臥式擠壓鑄造冶金參數及製程參數對鋁基碳化矽顆粒複合材料流動性之影響

嚴偉峰、胡瑞峰

E-mail: 9126602@mail.dyu.edu.tw

摘 要

本研究主要目的係在探討壓力製程參數對鑄造鋁基(A356.2、A413.1及A390.1鋁合金)碳化矽顆粒(SIC -P)複合材料流動性之影響，並分析對三種鋁基碳化矽顆粒複合材料(AMC/SICP)之流動凝固模式對其流動 性的影響，以提供使用者以擠壓鑄造(或壓鑄)等製程生產或研究此類材料時之參考。三種鋁基碳化矽顆 粒複合材料所採用的壓力製程參數則包括壓力變化、碳化矽含量、金屬模模溫和鑄件尺寸厚度(代表凝固 冷卻速率)等。首先以具有不同厚度之矩形斷面金屬模進行長條型流動性測試(STRIP CASTING FLUIDITY TEST)，以量測不同SICP含量之複合材料在固定澆注溫度下的流動性，並比較實驗結果以瞭解此材在壓力 製程下之薄窄模穴內的流動充模能力。其次，量測各種組成的鋁基複合材料在不同截面尺寸厚度之模穴的流動性，藉以瞭解鑄件模數(代表冷卻速率)對複合材料流動性之影響。另外，也量測材料在不同的鑄 造壓力下，壓力對複合材料流動性的影響。最後，經由長條型流動性測試鑄件不同位置之金相顯微組織的 觀察，以瞭解SICP在鑄件中的分布情形，進一步探討上述製程參數對複合材料流動性的影響。研究結果顯 示，隨著SICP添加量之增加，三種鋁基碳化矽複合材料之流動性皆呈現顯著降低之趨勢。而隨著鑄造壓 力的提升，複合材料之流動性亦呈現顯著增加之情形；但對於356/SICP及A390/SICP複合材料而言，當壓 力超過10MPA(106KG/CM2)以上時，其流動性並未有顯著增加，僅是微幅增加而已。其次，增加模具的溫度 也可以增加鋁基複合材料的流動性，尤其對薄件(厚2MM)更為明顯。且在同一模具溫度下，A390/SICP複 合材料的流動性優於A413/SICP複合材料，而A413/SICP複合材料的流動性高於A356/SICP複合材料。本研 究亦深入分析長條型流動性鑄件之顯微組織，以瞭解添加SICP於鋁基材中，其流動凝固模式的改變對複合 材料流動性的影響。另外，也觀察不同壓力和模溫之條件下，顯微組織的改變對複合材料流動性的影響 。分析結果發現在A356鋁合金中添加SICP不會改變其流動凝固模式，但因加入的SICP會增加熔液的固相 率，使熔液黏滯性增加，所以複合材料的流動性會降低；另外，添加SICP於A413和A390鋁合金中，會改 變其流動凝固模式，進而影響複合材料的流動性。其次，增加鑄造壓力會使複合材料顯微組織變得較細 緻，進而影響複合材料的流動性。

關鍵詞 : 擠壓鑄造、鋁基碳化矽顆粒複合材料、流動性、冷卻速率

目錄

第一章前言--P1 第二章文獻探討--P3 2.1 金屬基複合材料的製造方法--P4 2.2 擠壓鑄造--P6 2.2.1 製造過程與分類--P7 2.2.2 擠壓鑄造的優點--P7 2.3 潤濕性--P8 2.3.1 強化材顆粒與熔液間之潤濕性--P9 2.3.2 溫度對界面潤濕性的影響--P9 2.3.3 合金元素對潤濕性的影響--P10 2.4 壓力效應--P12 2.4.1 壓力對熱傳導性的影響--P12 2.4.2 壓力對健全度的影響--P12 2.4.3 壓力對相平衡圖的影響--P12 2.4.4 壓力對偏析的影響--P16 2.5 流動性--P16 第三章實驗方法及步驟--P33 3.1 實驗設計--P33 3.1.1 流動性測試--P33 3.1.2 複合材料之基材--P34 3.1.3 複合材料之強化材--P34 3.1.4 金屬模模溫--P34 3.1.5 油壓驅動壓力和鑄造壓力--P34 3.2 實驗設備及裝置--P35 3.2.1 攪拌設備--P35 3.2.2 壓力鑄造設備--P35 3.2.3 長條型流動性測試金屬模--P35 3.3 複合材料熔煉與處理--P36 3.3.1 備料--P36 3.3.2 預熱碳化矽顆粒--P36 3.3.3 熔煉--P36 3.3.4 攪拌器烘烤--P37 3.3.5 SiC顆粒之添加與攪拌--P37 3.3.6 模具加熱和離型劑之噴覆--P37 3.4 流動性測試--P38 3.5 金相組織觀察與分析--P38 3.5.1 光學顯微鏡(OM)觀察--P38 第四章結果與討論--P44 4.1 長條型金屬模流動性測試--P44 4.1.1 碳化矽添加量對複合材料流動性之影響--P44 4.1.2 鑄造壓力對複合材料流動性之影響--P46 4.1.3 流道厚度對複合材料流動性之影響--P47 4.1.4 模溫對複合材料流動性之影響--P48 4.2 製程參數對流動凝固模式和流動性之影響--P49 4.2.1 添加SiCp對流動凝固模式和流動性之影響--P49 4.2.1.1 A356/SiCp流動凝固模式和流動性之關係--P49 4.2.1.2 A413/SiCp流動凝固模式和流動性之關係--P52 4.2.1.3 A390/SiCp流動凝固模式和流動性之關係--P54 4.2.2 鑄造壓力對凝固模式和流動性之影響--P57 4.2.3 模具溫度對凝固模式和流動性之影響--P59 4.2.4 流道厚度(冷卻速率)對凝固模式和流動性之影響--P61 第五章結論--P138 參考文獻--P140

參考文獻

1. T. W. CHOU, A. KELLEY AND A. OKURA；COMPOSITES, 16, 1986, P.187. 2. S. J. HARRIS；MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY, VOL.4, 1988, P.231. 3. M. W. MAHONEY AND A. K. GHOSH；METALLURGICAL TRANSACTIONS, VOL.18A, 1987, P.653. 4. P. K. ROHATGI, R. ASTHANA AND S. DAS, "SOLIDIFICATION, STRUCTURE, AND PROPERTIES OF CA -ST METAL-CERAMIC PARTICLE COMPOSITES," INTERNATIONAL METALS REVIEWS, VOL. 31,NO. 3, 1986, PP.115-139. 5. D. HUDA, M.A. EL BARADIE AND M. S. J. HASHMI, "METAL-MATRIX COMPOSITES:MATERIALS ASPE -CTS. PARTⅡ," JOURNAL

OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY, 37, 1993, PP.529-541. 6. F. M. YARANDI, P. K. ROHATGI AND S. RAY, "CASTING FLUIDITY OF ALUMINUM A356-SIC CAST PARTICULATE COMPOSITE," AFS TRANS.,VOL.100, 1992, PP.575-582. 7. P. MEYER, P. HOTTEBART, P. MALLETROIT, D. MASSINON AND F. PLUMAIL, "MMC DEVELOPMENTS AT MONTUPET:AN OVERVIEW," AFS TRANS., VOL.102, 1994, PP.653-664. 8. E. F. CRAWLEY AND M. C. VAN, J. COMPOS. MATER., 21, 1987, P.553. 9. ASM METALS HANDBOOK, VOL. 2, 10TH ED., 1990, PP.121-133. 10. D. HUDA, M.A. EL BARADIE AND M. S. J. HASHMI, "METAL-MATRIX COMPOSITES:MANUFACTURING ASPECTS. PART I," JOURNAL OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY, 37, 1993, PP.513-528. 11. ASM METALS HANDBOOK, VOL.15, 9TH ED., 1983, PP.840-854. 12. V. M. PLYATSKII, "EXTRUSION CASTING," 1965. 13. S. RAJAGOPAL AND W. H. ALTERGOTT, "QUALITY CONTROL IN SQUEEZE CASTING OF ALUMINUM," AF -S TRANS., VOL.93, 1985, PP.145-154. 14. J. R. FRANKLIN AND A. A. DAS:"SQUEEZE CASTING A REVIEW OF THE STATUS," THE BRITISCH FOUNDRYMEN, VOL.77, 1984, PP.150-158. 15. G. WILLAMS AND K. M. FISHER, METAL TECHNOLOGY, P.263, JULY, 1984. 16. M. W. TOAZ, IMPERIAL CLEVITE INC., CLEVELAND, OH,"SELECTIVE FIBER REINFORCEMENT:A NEW FORNTIER IN CASTING TECHNOLOGY," AFSTRANSACTIONS, VOL.94, 1986, PP.747-752. 17. S. OKADA, N. FUJII, A. GOTO, S. MOROIMOTO AND T. YASUDA, "DEVELOPMENT OF A FULLY AUTOM ATIC SQUEEZE CASTING MACHINE," AFS TRANSACTIONS, VOL.90, 1982, PP.135-146. 18. G. FORTIN, P. LOUCHEZ, F. H. SAMUEL, "FACTORS CONTROLLING HEAT TRANSFER COEFFICIENT AT THE METAL-MOLD INTERFACE DURING SOLIDIFICATION OF ALUMINUM ALLOYS:AN ANALYTICAL STUDY, " AFS TRANSACTION, VOL.100,1992, PP.863-871. 19. N. YAMAMOTO, M. ITAMURA AND T. UENO, "EFFECT OF SQUEEZE CASTING PROCESS ON MECHANICAL PROPERTIES OF ALUMINUM DIE CASTING ALLOY,"AFS, VOL.100, 1992, PP.539-546. 20. ELM INTERNATIONAL, INC., EAST LANSING, MICHIGAN,"PRODUCT DESIGN AND SPECIFICATIONS FOR SQUEEZE CASTING," OCT. 1993, PP.1-28. 21. A. W. NEUMANN, J. SZEKELY, E. J. RABENDA AND JR., J. OLLOID:INTERFACE SCI., 43, 1993, P.727. 22. C. G. LEVI, G. J. ABBASCHIAN AND R. MEHRABIAN, METALL. TRANS. A, VOL.9A, P.697, 1978. 23. M. K. SURAPPA AND P. K. ROHATGI, "PREPARATION AND PROPERTIES OF CAST ALUMINUM-CERAMIC PARTICLE COMPOSITES," JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE, 16, 1981, PP.983-993. 24. A. MORTENSEN : MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING, VOL.135, 1991,PP.1-11. 25. J. HASHIM, L. LOONEY AND M. S. J. HASHMI, "METAL MATRIX COMPOSITES:PRODUCTION BY THE STIR CASTING METHOD," JOURNAL OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY, VOL. 92, AUGUST,1999 , PP.1-7. 26. A. AMARO, D. YAMAMOTO, A. GARCIA, C. ATLATENCO, I. BELTRAN, C. GONZALEZ AND A. SANCHEZ, "MODIFICATION AND REFINEMENT TREATMENT IN CAST AL-SI/SIC PARTICLE COMPOSITES," AFS TRA NS., VOL. 102, 1994, PP.943-948. 27. D. L. ROSE, B. M. COX AND M. D. SKIBO, "DEGASSING AND CLEANING OF AL-BASED SIC PARTICL -E REINFORCED COMPOSITES," AFS TRANS., VOL. 101, 1993, PP.619-626. 28. M. C. LUKEN, T. X. HOU AND R. D. PEHLKE, "MOLD/METAL GAP FORMATION OF ALUMINUM A356 CY -LINDERS CAST HORIZONTALLY IN DRY AND GREEN SAND," AFS TRANSACTIONS, VOL. 98, 1990, PP .63-70. 29. KAI HO AND ROBERT D. PEHLKE, "METAL-MOLD INTERFACIAL HEAT TRANSFER," METALLURGICAL TRA NSACTIONS B, VOL. 16B, SEP. 1985,PP.583-594. 30. K. HO AND R. D. PEHLKE, "TRANSIENT METHOD FOR DETERMINATION METAL-MOLD INTERFACIAL HEAT TRANSFER," AFS TRANSACTIONS, VOL. 91, 1983, PP.689-698. 31. 翁震杰, "壓力對鋁合金凝固現象之影響"，鑄工，第77 期，民國82 年6 月，PP.54-59. 32. SHUNSAKU KOMATSU AND YOSHINOBU KANOH, "DEVELOPMENT AND MASSPRODUCTION OF SQUEEZE CASTI -NG TECHNIQUE," 鑄物,第64 卷(1992) 第3 號. 33. D. ARGO, J. E. GRUZLESKI, "POROSITY IN MODIFIED ALUMINUM ALLOY CASTING," AFS TRANSACTI -ONS, VOL. 96, 1988, PP.65-74. 34. G. K. SIGWORTH AND EXTON, "A SCIENTIFIC BASIS FOR DEGASSING ALUMINUM ALLOY CASTING," AFS TRANSACTIONS, VOL. 95, 1987. 35. V. A. RAVI, D. J. FRYDRYCH AND A. S. NAGELBERG, "EFFECT OF PARTICLE SIZE, SHAPE AND LOA DING ON THE FLUIDITY OF SIC-REINFORCED ALUMINUM MMCS," AFS TRANSACTIONS, VOL. 102,1994 ,PP.891-895. 36. P. K. ROHATGI, R. SATHYAMOORTHY, C. S. NARENDRANATH AND D. NATH, "STUDIES ON CASTING C -HARACTERISTICS AND SETTLING BEHAVIOR OF AL BASESIC PARTICLE METAL MATRIX COMPOSITIES, " AFS TRANS., VOL. 101, 1993, PP.597-604. 37. D. NATH AND P. K. ROHATGI, "FLUIDITY OF MICA PARTICLE DISPERSED ALUMINUM-SIC COMPOSITES ," COMPOSITE SCIENCE AND TECHNOLOGY, 35, 1898, P.159. 38.胡瑞峰, 86 年, "鋁-矽(鎂)系合金及鋁-矽-銅系合金流動性之研究,"國立台灣大學機械工程學研究所 博士論文 39. M. K. SURAPPA, P. K. ROHATGI:METALL. TRANS., VOL. 12B, 1981, P.327. 40. M. C. FLEMING, F. R. MOLLARD, E. F. NIIYAMA AND H. F. TAYLOR, "FLUIDITY OF ALUMINUM," AFS TRANS., VOL.68, 1962, PP.1029-1039. 41. F. M. YARANDI, P. K. ROHATGI AND S. RAY : JOURNAL OF MATERIALS ENGINEERING AND PERFORM ANCE, VOL.2(3), 1993, P.359. 42. P. K. ROHATGI, F. M. YARANDI AND Y. LIU, IN PROCEEDING OF INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON A DVANCES IN CAST REINFORCED METAL COMPOSITE, MATERIALS PARK, OH:ASM INTERNATIONAL PUBL ICATION, 1988, P.249. 43. E. L. KOTZIN : METALCASTER'S REFERENCE AND GUIDE, 1ST EDITION, 1972,P.261. 44. D. J. JEFFREY AND A. ACRIVOS:J. AMER. INST. CHEM. ENG., VOL. 22(3),1976, PP.417-432. 45. C. R. LOPER, JR., "FLUIDITY OF ALUMINUM-SILICON CASTING ALLOYS," AFSTRANS., VOL. 98, 1992, PP.533-538. 46. E. N. PAN AND J. F. HU, "FLUIDITY OF AL-SI(CU) ALLOY AS AFFECTED BY ALLOY SOLIDIFICATI -ON MODE", AFS TRAN., VOL.106, 1998, PP.609-617.