

# 切削加工對A390鋁基復合材料品質之影響

黃旭瑩、胡瑞峰

E-mail: 9314498@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本研究係利用田口氏方法探討切削加工等條件對A390 鋁基 碳化矽顆粒複合材料品質之影響。實驗是以A390.1 鋁合金 ( Al-17Si-4.5Cu-0.6Mg ) 為基材, 添加325 mesh 之碳化矽顆粒而 形成之複合材料, 再施以T6 析出硬化熱處理, 以探討熱處理與 鑄態之切削品質差異, 所探討的切削條件, 例如刀具材料、切削 深度、進給速度和切削速度等是以田口氏L9 直交表來設計, 以 瞭解其對此類材料的切削力、刀具磨耗和表面粗糙度之影響。此外, 為了使這種材料能更廣泛的應用, 且較能符合一般工 業界之切削成本, 故本實驗探討成本較多晶鑽石刀具(PCD)低廉 之刀具, 例如TiC 刀和CBN 刀等, 進行對此材料的切削性研究。而藉由深入觀察切削區域內的顯微結構、碳化矽顆粒與基地之結 合情形以及各種反應化合物等, 研判A390 鋁基碳化矽顆粒複合 材料之切削機構。研究結果顯示, A390/SiCp 複合材料經T6 析出硬化熱處理 後, 其抗拉強度及硬度均較鑄態時佳。對於切削比硬脆材料更複雜之切削機構的A390/SiCp 複合材料, 發現減少切削深度可降低 切削力, 而其他切削參數對其之影響程度則不大。另外, 此材料 在經過析出硬化熱處理後, 可得較佳的切削面粗糙度。而在 刀具的選擇上, 以WC 刀具切削雖可獲得較佳的加工表面, 但其刀具 磨耗量過大, 不符合經濟效益。但以CBN(多晶立方氮化硼)刀具 切削時, 可獲得較佳之表面粗糙度及較少的刀腹磨耗。此外, 在 切削過程中所產生的刀口積刃屑(BUE), 將有助於加工A390 鋁基

關鍵詞: A390 鋁基碳化矽顆粒複合材料, 切削加工, 表面粗糙度, 析出硬化熱處理, 田口氏方法, A390.1 鋁合金

## 目錄

簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	
..... v 英文摘要.....	vii	誌謝.....	
..... ix 目錄.....	x	圖目錄.....	
..... xv 表目錄.....	xix	符號說明.....	
..... xxi 第一章 前言.....	1	第二章 文獻探討.....	
..... 3 2.1 複合材料添加之基材與強化材.....	3	2.1.1 基材合金.....	
..... 3 2.1.2 強化材.....	4	2.2 金屬基複合材料的製造方法.....	
..... 4 2.3 添加強化材對複合材料機械性質的影響.....	5	2.3.1 SiCp在基地分布對機械性質之影響.....	5
2.3.2 SiCp大小對機械性質之影響.....	6	2.3.3 SiCp含量對機械性質之影響.....	6
2.3.4 鋁基複合材料之潤濕性.....	7	2.5 熱處理對鋁基複合材料機械性質之影響.....	8
..... 9 2.5.2 淬火.....	9	2.5.3 時效處理.....	9
..... 9 2.6 金屬基複合材料之切削性質.....	10	2.6.1 SiCp含量對切削性的影響.....	10
..... 10 2.6.2 SiCp大小對切削性的影響.....	11	2.6.3 介面反應物對切削性的影響.....	11
..... 11 2.6.4 切削速率、進給速度對切削性的影響.....	11	2.6.5 刀具對切削性之影響.....	12
..... 12 2.7 刀具材料及種類.....	13	2.7.1 高速鋼.....	13
..... 13 2.7.2 碳化物.....	14	2.7.3 碳化鎢.....	14
..... 14 2.7.4 陶瓷刀具.....	14	2.7.5 碳化鈦.....	14
..... 14 2.7.6 立方氮化硼.....	16	2.7.7 鑽石刀具.....	16
..... 16 2.8 切削理論.....	16	2.8.1 正交切削.....	16
..... 17 2.8.2 切削力.....	17	2.8.3 刀具損耗.....	18
2.8.4 刀具壽命.....	20	2.8.5 切屑機制.....	20
..... 20 2.8.6 刀口積屑瘤.....	21	2.8.7 加工表面之粗糙度.....	22
..... 22 第三章 實驗方法及步驟.....	31	3.1 實驗材料.....	31
..... 31 3.1.1 複合材料之基材.....	31	3.1.2 複合材料之強化材.....	31
..... 31 3.2 實驗規劃及步驟.....	32	3.2.1 備料.....	32
..... 32 3.2.2 強化材顆粒之預熱.....	32	3.2.3 熔煉.....	32
..... 32 3.2.4 烘烤攪拌器.....	32	3.2.5 強化材顆粒之添加與攪拌.....	33
..... 33 3.2.6 除氣減壓處理.....	33	3.2.7 金屬模之預熱.....	33
..... 34 3.2.8 澆注.....	34	3.2.9 熱處理.....	34
..... 34 3.3 材料性質試驗.....	34	3.3.1 拉伸試驗.....	34
..... 34 3.3.2 金相觀察.....	34		

及硬度試驗.....	35	3.4 切削實驗.....	35	3.4.1 車削實驗過程與設備.....	35
.....	36	3.4.2 田口法品質工程法.....	37	3.5 切削實驗數據之量測與觀察.....	37
.....	40	3.5.1 表面粗度之量測.....	40	3.5.2 工具顯微鏡之觀察.....	40
3.5.3 電子顯微鏡之觀察.....	41	第四章 結果與討論.....	52	4.1	52
機械性質測試.....	52	4.1.1 SiCp含量對抗拉強度之影響.....	52	4.1.2 SiCp含量	52
對伸長率之影響.....	52	4.1.3 SiCp含量對硬度之影響.....	53	4.1.4 拉伸破斷面之SEM觀察...	53
.....	53	4.2 最佳切削參數分析.....	54	4.2.1 信號雜訊比(S/N) .....	54
.....	54	4.2.2 變異數分析.....	57	4.2.3 最佳值預估與實驗驗證.....	60
4.3 切	60	4.3.1 切削參數對切削力之影響.....	60	4.3.2 切削參數對	60
於加工面粗糙度之影響.....	62	4.3.3 切削參數對於刀腹磨耗之影響.....	63	4.4 鋁基複合材料之顯微組織觀察	64
.....	64	4.5 切削力分析.....	65	4.6 表面粗糙度分析.....	65
.....	67	4.7 刀腹磨耗分析.....	69	4.8 SEM觀察分析.....	69
.....	70	4.8.1 切削加工面之SEM觀察.....	70	4.8.2 切屑之SEM觀察.....	71
.....	70	4.8.2 切屑之SEM觀察.....	71	第五章 結	71
論.....	129	參考文獻.....	131		

## 參考文獻

- [1] 楊榮顯, 工程材料學, 全華科技圖書股份有限公司, pp.469-478 [2] Pradeep Rohatgi, "Cost Metal Matix Composites:Past Present -and Future", AFS Transaction, Vol.133, 2001, pp.633-656 [3] Pradeep Rohatgi, "Foundry Processing of Metal Matrix -Composites", Modern Casting, 1988, pp.47-50 [4] D. Huda, M. A. El Baradie and M. S. J. Hashmi, "Metal-Matrix -Composites:Materials Aspects. Part ", Journal of Materials -Processing Technology, 1993, pp.529-541 [5] F. M. Yarandi, P. K. Rohatgi and S. Ray, "Casting Fluidity of -Aluminum A356-SiC Cast Particulate Composite", AFS -Transaction, Vol.100, 1992, pp.575-582 [6] P. Meyer, P. Hottebart, P. Malletroit, D. Massinon and F. Plumail, "-MMC Developments at Montupet : An Overview", AFS -Transaction, Vol.102, 1994, pp.653-664 [7] E. F. Crawley and M. C. Van, J. Compos. Mater., 21, 1987, p 553 [8] D. Huda, M. A. El Baradie and M. S. J. Hashmi, "Metal-matrix -Composites:Manufacturing Aspects. Part I", Journal of Materials -Processing Technology, 1993, pp.513-528 [9] ASM Metals Handbook, Vol.15, 9th ed., 1983, pp.840-854 [10] A. M. Samuel, H. Lin and H. Samuel, "Composites Science and -Technology", Vol.49, 1993, pp.1-12 [11] G. A. Irons and K. O. Boahen, Metallurgical Transactions B, -Vol.286, 1995, pp.32-42 [12] C. W. Brown and W. S. Miller, Materials and Processing-Move -Into The 90's, edited by S. Benson, T. Cook, E. Trevin and M. -Turner. Elsevier Publishers, 1989, p 321 [13] V. V. Bhanuprasad, R. B. V. Bhat, A. K. Kuruvilla, K. S. Prasad, -A. B. Pandey and Y. R. Mahajan, American Powder Metallurgy -Institute, Vol.27, 1991, pp.227-235 [14] M. Yarandi, P. K. Rohatgi and S. Ray, AFS Transaction, Vol. 153,1992, pp.575-581 [15] M. G. Nicholas, Mater. Sci. Forum, Vol.29, 1988, pp.127-150 [16] E. Orowan, Nature, Vol.149, 1942, p 643 [17] C. Y. Lin, H. B. Mchane and R. D. Rawlings, Materials Science -and Technology, Vol.10, 1994, pp.659-664 [18] M. Vedani, E. Gariboldi, G. Silva and C.D. Gregorio, Material -Science and Technology, Vol.10, February, 1994, pp.132-140 [19] M. K. Surappa and P. K. Rohatgi, "Preparation and Properties of -Cast Aluminum-Ceramic Particle Composites", Journal of -Materials Science, Vol.16, 1981, p 983 [20] A. W. Neumann, J. Szekely, E. J. Rabenda and Jr., J. Ollloid: -Interface Sci., 43, 1993, p 727 [21] A. Mortensen: Materials Science and Engineering, Vol.135.1991, pp.1-11 [22] D. M. Aylor and D. Taylor, ASM, Vol.2, 1986, pp.171-172 [23] J. Rowe and W. E. Sicha, AFS Transaction, Vol.54, 1946,pp.424-435 [24] 許益得, "A390 鋁基複合材料鑄件機械性質及腐蝕磨耗行為之 研究", 國立台灣師範大學工業教育研究所碩士論文, 民國87年 [25] 鋁合金材料選用及熱處理技術, 經濟部工業局八十七年度工業 技術人才培訓計畫講義金屬工業研究發展中心, 民國86年 [26] 譚安宏、李勝隆、鄭榮瑞、林於隆, 鑄工季刊第86期, 民國84年, pp.68-74 [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] 王則眾, 機械技術, 民國84年, pp.981-989 [29] S. Gowri and F.H. Samuel, Metallurgical Transaction A, Vol.23,1992, pp.3369-3376 [30] D.J. Lloyd, Composites Science and Technology, Vol.35, 1989,pp.159-179 [31] J. T. Lin, D. Bhattacharyy and C. Lane, Wear, 1995, p 889 [32] N. Tomac, K. Tonnessen, "Machinability of Particulate Aluminum -Matrix Composite", SINTEF Production Engineering, Trondheim -Norway-Submitted by F. O. Rasch, 1992 [33] O. Quigley, J. Monaghan, P. O'Reilly, "Factors affecting the -machinability of an Al/SiC metal-matrix composites", Journal of -Materials Processing Technology, Vol.43, 1994, pp.21-36 [34] Kalpakjian, Manufacturing Engineering and Technology, Third -Edition, pp.589-715 [35] E. Dow Whitney, Ceramic Cutting Tools, University of Florida, -Gainesville, Florida, 1994 [36] Milton C. Shaw, Metal Cutting Principles [37] 張煜明, "車削瞬時切削力特性之研究", 國立清華大學動力機 -械工程研究所碩士論文, 民國86年 [38] 蔡居通, "面銑削瞬時切削力係數之研究", 國立清華大學動力 -機械工程研究所碩士學位論文, 民國86年 [39] 劉偉鈞, 切削加工學, 東華書局 [40] 趙崇禮, "超精密佳加工技術研製", 軍民通用電子光電關鍵技 -術發展計劃期末報告, 1996 [41] 賴耿陽, 精密加工新技術全集, 復漢出版社, 1993 [42] 王則眾, "SiC粒子強化型鋁基複合材料之被削性研究", 國立 中央大學機械工程研究所碩士論文, 民國81年 [43] P. K. Rohatgi, R. Q. Guo and T. F. Stephenson, "Casting -Characteristics of Hybrid (Al/SiC/Gr.) Composites", AFS -Transaction, Vol.106, 1998, pp.191-197 [44] S. Suresh, T. Christman and Y. Sugimura, Scr. Metal., Vol.23,1989, pp.1599-1602 [45] M. Vogesang, R. J. Arsenault and R. M. Fisher, Metal. Trans. A, -Vol.17A, Mar, 1986, pp.379-398 [46] G. A. Chadwick and P. J. Heath, "Machining Metal Matrix -Composites ", Metals and Materials, February 1990, pp.73-76 [47] 徐榮田, "時效處理對粒子強化鋁基複合材料切削性質影響之 研究", 國立中正理工學院兵器系統工程研究所碩士論文, 民國88年 [48]

洪永文, "鋁基/碳化矽顆粒型複合材料的機械性質、流動性暨切削性之研究", 淡江大學機械工程學系碩士班碩士論文, 民國86年 [49] 莊育憲, "高溫切削顆粒型鋁基複合材料之研究", 淡江大學機械工程學系碩士班碩士論文, 民國90年 [50] 曹中丞, "以田口方法探討切削參數的銑削最佳化設計", -Journal of Technology, Vol.17, No.4, 2002, pp.551-557 [51] 沈聲裕, "石墨/A390 鋁基複合材料鑄件機械性質及耐磨耗性之研究", 國立臺灣師範大學工業教育研究所碩士論文, 民國88年 [52] 徐明堅, 最新切削加工技術, 復漢出版社 [53] 蔡俊彥, "砂模鑄造鋁基碳化矽複合材料流動性之探討", 大葉大學機械工程研究所碩士論文, 民國90年 [54] ASM Metals Handbook, Vol.16, 9th ed., 1989, p 37 [55] 張立人, "石墨與碳化矽混合強化型鋁基複合材料流動性之研究", 大葉大學機械工程研究所碩士論文, 民國92年 [56] 黎正中, 穩健設計之品質工程, 台北圖書有限公司, 1993, pp.15-140