

A6061之真空硬鐸研究

林俊舜、李義剛

E-mail: 387137@mail.dyu.edu.tw

摘要

由於，航太及電子工業之高溫環境的散熱需求非常重要，而散熱組件的組裝程序複雜、精密度要求高和具水密性功能。鋁合金在真空硬鐸的鐸道內會有缺陷產生，至今仍尚未有較佳的解決方法，這些缺陷往往造成散熱組件無法達到氣密需求的主因。因此，除確認最適化接合參數外，本研究亦探討A6061真空硬鐸缺陷產生的原因和進行製程改善。另因鋁與銅皆具有熱傳導性與電傳導性皆佳的特性，故常被選用為製造光電與半導體設備內的相關組件。若兩者要接合會因熔點差異太大且均容易生成氧化層，致使鐸接品質不佳。然而，可利用真空硬鐸技術加以克服。經研究結果顯示A6061 - A6061真空硬鐸(Vacuum Brazing; VB)的最佳參數為：Al-Si填料- 607 /持溫60分鐘，並施以75 MPa之壓力；Al-Si-Cu填料- 607 /持溫60分鐘，並施以75 MPa之壓力。但是以Al-Si-Cu為填料的剪強度比使用Al-Si填料來的低。而A6061 - C10100採不使用填料之擴散接合(Diffusion Bonding; DB)在545 /持溫15分鐘有最大抗拉強度38.32 MPa；使用 Al-Si-Cu 填料在545 /持溫15分鐘亦有最大抗拉強度30.07 MPa；使用Al-Si 填料則在555 /持溫15分鐘時，有最大抗拉強度34.52 MPa，綜合結果顯示，雖擴散接合有最大的剪強度出現，但製程參數須控在較窄的範圍內，而使用Al-Si 填料可採較寬鬆製程參數。從顯微組織觀察顯示，不管是擴散接合或是使用填料之真空硬鐸時，皆在靠銅側會產生一層緻密的鋁-銅金屬間化合物，且此金屬間化合物硬度值遠高於母材及鐸道。

關鍵詞：真空硬鐸、擴散接合、缺陷、金屬間化合物

目錄

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|------------------|----------------------|-------------------|-----------------|----------------------|----------------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------------|-------------------|----------------|------------------|---------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|---------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|----------------|--------------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|--------------|---------------------------|----------------------------|------------|
| 封面內頁 簽名頁 中文摘要...iii | Abstract...v | 誌謝...vii | 目錄...ix | 圖目錄...xii | 表目錄...xvii | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 第一章 前言...1 | 1.1 研究動機...1 | 1.2 研究目的...5 | 第二章 文獻回顧...7 | 2.1 鋁合金簡介...7 | 2.2 鋁合金之分類...9 | 2.3 鋁合金的熱處理...10 | 2.4 鋁合金的時效析出熱處理...12 | 2.5 鋁合金鐸接熱裂縫...20 | 2.6 鐸道凝固裂縫...20 | 2.6.1 凝固熱裂機構與理論...20 | 2.6.2 凝固熱裂的影響因素...24 | 2.7 銅的簡介...26 | 2.8 硬鐸的定義...32 | 2.9 真空硬鐸介紹...36 | 2.10 真空硬鐸與傳統鐸接比較...39 | 2.11 影響硬鐸的因素...40 | 2.11.1 擴散...40 | 2.11.2 接合間隙...42 | 2.11.3 硬鐸溫度與時間...43 | 2.12 固液擴散接合...44 | 第三章 實驗方法...45 | 3.1 實驗流程...45 | 3.2 實驗材料...47 | 3.3 分析方法...48 | 3.3.1 DSC熱分析...48 | 3.3.2 真空硬鐸參數設定...48 | 3.3.3 剪力拉伸實驗...51 | 3.3.4 微硬度測試...52 | 3.3.5 顯微組織觀察...52 | 3.3.6 XRD分析...54 | 3.3.7 TEM分析...54 | 第四章 結果與討論...56 | 4.1 A6061與A6061真空硬鐸...56 | 4.1.1 DSC分析...56 | 4.1.2 剪強度測試...57 | 4.1.3 微硬度分佈...62 | 4.1.4 顯微組織觀察與分析...63 | 4.1.5 XRD分析...69 | 4.1.6 鐸前前處理...71 | 4.1.7 氣密試驗...76 | 4.2 A6061與C10100真空硬鐸...80 | 4.2.1 DSC分析...80 | 4.2.2 剪強度測試...84 | 4.2.3 微硬度分佈...87 | 4.2.4 顯微組織觀察與分析...89 | 4.2.5 XRD分析...97 | 4.2.6 TEM分析...99 | 第五章 結論...100 | 5.1 A6061-A6061真空硬鐸...100 | 5.2 A6061-C10100真空硬鐸...101 | 參考文獻...103 |

參考文獻

1. ASM Metals Handbook, Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials, 12th ed., 1990, pp.62-64.
2. ASM Metals Handbook, Metallography Structures and Phase Diagrams, 8th. ed., Vol.8, 1973, pp.397.
3. L. Zhen, W.D. Fei, S.B. Kang, H.W. Kim, Precipitation behavior of Al-Mg-Si alloy with high silicon content, Journal of Materials Science Vol.32, 1977, pp.1895-1902.
4. J.R. Davis, Aluminum and Aluminum Alloys, ASM Specialty HandBook, 1933, pp.569-570.
5. ASM Metals Handbook, Alloy Phase Diagrams, 8th ed., Vol.3, ASM International, 1964, pp.1-321.
6. 李勝隆、劉國雄，工程材料科學，全華科技圖書股份有限公司，頁7-16，2002。
7. 楊榮顯，工程材料學，全華科技圖書股份有限公司，頁392-400，2004。
8. 楊智綱，高強度航空用7000系鋁合金機械性質、抗應力腐蝕破壞性及鐸接熱影響區特性之研究，博士論文，國立中央大學，桃園，2001。
9. AWS, Brazing Manual, 3rd ed., 1984, pp.23-81.
10. Proceedings of the 5th International Brazing and Soldering Conference, 2012, pp.236-301.
11. J.M. David, H. Giles, Principles of Brazing, 1th. ed., USA, ASM International, 2005, pp.1-44.
12. M.M. Schwartz, Brazing: For the Engineering Technologist, 2nd. ed., USA, ASM International, 2003, pp.1-82.
13. M.M. Schwartz, Brazing, 2nd ed., USA, ASM International, 2003, pp.1-159.
14. S. Metco, An Introduction to Brazing: Fundamentals Materials Processing, Sulzer, 2011, pp.11.
15. 黃嘉寶，填料對碳化鎢與SAE 1045 中碳鋼硬鐸接合件結構及特性之影響，碩士論文，大同大學，台北，2007。
16. http://webmineral.com/jpowd/JPX/jpowd.php?target_file=Copper.jpg
17. S. Kou, Welding Metallurgy, Wiley, USA, 2003, pp.1-263.
18. Welding Kaiser Aluminum, 1st ed., Kaiser Aluminum & Chemical Sales, Inc., USA, 1984, chapter 2-4,7-9,14,21.
19. 簡瑜廷，藉由熱變形參數對大晶6061鋁合金超塑性研究，碩士論文，大葉大學，彰化，2012。
20. ASM Handbook, Welding, Brazing, and Soldering,

USA, Vol.6, 1993, pp.528-540,722-739. 21.B. Hemsworth, T. Boniszewski, N.F. Eaton, Classification and definition of high-temperature welding cracks in alloys, *Metal Const, Brit*, Vol.2, 1969, pp.5-16. 22.B.I. Medovar, On the nature of weld hot cracking, *Brutcher Translations No. 3400*, 1954, pp.12-28. 23.V. A. Torpov, On the mechanism of hot cracking, *Brutcher Translations, No.3982*, 1957, pp.24-27. 24.W.L. Pumphrey, P.H. Jennings, A consideration of the nature of brittleness above the solidus in castings and welds on aluminum alloys, *J.Inst. Metals. Vol.75*, 1948, pp.235-256. 25.W.S. Pellini, Strain theory of hot tearing, *Foundry, Vol.80, No. 11*, 1952, pp.125-133. 26.V.N. Saveiko, Liquid film in weld hot cracking, *Lit Proiz Vol.8*, 1960, pp.33-42. 27.D.M. Stefano, G. Alejandro, M. Rosario, U. Francesco, A generalized beam theory with shear deformation, *Thin-Walled Structures, Vol.67*, 2013, pp.88-100. 28.G. Rodrigo, C. Dinar, Geometrically non-linear generalised beam theory for elastoplastic thin-walled metal members, *Thin-Walled Structures, Vol.51*, 2012, pp.121-129. 29.J.C. Borland, Fundamentals of solidification cracking in welds, *Welding and Metal Fabrication, Part I, (1/2)*, pp.19-29, part II, (3), 1979, pp.99-107. 30.F. Matsuda, H. Nakagawa, K. Sonoda, Dynamic observation of solidification and solidification cracking during welding with optical microscope, *Transactions of JWRI, Vol.11*, 1982, pp.67-77. 31.N.S. Stoloff, T.L. Johnson, Aspect of liquid filled crack in welds, *Acta Metall. Vol.11*, 1963, pp.251-256. 32.K. Masubuchi, D.C. Martin, A consideration of grain boundary sliding during welding, *Weld. J., Vol.41*, 1962, pp.375-382. 33.W.F. Hosford, *Alloys: Copper Encyclopedia of Condensed Matter Physics*, Elsevier, Oxford, 2005, pp.24-45. 34.大澤直, 徹底圖解最新「銅」?基礎&運用(林詠純譯), 楓書坊文化, 台北, 頁7-220, 2005。 35.ASTM Standard B152/B152M Standard Specification for Copper Sheet, Strip, Plate, and Rolled Bar, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, 2009. 36.AWS A3.0:Standard Welding Terms and Definitions. Including Terms for Adhesive Bonding, Brazing, Soldering, Thermal Cutting, and Thermal Spraying, An American National Standard, Approved by American National Standards Institute, American Welding Society, Miami, FL, 2009. 37.M.M. Schwartz, *Brazing 2nd ed.*, USA, ASM International, 2003, pp.177-231. 38.M.M. Schwartz, *Brazing: For the Engineering Technologist, 2nd ed.*, USA, ASM International, 2003, pp.87-205. 39.P. Lin, Y. J. Li, J. Wang, J. Guo, Vacuum brazing technology and microstructure near the interface of Al/18-8 stainless steel, *Materials Research Bulletin Vol.38*, 2003, pp.1493-1499. 40.Proceedings of the 5th International Brazing and Soldering Conference, 2012, pp.236-301. 41.S.Y. Chang, L.C. Tsao, Y.H. Lei, S.M. Mao, C.H. Chuang, Joining 6061 aluminum alloy with Al – Si – Cu filler metals, *Journal of Alloys and Compounds, Vol.488*, 2009, pp.174-180. 42.X.P. Zhang, Y.W. Shi, A dissolution model of base metal in liquid brazing filler metal during high temperature brazing, *Scripta Materialia, Vol.50*, 2004, pp.1003-1006. 43.Z. Wang, H. Wang, L. Liu, Study on low temperature brazing of magnesium alloy to aluminum alloy using Sn – xZn solders, *Materials and Design, Vol.39*, 2012, pp.14 – 19. 44.周荻翔, 碳化鎢與420不鏽鋼感應硬鍍之製程最佳化與鍍件性能研究, 博士論文, 國立台灣科技大學, 台北, 2011。 45.葉獻文, 鋁、銅真空硬鍍之研究, 碩士論文, 國立中興大學, 台中, 2007。 46.C. Xia, Y. Lia, U.A. Puchkovb, S.A. Gerasimovb, J. Wang, Microstructure and phase constitution near the interface of Cu/Al vacuum brazing using Al-Si filler metal, *Science Direct, Vol.82*, 2008, pp.799-804. 47.黃財賞, 鎳基超合金Mar-M247之擴散硬鍍研究, 碩士論文, 國立交通大學, 新竹, 1998。