วัฒนพร ชนไฮ : การสึกหรอแบบขัดสีชนิดสามวัตถุของเหล็กหล่อเหนียวออสเทมเปอร์ (THREE – BODY ABRASION WEAR OF AUSTEMPERED DUCTILE CAST IRON) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษณีย์ กิตกำธร, 88 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของเวลาในการอบออสเตนิไทซิงที่มีต่อความต้านทานการสึกหรอแบบขัดสี และสมบัติเชิงกลของเหล็กหล่อเหนียวออสเทมเปอร์ การชุบแข็งออสเทมเปอร์ริงในงานวิจัยนี้เริ่มจากการนำเหล็กหล่อเหนียวไปอบออสเตนิไทซิงที่ 900 องศาเซลเซียส ด้วยเวลา 30 60 และ 90 นาที แล้วชุบออสเทมเปอร์ริงที่ 280 และ 360 องศาเซลเซียส ด้วยเวลา 60 90 และ 120 นาที จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้มาตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แสงสะท้อน ตรวจสอบวิเคราะห์หาเฟสออสเตไนต์ที่ปรากฏและวิเคราะห์โครงสร้างเชิงปริมาณโดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ทดสอบความต้านทานการขัดสีด้วยเครื่องทดสอบขัดสีล้อยางตามมาตรฐาน ASTM G65 (ชนิดสามวัตถุ) และตรวจสอบพื้นผิวที่ผ่านการขัดสีด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รวมทั้งทดสอบหาสมบัติทางกลทั่วไป ได้แก่ ความแข็ง และการดูดซับแรงกระแทก ผลการศึกษาพบว่าชิ้นงานที่ผ่านการชุบออสเทมเปอร์ริงมีค่าความแข็ง และความต้านทานการสึกหรอสูงกว่าชิ้นงานในสภาพหลังการหล่อ และค่าความแข็งของเหล็กหล่อเหนียวออสเทมเปอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเวลาอบออสเตนิไทซิงนานขึ้นคือจาก 30 ไปเป็น 60 และ 90 นาที ส่วนเหล็กหล่อเหนียวออสเทมเปอร์ที่อบออสเตนิไทซิงเหมือนกันแต่ชุบออสเทมเปอร์ริงที่อุณหภูมิต่างกันค่าความแข็งมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิชุบออสเทมเปอร์ริงสูงขึ้นจาก 280 ไปเป็น 360 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ความแข็งมีค่าลดลงตามเวลาชุบออสเทมเปอร์ริงนานขึ้นคือจาก 60 ไปเป็น 90 และ 120 นาที เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนเฟสเป็นออสเฟอร์ไรต์มากขึ้นและออสเตไนต์มีเสถียรภาพมากขึ้น ปริมาณมาร์เทนไซต์ลดลง สำหรับปริมาตรการสึกหรอนั้นพบว่ามีค่าลดลงเมื่อใช้เวลาอบออสเตนิไทซิงนานขึ้นคือจาก 30 ไปเป็น 60 และ 90 นาที โดยเหล็กหล่อเหนียวออสเทมเปอร์ที่อบออสเตนิไทซิงสั้นคือ 30 นาที มีปริมาตรการสึกหรอมากที่สุด และพบเฟอร์ไรต์ประเภท Allotriomorph จำนวนมาก ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเวลาการอบออสเตนิไทซิงเพียง 30 นาทีนั้นสั้นเกินไป ปริมาณคาร์บอนในออสเตไนต์รอบๆแกรไฟต์และความสามารถในการชุบแข็งของออสเตไนต์จึงต่ำและไม่สามารถหลีกเลี่ยงการเกิดเฟอร์ไรต์ประเภท Allotriomorph ได้เมื่อชุบลงในเกลือหลอมเหลว เหล็กหล่อเนียวออสเทมเปอร์ในการทดลองนี้ บางชิ้นงานมีความแข็งใกล้เคียงกันแต่มีโครงสร้างจุลภาคต่างกันทำให้มีปริมาตรการสึกหรอที่แตกต่างกันมาก เช่น ชิ้นงานที่ออสเตนิไทซิงที่ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ชุบออสเทมเปอริงที่ 280 องศาเซลเซียส

เป็นเวลา 90 นาที มีโครงสร้างจุลภาคประกอบไปด้วยออสเฟอร์ไรต์และมีบางส่วนที่เป็นเฟอร์ไรต์ประเภท Allotriomorph และมาร์เทนไซต์ ทำให้ปริมาตรการสึกหรอมาก ส่วนชิ้นงานที่อบออสเตนิไทซิงที่ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที ชุบออสเทมเปอริงที่ 280 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาทีนั้นโครงสร้างจุลภาคเกือบทั้งหมดเป็นออสเฟอร์ไรต์จึงปริมาตรการสึกหรอจึงน้อยกว่า นอกจากนี้รูปแบบของพื้นผิวการสึกหรอบนชิ้นงานทดสอบแสดงให้เห็นว่ากลไกการสึกหรอที่เกิดขึ้นเป็นแบบรอยแตก รอยไถ และรอยเฉือน โดยพบว่ารอยแตกมีจุดเริ่มต้นมาจากแกรไฟต์ ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกันทุกชิ้นงานทดสอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมโลหการ ลายมือชื่อนักศึกษา________________________

ปีการศึกษา 2555 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา____________________

WATTANAPORN CHONHAI : THREE – BODY ABRASION WEAR OF AUSTEMPERED DUCTILE CAST IRON. THESIS ADVISOR : ASSP. PROF. USANEE KITKAMTHORN,Ph.D., 89 PP.

AUSTENIZATION/AUSFERRITE/ABRASION WEAR/VOLUME LOSS

The effects of austenitizing time on abrasion wear resistance and mechanical properties of austempered ductile iron was studied. The austempering treatment was carried out by austenitizing at 900 °C for 30, 60 and 90 minutes and then quenching in salt bath at 280 °C and 360 °C for 60, 90 and 120 minutes respectively. The microstructure of austempered specimens were investigated by optical microscope. The quantitative analysis of austenite volume fractions was performed by X – ray diffraction technique. Three – body dry sand/rubber wheel abrasion wear resistance was tested according to the ASTM G65. Scanning electron microscope was also used for worn surface investigation. Mechanical properties including hardness and impact energy were determined. The results showed that the austempered specimens exhibited higher hardness and wear resistance than as – cast specimen. Hardness of austempered ductile iron increased with austenitizing time from 30, 60 to 90 minutes. The hardness tended to decrease when the austempering temperature increased from 280 to 360 °C. Furthermore, the hardness of the specimens which were austenitized at the same condition decreased with austempering time from 60, 90 to 120 minutes. This was due to the higher volume of ausferrite formed and higher stability of austenite. Therefore, the martensite volume fractions decreased with austempering time. The volume losses of specimens were found to decrease with increasing austenitizing time 30, 60 to 90 minutes. The specimens austenitized for 30 minutes

exhibited highest volume loss and lowest hardness value due to the presence of allotriomorph ferrite. Such results indicated that austenitization for 30 minutes was too short. Therefore, austenite exhibited low hardenability and thus allotriomorph ferrite formed during quenching into the molten salt. Inadditions, some of specimens had the same hardness value but the microstructure constituents were different. This resulted in different volume loss values. For example, the microstructure of specimen which was austenitized for 30 minutes and austempered at 280 °C for 90 minutes comprised ausferrite, martensite and some allotriomorph ferrite. The latter microstructure is soft and could cause high volume loss. The specimen which was austenitized for 90 minutes and austempered at 280 °C for 120 minutes has lower volume loss since the microstructure mainly consisted of ausferrite and there is no allotriomorph ferrite in the microstructure. Moreover, three – body abrasive worn surface revealed that the wear mechanisms involved cracking, plowing, and shearing. Cracks were found to initiate in the matrix at the graphite/matrix interface in all of specimens.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Metallurgical Engineering Student's Signature__________________

Academic Year 2010 Advisor's Signature__________________