

A Study of A6066-T6 Optimization Process via Grey-Taguchi Method

何孟澤、余豐榮、李義剛

E-mail: 343846@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

Aluminum alloy is widely used in many products because of its high strength, lightweight, good formability, and other excellent properties. When using aluminum alloy in lightweight structures, mechanical properties such as hardness, strength, and elongation are considered. However, mechanical properties are subject to the impact of a variety of controllable factors including heat treatment, which leads to quality instability. This study applied A6066 aluminum alloy for age hardening with solution temperature, quenching temperature, artificial aging temperature, and artificial aging time using the T6 heat treatment for controlling these factors. This study adopted the Taguchi Method to design the experiments, and integrated with Grey Relational Analysis to discuss problems associated with multiple quality characteristics, in order to determine the overall optimal combination of manufacturing process parameters. This study was validated by actual experiments, and the expected results improved the mechanical properties of aluminum alloy. Research findings suggested that the optimal combination of manufacturing process parameters is solution temperature at 530 °C, quenching at room temperature, artificial aging temperature at 190 °C, and artificial aging time at 4 hours. The ANOVA (analysis of variance) indicated that the artificial aging temperature was the most important factor affecting the multiple quality characteristics. Finally, the comparison of the experimental results with the data of the experimental group of highest Grey Relational Grade indicated that the alloy hardness improved by 3.38 %, the tensile strength in the vertical direction (T) improved by 8.79 %, and the tensile strength in the parallel direction (L) improved by 10.73 %.

Keywords : Taguchi Method、Grey Relational Analysis、ANOVA、A6066、T6

Table of Contents

封面內頁 簽名頁 博碩士論文暨電子檔上網授權書.....	iii	中文摘要.....	iv
ABSTRACT.....	v	誌謝.....	vi
目錄.....	x	表目錄.....	xi
第一章 緒論.....	1	1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	2	1.3 研究方法與流程.....	2
1.4 研究範圍與限制.....	3	1.5 本文架構.....	4
第二章 文獻探討.....	5	2.1 鋁合金介紹.....	5
2.1.1 鋁合金分類.....	6	2.1.2 鍛造用鋁合金.....	6
2.1.3 A6066鋁合金.....	8	2.2 鋁合金之熱處理.....	9
2.2.1 熱處理之種類.....	9	2.2.2 时效硬化熱處理.....	10
2.3 鋁合金材料性質檢測.....	13	2.3.1 硬度試驗.....	13
2.3.2 拉伸試驗.....	14	2.3.3 金相觀察.....	16
2.4 田口方法介紹與應用.....	17	2.5 多重品質特性分析方法.....	20
2.6 灰關聯分析方法與應用.....	21	第三章 研究方法.....	23
3.1 實驗規劃.....	24	3.1.1 選擇品質特性.....	24
3.1.2 決定控制因子.....	25	3.1.3 直交表規劃實驗.....	26
3.2 實驗及數據整理.....	27	3.3 實驗結果分析.....	27
3.3.1 信號雜音比.....	28	3.3.2 回應表與回應圖.....	28
3.3.3 變異數分析.....	29	3.4 灰關聯分析.....	30
3.4.1 灰關聯分析步驟.....	31	3.4.2 分析方法與定義.....	31
3.4.3 實驗方法與步驟.....	35	4.1 決定品質特性.....	35
4.2 實驗設計.....	35	4.3 實驗材料.....	36
4.4 實驗方法.....	38	4.5 實驗設備.....	39
4.6 實驗步驟與流程.....	41	第五章 實驗結果與分析.....	42
5.1 硬度特性最佳化.....	42	5.2 T方向抗拉強度特性最佳化.....	44
5.3 T方向伸長率特性最佳化.....	46	5.4 L方向抗拉強度特性最佳化.....	48
5.5 L方向伸長率特性最佳化.....	50	5.6 灰關聯分析法於多重品質特性最佳化.....	52
5.7 驗證實驗.....	55	5.7.1 灰關聯度最高之實驗組改善率.....	56
5.7.2 灰關聯度最低之實驗組改善率.....	56	5.7.3 實驗數據之平均值改善率.....	57
5.8 拉伸試驗金相觀察.....	58	第六章 結論與未來研究方向.....	60
6.1 結論.....	60	6.2 未來研究方向.....	61
6.2 未來研究方向.....	61	參考文獻.....	62

REFERENCES

中文部份: 1.王則眾、林大維, 整合田口式實驗計畫法與灰關聯分析於快速原型製程最優化研究, 科技管理學刊, 第十卷, 第四期, 頁111-138, 2005。 2.王宗富, 多重品質特性製程參數最佳化研究-以高分子有機電激發光顯示器為例, 國立台灣科技大學工業管理研究所碩士論文, 2001。 3.李九龍、葛明德、王多美、詹仕源和李仁智, 電鑄條件對鎳鎢合金性質的影響, 材料科學與工程, 第三十六卷, 第一期, 頁48-52, 2004。 4.李金山、吳炳南、陳石法、張添財和蔡希杰, 機械材料, 高立圖書有限公司, 2003。 5.呂淮熏, 高速銑削SKD61模具鋼用端銑刀製程參數最佳化設計, 技術學刊, 第二十五卷, 第二期, 頁99-106, 2010。 6.吳昇達, 混合物最佳配方之研究: 以舒腦膠囊為例, 南台科技大學工業管理研究所碩士論文, 2007。 7.邱鴻春, 均質化處理對自行車用6061鋁合金擠製成形性之影響研究, 國立中央大學機械工程研究所碩士論文, 2006。 8.林樹均、葉均蔚、劉增豐和李勝隆, 材料工程實驗與原理, 全華圖書股份有限公司, 2004。 9.金重勳, 熱處理, 復文書局, 1999。 10.周俊宏, 金屬二次加工Technology Roadmap專題研究-沖壓、鍛造, 經濟部技術處產業技術知識服務計畫, 2004。 11.韋孟育, 材料實驗方法-金相分析技術, 全華科技圖書股份有限公司, 1990。 12.陳明佑, 利用模糊目標規劃法求解田口式多品質特性最佳化問題, 國立成功大學工業管理研究所碩士論文, 2002。 13.陳長有、許振聲和陳伯宜, 機械工程實驗(一)-材料實驗, 全華科技圖書股份有限公司, 1997。 14.陳和賢、王志源和黃卓治, 灰色田口法在食品加工之應用-以飛魚乾燥為例, 台灣農業化學與食品科學, 第四十二卷, 第三期, 頁207-214, 2004。 15.啟學出版社編輯部, 鋁合金資料集, 啟學出版社, 1981。 16.曹中丞, 灰關聯田口法運用於階梯鑽削碳纖維複合材料之最佳化研究, 先進工程學刊, 第三卷, 第三期, 頁199-203, 2008。 17.張福平、江可達, 使用灰關聯分析線切割加工多項功能之最佳化分析, 修平學報, 第十三期, 頁181-198, 2006。 18.黃振賢, 機械材料, 文京圖書有限公司, 1998。 19.黃振賢, 金屬熱處理, 文京圖書有限公司, 2000。 20.黃乾怡、應國卿和蔡欣倫, 無鉛環保鍍料鋼板印刷製程參數優化, 技術學刊, 第二十一卷, 第三期, 頁227-236, 2006。 21.楊茲順, ECAE改變初晶相之形貌對Al-7Si-0.35Mg合金微結構及機械性質之影響, 國立中央大學機械工程研究所碩士論文, 2005。 22.溫坤禮、張廷政、黃宜豐、游美利、張偉哲和賴家瑞, 灰關聯模型方法與應用, 高立圖書有限公司, 2003。 23.鄧聚龍, 灰色系統理論與應用, 高立圖書有限公司, 2003。 24.劉偉均, 材料實驗, 華泰文化事業有限公司, 1997。 25.劉文海, 鋁合金潛力產品與前景分析, 經濟部技術處產業技術知識服務計畫, 2004。 26.機械工程手冊編輯委員會, 機械工程手冊3-金屬材料, 五南圖書出版股份有限公司, 2002。 27.蕭惟隆、林忠民, 以田口方法探討放電加工鍍層於表面改質之研究, 高雄師大學報, 第二十七期, 頁17-34, 2009。 28.戴國政、李明賢、林暉斌和莊其峰, 利用田口方法提高SUS304不銹鋼線材之產量, 技術學刊, 第二十卷, 第四期, 頁333-338, 2005。 29.蘇朝墩, 品質工程, 中華民國品質工程學會, 2002。 30.蘇朝墩, 專訪世界品質大師田口玄一博士, 品質月刊, 第四十卷, 第三期, 頁30-32, 2004。 31.蘇琨祥、李立翔和郭見隆, 海流發電系統之輸入功率田口方法分析及儲能轉換器設, 工程科技與教育期刊, 第六卷, 第四期, 頁431-446, 2009。 英文部分: 32.ASTM E8M, "Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials", Annual Book of ASTM Standards, Vol. 01.02, 2004。 33.Courtney, T. H., "Mechanical Behavior of Materials", Second Edition, McGraw-Hill Higher Education, 2000。 34.Chandler, H., "Heat Treater's Guide: Practices and Procedures for Nonferrous Alloys", Asm Intl, 1996。 35.Cheng, C. C., M. S. Young, C.L. Chuang, and C. C. Chang, "Fabrication Optimisation of Carbon Fiber Electrode with Taguchi Method", Biosensors and Bioelectronics, Vol. 18, No. 7, pp. 847-855, 2003。 36.Cheng, N.P., S.M. Zeng, and Z.Y. Liu, "Preparation, Microstructures and Deformation Behavior of SiCP/6066Al Composites Produced by PM Route", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 202, No. 1-3, pp. 27-40, 2008。 37.Deng, J., "Introduction to Grey System Theory", The Journal of Grey System, Vol. 1, No. 1, pp. 1-24, 1989。 38.Davidson, M. J. and K. Balasubramanian, G. R. N. Tagore, "Experimental Investigation on Flow-forming of AA6061 Alloy-A Taguchi Approach", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 200, No. 1-3, pp. 283-287, 2008。 39.Kopac, J. and P. Krajnik, "Robust Design of Flank Milling Parameters based on Grey-Taguchi Method", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 191, No. 1-3, pp. 400-403, 2007。 40.Lin, J. L. and C. L. Lin, "The Use of The Orthogonal Array with Grey Relational Analysis to Optimize the Electrical Discharge Machining Process with Multiple Performance Characteristics", International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 42, No. 2, pp. 237-244, 2002。 41.Lee, S. H., "Optimisation of Cutting Parameters for Burr Minimization in Face-milling Operations", International Journal of Production Research, Vol. 41, No. 3, pp. 497-511, 2003。 42.Mathew, M. and P.K. Rajendrakumar, "Optimization of Process Parameters of Boro-carburized Low Carbon Steel for Tensile Strength by Taguchi Method with Grey Relational Analysis", Materials and Design, Vol. 32, No. 6, pp. 3637-3644, 2011。 43.Pan, L. k., C. C. Wang, S.L. Wei, and H. F. Sher, "Optimizing Multiple Quality Characteristics via Taguchi Method-based Grey Analysis", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 182, No. 1-3, pp. 107-116, 2007。 44.Ringer, S. P., K. Hono, T. Sakurai, and I. J. Polmear, "Cluster Hardening in an Aged Al-Cu-Mg Alloy", Scripta Materialia, Vol. 36, No. 5, pp. 517-521, 1997。