

Determination of Compression Parameters of Grain Refinement of Aluminum Alloy via Taguchi Method

鄭哲綸、李義剛、余豐榮

E-mail: 343850@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

Aluminum alloy is widely used in the electronic 3C industries, livelihood industry, and bicycle frame fabricators because of mechanical properties such as lightweight, high strength, good processing, and good formability. However, material coarsening will occur at high temperatures during the forming of aluminum alloy that result in negative effects on the mechanical properties of the alloy. This study applied the Taguchi Method to discuss the impact of compression experiments of two aluminum alloys A6061 and A6082 on grain refinement to find out the optimal combination of compression manufacturing parameters, while considering deformation temperature, strain rate, and deformation capacity as control factors. The SN ratio and variance analysis suggested that deformation strain rate was the most sensitive factor affecting grain refinement. The optimal combination of compression process parameters can be obtained by comparing the experimental results with the response values. The research findings suggested that in both cases for the two aluminum alloys. Based on the optimal combination of compression process parameters and microstructure observation; A6082 was apparently better than A6061 in terms of refinement. Within the parameter design scope proposed in this study, the design with the lower temperature, higher strain rate, and greater deformation produced grains that are more refined, and was consistent with the quality attributes of grain refinement to effectively improve quality.

Keywords : grain refinement、compression、aluminum alloy、Taguchi Method

Table of Contents

封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	iv	英文摘要.....	v
誌謝.....	v	目錄.....	vi	圖目錄.....	vii
表目錄.....	xi	第一章 緒論.....	xiii	1.1 研究背景與動機.....	1
1.1.2 研究目的.....	1	1.3 研究方法.....	1	1.4 研究架構與流程.....	2
1.5 研究範圍及限制.....	4	第二章 文獻探討.....	5	2.1 鋁合金概述.....	5
2.2 鋁合金的晶粒細化.....	8	2.3 影響晶粒細化的因素.....	9	2.3.1 變形溫度的影響.....	9
2.3.2 應變速率與變形量的影響.....	11	2.4 塑性變形(plastic deformation).....	13	2.4.1 差排之概念.....	14
2.4.2 晶界(grain boundary).....	15	2.5 壓縮試驗.....	16	2.6 退火處理(annealing).....	17
2.6.1 回復(recovery).....	19	2.6.2 再結晶與晶粒成長.....	21	2.6.3 再結晶的形核機制.....	21
2.7 應力應變曲線.....	22	2.7.1 真實應力(true stress).....	23	2.7.2 真實應變(true strain).....	24
2.8 晶粒尺寸算法.....	25	2.8.1 截距法(Interception Method).....	26	2.8.2 組成方程式(constitutive equation).....	27
2.8.3 晶粒直徑.....	29	2.9 田口品質工程於材料相關文獻.....	30	第三章 田口品質工程.....	31
3.1 田口方法.....	31	3.2 直交表的選擇與配置.....	33	3.3 資料分析.....	35
3.3.1 信號雜音比.....	35	3.3.2 回應表與回應圖.....	38	3.3.3 變異數分析(Analysis of Variance, ANOVA).....	39
3.4 驗證實驗.....	41	第四章 實驗方法與步驟.....	43	4.1 實驗流程.....	43
4.2 實驗方法.....	45	4.2.1 問題描述.....	45	4.2.2 控制因子與水準選取.....	45
4.3 實驗材料.....	46	4.4 實驗儀器.....	47	4.4.1 Gleeble合金材料試驗機.....	47
4.4.2 熱處理爐.....	50	4.4.3 鑽石切割機.....	51	4.4.4 鑲埋機.....	51
4.4.5 拋光機.....	52	4.4.6 光學顯微鏡(optical microscope).....	53	4.5 金相觀察.....	53
第五章 實驗分析與結果.....	55	5.1 問題描述.....	55	5.2 實驗設計.....	55
5.2.1 因子選擇及水準設定.....	55	5.2.2 直交表的選擇與配置.....	56	5.3 A6061鋁合金實驗分析.....	58
5.3.1 A6061鋁合金SN比.....	58	5.3.2 A6061鋁合金變異數分析.....	61	5.3.3 A6061鋁合金確認實驗.....	64
5.4 A6082鋁合金實驗分析.....	66	5.4.1 A6082鋁合金SN比.....	66		

5.4.2 A6082鋁合金變異數分析.....	69	5.4.3 A6082鋁合金確認實驗.....	72	5.5 A6061、A6082鋁合金相比較.....	75
5.5.1 460 下之金相觀察.....	75	5.5.2 500 下之金相觀察.....	77	5.5.3 540 下之金相觀察.....	79
5.5.4 A6061、A6082鋁合金最佳參數組合之金相.....	81	第六章 結論與未來研究方向.....	82	參考文獻.....	83

REFERENCES

- 中文部分: 1.王正裕, 噴覆成型與鑄造低矽鋁合金微結構與熱壓機械性質成形性質之研究, 成功大學材料科學與工程研究所碩士論文, 2002。 2.王泳煌, 田口方法於超塑成型製程應用之研究 - 以A公司為例, 東海大學管理在職專班研究所碩士論文, 2010。 3.付欣, 7050鋁合金高溫變形行為實驗研究, 中南大學機械設計及理論研究所論文, 2008。 4.田口玄一, 田口式品質工程, 中華民國品質管制學會, 1996。 5.辛昱霖, 以田口方法研究煤炭及焦炭 - 瀝青燒結之最佳條件, 大同大學材料工程研究所碩士論文, 2010。 6.余煥騰、陳適範, 金屬塑性加工學, 全華科技圖書有限公司, 台北市, 2003。 7.余豐榮、莊銘國和施啟順, 以田口方法提升鑄件品質之研究, 鑄造工程學刊, 33(4), 17 - 24(2007)。 8.李雪松、陳軍和張鴻冰, 6082鋁合金熱變形的本構模型, 中國有色金屬學報, 18(10), 1769 - 1774(2008)。 9.李榮顯、王水鐸和朱凌毅, 以田口實驗設計法進行多次冷打頭模具設計最佳化之研究, 鍛造期刊, 14(4), 54 - 59(2005)。 10.吳復強, 田口品質工程, 全威圖書, 2002。 11.吳勝煌, 結合田口方法與PCA技術於塑膠射出成型製程最佳化之研究, 大葉大學工業工程與科技管理研究所碩士論文, 2007。 12.施建志, 摩擦攪拌AZ31鎂合金之微觀組織及機械性質之溫度效應探討, 成功大學材料科學及工程研究所碩士論文, 2005。 黃振賢, 金屬熱處理, 文京圖書, 台北市, 1991。 13.施又敏, 真空熱處理製程參數最佳化之研究, 逢甲大學工業工程與系統管理學研究所碩士論文, 2007。 14.莊惟智, 鋁合金5083-O材及摩擦攪拌5083-FSP材之室溫至 450 拉伸性質探討, 成功大學材料科學與工程研究所碩士論文, 2008。 15.孫秋冬、顏文英、邱勇平和高順富, 鋼金相圖中晶粒度的估算方法, 上海第二工業大學電子電氣工程學報, 23(1), 21 - 25(2006)。 16.陳憲雄, 鋁合金資料集, 啟學出版社, 台北市, 1981。 17.陳興華, 高強度鋁合金晶粒細化與成型特性研究, 中央大學機械工程研究所博士論文, 2007。 18.陳威廷, 沃斯田鐵系不銹鋼高溫變形阻抗之研究, 台灣科技大學機械工程研究所碩士論文, 2006。 19.陳銘祥, 鋁鈦合金之撞擊變形與差排結構特徵分析, 成功大學機械工程研究所碩士論文, 2007。 20.陸仁凱, 7XXX含鈦鋁合金的顯微結構與機械性質之分析, 中央大學機械工程研究所碩士論文, 2005。 21.黃國聰, 鋁-鎂合金拉伸與振動破壞特性之摩擦攪拌效應研究, 成功大學材料科學及工程研究所碩士論文, 2008。 22.黃振賢, 金屬熱處理, 文京圖書, 台北市, 1991。 23.鍾昆原, 7005擠製鋁合金的拉伸與疲勞性質研究, 中央大學機械工程研究所碩士論文, 2002。 24.鍾清章, 田口式品質工程導論, 中華民國品質管制學會, 1991。 25.蔡孟珊, 6061鋁合金經等徑轉角擠形之機械性質, 中山大學材料科學研究所碩士論文, 2004。 26.蕭一清, 5083 鋁合金低溫超塑性研發與變形機構分析, 中山大學材料科學與工程研究所碩士論文, 2001。 27.蕭勝元, 金屬之加工軟化與退火硬化, 大同大學材料工程研究所碩士論文, 2006。 28.詹雙源, 鎂合金晶粒細化與鈹片成形之分析, 中央大學機械工程研究所碩士論文, 2001。 29.鄧玉華, MAR-M432超合金細晶鑄造後熱均壓及熱處理過程對顯微組織及機械性能影響之研究, 中原大學機械工程研究所碩士論文, 2004。 30.鄭軒州, 精微薄板精密剪切參數特性之研究, 成功大學機械工程研究所碩士論文, 2008。 31.蘇朝墩, 品質工程, 中華民國品質學會, 2002。 英文部分: 32.ASTM-E112, "Standard Test Methods for Determining Average Grain Size," 1 - 24(2000). 33.Davidson, M. J., B. Balasubramanian, and G.R.N. Tagore, "Experimental Investigation on Flow - Forming of AA6061 Alloy A Taguchi Approach," Journal of Materials Processing Technology, 283 - 287 (2008). 34.Filatov, Y. A., V. I. Yelagin, and V. V. Zakharov, "New Al-Mg-Sc Alloys," Materials Science and Engineering A, 280, 97 - 101 (2000). 35.Humphreys, F. J. and M. Hatherly "Recrystallization and Related Annealing Phenomena," 363 - 392(1996). 36.Jonas J., C. M. Sellars, W. J. Tegart, and M. C. G, "Strength and Structure under Hot Working Condition," International Metal Reviews, 14(130), 1 - 4(1969). 37.Leisk, G. and K. Saigal, "Taguchi Analysis of Heat Treatment Variables on the Mechanical Behavior of Alumina/Aluminum Metal Matrix Composites," Composites Engineering, 5, 129 - 142(1995). 38.Orowan, E., "Zur Kristallplastizitat," Zeitschrift fur Physik, 89, 605 - 659(1934). 39.Ronald, W. A., "Hall-Petch Analysis of Yield, Flow and Fracturing," Materials Research Society, 362, 9 - 18(1995). 40.Rhodes, C. G., M.W. Mahoney, W. H. Bingel, and M. Calabrese, "Fine-grain Evolution in Friction Stir Processed 7075 Aluminum," Scripta Mater., 48, 1451 - 1455(2003). 41.Sellars C. M., "Modelling Microstructural Development During Hot Rolling," The Institute of Metals, 6, 1072 - 1081(1990). 42.Shi H., A. J. McLaren, C.M. Sellars, R. Shahani, and R. Bolingbroke, "Constitute Equations for High Temperature Flow Stress of Aluminum Alloys," Material Science and Engineering, 13, 210 - 216(1997). 43.Zener C. and J. H. Hollomon, "Effect of Strain Rate upon Plastic Flow of Steel," Journal of Applied Physics, 15, 22 - 31(1994).