บทคัดย่อ

โดยทั่วไปแล้วสมบัติทางกลของอะลูมิเนียมผสมซิลิคอนหล่อเกรดไฮโปยูเทคติกถูกควบคุมโดยโครงสร้างทางโลหะวิทยา งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาอิทธิพลของธาตุเออร์เบี่ยม (Er) ต่อโครงสร้างทางโลหะวิทยาและสมบัติทางกล ในอะลูมิเนียมผสมซิลิคอนหล่อเกรดไฮโปยูเทคติก (Al-7Si-0.3Mg) โดยศึกษาลำดับการเกิดโครงสร้างด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ทางความร้อน (Thermal analysis) และเทคนิคการหยุดการเกิดโครงสร้างขณะแข็งตัว (Interrupted solidification) ทำการศึกษาโครงสร้างทางโลหะวิทยา ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical microscope; OM) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM) และการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณด้วยรังสีเอ็กซ์ (Energy-dispersive X-ray; EDS) ผลจากการศึกษาวิจัยพบว่าการเติมธาตุผสมเออร์เบี่ยมลงในอะลูมิเนียมผสมซิลิคอนเกรดไฮโปยูเทคสามารถลดขนาดระยะระหว่างแขนเดนไดร์ตทุติยภูมิ และลดขนาดเกรน ในขณะเดียวกันธาตุเออร์เบี่ยมสามารถปรับสภาพยูเทคติกซิลิคอน จากที่มีลักษณะเป็นแผ่นมีมุมแหลมและมีขนาดใหญ่ให้เป็นลักษณะกลมมลขนาดเล็ก การเติมเออร์เบี่ยมลดการเกิดนิวเคลียสของโครงสร้างยูเทคติกซิลิคอน โดยจะเกิดสารประกอบเชิงโลหะระหว่างเออร์เบี่ยมและฟอสฟอรัส (ErP) แทนการเกิดสารประกอบเชิงโลหะระหว่างอะลูมิเนียมและฟอสฟอรัส (AlP) ที่เป็นนิวเคลียสของโครงสร้างยูเทคติกซิลิคอน ด้วยเหตุนี้ทำให้กลไกการโตของโครงสร้างยูเทคติกเปลี่ยนไป จากที่โตจากสารประกอบเชิงโลหะระหว่างอะลูมิเนียมและฟอสฟอรัสเป็นโตจากผนังแบบหล่อ นอกจากนี้การศึกษาถึงการเสื่อมประสิทธิภาพของเออร์เบี่ยมในการลดขนาดเกรน และปรับโครงสร้างยูเทคติกซิลิคอน พบว่าไม่เกิดเสื่อมประสิทธิภาพของเออร์เบี่ยม การศึกษาถึงสมบัติทางกลพบว่าเออร์เบี่ยมเพิ่มความแข็งแรงทางแรงดึงทั้งในสภาวะหลังการหล่อ (As-cast) และหลังผ่านกระบวนการทางความร้อน (T6) ซึ่งเป็นผลมาจากการที่เออร์เบี่ยมไปปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางโลหะวิทยาของอะลูมิเนียมผสมซิลิคอนหล่อเกรดไฮโปยูเทคติก ให้มีขนาดเกรนที่เล็กละเอียด ลดขนาดระยะระหว่างแขนเดนไดร์ตทุติยภูมิ และปรับโครงสร้างยูเทคติกซิลิคอนให้กลมมลและมีขนาดเล็กลง

คำสำคัญ: การปรับสภาพเกรนละเอียด การปรับสภาพยูเทคติกซิลิคอน ระยะระหว่างแขนเดนไดร์ตทุติยภูมิ อะลูมิเนียมผสมซิลิคอน การเกิดโครงสร้างยูเทคติก ธาตุหายาก

Abstract

The mechanical properties of hypoeutectic Al-Si foundry alloys are generally controlled by their microstructures. The present study was performed to determine the influence of erbium (Er) in Al-7Si-0.3Mg alloys on the microstructures and mechanical properties. The evolution of microstructure was studied by thermal analysis and interrupted solidification technique. Optical microscopy, scanning electron microscope, and energy-dispersive X-ray were employed to characterize the alloy microstructures. The results demonstrated that the addition of Er significantly refined both the secondary dendrite arm spacing (SDAS) and the primary α-Al grain. Simultaneously, Er modified eutectic Si phase from coarse acicular plate-like structures into fine fibrous features. We observed that Er additions strongly suppress the nucleation of eutectic Si due to the preferential formation of ErP instead of AlP. Er additions change the eutectic growth mode from nucleation and growth on AlP particles to the propagation of a defined eutectic front from the mold walls. Moreover, Er addition that was cast for different holding times indicated that there was no fading effect on the SDAS, primary α-Al grain size, and eutectic Si morphology. Importantly, the tensile properties of the Er-modified alloys at as-cast and T6 conditions can be enhanced due to simultaneous refinement both the SDAS and the α-Al grains and modification of the eutectic Si.

Keyword: Grain refinement, Modification, Secondary dendrite arm spacing, Aluminum-silicon alloys, Eutectic solidification, Rare earth