

脈衝電流對6Al-4V鈦合金鐸道結構及機械性質影響性之研究

陳家暘、廖芳俊

E-mail: 9222183@mail.dyu.edu.tw

摘要

由於科技的推展，消費者對產品的需求不再僅是功能取向，尚須兼具外觀質感、輕巧可攜帶、耐久性等特性，因此促成輕金屬材料成為新一代用材的主流。鈦之比重在輕金屬材料(鎂、鋁、鈦)中算是較重的(約4.50 g/cm³)，但因其具有熔點高、高比強度及比剛性、優異耐蝕性、高疲勞強度、高破壞韌性及人體親和性等優越特性，且各個性質的表現皆相當平均，因此具備了相當的競爭優勢。由於需求的增加及生產技術持續的提升，使得早期對鈦之提煉與製造技術方面的問題已逐漸被克服，相信未來鈦及鈦合金的運用與發展將是無限寬廣。而一種材料被普及使用之初，其加工製程技術的提升將佔有相當關鍵的地位，其中接合技術更是一個重要的角色。目前國內對鈦合金接合之相關研究並不多，因此本次實驗選擇業界最普遍採用之惰氣鎢電極電弧鐸(TIG)的熔接方式，對廣泛使用的6Al-4V鈦合金作熔接性質的研究，希望藉由脈衝電流頻率的變更，進一步了解其對鐸道結構及機械性質的影響性，進而熟悉此類鈦合金材料的鐸接特性與最適切之鐸接參數組合。依據實驗結果證實，不論使用交流電或直流電的輸出形式，脈衝頻率的施加的確會對鐸道巨觀結構產生明顯細化的影響，且以交流電形式輸出會較直流電效果為佳，而這也直接影響了鐸道的機械性質表現與破斷模式。故選定適切的電流輸出形式及脈衝頻率，將對鐸道性質的提升有助益。更希望藉由此次研究的結果，對業界熔接技術的提升有所幫助，進而能擴展鈦合金在更多領域上的應用。

關鍵詞：輕金屬；惰氣鎢電極電弧鐸；6Al-4V鈦合金；脈衝電流頻率；破斷模式

目錄

封面內頁 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 xiv 表目錄 xix 第一章 序論.....1	
1.1緣起.....1 1.2本文目標.....4 第二章 文獻回顧.....7 2.1簡介.....7 2.2鈦及鈦合金.....8 2.3鈦之穩定元素.....9 2.3.1 穩定元素.....9 2.3.2 穩定元素.....10 2.3.3 中性穩定元素.....11 2.4鈦合金之分類.....11 2.4.1 型鈦合金.....11 2.4.2 型鈦合金.....12 2.4.3 + 型鈦合金.....12 2.4.4近 (near)型鈦合金.....12 2.4.5近 (near)型鈦合金.....12 2.5鈦合金材料之特性.....13 2.5.1比重低.....13 2.5.2比強度/比剛性佳.....13 2.5.3優異的耐蝕性.....13 2.5.4傑出的高溫特性.....14 2.5.5高疲勞強度.....16 2.5.6高破壞韌性.....16 2.5.7彈性模數低.....16 2.5.8人體親和性.....17 2.5.9鈦合金其它特性.....17 2.6金相顯微組織.....18 2.6.1等軸結構.....18 2.6.2層狀結構.....18 2.7麻田散體.....20 2.7.1板條狀麻田散體.....20 2.7.2針狀麻田散體.....20 2.8鈦合金的熔接性.....21 2.9接合鈦合金的方法.....22 2.10鈦合金鐸道之晶粒細化.....24 2.11電弧鐸之脈衝電流頻率對鐸道微結構的影響.....29 2.12鐸道之微結構組織.....32 2.13鈦合金鐸接前後對硬度的影響.....35 第三章 實驗方法.....38 3.1實驗材料.....38 3.2實驗規劃.....39 3.3實驗步驟.....41 3.4鐸接方法介紹.....45 3.5顯微組織的觀察與分析.....46 3.6拉伸試驗.....47 3.7維氏硬度試驗.....48 3.8計算晶粒尺寸.....50 3.9掃描式電子顯微鏡(SEM)及X光能量散佈分析儀(EDS).....51 第四章 實驗結果之分析與討論.....52 4.1 Ti-6Al-4V鈦合金軋延板母材之金相結構組織.....52 4.2 Ti-6Al-4V鈦合金板鐸道之巨觀金相結構.....53 4.3 Ti-6Al-4V鈦合金板鐸道之微觀金相結構.....57 4.4 電流輸出模式對鈦合金鐸道巨觀結構尺寸之影響.....59 4.5 脈衝電流頻率對鐸道機械性質的影響.....66 4.5.1脈衝電流之輸出頻率與硬度值的關係.....66 4.5.2脈衝電流頻率對降伏強度之影響.....69 4.5.3脈衝電流頻率對最大拉伸強度之影響.....69 4.5.4脈衝電流頻率對伸長率之影響.....70 4.5.5脈衝電流頻率對韌性值之影響.....70 4.6鐸道拉伸試片破斷面的分析.....75 4.6.1母材之拉伸破斷面分析.....75 4.6.2不同脈衝頻率之鐸道拉伸試片破斷面分析.....76 第五章 結論.....96 參考文獻.....99	

參考文獻

[1].楊智超, "鎂合金材料特性及新製程發展", 工業材料雜誌 152期, pp.72~80, 1999.

- [2].王建義, "鎂合金板材之壓型加工技術", 工業材料雜誌 170期, pp.132~136 [3].羅騰玉、吳韻聲, "鈦及鈦合金銲接", 銲接與切割雜誌 12卷2期, pp.28~38, 2001.3.
- [4].高道鋼, "鈦銲接技術", 全華科技圖書, 2001.11.
- [5].黃錦鐘, "鈦及鈦合金的銲接[1]-鈦的製法與鈦的性質", 機械技術雜誌, pp.202~209, 1997.8.
- [6].蔡幸甫, "輕金屬產業的發展趨勢", 工業材料雜誌 166期, pp.165~168, 2000.
- [7].機械材料編輯委員會編著, "機械材料", 高立書局, 1993.
- [8].W. F. Smith, "Structure and Properties of Engineering Alloy", Mc Graw-Hill, p.411-415, 1981.
- [9].I. J. Plomear, "Light Alloy: Metallurgy of the Light Metals", ARNOLD, 1995.
- [10].M. J. Donachie, JR, "Titanium and Titanium Alloy", Source Book, pp.10-14.
- [11]. "Titanium Alloy Guide", RTI International Metals, Inc. Company, http://www.rti-intl.com/products%20%20services/index_ps.htm pp.1~45.
- [12].E. W. Collings, "Materials Properties Handbook", Titanium Alloys, ASM, pp.488~491 [13].M. J. Donachie, JR, "Titanium and Titanium Alloy", Source Book, pp.3-9 [14].W. Herman, R. V. Carter, W. Heil, R. J. Kotfila, C. J. Scholl, "Maetals Handbook", vol.3, ed.B.P.Bardes, ASM, Ohio, pp.763, 1983.
- [15].黃錦鐘, "鈦及鈦合金的銲接[3]-各種銲接法", 機械技術雜誌, pp.204~209, 1997.10.
- [16].Q.Yunlian, D. Ju, H. Quan, Z. Liying, "Electron beam welding, laser beam welding and gas tungsten arc welding of titanium sheet", Materials Science and Engineering, pp.177~181, 2000.
- [17]. M. Roggensack, M. H. Walter, K.W. Boning, "Studies on Laser-welded and Plasma-welded titanium", Dent Mater, pp.104~107, 1993.9.
- [18].Brown, D. C., Crossley, F. A., Rudy, J. F., Schwarzbart, "The effect of electromagnetic stirring and mechanical vibration on arc welds", Welding Journal, 41(6), pp.241-s~250-s, 1962.
- [19].Boldyrev, A. M., Dorofeev, E. B., Antonov, E. G., "Controlled solidification during fusion welding", Welding Production, 18(6), pp.54~58, 1971.
- [20].Kuznetsov, D. V., "Effect of electromagnetic agitation on the weld pool on the structure and properties of joints in VT6S alloy", Welding Production, 19(5), pp.14, 1972.
- [21].Shlenkov, C. M., "The effect of electromagnetic stirring on the properties of welded joints in thin titanium sheet", Welding Production, 21(12), pp.34~37, 1974.
- [22].DeNale, R., Lukens, W. E., "Effect of electromagnetic stirring on weld pools", Proceedings of Ti-6211 Basic Research Program, Second Conference, B. B., Rath, B. A. MacDonald, O. P. Arora, eds., Office of Naval Research, Arlington. Va., pp.203~228, 1984.
- [23].Simpson, R. P., "Controlled weld pool solidification structure and resultant properties with yttrium inoculation of Ti-6Al-6V-2Sn welds", Welding Journal, 56(3), pp.67-s~87-s, 1977.
- [24].Misra, M. S., Olson, D. L., Edwards, G. R., "The influence of process parameters and specific additions on epitaxial growth in multiple pass Ti-6Al-4V welds", Grain Refinement in Casting and Weld, G. j. abbashian and S. A. David, eds., TMS/TIME, pp.259~274, 1983.
- [25].Nordin, M. C. Edwards, G. R., Olson, D. L., "The influence of yttrium microadditions on titanium weld metal cracking susceptibility and grain morphology", Welding Journal, 66(11), pp.342-s~352-s, 1987.
- [26].Boldyrev, A. M., Petrov, A. S., Dorofeev, E. B., "The effect of methods of weld pool modification on the mechanical and corrosion properties of welded joints in titanium alloy OT4-1", Welding Production, 26(5), pp.5~8, 1979.
- [27]. D. L. Hallum, W. A. Baeslack, "Nature of grain refinement in titanium alloy welds by microcooler inoculation", Weld Journal, Res sup, pp.326-s~336-s, 1990.9.
- [28].D. W. Becker, C. M. Adams Jr., Weld Journal, Res sup pp.143-s~152-s, 1979.
- [29].T. Mohandas, G. M. Reddy, "Effect of frequency of pulsing in gas tungsten arc welding on the microstructure and mechanical properties of titanium alloy welds: A technical note", Journal of Materials Science Letters 15, pp.626~628, 1996.
- [30].S. Sundaresan, G. D. Janaki Ram, G. M. Reddy, "Microstructural refinement of weld fusion zones in titanium alloys using pulsed current welding", Materials Science and Engineering, pp.88~100, 1999.
- [31].M. D. Wei, S. H. Wang, "Fatigue behavior of weldments in pure Ti, Ti-6Al-4V and Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al", 中華民國銲接學會91年度銲接論文發表會, pp.B34~B41, 2002.10.
- [32].S. A. David, J. A. Horton, G. M. Goodwin, D. H., R. W. Reed, "Weldability and Microstructure of a titanium aluminide", Weld Journal, Res sup, pp.133-s~140-s, 1990.4.
- [33].G. Petzow, "Metallographic Etching", American Society for Metals, 1978.
- [34].劉國雄, 林樹均, 李勝隆, 鄭晃忠, 葉均蔚 "工程材料科學", 全華科技圖書, 1991.
- [35].機械工程手冊編輯委員會編著, "金屬材料", 五南圖書, 2002.1.
- [36].楊顯榮, "工程材料學", 全華科技圖書, 1997.
- [37].黃振賢, "機械材料", 文京書局, 1998.
- [38].張世穎, "鈦合金之發展現況及其在汽車工業之應用", 工業材料雜誌 170期, pp.165~168, 2001.2.

- [39].郭俊生,薛英斌,姜志華, "電漿機械手自動銲接特性研究", 中華民國銲接學會91年度銲接論文發表會,pp.E22~E26,2002.10.
- [40].吳炳南, "機械工程實驗(一) 材料實驗", 中興書局, 1998.
- [41].洪純成, "雷射熔接參數變化對鑄造純鈦金屬熔接點之影響", 中山醫學院牙科材料研究所,2000.
- [42].盧淑華, "鈦合金業", 華銀月刊604期,pp.29~34,2001.5