รัตนาภรณ์ วงษ์ทอง : การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการตกผลึก Mg_2Si ของโลหะผสมอะลูมิเนียม 6061 โดยเทคนิค Low-Energy Electron Microscopy (LEEM) (ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING Mg_2Si PRECIPITATION OF 6061 ALUMINIUM ALLOY BY LOW-ENERGY ELECTRON MICROSCOPY TECHNIQUE (LEEM))
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล, 136 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแข็งและโครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมอะลูมิเนียม 6061 หลังผ่านการอบชุบด้วยวิธีการตกผลึก (Precipitation Hardening) โดยในการทดลองได้ใช้การออกแบบแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล โดยกำหนดให้ใช้ปัจจัยที่ใช้ในงานวิจัย 3 ตัวแปร คือ อุณหภูมิอบละลาย (Solution Temperature) เวลาเอจจิง (Aging Time) และอุณหภูมิเอจจิง (Aging Temperature) โดยแต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ ดังนี้ อุณหภูมิอบละลาย (ºC) : 520, 540 และ 560 ; เวลาเอจจิง (ชม.) : 2, 8 และ 14 และอุณหภูมิเอจจิง (ºC) : 175, 200 และ 225 และพิจารณาตัวแปรตามคือค่าความแข็งเท่านั้น จากนั้นวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคและองค์ประกอบทางเคมีด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscope, OM) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM) เทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) เทคนิคเอกซ์เรย์โฟโตอิมิชชันอิเล็กตรอนสเปคโตรสโครปี (X-ray Photoemission Electron Microscopy, X-PEEM) และเทคนิค Low Energy Electron Microscopy (LEEM)

จากการทดลองพบว่าปัจจัยหลักทุกปัจจัยมีผลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นยังมีอิทธิพลร่วมระหว่างสองปัจจัยคือ อุณหภูมิอบละลายกับเวลาเอจจิง อุณหภูมิอบละลายกับอุณหภูมิเอจจิง และเวลาเอจจิงกับอุณหภูมิเอจจิงต่างก็มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งและตัวแปรในสมการให้ลักษณะของเส้นตรงและโมเดลสามารถประมาณค่าความแข็งที่มีค่าผิดพลาดไม่เกิน ± 2.84 BHN ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นอกจากนั้นยังพบว่าค่าความผิดพลาด (Error หรือ Residual) มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

และจากการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscope, OM) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM) เทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) เทคนิค X-PEEM และ LEEM พบว่าโครงสร้างประกอบไปด้วยโลหะเนื้อพื้นเป็นอะลูมิเนียม (α เฟส) ที่มีการกระจายตัวของตะกอน Mg_2Si ทั่ว

เนื้อพื้น (α เฟส) ซึ่งการเกิดตะกอน Mg_2Si ขึ้นกับปัจจัยที่ใช้ในกระบวนการชุบแข็งและพบว่าถ้าใช้อุณหภูมิเอจจิงสูงหรือใช้เวลาเอจจิงนานเกินไปจะส่งผลให้เกิดการละลายตามขอบเกรน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

RATTANAPORN WONGTHONG : ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING Mg_2Si PRECIPITATION OF 6061 ALUMINIUM ALLOY BY LOW-ENERGY ELECTRON MICROSCOPY TECHNIQUE (LEEM). THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PORNSIRI JONGKOL, Ph.D.,136 PP.

ALUMINIUM ALLOY 6061/DESIGN OF EXPERIMENT/ARTIFICIAL AGING

This research investigates effects of factors on hardness of aluminum Al6061 which are treated by precipitation hardening or aging hardening. The 3^3 factorial design is used, and the main factors are solution temperature (520, 540 and 560ºC), aging time (2, 8 and 14 hours), and aging temperature (175, 200, 225ºC). The dependent variable is hardness. Analysis of variance is used to analyze data. The microstructure and chemical property are investigated by using Optical Microscope (OM), Scanning Electron Microscopy (SEM), Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS), (X-ray Photoemission Electron Microscopy, X-PEEM) and Low Energy Electron Microscopy (LEEM).

The results show that all factors affect hardness significantly. Two factor interaction which are found significant include solution temperature and aging time, solution temperature and aging temperature, and aging time and aging temperature. The relation of hardness and factor. The model shows the significant hardness error is less than ± 2.84 BHN, the 95% confidence intervals were attached to the estimates obtained from cases, the residual is normal distribution as follow the hypothesis of analysis of variance. The results of microstructure from Optical Microscope (OM), Scanning Electron Microscopy (SEM), Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS), X-PEEM

and LEEM reveal that Mg_2Si particles are distributed all over aluminum, which depend on precipitation hardening factors. Furthermore, LEEM images indicate a high temperature and long period can cause grain growth.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Industrial Engineering

Academic Year 2019

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____