

AZ91D鎂合金時效析出相對機械性質影響之研究

吳炳興、廖芳俊

E-mail: 9126408@mail.dyu.edu.tw

摘要

基於"輕量化材料"的使用是未來用材的趨勢，因此對"鋁合金"與"鎂合金"性質的研究不曾間斷過。目前除了3C資訊業已大量採用之外，對汽、機車產業及航太工業而言，為了提升燃油效率、減少燃料的消耗及對廢氣排放的控制等多重目標，而積極努力於車體之輕量化。近年來，更有全鋁合金車型(AUDI A8 和A2及HONDA INSIGHT)的陸續開發完成。也由於科技迅速的推展，消費者對產品品質(如:輕巧化、多功能性等)的要求更為提高，因此間接促成「鎂合金」成為新一代輕量化用材的主流；其主要原因是鎂合金具有許多優良的特性(如:比重小、比強度及比剛性佳、散熱快、高吸震性、耐鹽水腐蝕性佳、高電磁遮蔽性及較佳之耐衝擊特性等)。但由於鎂合金為HCP晶體結構，使其在低溫的加工成型性並不佳，而且在行熱處理、銲接、鍛造及表面處理等方面技術的發展亦未臻成熟，故暫時無法做全面性地推廣應用，若能將上述的種種問題予以克服，相信對鎂合金材料的發展運用將會是無限寬廣。目前國內業界大都使用AZ91D鎂合金做為製造產品的用料，因而在計畫中將採用厚度6 MM之AZ91D鎂合金擠製板做為相關試驗的母材。並且對經不同溫度及時效時間處理的試片作分析，以尋得晶粒尺寸、微硬度、機械強度、伸長率及韌性值間的關聯性。同時也對不同時效處理狀態下所生成的析出物，進行化學成份及組成狀態的分析，希望藉以了解熱處理過程中析出物的析出機構及其對於材料機械性質的影響性，進而能對析出物的析出條件加以控制，如此必可將材料的機械性質(強度、韌性等)予以提昇。由初步的實驗證實，當試片之晶粒尺寸介於15~20 μm間，可獲得最佳韌性值及伸長率的表現。故可經由初步熱處理製程所得之數據資料，選定具有最大拉伸強度及適當晶粒尺寸的熱處理參數，並定出行二次時效處理之溫度和時間的範圍。希望藉著二次時效處理，使AZ91D鎂合金能呈現出最佳化的機械性質，並擴大鎂合金的實用價值及可運用的領域。

關鍵詞：輕量化材料，AZ91D鎂合金，熱處理製程，析出物相，二次時效處理

目錄

第一章 序論	--P1
1.1 前言	--P1
1.2 鎂合金的命名	--P2
1.3 鎂合金的分類	--P3
1.3.1 鑄造用鎂合金	--P4
1.3.2 鍛造用鎂合金	--P6
1.4 合金元素的添加對鎂合金性質的影響	--P6
1.4.1 添加鋁(AL)元素的影響	--P6
1.4.2 添加鋅(ZN)元素的影響	--P7
1.4.3 添加錳(MN)元素的影響	--P7
1.4.4 添加鋯(ZR)元素的影響	--P7
1.4.5 添加矽(SI)元素的影響	--P7
1.4.6 添加鈣(CA)元素的影響	--P8
1.4.7 添加鈹(BE)元素的影響	--P8
1.4.8 添加稀土(RE)元素的影響	--P8
1.5 鎂合金材料特性之概述	--P8
1.5.1 比強度/比剛性佳	--P8
1.5.2 材料之可回收性佳	--P9
1.5.3 吸震性佳	--P9
1.5.4 電磁波遮蔽性佳	--P9
1.5.5 熱傳散熱性佳	--P11
1.6 目前鎂合金之應用範圍及其未來的發展趨勢	--P11
1.7 研究目的及動機	--P14
第二章 文獻回顧	--P16
2.1 鎂合金之析出研究	--P17
2.1.1 鎂合金之析出形態	--P18
2.1.2 析出強化理論	--P20
2.2 鎂合金析出相之顯微組織	--P22
2.2.1 MG-AL系鎂合金	--P22
2.2.2 MG-AL-ZN系鎂合金	--P23
2.2.3 MG-ZN系鎂合金	--P23
2.3 析出物對鹽水耐蝕性之影響	--P26
2.4 析出物對機械性質的影響	--P30
第三章 實驗方法	--P32
3.1 實驗材料	--P32
3.2 實驗規劃	--P33
3.3 實驗步驟	--P34
3.4 顯微組織的觀察與分析	--P36
3.5 拉伸試驗	--P36
3.6 微硬度實驗	--P38
3.7 計算晶粒尺寸	--P38
3.8 SEM電子顯微鏡及EDS能量分析儀	--P39
3.9 X光繞射儀(X-RAY DIFFRACTION ; XRD)分析	--P39
3.10 電子微探儀	--P40
第四章 實驗結果之分析與討論	--P44
4.1 AZ91D鎂合金擠製板之顯微組織的觀察與分析	--P44
4.2 析出物形態之定義	--P47
4.2.1 層狀析出物	--P48
4.2.2 爪釘狀析出物	--P50
4.2.3 草蓆狀析出物	--P50
4.2.4 角形析出物及短棒狀析出物	--P52
4.3 經時效處理後顯微結構組織的改變	--P55
4.3.1 溫度為120 °C之時效處理	--P55
4.3.2 溫度為200 °C之時效處理	--P59
4.3.3 溫度為300 °C之時效處理	--P63
4.3.4 溫度為380 °C及420 °C之時效處理	--P66
4.4 鎂合金時效處理後其時效狀態與鎂合金性質之關連性	--P69
4.4.1 時效溫度與晶粒尺寸之關係	--P69
4.4.2 時效溫度與硬度值之關係	--P69
4.4.3 時效溫度與機械性質的影響	--P71
4.4.3.1 時效處理對降伏強度的影響	--P77
4.4.3.2 時效處理對最大拉伸強度的影響	--P79
4.4.3.3 時效處理對伸長率的影響	--P80
4.5 XRD 繞射分析	--P87
4.6 時效試片拉伸破斷面的分析	--P91
4.6.1 無析出物之破斷試片	--P91
4.6.2 存在析出物之破斷試片	--P92
第五章 二次時效實驗結果之分析與討論	--P100
5.1 經二次時效處理後顯微結構組織的改變	--P101
5.2 二次時效析出狀態與機械性質之關連性	--P102
5.3 二次時效處理後試片之XRD分析	--P111
5.4 二次時效處理試片破斷面之分析	--P112
第六章 結論	--P119
第七章 未來研究發展方向	--P121
參考文獻	--P122

參考文獻

1. "輕量化應用領域之新興潛力型材料", 姜志華, 金屬工業32卷1期, PP.57~60, 1998.
2. "鎂合金板材之壓型加工技術", 王建義, 工業材料雜誌170期, PP.132~136.
3. "鎂合金材料特性及新製程發展", 楊智超, 工業材料152期, PP.72~80, 1999.
4. "鎂合金在電子產品上的應用與產業概況",

蔡幸甫,工業材料 152期,PP.62~71,1999. 5. "AZ61 鎂合金的疲勞性質與破壞分析", 劉文勝,中央大學機械所碩士論文, 2000. 6. M.REGEV,E.AGHION,A.ROSEN,AND M. BAMBERGER,"CREEP STUDIES OF COARSE-GRAINED AZ91D MAGNE-SIUM CASTINGS", MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING A252,PP.6~16,1998. 7. A. MUNITZ, C. COTLER, A. STERN, AND G. KOHN, "MECHANICAL PROPERTIES MICROSTRUCTURE OF GAS TUNGSTEN ARC WELDED MAGNESIUM AZ91D PLATES", MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING A30 2, PP.68~73, 2001. 8. A.K. DAHLE, Y.C. LEE, M.D. NAVE, P.L. SCHAFFER, AND D.H. ST. JOHN, "DEVELOPMENT OF THE AS-CAST MICROSTRUCTURE IN MAGNESIUM-ALUMINUM ALLOYS", JOURNAL OF LIGHT METALS,PP.61~72,2001. 9."機械材料",高立書局,吳炳南等人編著,1993. 10."輕金屬產業的發展趨勢",蔡幸甫,工業材材166 期, PP.165~168,2000. 11."鎂合金材料特性及新製程發展",楊智超,工業材料 152 期, PP.72~80,1999. 12. H. FRIEDRICH AND S. SCHUMANN, "RESEARCH FOR A "NEW AGE OF MAGNESIUM IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY", JOURNAL OF MATERIAL PROCESSING TECHNOLOGY 117,PP.276~281,2001. 13."輕金屬產業之未來",蔡幸甫,2000. 14."鎂合金之現況與發展前景", [HTTP://MEMBER.PSCNET.COM.TW/MANDOC/RESEARCH/REP-3/3-20000726_143551.HTM](http://MEMBER.PSCNET.COM.TW/MANDOC/RESEARCH/REP-3/3-20000726_143551.HTM), 蔡純芬, 2000. 15."鋁鎂合金於汽機車產業之應用發展趨勢", 大葉大學演講資料,金屬工業研究發展中心,王俊傑,1999 16."筆記型電腦的新趨勢-鎂合金", [HTTP://SEARCH.ETOP.COM.TW/RESEARCH/4MONTHSTOCK/FINANCIAL4-2.HTML](http://SEARCH.ETOP.COM.TW/RESEARCH/4MONTHSTOCK/FINANCIAL4-2.HTML),許維哲, 2000. 17. YUAN GUANGYIN, SUN YANGSHAN, AND DING WENJIANG, "EFFECTS OF BISMUTH AND ANTIMONY ADDIT-IONS ON THE MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF AZ91 MAGNESIUM ALLOY", MATERI-ALS SCIENCE AND ENGINEERING A308, PP.38~44,2001. 18."鎂合金時效行為之研究",魏振仁,義守大學材料所碩士論文,2001. 19. RAJASHEKHAR SHABADI, RAJAN AMBAT, E.S. DWARAKADASA, K.L. BHAT, AND V. GOPALAKRISHNAN, "STUDIES ON CADMIUM AND SILVER TRACE ELEMENT MODIFIED AZ91C MAGNESIUM ALLOY",MAGNESIUM ALLOYS AND THEIR APPLICATIONS INT. CONF., GERMANY, PP.65-72, 2000. 20. GUANGLING SONG, ANDREJ ATRENS, AND MATTHEW DARGUSCH, " INFLUENCE OF MICROSTRUCTURE ON THE CORROSION OF DIE-CAST AZ91D", CORROSION SCIENCE 30, PP.249-273, 1999. 21. YIZHEN LU, QUDONG WANG, XIAOQIN ZENG, WENJIANG DING, CHUNQUAN ZHAI, AND YANPING ZHU, "EFFECTS OF RARE EARTHS ON THE MICROSTRUCTURE, PROPERTIES AND FRACTURE BEHAVIOR OF MG- AL ALLOYS", MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING, A278,PP. 66-76, 2000. 22. J.F. NIE, X.L. XIAO, C.P. LUO, AND B.C. MUDDLE,"CHARACTERIZATION OF PRECIPITATE PHASES IN MAGNESIUM ALLOYS USING ELECTRON MICRODIFFRACTION", MICRON 32,PP.857-863, 2001. 23. S. CELOTTO, "TEM STUDY OF CONTINUOUS PRECIPITATION IN MG-9 WT.% AL-1 WT.% ZN ALLOY",AC -TA MATER. 48, PP.1775~1787, 2000. 24. S. CELOTTO, AND T.J. BASTOW,"STUDY OF PRECIPITATION IN AGED BINARY MG-AL AND TERNARY M G-AL-ZN ALLOYS USING 27AL NMR SPECTROSCOPY", ACTA MATER. 49, PP.41-51, 2001. 25. M. REGEV, O. BOTSTEIN, M. BAMBERGER, AND A. ROSEN, " CONTINUOUS VERSUS INTERRUPTED CRE-EP IN AZ91D MAGNESIUM ALLOY", MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING A302, PP.51~55, 2001. 26. I.J. PLOMEAR, "LIGHT ALLOY: METALLURGY OF THE LIGHT METALS", ARNOLD, 1995. 27. R.A. HIGGINS, "ENGINEERING METALLURGY", EDWARD ARNOLD,1983. 28. ZHAN ZHANG, AND ALAIN COUTURE, "AN INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF MG-ZN-AL ALLOYS",SCRIPTA MATERIALIA, VOL.39, PP.45-53, 1998. 29. LYMAN, TAYLOR. BOYER, AND HOWARD E., "METALS HANDBOOK VOL.8 METALLOGRAPHY, STRUCTURES, AND PHASE DIAGRAMS", METALS PARK, OHIO AMERICAN SOCIETY FOR METALS, PP.305~311, 1974. 30. ANON., ASTM E384-84, "STANDARD TEST METHOD FOR MICRO HARDNESS OF MATERIALS", CHAPMAN AND HALL, NEW YORK, 1991. 31. "工程材料學",全華書局, 楊榮顯, 1997. 32. CHARLIE R., "PRECIPITATION HARDENING IN MAGNESIUM-BASE BINARY ALLOY", HEAT TREATMENT, STRUCTURE AND PROPERTIES OF NONFERROUS ALLOYS, PP.255-274, 1982. 33. OLIVIER BEFFORT AND CHRISTIAN HAUSMANN, EMPA-THUN, "DAS LEICHTMETALL MAGNESIUM DAS LEI CHTMETALL MAGNESIUM UND SEINE UND SEINE LEGIERUNGEN", MAGNESIUM-SEMINAR(EMPA), 1999. 34. A. ELIEZER,E.M. GUTMAN, E. ABRAMOV, AND YA. UNIGOVSKI "CORROSION FATIGUE OF DIE-CAST AND EXTRUDED MAGNESIUM ALLOYS", JOURNAL OF LIGHT METALS 1, PP.179-186, 2001. 35."機械材料", 文京書局, 黃振賢, 1998. 36."X光繞射原理與材料結構分析", 國科會精儀中心, 許樹恩、吳泰伯, 1993. 37. B.W. CHUA, L. LU, AND M.O. LAI, "INFLUENCE OF SIC PARTICLES ON MECHANICAL PROPERTIES OF MG BASED COMPOSITE", COMPOSITE STRUCTURES, VOL.47, PP.595~601, 1999. 38. Y.LI,AND H.JONES, "EFFECT RARE EARTH AND SILICON ADDITIONS ON STRUCTURE AND PROPERTIES OF MELT SPUN MG-9AL-1ZN ALLOY", MATERIALS SCI. AND TEC., VOL.12, PP.651-659, 1996.