บทคัดย่อ

เทคโนโลยีการฉีดขึ้นรูปโลหะผง (metal injection moulding, MIM) ถูกนำมาใช้แพร่หลายในการขึ้นรูปชิ้นส่วนยานยนต์ เครื่องมือการแพทย์ และเครื่องประดับ เป็นต้น เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่สามารถผลิตชิ้นส่วนซับซ้อนได้ใกล้เคียงขนาดจริง และช่วยลดปัญหาเศษวัสดุเหลือใช้ แต่ด้วยลักษณะโครงสร้างที่มีความพรุน จึงทำให้ความต้านทานการสึกหรอลดลงภายใต้สภาวะการใช้งานที่แตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาผลกระทบของความพรุนและความเร็วการไถลที่มีต่อพฤติกรรมการสึกหรอของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L ขึ้นรูปด้วยวิธี MIM (ความพรุน 2% และ 6% โดยพื้นที่) และขึ้นรูปด้วยวิธี wrought โดยใช้เครื่องทดสอบแบบ pin-on-disc ชิ้นทดสอบ pin ผลิตจากวัสดุที่ต้องการศึกษา ในขณะที่ชิ้นทดสอบ disc ผลิตจาก wrought 316L การทดสอบการสึกหรอแบบไถลในสภาวะไร้สารหล่อลื่นกระทำในช่วงความเร็วการไถล 0.2-2.0 m/s ที่ภาระกด 1 MPa พื้นผิวการสึกหรอและเศษการสึกหรอถูกวิเคราะห์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสแกนนิง (SEM) และมาตรวัดการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) ผลการศึกษาพบว่า การสึกหรอถูกควบคุมโดยกลไกการสึกหรอแบบหลุดล่อน (delamination wear) ซึ่งเกิดจากการสะสมของรอยร้าวใต้ผิวและขยายตัวกลายเป็นเศษการสึกหรอในลักษณะแผ่น พฤติกรรมการสึกหรอในช่วงความเร็วการไถลต่ำ (0.2-0.6 m/s) ถูกควบคุมโดยกลไกการแนบติด (adhesion) โดยอัตราการสึกหรอลดลงเมื่อความเร็วการไถลเพิ่มขึ้น ในขณะที่พฤติกรรมในช่วงความเร็วการไถลสูง (0.6-2.0 m/s) ได้รับผลกระทบจากความร้อนทำให้วัสดุอ่อนตัวลง ส่งผลให้อัตราการสึกหรอเพิ่มขึ้นและเกิดเป็นกลไกการขัดถู (abrasion) โดยที่ความเร็ว 0.6 m/s แสดงจุดเปลี่ยนกลไกการสึกหรอจากการสึกหรอแบบหลุดล่อนจากการแนบติดกลายเป็นการสึกหรอแบบหลุดล่อนจากการขัดถู การศึกษาผลกระทบของความพรุนของ MIM 316L ต่อการสึกหรอ พบว่า MIM 2% มีความต้านทานการสึกหรอสูงกว่า MIM 6% สำหรับการใช้งานในช่วงความเร็วสูง ในขณะที่การใช้งานในช่วงความเร็วต่ำ อัตราการสึกหรอมีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับ wrought 316L มีความต้านทานการสึกหรอสูงกว่า MIM 316L เนื่องจากมีโครงสร้างจุลภาคที่ต่อเนื่องและมีความแข็งสูงกว่า

Abstract

Metal injection moulding technology (MIM) is widely used to fabricate automotive parts, medical instrument, and jewelry, etc. MIM process can be used in the production of complicated parts with high dimensional accuracy, and can reduce scrap problem. However, the disadvantage of MIM parts is their porosity, which reduces their wear resistance under different tribological conditions. In the present investigation, the effects of porosities and sliding speeds on the wear behaviour of MIM 316L stainless steel (2% and 6% porosity by area) and wrought 316L were studied under self-mating configuration using pin-on-disc apparatus. The dry sliding wear tests were performed with a sliding speed range of 0.2-2.0 m/s and an apparent contact pressure of 1 MPa. Worn surfaces and wear debris were analysed by means of scaning electron microscope (SEM) and X-ray Diffractometer (XRD). For the given conditions, the wear mechanism was dominated by delamination wear, i.e. subsurface crack formation and propagation led to plate-like debris. In detail, wear behaviour in the range of low speed (0.2-0.6 m/s) was controlled by adhesion, which decreased the wear rate. On the other hand, the behaviour in the range of high speed (0.6-2.0 m/s) was affected by thermal softening, which increased the wear rate and resulted in abrasion mechanism. At 0.6 m/s sliding speed, the wear mechanism changed from the adhesion-induced delamination wear to the abrasive induced-delamination. The study on porosity effect of MIM 316L revealed that the wear rate of MIM 316L with porosity of 2% was lower than MIM 316L with porosity of 6% at sliding speed range of 0.6-2.0 m/s. On the other hand, MIM 316L (2% and 6% porosity) exhibited the similar wear rate at low sliding speed range of 0.2-0.6 m/s. Furthermore, wrought 316L showed a better wear resistance than MIM 316L because of its homogeneous microstructure and higher hardness.