塗層材料.....	9	2.4.3 塗層透氣性.....	9	2.4.4 塗層塗覆方法.....	10	2.4.5 塗層乾燥方法.....	11
2.5 振砂造模.....	11	2.6 澆鑄.....	12	2.7 A356鋁合金析出硬化熱處理.....	13	2.7.1 固溶處理.....	13
2.7.2 淬火處理.....	14	2.7.3 時效處理.....	14	2.8 高壓凝固.....	15	第三章 實驗方法及步驟.....	26
3.1 實驗模型與製作.....	26	3.2 塗層.....	27	3.3 振砂造模.....	28	3.4 鋁合金熔煉處理與澆注.....	28
3.4.1 鋁合金熔煉.....	28	3.4.2 除氣處理與減壓測試.....	28	3.5 高壓凝固鑄造.....	29	3.6 人工時效熱處理.....	30
3.7 鑄件孔洞率與量測.....	31	3.7.1 鑄件孔洞率量測.....	31	3.7.2 鑄件機械性質量測.....	31	3.8 金相顯微組織觀察.....	33
第四章 結果與討論.....	47	4.1 10大氣壓對鑄件機械性質之影響.....	47	4.2 澆注溫度對機械性質之影響.....	48	4.3 塗層厚度對機械性質之影響.....	48
4.4 高壓持續時間對鑄件機械性質之影響.....	49	4.5 製程參數對鑄件機械性質之影響.....	50	4.6 製程參數對鑄件硬度之影響.....	50	4.7 製程參數對鑄件孔洞率之影響.....	52
4.8 OM金相顯微組織觀察.....	53	4.9 SEM+EDS金相顯微組織觀察.....	55	第五章 結論.....	100	參考文獻.....	102

## 參考文獻

- [1] J. R. Davis, "Aluminum and Aluminum Alloys," ASM Specialty Handbook, Ohio, ASM, 1994.
- [2] J. E. Gruzleski and B. M. Closset, "The Treatment of Liquid Aluminum-Silicon Alloys," AFS, pp. 25-228, 1980.
- [3] H. F. Shroyer, "Cavityless Casting Mold and Method of Making Same," U.S. Patent No. 2,830,343, April 15, 1958 [4] T.R. Smith, "Method of Casting," U.S. Patent No. 3,157,924, November 24, 1964 [5] 邱曜嘉, "消失模型A356鋁合金剎車泵外殼之研製", 國立臺灣大學機械工程學研究所, 民國88年 [6] 潘國桐, "消失模型鑄造法-未來鑄造廠新方向", 鑄工月刊, pp. 58-69, 民國73年 [7] 李文興, "消失模型鑄造法之介紹", 鑄工月刊, pp.32-35, 1933 [8] S. Weiner and C. Piercchi, "Dimensional Behavior of Polystyrene Foam Shapes", AFS Trans., vol. 93, pp.155-162, 1985 [9] R. W. Monroe, "Expandable Pattern Casting," AFS Trans, vol. 101, pp. 11-70, 1993 [10] R. Lmmel, "Expandable Polystyrene and Its Processing into Patterns for the Evaporative Casting Process," AFS Trans, vol. 87, pp. 545-550, 1979 [11] R. Harsley, "Tooling Requirements for the Evaporative Pattern Casting Process", AFS Trans., vol. 96, pp.787-792, 1988 [12] C. Wang,

C.W. Ramsay and D.R. Askeland, " Processing Variable Significance on Filling Thin Plates in the LFC Process-The Staggered, Nested Factorial Experiment " ,AFS Trams, VOI. 102, pp. 921-930,1994 [13] L. Bichler, A. Elsayed, K. Lee, C. Ravindran, " Determination of Optimal Vacuum Condition for Defect-Free Casting of AZ91 and A356 Alloys via the LFC Process " , AFS Transactions, vol. 117, pp. 733-745, 2007 [14] 施登士, 張安欣, " 消失模型鑄造法塗層透氣性之研究 " , 中華民國鑄造學會論文發表會, 1997 Dec [15] 呂仲欽, " 製程參數對消失性模行鑄造法生產石墨鑄鐵之影響 " , 國立台灣大學機械工程研究所碩士論文, 1990 [16] 肖柯則, " 鑄型塗料 " , 機械工業出版社, pp. 187-188, 1958 [17] C. Wang, C.W. Ramsay and D.R. Askeland, " Processing Variable Significance on Filling Thin Plates in the LFC Process -The Staggered, Nested Factorial Experiment " ,AFS Trams, vol. 102, pp. 921-930, 1994 [18] Y. sun and H .L . TSai , " Investigation of wetting and Properties of Refractory Coating in the EPC Process", AFS Trans., Vol. 100,pp.417-422, 1987 [19] 潘國桐, " 消失模型鑄造模型法-未來鑄造廠的新方向 " , 鑄工月刊, pp. 24-25, 民國77年 [20] 林良清, " 近代造模法 " , 中華民國鑄造會, pp. 160-131, 民國79年 [21] D. M.Ayilor, D. Taylor, ASM Handbook, vol. 2, pp. 101-772, 1986.

[22] J. Rowe and W. E. Sicha, AFS Transaction, vol. 54, pp. 424-435, 1946.

[23] 譚安宏、李勝隆、鄭榮瑞、林於隆, " Al-Si-Mg鑄造合金之熱處理 " , 鑄工季刊第86期, pp. 68-74, 民國84年 [24] 陳武宏編譯, " 鑄鋁技術 " , 全華科技圖書公司, 民國79年7月 [25] 李勝隆, " 鋁合金熱處理技術 " , 鑄造鋁合金工業技術講習會講義, 國立中央大學機械研究所, 民國85年 [26] D. Apelian, S. Shivkumar and G. Sigworth, " Foundmental aspects of heat treatment of cast Al-Si-Mg alloys, " AFS Trans, pp. 727-742, 1989.

[27] 林玄良, " 田口方法於A390鋁合金最佳化製程之應用 " , 國立台灣師範大學工業教育研究所碩士論文, 民國87年 [28] P. P. Chintalapati, J.A. Griffin, R.D. Griffin, " Improved Mechanical Properties of Lost Foam Cast A356 and A319 Aluminum Solidified under Pressure " , AFS Transactions, vol. 117, pp. 881-897, 2007 [29] K. S. S. Murthy, E. O. Edwards, " Effect of Pressure Applied During Solidification onthe Soundness of A1-7% Si-03% Mg (SG7O-British Equivalent, BS 1490 ; LM 25)Alloy Sand Castings " , The British Foundryman, vol. 68, pp 294-304,1975 [30] J. M. Boileau, J. W. Zindel, J. E. Allison , " The Effect of Solidification Time on the Mechanical Properties in a Cast A356-T6 Aluminum Alloy " , SAE Special Publications, vol. 1251, pp 61-72,1997 [31] K. Radhakrishna, S. Seshan, M. R. Seshadri, " Effect of Porosity on Mechanical Properties of Aluminum Alloy Castings " , Transactions of the Indian Institute of Metals, vol. 34, No. 2, pp. 169-171,1981