ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาพฤติกรรมการคืบของโลหะอะลูมิเนียมผสมที่ใช้ทำแม่พิมพ์สำหรับฉีดพลาสติก

ผู้เขียน นายสุชาติ จันทรมณีย์

สาขาวิชา วิศวกรรมวัสดุ

ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการนำอะลูมิเนียมผสมความแข็งแรงสูง (High-Strength Aluminum Alloys) มาใช้ทำแม่พิมพ์สำหรับฉีดพลาสติกแทนการใช้เหล็กกล้าและทองแดงผสมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอะลูมิเนียมผสมความแข็งแรงสูงมีข้อดีหลายประการ เช่น มีความแข็งแรงใกล้เคียงกับเหล็กกล้า แต่มีน้ำหนักเบา (ความหนาแน่นต่ำ) นำความร้อนได้ดีกว่า และขึ้นรูปได้ง่ายกว่าเหล็กกล้า อย่างไรก็ตามอะลูมิเนียมผสมมีข้อจำกัดบางประการ เช่น เมื่อถูกนำไปใช้งานที่อุณหภูมิและความเค้นสูง ความแข็งแรงจะลดต่ำลง เกิดการเปลี่ยนรูปแบบพลาสติกตามเวลา หรือเกิดการคืบทำให้แม่พิมพ์เสียรูปทรง ด้วยเหตุนี้จึงเป็นแรงจูงใจที่จะทำการศึกษาวิจัยถึงพฤติกรรมการคืบของโลหะอะลูมิเนียมผสมความแข็งแรงสูง วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการคืบของโลหะอะลูมิเนียมผสมเกรด 7075-T651 การวิจัยมุ่งเน้นศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่สำคัญที่มีต่อพฤติกรรมการคืบ ได้แก่ ความเค้นและอุณหภูมิ กลไกที่ควบคุมพฤติกรรมการคืบ การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างจุลภาคเมื่อเกิดการคืบ ผลการวิจัยนี้อาจนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสม เพื่อการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกคุณภาพสูง สำหรับอุตสาหกรรมพลาสติก

อะลูมิเนียมผสมความแข็งแรงสูง เกรด 7075-T651 ถูกใช้เป็นวัสดุสำหรับงานวิจัยนี้ องค์ประกอบเคมีของอะลูเนียมผสมประกอบด้วย 5.9 wt.% Zn, 2.6 wt.% Mg, 1.7 wt.% Cu และสมดุลด้วย Al ตัวอย่างอะลูมิเนียมผสมที่ได้รับมาเป็นชนิดแผ่น หนา 12.7 มม. ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบสมบัติเชิงกล ซึ่งประกอบด้วย การทดสอบความแข็ง การทดสอบความแข็งแรงดึง และการทดสอบการคืบ และได้ตรวจโครงสร้างจุลภาคของอะลูมิเนียมผสมทั้งก่อนและหลังการทดสอบการคืบ ผลการทดลองพบว่า แผ่นอะลูมิเนียมตามสภาพเดิมที่รับมา (As-Received Plate) มีความแข็ง ความแข็งแรงดึงสูงสุด ความแข็งแรงคราก และความเครียด ณ จุดแตกหัก เท่ากับ 190 HV, 598.4 MPa, 544.7 MPa และ 16.6% ตามลำดับ นอกจากนี้แล้วยังได้ทดสอบความแข็งแรงดึงที่อุณหภูมิสูงในช่วง 100 - 250°C และทดสอบความแข็งแรงดึงโดยใช้อัตราความเครียด (Strain

Rate) ต่างๆ ในช่วง 5.6×10^{-6}- 1×10^{-3} s^{-1} และกำหนดอุณหภูมิคงที่ 150°C พบว่าเมื่ออุณหภูมิทดสอบสูงขึ้น ความแข็งแรงดึงและความแข็งแรงครากจะลดต่ำลง แต่ความเครียดสูงสุด ณ จุดแตกหักเพิ่มสูงขึ้น ความแข็งแรงดึงที่อุณหภูมิ 150°C ลดลงเหลือเพียงประมาณ 50% ของความแข็งแรงดึงที่อุณหภูมิห้อง และเมื่อใช้อัตราความเครียดในการดึงสูงขึ้น ความแข็งแรงดึงจะมีค่าสูงขึ้น

ได้ทำการทดสอบการคืบโดยใช้สภาวะภาระแรงคงที่ (Constant Load Creep Test) ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 100-250°C และความเค้นการคืบระหว่าง 40-400 MPa ผลการทดลองพบว่า พฤติกรรมการคืบของโลหะอะลูมิเนียมผสมเกรด 7075-T651 ในช่วงอุณหภูมิและความเค้นที่ทำการทดสอบ สามารถอธิบายได้ด้วยสมการการคืบแบบกฎยกกำลัง (Power-Law Creep Equation) มีค่ายกกำลังของความเค้น (Stress Exponent, n) เท่ากับ 4.4 และค่าพลังงานกระตุ้นของการคืบ (Activation Energy for Creep, Q_c) เท่ากับ 129 kJ mol^{-1} ซึ่งใกล้เคียงกับค่าพลังงานกระตุ้นของการแพร่ในแลตทิซของอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ (Activation Energy for Lattice Diffusion in Pure Aluminum, Q_o) พฤติกรรมการคืบของโลหะอะลูมิเนียมผสมเกรด 7075-T651 ที่พบในงานวิจัยนี้เหมือนกับพฤติกรรมการคืบของโลหะบริสุทธิ์และโลหะผสมชนิด M (Class M Alloys) ซึ่งกลไกการคืบเกิดจากการไถลและถูกควบคุมโดยการปีนของดิสโลเคชัน (Dislocation Glide and Climb Controlled Mechanism)

Thesis Title	A Study on Creep Behavior of Aluminum Alloy Used for Making Plastic-Injection Mold
Author	Mr.Suchart Chantaramanee
Major Program	Materials Engineering
Academic Year	2005

ABSTRACT

At present, high-strength aluminum alloys have been increasingly used to replace steel and copper alloys for making plastic-injection molds. Since the high-strength aluminum alloys have advantages over steel and copper alloys, for example: they have compatible strength to steels', but lower in weight (density), higher thermal conductivity and better machining ability. However, the aluminum alloys have some limitations when they are used at high temperature and high stress conditions; the strength of the alloys decreases and the alloys plastically deform with time, or creep, leading to a severe shape change of the molds. This problem motivates us to gain insight into the creep behavior of such alloys. The main objective of this research project was to experimentally study creep behavior of 7075-T651 aluminum alloy. The study was focused on the influencing variables, such as stress and temperature, on creep behavior of the alloy, the creep mechanism, as well as the micro-structural changes during creep. The results from this work may have an impact on a suitable mold design and materials selection process for producing high quality injection molds for plastic industry.

High-strength aluminum alloy 7075-T651 was used in this study. The alloy was composed of 5.9 wt. % Zn, 2.6 wt. % Mg 1.7 wt. % Cu and balanced Al. The as-received alloy was plate-like with nominal thickness of 12.7 mm. The experimental works were consisted of mechanical tests, such as hardness test, tensile test and creep test and microstructural examination of the alloy both prior to and after creep test. It was found that the as-received alloy has hardness, ultimate tensile strength, yield strength and elongation at break of 190 HV, 598.4 MPa, 544.7 MPa and 16.6%, respectively. Moreover, tensile tests at elevated temperatures of 100-250°C and at different strain rates of loading of 5.6×10^{-6} - 1×10^{-3} s^{-1} were carried out. It was observed that the ultimate tensile strength and yield strength were decreased with increasing test temperature; in

contrast the elongation at break was increased. At test temperature of 150°C, the ultimate tensile strength of the alloy was decreased to approximately 50% of that at room temperature. As the strain rate of loading was increased the ultimate tensile strength was increased.

Constant load creep tests were performed at temperature range of 100-250°C and creep stress range of 40-400 MPa. The experimental results suggested that creep behavior of 7075-T651 alloy could be demonstrated by a power-law creep equation with stress exponent, n = 4.4 and activation energy for creep, Q_c = 129 kJ mol^{-1} which is closed to the activation energy for lattice diffusion in pure aluminum, Q_o. The creep behavior of 7075-T651 alloy in the present study is the same as that found in pure metals and class M alloys, of which creep is resulted from dislocation glide and climb controlled mechanism.