

การวิเคราะห์การชำรุดของกล่องเกียร์เครื่องจักรโม่ถ่านโดยการตรวจสอบลักษณะอนุภาคในสารหล่อลื่น

Damage Analysis of Coal Crusher Gear Box by Particle Characteristics Inspection in Lubricant

วิวรรธน์ อธิวัชรรัตน์^{*1}, รศ. ตะวัน สุจริตกุล¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
จ.เชียงใหม่ 51000

* ติดต่อ: E-mail : wiwath.i@egat.co.th , โทรศัพท์: 0801515978

บทคัดย่อ

กล่องเกียร์ขนาด 200 กิโลวัตต์ ใช้ขับเคลื่อนโม่ถ่านในเหมืองแม่เมาะ เพื่อลดขนาดถ่านลงก่อนส่งให้โรงไฟฟ้าใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า จากการศึกษาพบเศษโลหะขนาดใหญ่กว่า 100 ไมโครเมตร ในสารหล่อลื่น จากการวิเคราะห์รูปร่างลักษณะเศษโลหะด้วยวิธีเฟอร์โรกราฟฟิกส์ ไม่พบรูปแบบยึดติดหรือการเปลี่ยนสีจากความร้อนซึ่งเป็นสาเหตุจากความบกพร่องของการสร้างฟิล์มของสารหล่อลื่น แต่ลักษณะที่พบเป็นรูปแบบที่เกิดจากความล้าสมกับการครูดตัวกับวัสดุลักษณะหนึ่งวัดถูกกับสองระนาบที่มาจากส่วนประกอบภายในเฟืองเกียร์ เนื่องมาจากการรับภาระผิดปกติ, การผิดพลาดจากการติดตั้ง ส่งผลให้เศษโลหะที่หลุดออกมาเข้าไปแทรกในช่องว่างของจุดสัมผัสเฟืองหรือแบริง ทำให้มีการขูดผิวให้หลุดออกมาอย่างต่อเนื่องจนการชำรุดรุนแรงจนถึงระดับที่ต้องมีการหยุดเครื่องจักรเพื่อทำการเปลี่ยนกล่องเกียร์ใหม่ แต่ทั้งนี้ความเสียหายนั้นมิได้เกิดเพียงเฉพาะค่าอะไหล่หรือค่าแรงเท่านั้นยังรวมไปถึงค่าเสียโอกาสในการโม่ถ่านและส่งถ่านให้โรงไฟฟ้าซึ่งคิดเป็นมูลค่ามากกว่า 10 ล้านบาทต่อครั้ง จากการวิเคราะห์เศษอนุภาคโลหะที่อยู่ในสารหล่อลื่นสามารถชี้บ่งความรุนแรงของปัญหา, แหล่งที่มา การวินิจฉัยถึงสาเหตุ และดำเนินการในลำดับต่อไป ตรวจสอบถึงสาเหตุโดยการตรวจวัดกระแสมอเตอร์, แรงดันระบบ Hydraulic, การเยื้องแนวของเฟืองในกล่องเกียร์, ตรวจสอบสภาพผิวของเป้าหมายเพื่อยืนยันแหล่งที่มา, เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาหาวิธีป้องกันที่เหมาะสมโดยการคำนวณเพื่อตรวจสอบว่าการออกแบบนั้นเหมาะสมเพียงพอต่อการใช้งานหรือไม่ เพื่อป้องกันมิให้เกิดการชำรุดที่รุนแรงและลดค่าใช้จ่าย ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้

คำหลัก: กล่องเกียร์, เครื่องจักรโม่ถ่าน, เศษอนุภาค

Abstract

A 200 kW electric motor is used to drive a coal roller crusher through a speed reduction gearbox. The crusher is used to reduce the coal size before it is sent to the steam boiler for electricity production. Analysis of lubricant sample taken from the gearbox shows the existence of metal particle with size larger than 100 micrometers which indicates abnormal wear in the machine. Using ferrographic technique, it was found that the particles do not have the characteristic of abrasive wear and show no sign of color change due to excessive heat generation. With the absent of above mentioned conditions, it can be concluded that lubrication failure is not the cause of the excessive wear. Further examination shows that the wear particles have characteristic of fatigue wear and

scraping ware. From this evident, it appears that repeated excessive load caused pitting of the gear or bearing surfaces and the hard particle released by the pitting gets trapped between moving parts and caused scraping ware which finally caused the gearbox failure. The damage of the gearbox finally cause stoppage of electricity production and the cost of production stoppage can run in to millions of Baht. Ongoing investigations on motor current, hydraulic pressure, and gear alignment is being performed to find the cause of the overload that in turn cause the excessive ware so preventive measures or design alterations can be done to prevent further financial loss to the power plant.

Keywords: gearbox , Crusher , metal Particles

1. บทนำ

กฟผ.เหมืองแม่เมาะ มีภาระกิจหลักคือการเปิดหน้าดินและทำการขุดขนถ่านเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงที่มีราคาต่ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับโรงไฟฟ้าแม่เมาะซึ่งเป็นแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าหลักของประเทศไทย กฟผ.โดยเหมืองแม่เมาะได้ทำการขุดขนถ่านจำนวน 15-17 ล้านตันต่อปี เพื่อส่งให้โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จำนวน 10 หน่วย กำลังผลิตไฟฟ้า 2400 เมกะวัตต์ ซึ่งจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังจังหวัดต่าง ๆ ทั้งภาคเหนือ เชื่อมต่อไปยังภาคกลาง จนถึงกรุงเทพมหานคร และเชื่อมโยงกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วย โดยกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ปัจจุบันคิดเป็นประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังผลิตของทั้งประเทศการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ได้ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งการขุดขนจากบริเวณพื้นที่การทำเหมืองต้องมีการลดขนาดของถ่านจากขนาด 1-2 เมตร ลดขนาดลงเหลือ 0.3*0.3 เมตรเพื่อให้สามารถขนถ่ายและลำเลียงผ่านสายพานได้ โดยใช้เครื่องจักรม่ถ่าน (Crusher) ซึ่งมีความสามารถในการม่ 1,500 ตัน -1,750 ตัน/ชั่วโมง เป็นหลักในการดำเนินการ และที่เครื่องม่ถ่านนี้ได้มีการใช้กลองเกียร์ ขนาด 200 กิโลวัตต์ ในการหมุนลูกม่ (ที่มีฟันโดยรอบยื่นออกจากแกนกลาง) เพื่อลดขนาดของถ่านลงให้ได้ขนาดตามความต้องการ ซึ่งโดยรวมเครื่องจักรม่ถ่าน - ส่งถ่าน ของเหมืองแม่เมาะนั้นมีการใช้กลองเกียร์ทั้งสิ้น 74 ชุด โดยมีขนาดต่างกันไปตามกำลังการใช้งาน บางครั้งหากพบว่ามีชิ้นส่วนโลหะขนาดเล็กหลุดมาจาก

ส่วนที่สำคัญเช่นแบร็งอันเนื่องมาจากการรับภาระเปลี่ยนแปลงเกินกว่าการออกแบบ หรือจากความสามารถในการสร้างฟิล์มรับแรงไม่เพียงพอของสารหล่อลื่น ส่งผลให้มีเศษโลหะที่มีความแข็งมากกว่า 65 HRC (Hardness Rockwell C) เข้าไปอยู่ระหว่างช่องว่างจุดสัมผัสเพื่อหรือแบร็งทำให้มีการขูดผิวออกมาอย่างต่อเนื่องจนการชำรุดรุนแรงจนถึงระดับที่ต้องมีการหยุดเครื่องจักรกะทันหัน เพื่อทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ แต่ทั้งนี้ความเสียหายนั้นมิได้เกิดเพียงเฉพาะค่าอะไหล่หรือค่าแรงเท่านั้นยังรวมไปถึงค่าเสียโอกาสในการม่ถ่านและส่งถ่าน ซึ่งคิดเป็นมูลค่า 25.44 ล้านบาทต่อครั้ง (530บาทต่อตัน x 1500ตันต่อชั่วโมง x 16ชั่วโมงต่อวัน x 2วัน)

ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันและแก้ไขปัญหาตั้งแต่ต้นเหตุและป้องกันการชำรุดที่รุนแรงจะต้องมีการใช้เทคนิคและวิธีการติดตามสภาพการสึกหรอของชิ้นส่วนภายในกลองเกียร์โดยการตรวจสอบ วิเคราะห์เศษอนุภาคโลหะที่อยู่ในสารหล่อลื่นซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมกับสภาพการติดตามการใช้งานในเหมืองแม่เมาะ โดยในการระบุถึง ความรุนแรงของปัญหาของการวิเคราะห์เศษโลหะคือ ปริมาณและขนาด (Abnormal Wear Debris Quantity & Abnormal Wear Particle Size) และการวินิจฉัยถึงสาเหตุหรือแหล่งที่มาของปัญหา (Wear Debris Analysis for Diagnosis) ประเภทของเศษอนุภาคดังกล่าวซึ่งมีแนวทางในการดำเนินการโดย การนำเอาวิธี Ferrographic Analysis มาใช้ติดตามและวิเคราะห์สาเหตุในงานวิจัยนี้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์โลหะด้วยวิธีเฟอร์โรกราฟี (AF: Analytical Ferrography) เป็นวิธีการวินิจฉัยปัญหาโดยการนำเอาเศษเหล็กมาศึกษาลักษณะรูปร่างหรือรูปพรรณสัณฐาน โดยนำเศษโลหะมาเกาะบนแผ่นสไลด์โดยใช้แม่เหล็กถาวรกำลังสูง แผ่นสไลด์ที่ได้เรียกว่า “เฟอร์โรแกรม” หรือการนำเอากระดาษกรองละเอียดใช้กรองเศษโลหะโดยเรียกแผ่นกระดาษกรองว่า “ฟิลเตอร์แกรม” ในการศึกษารูปร่าง, สี, ลักษณะผิว, ลักษณะขอบ, อัตราส่วนความยาวต่อความหนา, ขนาด, ปริมาณเศษโลหะจากการสึกหรอ จะสามารถทำให้ทราบถึงระดับความรุนแรงกลไกของการเกิดการสึกหรอและรากสาเหตุของปัญหาในการสึกหรอโดยสามารถแยกออกได้ดังนี้

2.1 การสึกหรอปกติ

2.2 การขูดขีด

2.3 การล้าตัว

2.4 การยึดติด

2.5 การกัดกร่อน

การแสดงผลภาพถ่ายของเศษโลหะเพื่อแสดงลักษณะของเศษอนุภาคใช้ในการสรุปสาเหตุและแนวทางในการแก้ไขปัญหาการเพิ่มขึ้นของเศษโลหะในระบบของเครื่องจักรโดยสาเหตุมาจาก

2.1 การเพิ่มขึ้นของภาระอันเนื่องจากการเร่งผลิตหรือเพิ่มระยะเวลาในการทำงานของเครื่องจักร

2.2 การถ่ายทอดแรงทางกลผิดปกติเช่นการเอียงศูนย์, การไม่สมของดุลย์มวล, การหลวมคลอนของอุปกรณ์ทำงาน

ซึ่งการนำการวิเคราะห์เฟอร์โรกราฟีนำมาเชื่อมโยงกับข้อมูลทดสอบการเสื่อมสภาพของน้ำมัน, การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน, ผลการตรวจสอบผลการใช้ภาพถ่ายทางความร้อน มาร่วมกันจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำในการวิเคราะห์การสึกหรอของเครื่องจักรก่อน

การเกิดการชำรุดที่รุนแรงโดยสามารถหาที่มาของปัญหามีให้เกิดการชำรุดซ้ำอีก

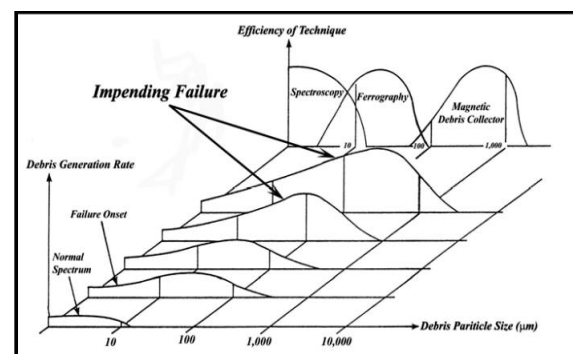


ภาพที่ 1 รูปแบบของโลหะที่พบโดยทั่วไปภายในกล่องเกียร์แบ่งระดับความเสียหายจากขนาดของเศษโลหะเป็น 4 ระดับ

1. Fine = ขนาดน้อยกว่า 5 ไมโครเมตร
2. Small = ขนาดน้อยกว่า 25 ไมโครเมตร
3. Medium = ขนาด 25 – 60 ไมโครเมตร
4. Large = ขนาดมากกว่า 60 ไมโครเมตร



ภาพที่ 2 กล้องไมโครสโคป 200 - 800 x และอุปกรณ์เก็บภาพ



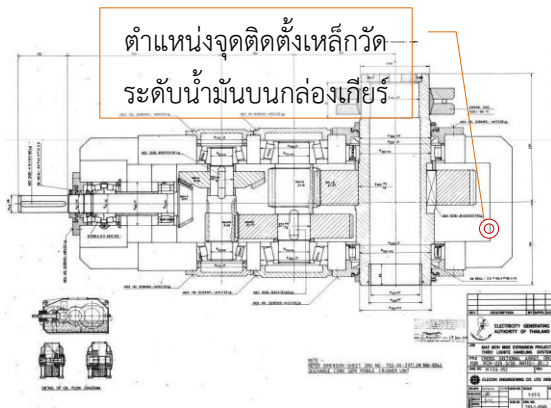
ภาพที่ 3 ขนาดของเศษโลหะและระดับความรุนแรง

3. สถานที่ดำเนินการเก็บข้อมูลในงานวิจัย

โดยใช้วิธีการติดตามที่กล่องเกียร์ขับเคลื่อนด้านซ้ายมือซึ่งเลือกใช้เครื่องจักรไม่ถ่านหมายเลข 3 ที่ติดตั้งภายในพื้นที่การทำเหมืองของเหมืองแม่เมาะ



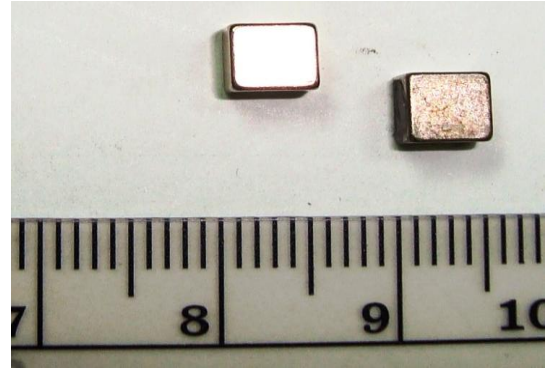
ภาพที่ 4 เครื่องจักรไม่ถ่านหมายเลข 3 เหมืองแม่เมาะ



ภาพที่ 5 ภาพตัดของกล่องเกียร์

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ใช้วิธีการติดตามโดยใช้แม่เหล็กติดที่ปลายเหล็กวัดระดับน้ำมันหล่อลื่นด้านท้ายของกล่องเกียร์และเคลื่อนด้วยอ็อกซีเรชั่นคล้ายหยดน้ำพร้อมเก็บตัวอย่างทุก 100 ชั่วโมงเพื่อนำมาส่งตรวจสอบลักษณะรูปร่างด้วยกล้องไมโครสโคป

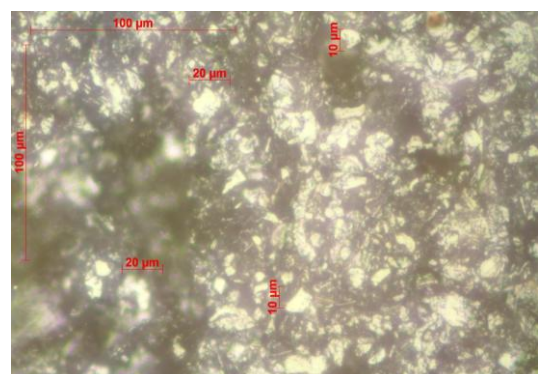


ภาพที่ 6 แม่เหล็กที่ใช้ดำเนินการเก็บเศษโลหะจากกล่องเกียร์

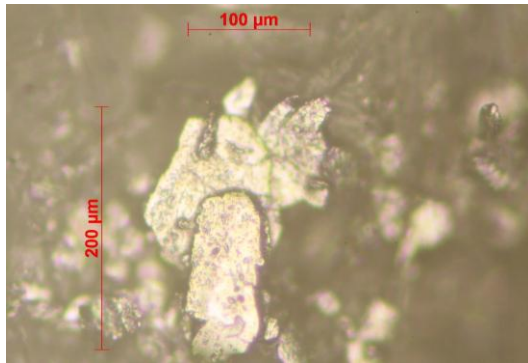
การเปรียบเทียบและแยกรูปแบบความเสียหายของเศษโลหะโดยใช้วิธีการเทียบจาก Particle Atlas และสามารถชี้บ่งถึงแหล่งที่มาได้จากความแตกต่างของลักษณะของเศษอนุภาคโลหะโดยนำตัวอย่างจากแหล่งและทำการตรวจสอบเพื่อเปรียบเทียบว่ามาจากที่ใด



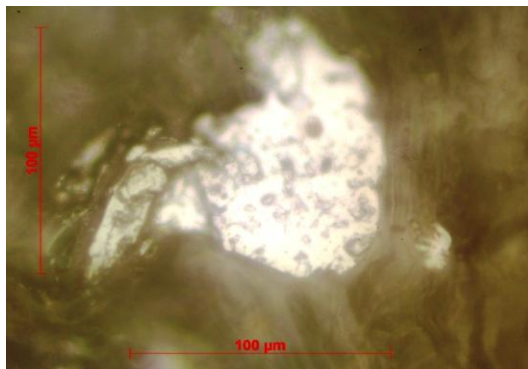
ภาพที่ 7,8,9 ภาพตัวอย่างของเศษอนุภาคโลหะจาก Gear(7), Race way Bearing(8), Roller Bearing(9) ที่ติดตั้งภายในกล่องเกียร์ซึ่งจำนวนเศษโลหะที่พบและมีขนาดใหญ่มาจาก Gear



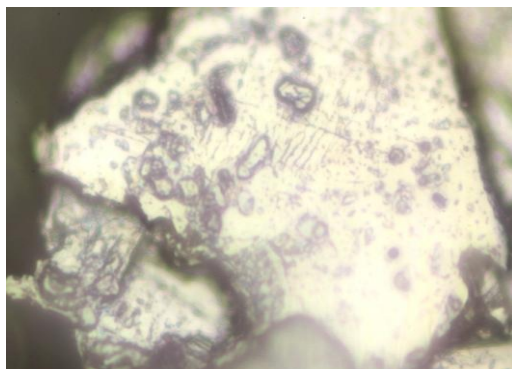
ภาพที่ 10 เศษโลหะที่ได้จากแม่เหล็กในกล่องเกียร์ มีผสมระหว่าง Normal Wear & fatigue Wear มีขนาดน้อยกว่า 20 ไมโครเมตร



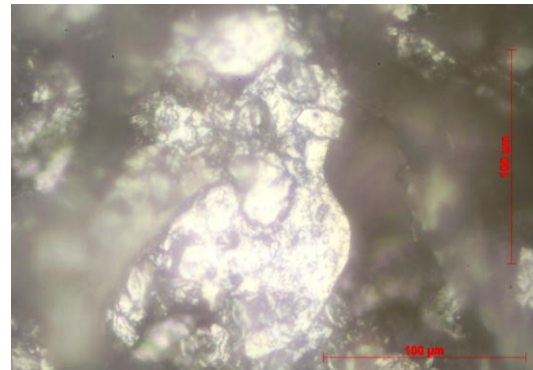
ภาพที่ 11 เศษโลหะที่ได้จากแม่เหล็กในกล่องเกียร์
ขนาด 200*100 ไมโครเมตร จากการเกิด Fatigue
Wear



ภาพที่ 12 เศษโลหะที่ได้จากแม่เหล็กในกล่องเกียร์
ขนาด 100 ไมโครเมตรจากการเกิด Fatigue Wear



ภาพที่ 13 เศษโลหะที่ได้จากแม่เหล็กในกล่องเกียร์
เกิด Fatigue Wear & Cutting wear & Sliding Wear



ภาพที่ 14 รูปเศษโลหะที่พบในกล่องเกียร์ Fatigue
Wear

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยที่นำเสนอได้แสดงถึงการวิเคราะห์เศษโลหะที่ได้เก็บมาจากกล่องเกียร์และได้ทราบรูปร่างลักษณะและสาเหตุจากการหลุดออกมาของเศษโลหะนี้ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยทั้งหมด และทางผู้วิจัยจะได้นำผลวิเคราะห์ข้อมูลไปค้นหาสาเหตุและแนวทางในการป้องกันรวมกับการตรวจสอบ Design ของเฟืองเกียร์ว่าความแข็งแรงที่ใช้งานในปัจจุบันเป็นเหตุที่ส่งผลให้เกิดการหลุดออกมาของเศษโลหะที่พบหรือไม่

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้หากดำเนินการใช้กับงานในเหมืองแม่เมาะจะสามารถลดค่าใช้จ่ายทั้งทางตรงและทางอ้อมให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าทั่วประเทศ และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งผู้ทำการวิจัยขอขอบพระคุณ โครงการร่วมมือของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตและมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้โอกาสในการศึกษา รวมถึงอาจารย์ที่ปรึกษา (รศ. ตะวัน สุจริตกุล) ที่ให้การสนับสนุนในงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Brian J.Roylance (1999) Wear Debris Analysis. Machine & Systems Condition Monitoring Series, Coxmoor Publishing Company's
- [2] N.K. Myshkin, A.Ya. Grigoriev(2008), Morphology: Texture, Shape, and Color of Friction Surfaces

and Wear Debris in Tribodiagnostics Problems .
Journal of Friction and Wear, 2008, Vol. 29, No.
3, pp. 192–199

[3] รศ.ดร.สุรพล ราชภูริบุญ. การวิเคราะห์สารหล่อลื่นใช้
แล้วเพื่อการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์และการบำรุงรักษา
เชิงรุก. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร
เหนือ, 2549.

[4] พงษ์เฝ้า กลัดเนียม. การวิเคราะห์ลักษณะของเศษ
โลหะในจารบีใช้แล้ว เพื่อช่วยในการติดตามสภาพร่องลื่น
แบบกลิ้ง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต.
วิศวกรรมการผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระ
นครเหนือ, 2546

[5] A.A. Torrance , et al. (1996). An additive's
influence on the pitting and wear of ball
bearing, *Wear* 192: 66-73