พฤติกรรมการสึกหรอแบบขัดสีของเหล็กหล่อไฮโปยูเทคติค 16 เปอร์เซ็นต์โดยมวลโครเมียมที่เติมโมลิบดีนัม

นาย พสิษฐ์ อังศุไพฑูรย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551

ABRASION WEAR BEHAVIOR OF HYPOEUTECTIC 16 MASS% CHROMIUM CAST IRON CONTAINING MOLYBDENUM

Mr. Phasit Aungsupaitoon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Metallurgical Engineering

Department of Metallurgical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Thesis Title	ABRASION WEAR BEHAVIOR OF HYPOEUTECTIC 16 MASS% CHROMIUM CAST IRON CONTAINING MOLYBDENUM
By	Mr. Phasit Aungsupaitoon
Field of Study	Metallurgical Engineering
Advisor	Associate Professor Prasonk Sricharoenchai, D.Eng.
Co-Advisor	Professor Yasuhiro Matsubara, D.Eng.

Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

..... Dean of the Faculty of Engineering

(Associate Professor Boonsom Lerdhirunwong, Dr.Ing.)

THESIS COMMITTEE

..... Chairman

(Associate Professor Gobboon Lothongkum, Dr.-Ing.)

..... Advisor

(Associate Professor Prasonk Sricharoenchai, D.Eng.)

..... Co-Advisor

(Professor Yasuhiro Matsubara, D.Eng.)

..... Examiner

(Professor Takateru Umeda, D.Eng.)

..... External Examiner

(Sudsakorn Inthidech, D.Eng.)

พสิษฐ์ อังศุไพฑูรย์ : พฤติกรรมการสึกหรอแบบขัดสีของเหล็กหล่อ ไฮโปยูเทคติค 16 เปอร์เซ็นต์โดยมวลโครเมียม ที่เติมโมลิบดีนัม. (ABRASION WEAR BEHAVIOR OF HYPOEUTECTIC 16 MASS% CHROMIUM CAST RION CONTAINING MOLYBDENUM) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร. ประสงค์ ศรีเจริญชัย, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : Professor Yasuhiro Matsubara , 122 หน้า.

เหล็กหล่อไฮโปยูเทคติค 16 เปอร์เซ็นต์โดยมวลโครเมียมที่เติมและไม่เติมโมลิบดีนัมถูกเตรียมขึ้นมาเพื่อศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอแบบขัดสี หลังจากอบอ่อนเหล็กหล่อถูกชุบแข็งจาก 1323 K และอบคืนตัวที่อุณหภูมิต่างกันสามค่าคือ ก่อน H_{Tmax}, ที่ H_{Tmax} และ หลัง H_{Tmax} วัดความต้านทานการสึกหรอแบบขัดสีโดยการทดสอบการสึกหรอแบบขัดสี Suga (SAT) และการทดสอบการสึกหรอแบบขัดสีด้วยล้อยาง (RWAT)

กราฟความแข็งในสภาพอบคืนตัวแสดง Secondary hardening เนื่องจากการตกตะกอนของคาร์ไบด์ทุติยภูมิ และการเปลี่ยนเฟสของออสเตนไนท์ที่เหลือค้างหลังการชุบแข็งเป็นมาร์เทนไซท์ ดีกรีของ Secondary hardening ของชิ้นงานที่ผสมโมลิบดีนัมมีค่าสูง สัดส่วนโดยปริมาตรของออสเตนไนท์เหลือค้าง (V_γ) ลดลงมากเมื่ออุณหภูมิอบคืนตัวเพิ่มขึ้น และค่า V_γ ของชิ้นงานที่มีค่าความแข็งสูงสุดมีค่าต่ำกว่า 6 เปอร์เซ็นต์

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่สูญเสียและระยะทางเป็นเส้นตรง อัตราการสึกหรอ (R_w) ต่ำที่สุดเกิดขึ้นในชิ้นงานที่ H_{Tmax} สำหรับ SAT และในชิ้นงานชุบแข็งสำหรับ RWAT ค่า R_w สูงที่สุดเกิดขึ้นในชิ้นงานที่หลัง H_{Tmax} ในเงื่อนไขเดียวกันของกรรมวิธีทางความร้อน ค่า R_w ของ SAT มีค่าสูงกว่าของ RWAT มาก ค่า R_w มีค่าสูงขึ้นตามน้ำหนักที่สูญเสียที่เพิ่มขึ้น และลดลงตามความแข็งมาโครที่เพิ่มขึ้น โดยค่า R_w ต่ำที่สุดของ SAT ปรากฏที่ปริมาณ V_γ 15 เปอร์เซ็นต์และของ RWAT ปรากฏที่ปริมาณ V_γ 10 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ใน SAT ค่า R_w ลดลงตามปริมาณโมลิบดีนัมที่เพิ่มขึ้นและค่า R_w ต่ำสุดของแต่ละส่วนผสมปรากฏที่ค่า V_γ สูงขึ้นตามปริมาณโมลิบดีนัมที่เพิ่มขึ้นและปริมาณ V_γ ที่ปรากฏค่า R_w ต่ำที่สุดเลื่อนไปฝั่งที่ V_γ มีค่าสูง ใน RWAT ค่า R_w ไม่แสดงความแตกต่างอย่างชัดเจน การเพิ่มอัตราการเย็นตัวโดยชุบแข็งในน้ำมันเพิ่มความต้านทานการสึกหรอแบบขัดสีโดยการชุบแข็งอย่างสมบูรณ์

กลไกการสึกหรอระหว่างการทดสอบระหว่าง SAT กับ RWAT ค่อนข้างแตกต่างกัน ใน SAT บริเวณเนื้อพื้นถูกขูดและหลุดออกมากกว่ายูเทคติคคาร์ไบด์ในช่วงแรก เมื่อปรากฏการณ์นี้ดำเนินต่อไปรอยแตกเริ่มเกิดที่ยูเทคติคคาร์ไบด์ จึงทำให้คาร์ไบด์หลุดออกจากผิวชิ้นงาน ใน RWAT ผิวที่ค่อนข้างเรียบในช่วงแรกของการสึกหรอ เมื่อการสึกหรอดำเนินต่อไปผิวขรุขระจากการสึกหรอจากตัวขัดสี เนื้อพื้นถูกขูดมากกว่าบริเวณยูเทคติค จากนั้นบริเวณยูเทคติคใต้ผิวที่สึกหรอจึงหลุดไป

ภาควิชา วิศวกรรมโลหการ ลายมือชื่อนิสิต พสิษฐ์ อังศุไพฑูรย์

สาขาวิชา วิศวกรรมโลหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2551 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม Y. Matsubara

4970791121 : MAJOR METALLURGICAL ENGINEERING

KEY WORD : HYPOEUTECTIC 16% CHROMIUM CAST IRON / HEAT TREATMENT / MOLYBDINUM EFFECT / ABRASION WEAR TEST / WEAR MECHANISM

PHASIT AUNGSUPAITOON : ABRASION WEAR BEHAVIOR OF HYPOEUTECTIC 16 MASS% CHROMIUM CAST IRON CONTAINING MOLYBDINUM. ADVISOR : ASSOC. PROF. PRASONK SRICHAREONCHAI, CO-ADVISOR :PROF. YASUHIRO MATSUBARA, 122 pp.

Hypoeutectic 16 mass%Cr cast irons without and with Mo were prepared in order to investigate the abrasion wear behavior. After annealing, the cast irons were hardened from 1323 K and tempered at three levels of temperatures, before H_{Tmax} (B-H_{Tmax}), at H_{Tmax} and over H_{Tmax} (O-H_{Tmax}). The abrasion wear resistance was evaluated using Suga abrasion wear test (SAT) and Rubber wheel abrasion wear test (RWAT).

In the tempered state, hardness curve showed a secondary hardening due to the precipitation of secondary carbides and the transformation of destabilized austenite retained after hardening into martensite. The degree of secondary hardening was high in Mo containing specimen. The volume fraction of retained austenite (V_γ) decreased remarkably as the tempering temperature was increased. The V_γ value at H_{Tmax} was less than 6%.

A linear relation was obtained between wear loss and wear distance. The lowest wear rate (R_W) was obtained in the H_{Tmax} specimen for SAT and in the as-hardened (As-H) specimen for RWAT. The highest R_W was obtained in the O-H_{Tmax} specimen. Under the same heat treatment condition, the R_W in SAT was much larger than that in RWAT. The R_W increased proportionally with an increase in the applied load and it decreased with an increase in the macro-hardness. The lowest R_W seems to be obtained in the specimen with certain amount of retained austenite, 15%V_γ for SAT and 10 to 15%V_γ for RWAT, respectively. In SAT, the R_W was lowered with increasing of Mo content, and the V_γ at the lowest R_W shifted to the high V_γ side. In RWAT, however, the R_W did not show a clear difference. An increase of cooling rate in the hardening by oil quench leaded to improve the wear resistance due to the perfect hardening.

The wear mechanism was quite different between SAT and RWAT. In SAT, at the early state, the matrix was preferably cut off or worn and removed more than the eutectic carbides. After this phenomenon continued, cracks occurred in the eutectic carbides and resultantly, spalling of carbides could take place. In RWAT, the surface was quite smooth at the beginning of wear. When wearing proceeded, the surface got uneven by wearing with abrasives. At this point, the primary matrix was worn more than the eutectic region. Then the eutectic areas projected from the worn surface were taken away.

Department : Metallurgical Engineering Student's Signature : พชร อังศุไพบูลย์

Field of Study : Metallurgical Engineering Advisor's Signature : Prasonk Sricharoenchai

Academic Year : 2008 Co-Advisor's Signature : Y. Matsubara

Acknowledgement

This research for the Master's thesis on "Abrasion Wear Behavior of Hypoeutectic 16 mass% Cr Cast Iron containing Molybdenum" was carried out at Cast Metals Laboratory in Kurume National College of Technology (KNCT) under orientation of Professor Y. Matsubara and Associate Professor P. Sricharoenchai. I wish to thank Professor Y. Matsubara for his continuous and patient guidance, Professor N. Sasaguri for his appropriate advice while I was working for my experiments and also Dr. K. Yamamoto for his heartfelt guidance of Japanese daily life. In addition, I appreciate Mr. K. Nanjo, technician, for his lessons on the directions for the use of experimental equipment.

My acknowledgements and appreciations are also conveyed to the faculty of members of the Department of Materials Science and Metallurgical Engineering, KNCT, for their encouraging me. In addition, I wish to express my appreciation to KAWARA STEEL WORKS Co., Ltd. for the production of test specimens, ISOBE IRON WORKS Co., Ltd. and THAI PARKERIZING Co., Ltd. for the experimental devices.

Again, I would like to thank Professor Matsubara for the financial support for my staying expends from his research fund and NETUREN Co., Ltd and TAIYO MACHINERY Co., Ltd. for establishing my scholarship without interruption.

Finally, I would like to thank Associate Professor P. Sricharoenchai for his thoughtful suggestion to study aboard and his right comments to complete this thesis. Besides, I am grateful to Dr. S. Inthidech for providing sufficient time to summarize this thesis.

Contents

Page

Page

List of Tables

List of Figures