

เทคนิคที่นำไปสู่การซ่อมบำรุงตามสภาพ (Technical Approach to Condition Based Maintenance)

นาวาโท รัฐนิษฐ์ เมธีวัชรพัฒน์

นายช่างแผนกออกแบบเครื่องกล กองออกแบบกลจักร กรมแผนการช่าง กรมอุทการเรือ

2 ถนนอรุณอมรินทร์ เขตบางกอกน้อย กรุงเทพฯ 10700

โทร. 0 2475 4261 โทรสาร 0 2475 4260 E-mail : m.ratthanin@yahoo.com

บทคัดย่อ

โดยปกติก่อนที่เครื่องจักรกลจะชำรุดเสียหาย มักจะมีสิ่งบอกร่องเหตุเกิดขึ้นสามารถสัมผัสหรือรู้สึกได้ล่วงหน้าเกี่ยวกับสภาพของเครื่องจักรกลหากผู้ใช้หรือผู้ดูแลเครื่องจักรกลปล่อยปละละเลยไม่ตรวจสอบแก้ไข ย่อมเป็นที่แน่นอนว่าเครื่องจักรกลนั้นจะต้องชำรุดเสียหายอย่างแน่นอน การรอนจนกระทั่งให้ถึงจุดที่เราสัมผัสหรือรู้สึกได้ถึงสิ่งผิดปกติของเครื่องจักรกลแล้วนั้น ย่อมหมายความว่าเครื่องจักรกลนั้นเกิดการชำรุดหรือสึกหรอแล้ว ดังนั้นถ้าผู้ใช้หรือผู้ดูแลเครื่องจักรกลสามารถระบุ หรือวินิจฉัยสภาพของเครื่องจักรกลได้เป็นระยะ ๆ ก่อนที่เครื่องจักรกลจะเกิดอาการผิดปกติ ก็จะทำให้ผู้ใช้หรือผู้ดูแลเกิดความเชื่อมั่นได้ว่าเครื่องจักรกลที่ใช้อยู่ในนั้นจะไม่เกิดการชำรุดเสียหายในขณะที่ใช้งานหรือสามารถวางแผนในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลได้

การซ่อมบำรุงตามสภาพ (Condition Based Maintenance; CBM) ถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลลง ในขณะที่ความพร้อมใช้งานและความน่าเชื่อถือในการใช้งานของเครื่องจักรกลยังคงมีอยู่หรือมีเพิ่มมากขึ้น โดยอาศัยเทคโนโลยี อาทิ Wear Debris Analysis, Non-Destructive Testing และ Vibration Analysis เป็นต้น ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรกลมาใช้ในการตรวจสอบและวิเคราะห์สภาพทางกายภาพของเครื่องจักรกล ทั้งในขณะที่เครื่องจักรกลทำงานและไม่ทำงาน เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์สภาพและแนวโน้มการชำรุดเสียหายของเครื่องจักรกล ทำให้ทราบสภาพที่แท้จริงของเครื่องจักรกล ซึ่งจะช่วยให้สามารถป้องกันการชำรุดเสียหายของเครื่องจักรกลที่จะเกิดขึ้นได้ก่อนเวลาดังนั้นการกำหนดแผนในการซ่อมบำรุง และการจัดเตรียมอะไหล่และอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุง จึงสามารถทำได้เหมาะสมก่อนล่วงหน้า นอกจากนี้การทราบสภาพของเครื่องจักรกลว่าจะมีแนวโน้มการชำรุดเสียหายเมื่อใดนั้น จะทำให้สามารถกำหนดแผนการซ่อมบำรุงสอดคล้องกับแผนการใช้งานเครื่องจักรกล เพื่อว่าช่วงเวลาของการใช้งานเครื่องจักรกลจะได้ไม่สูญเสียไป ด้วยปรัชญาการซ่อมบำรุงแบบนี้ จะทำให้เครื่องจักรกลมีความพร้อมใช้งานที่สูง และสิ่งที่ตามมาคือ Downtime ของเครื่องจักรกลและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงโดยรวมลดลง

บทนำ

การซ่อมบำรุงเครื่องจักรกล มีวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของการปฏิบัติเพื่อให้เครื่องจักรกลที่ใช้ มีสภาพที่มีความพร้อมใช้งานที่ดี มีความน่าเชื่อถือในการใช้งาน และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานคุ้มค่า หรือเกินกว่าค่าของการลงทุนจัดหาเครื่องจักรกลนั้น ๆ มาใช้งาน ดังนั้นความพร้อมใช้งาน (Operational Availability) และความน่าเชื่อถือในการใช้งาน (Operational Reliability) จึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการซ่อมบำรุง (Maintenance) กล่าวคือหากเครื่องจักรกลได้รับการซ่อมบำรุงที่มีประสิทธิภาพแล้ว จะส่งผลให้เครื่องจักรกลนั้นมีความพร้อมใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพได้เป็นระยะเวลาอันยาวนาน และมีความน่าเชื่อถือในการใช้งาน

การดำเนินการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกล เพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายดังกล่าวมานั้น เป็นเรื่องยาก เนื่องจากความซับซ้อนของเครื่องจักรกลต่าง ๆ ที่มักก่อให้เกิดข้อขัดข้องในการดำเนินการซ่อมบำรุง เช่น เมื่อเปิดเครื่องจักรกลทำการซ่อมแล้วพบว่ามีส่วนประกอบอื่นของเครื่องชำรุดเสียหายเพิ่มขึ้นมาจากที่ได้เตรียมการไว้ก็จะต้องจัดหาอะไหล่เพิ่มเติมเพื่อการซ่อมทำ ซึ่งจะทำให้เกิดการล่าช้าและต้องเลื่อนระยะเวลาการซ่อมทำเครื่องจักรกลให้แล้วเสร็จออกไป ทำให้การใช้เวลาซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลเกินระยะเวลาที่กำหนดไว้ตามแผน ส่งผลกระทบต่อแผนการใช้งานของเครื่องจักรกลของผู้ใช้อีกด้วย ดังนั้นหากสามารถดำเนินการใด ๆ ที่จะคาดการณ์ล่วงหน้าได้ว่าเครื่องจักรกลนั้น จะเกิดการชำรุดเสียหาย หรือควรต้องเข้ารับการซ่อมบำรุง หรือ เปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่เมื่อใดแล้ว จะทำให้สามารถเตรียมการในเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ระยะเวลาการซ่อมบำรุงลดลง และจะทำให้เครื่องจักรกลมีความพร้อมและมีความน่าเชื่อถือในการใช้งาน ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้เกิดความมั่นใจในการใช้งานเครื่องจักรกลนั้น ๆ เพิ่มขึ้น

การซ่อมบำรุงตามสภาพ (Condition Based Maintenance; CBM) เป็นวิทยาการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมาต่อจากการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) หรือ การซ่อมบำรุงตามระยะเวลา (Time Based Maintenance) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “การซ่อมบำรุงตามแผน” (Planned Maintenance) เพื่อแก้ไขข้อด้อยของการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน โดยหาหนทางที่จะลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลลงในขณะที่ความพร้อมใช้งานและความน่าเชื่อถือในการใช้งานของเครื่องจักรกลยังคงมีอยู่หรือมีเพิ่มมากขึ้น โดยอาศัยเทคโนโลยีการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรกลมาใช้ในการตรวจสอบสภาพทางกายภาพของเครื่องจักรกล ทั้งในขณะที่เครื่องจักรกลทำงานและไม่ทำงาน เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์สภาพและแนวโน้มการชำรุดเสียหายของเครื่องจักรกล ทำให้ทราบสภาพที่แท้จริงของเครื่องจักรกล ซึ่งจะช่วยให้สามารถป้องกันการชำรุดเสียหายของเครื่องจักรกลที่จะเกิดขึ้นได้ก่อนเวลา ดังนั้นการกำหนดแผนการซ่อมบำรุงและการจัดเตรียมอะไหล่และอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุง จึงสามารถทำได้เหมาะสมก่อนล่วงหน้า นอกจากนี้การทราบสภาพของเครื่องจักรกลว่าจะมีแนวโน้มการชำรุดเสียหายเมื่อใดนั้น จะทำให้สามารถกำหนดแผนการซ่อมบำรุงได้สอดคล้องกับแผนการใช้งานเครื่องจักรกลเพื่อว่าช่วงเวลาของการใช้งานเครื่องจักรกลจะได้ไม่สูญเสียไป ด้วยแนวความคิดของการซ่อมบำรุงแบบนี้ จะ

ทำให้เครื่องจักรกลมีความพร้อมใช้งานที่สูง และสิ่งที่ตามมาคือ ช่วงระยะเวลาที่เครื่องจักรกลไม่อยู่ในสถานะที่สามารถทำงานได้ตามปกติ (Downtime) และค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงของเครื่องจักรกลโดยรวมลดลง

การซ่อมบำรุงตามสภาพ หรือ CBM ได้เข้ามามีบทบาทในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งในวงการอุตสาหกรรม วงการการบิน และวงการเดินเรือทั่วโลก โดยได้มีการศึกษาวิจัยแล้วว่า การนำเอาวิธีการซ่อมบำรุงตามสภาพมาใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลนั้นมีข้อดีดังนี้ คือ

- ทำให้สามารถทราบสภาพการทำงานของเครื่องจักรกลได้ตลอดเวลา
- ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความมั่นใจได้ว่าเครื่องจักรกลที่ใช้งานอยู่จะทำงานได้อย่างปกติไม่ชำรุดเสียหายในขณะใช้งาน
- สามารถบ่งบอกหรือแสดงความผิดปกติของเครื่องจักรกลได้ก่อนที่ความผิดปกตินั้นจะทำให้เครื่องจักรกลเกิดความเสียหายร้ายแรง
- เพิ่มประสิทธิภาพการซ่อมทำ เนื่องจากสามารถจะระบุได้ว่าชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลส่วนใดเป็นปัญหา และต้องทำการเปลี่ยนหรือแก้ไขซ่อมทำ
- ลดจำนวนการเปิดเครื่องจักรกลออกเพื่อทำการตรวจซ่อม ซึ่งทำให้สามารถยืดอายุการใช้งานและเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรกล
- ทำให้สามารถบริหารงานการซ่อมบำรุงได้ทั้งในด้านแรงงาน และอะไหล่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
- ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงและการจัดหาอะไหล่

จากที่กล่าวนำมาข้างต้น จะเห็นได้ว่า การซ่อมบำรุงตามสภาพ นั้นเป็นปรัชญาการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลที่ดีมาก ถ้าวิธีหรือหนทางการนำไปประยุกต์ใช้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการศึกษาวิจัยว่าเทคโนโลยีใดสามารถใช้ในการตรวจสอบและวิเคราะห์สภาพเครื่องจักรกลได้อย่างถูกต้องแม่นยำ มีความเหมาะสม มีความเป็นไปได้ และยอมรับปฏิบัติได้ที่จะนำมาใช้ รวมทั้งเทคโนโลยีนั้นมีความคุ้มค่าในการลงทุนหรือไม่หากนำมาใช้งานจริง

การประเมินค่าความพร้อมใช้งาน (Operational Availability: Ao)

ตามที่ได้กล่าวมาในตอนต้นว่า ความพร้อมใช้งาน (Operational Availability) มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการซ่อมบำรุง หากเครื่องจักรกลได้รับการซ่อมบำรุงที่มีประสิทธิภาพแล้วจะส่งผลให้เครื่องจักรกลนั้นมีความพร้อมใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพได้เป็นระยะเวลานาน ดังนั้นจึงควรกล่าวถึงเรื่องความพร้อมใช้งาน เพื่อให้มีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น

ความพร้อมใช้งาน คือตัววัดสภาพของเครื่องจักรกลว่ามีสถานะที่ใช้งานได้ตามปกติ และมีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ระดับใด เมื่อเครื่องจักรกลนั้นถูกต้องการใช้งาน ดังนั้นความพร้อมใช้งานจึงถูกใช้ในการพิจารณาตัดสินใจว่า เครื่องจักรกลจะสามารถปฏิบัติงานได้อย่างเหมาะสมภายใต้สถานะของงานและเวลาที่กำหนดได้หรือไม่ เนื่องจากในเครื่องจักรกลที่ต้องทำงานอย่างต่อเนื่อง ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรกลดีเซลที่ใช้งานในเรือรบ ความพร้อมใช้งานเป็นปัจจัยที่สำคัญ

ที่จะตัดสินระดับความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรกลว่าจะทำงานที่ได้อย่างถูกต้องตามภารกิจที่รับมอบหมาย ความพร้อมใช้งานไม่เพียงเป็นปัจจัยที่จำเป็นที่สุดสำหรับทำให้มั่นใจในความสำเร็จของภารกิจ แต่ยังเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดวงจรชีวิตของเครื่องจักรกลด้วย นอกจากนี้ความพร้อมใช้งานยังมีผลกระทบต่อการปฏิบัติงาน (Operations) ช่วงเวลาที่เครื่องจักรกลไม่มีความพร้อมใช้ (Downtime) ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง (Maintenance Costs) และความปลอดภัย (Safety) ด้วย

โดยทั่วไปการวัดความพร้อมใช้งานนั้นจะถูกวัดอยู่ในรูปของความน่าจะเป็น (Probability) ที่เมื่อผู้ใช้มีความต้องการที่จะใช้เครื่องจักรกลแล้วเครื่องจักรกลนั้นจะไม่อยู่ในสภาพที่ชำรุดเสียหายหรือทำงานผิดพลาดหรือกำลังได้รับการซ่อมทำ ในการประเมินความพร้อมใช้งานนั้นจะมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง คือ ระยะเวลาของ Uptime (ช่วงระยะเวลาที่เครื่องจักรกลสามารถทำงานได้) และ ระยะเวลาของ Downtime (ช่วงระยะเวลาที่เครื่องจักรกลไม่สามารถทำงานได้) ซึ่งสามารถแสดงได้ในรูปสูตรทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$A_o = \frac{(Uptime)}{(Uptime + Downtime)}$$

เมื่อ A_o คือ Operational Availability (ความพร้อมใช้งาน)

Uptime คือ ช่วงระยะเวลารวมทั้งหมดที่เครื่องจักรกลทำงานและเตรียมพร้อม (Standby Time) รวมทั้งช่วงระยะเวลาที่ไม่ได้ใช้งานเครื่องจักรกลไม่ว่าด้วยเหตุผลใด ๆ ก็ตามทั้ง ๆ ที่เครื่องจักรกลนั้นอยู่ในสภาพที่ดี

Downtime คือ ช่วงระยะเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรกลไม่สามารถทำงานได้อันเนื่องมาจากการชำรุดเสียหายของเครื่องจักรกลนั้น และช่วงระยะเวลาที่เครื่องจักรกลอยู่ในระหว่างการซ่อมทำและเวลาที่ล่าช้า (Delays) อันเนื่องมาจากกระบวนการจัดซื้อ จัดหาพัสดุ และอะไหล่ต่าง ๆ ที่ใช้ในการซ่อมทำ

นอกจากที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว การประเมินความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรกลในมุมมองของผู้ใช้ ยังสามารถที่จะประเมินได้จากความสัมพันธ์ของ Mean Time Between Maintenance (เวลาเฉลี่ยระหว่างที่กระทำการซ่อมทำเครื่องจักรกล) กับ Mean Downtime (เวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรกลไม่อยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้) ซึ่งสามารถแสดงได้ในรูปสูตรทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$A_o = \frac{(MTBM)}{(MTBM + MDT)}$$

เมื่อ A_o คือ Operational Availability (ความพร้อมใช้งาน)

MTBM คือ Mean Time Between Maintenance

MDT คือ Mean Downtime

ความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรกลนั้นมีความสำคัญต่อการใช้งานเป็นอย่างมาก ผู้ใช้ทุกคนต่างปรารถนาให้เครื่องจักรกลของตนมีความพร้อมใช้งานสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์แบบตลอดระยะเวลาที่ปฏิบัติการที่ได้รับมอบหมาย ดังนั้นการปรับปรุงความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรกลจึงกลายเป็นปัจจัยที่สำคัญเป็นอย่างยิ่ง จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นในตอนต้น การซ่อมบำรุงตามสภาพ สามารถทำให้ความพร้อมใช้งาน

ของเครื่องจักรกลเรือเพิ่มสูงขึ้นได้ เนื่องจากสามารถระบุสภาพของเครื่องจักรกลได้ในสภาวะก่อนที่เครื่องจักรกลเรือจะเกิดการชำรุดทำให้สามารถกำหนดเวลาการซ่อมบำรุงได้ถูกต้องและเหมาะสมโดยที่ไม่กระทบกระเทือนต่อการปฏิบัติงาน ผลที่ตามมาทั้ง Uptime และ Downtime หรือ MTBM และ MDT สามารถถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ ซึ่งผลสุดท้ายที่ตามมาคือ ความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรกลที่สูงขึ้น

การซ่อมบำรุงตามสภาพ (Condition Based Maintenance: CBM)

ด้วยการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ซึ่งเป็นแนวความคิดที่ว่า การชำรุดเสียหายของเครื่องจักรกลสามารถป้องกันได้ หรือควรได้รับการป้องกัน เพื่อมิให้เกิดการชำรุดเสียหาย หรือเพื่อหลีกเลี่ยงการชำรุดของเครื่องจักรกลในขณะที่ใช้งาน โดยหลักการของการซ่อมบำรุงแบบนี้ คือ จะต้องถอดเปลี่ยนชิ้นส่วน หรือส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องจักรกลก่อนที่ชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบนั้นจะเกิดการชำรุดเสียหาย โดยกำหนดช่วงระยะเวลาการถอดเปลี่ยนชิ้นส่วน หรือส่วนประกอบนั้นเมื่อเครื่องจักรกลทำงานถึงชั่วโมงที่กำหนดตามหลักการในการกำหนดชั่วโมงใช้งานของชิ้นส่วน หรือส่วนประกอบนั้น ส่วนใหญ่จะได้ข้อมูลจากผู้ผลิตเครื่องจักรกล ซึ่งผู้ผลิตแต่ละรายจะมีเทคนิคการกำหนดที่แตกต่างกัน เช่น ใช้ประสบการณ์และการเก็บข้อมูลหรือสถิติต่าง ๆ เกี่ยวกับการชำรุดเสียหายของเครื่องจักรกล แล้วเหมารวมให้เปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่ หรืออุปกรณ์เป็นชุด ๆ ในช่วงระยะเวลาที่กำหนด แต่โดยหลักการแล้ว จะใช้ทดลองเดินเครื่องจักรกลที่ผ่านการรับรอง

คุณภาพแล้ว จำนวน 100 เครื่อง และ ถ้า 2 ใน 100 เครื่อง แสดงอาการชำรุดที่อุปกรณ์หรือชิ้นส่วนใด ก็ให้ถือว่าต้องเปลี่ยนชิ้นส่วนนั้น ๆ ที่ชั่วโมงทดลองที่ชำรุด

จากหลักการของการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันที่ใช้ชั่วโมงใช้งานหรืออายุการใช้งานของเครื่องจักรกลเป็นเกณฑ์ในการวางแผนการซ่อมบำรุง ดังนั้นการซ่อมบำรุงแบบนี้จึงถูกเรียกว่า “การซ่อมบำรุงตามระยะเวลา” (Time Based Maintenance) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ระบบการซ่อมบำรุงตามแผน” (Planned Maintenance System) หรือที่เรียกว่า “PMS” ระบบ PMS นี้ สามารถขจัดปัญหาสารพันที่เกี่ยวกับการใช้งานเครื่องจักรกลได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามระบบนี้ยังมีข้อเสียอยู่ในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการจัดหาอะไหล่สูงมาก และมีอยู่อย่างต่อเนื่องตลอดอายุการใช้งานของเครื่องจักรกลงบประมาณที่ใช้ในการจัดหาชิ้นส่วนอะไหล่แรงงาน และระยะเวลาที่ต้องหยุดเดินเครื่องจักร ลิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนแล้วแต่ทำให้เสียประโยชน์ทั้งสิ้น อีกทั้งการกำหนดให้เปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่อย่างสม่ำเสมอ ทั้งๆที่อะไหล่ดังกล่าวเหล่านั้นส่วนใหญ่แล้วยังอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีอยู่ การที่ต้องเปลี่ยนเอาชิ้นส่วนอะไหล่ที่ยังใช้งานได้ดีอยู่ทิ้งไปทำให้เกิดความสูญเสียโดยไม่จำเป็น นอกจากนี้แล้วบางครั้งการชำรุดเสียหายอันเนื่องมาจากการใช้งาน อาจเกิดขึ้นก่อนระยะเวลาที่กำหนดให้ซ่อมบำรุงได้ เนื่องจากการซ่อมบำรุงแบบนี้ไม่สามารถใช้ตรวจสอบสภาพที่แท้จริงของเครื่องจักรกลได้ ทำให้ไม่สามารถคาดการณ์หรือพยากรณ์ได้ว่าเครื่องจักรกลสมควรที่จะได้เข้ารับซ่อมทำเมื่อใด หรือจะชำรุดเสียหายเมื่อใด

จากที่ได้กล่าวมานั้น การซ่อมบำรุงตามสภาพ จึงได้ถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อเสียของการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน กล่าวคือหาหนทางลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลลงในขณะที่ความพร้อมใช้งานและความน่าเชื่อถือในการใช้งานของเครื่องจักรกลสูงขึ้น โดยการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และการไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรกล เพื่อใช้ในการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรกล ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

- ประเภทที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) แบบต่าง ๆ เข้ากับตัวเครื่องจักรกลเพื่อใช้ในการตรวจวัดค่าทางกายภาพต่าง ๆ ของเครื่องจักรกลในการทำงาน (Machinery Condition Monitoring) เช่น อุณหภูมิ ความดัน และรอบเครื่อง เป็นต้น แล้วนำค่าต่าง ๆ เหล่านี้มาวิเคราะห์ เพื่อช่วยในการตัดสินใจกำหนดการปฏิบัติที่เหมาะสมในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกล

- ประเภทที่ใช้เครื่องมือสำหรับตรวจวัดค่าทางกายภาพและสภาพเครื่องจักรกล (Machinery Condition Inspective Instrument) เช่น เครื่องมือวัดค่าธาตุเจือปนในน้ำมันหล่อลื่น เครื่องมือวัดค่าความถี่ สั่นสะเทือน และเครื่องมือตรวจสอบแบบไม่ทำลาย รวมทั้งเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิ ความดัน และรอบเครื่อง เป็นต้น เครื่องมือต่าง ๆ เหล่านี้ สามารถใช้ตรวจวัดค่าทางกายภาพบางค่าของเครื่องจักรกล เช่น ค่าธาตุเจือปนในน้ำมันหล่อลื่น ความถี่ สั่นสะเทือน ค่ารอยบกร่องของผิววัสดุ ค่าอุณหภูมิ และความดัน หรือค่าอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง แล้วนำค่าเหล่านั้นมาแปลค่าออกมาเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์และตรวจติดตามสภาพของเครื่องจักรกลต่อไป จากนั้นนำผลวิเคราะห์ที่ได้มาทำนายสภาพ

ของเครื่องจักรกล ซึ่งจะสามารถช่วยในการตัดสินใจ กำหนดการปฏิบัติที่เหมาะสม หรือแผนในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลได้

การนำเอาเทคโนโลยีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรกล จะทำให้สามารถระบุได้ว่าเครื่องจักรกลเครื่องที่ใช้ทำงานอยู่นั้นมีสภาพทางกายภาพเป็นอย่างไร และสมควรแล้วหรือยังที่จะต้องได้รับการซ่อมบำรุง ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่ตามอายุการใช้งานหรือตามชั่วโมงใช้งานที่ผู้ผลิตกำหนดเสมอไป การซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลโดยใช้หลักการที่กล่าวมานั้นถูกเรียกว่า “การซ่อมบำรุงตามสภาพ” และเนื่องจากการซ่อมบำรุงแบบนี้สามารถช่วยในการพยากรณ์ว่า เครื่องจักรกลจะมีแนวโน้มของสภาพเป็นเช่นใด และควรที่จะต้องได้รับการซ่อมบำรุงเมื่อใด การซ่อมบำรุงแบบนี้จึงถูกเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “การซ่อมบำรุงเชิงพยากรณ์” (Predictive Maintenance)

เทคนิคที่นำไปสู่การซ่อมบำรุงตามสภาพ (Technical Approach to CBM)

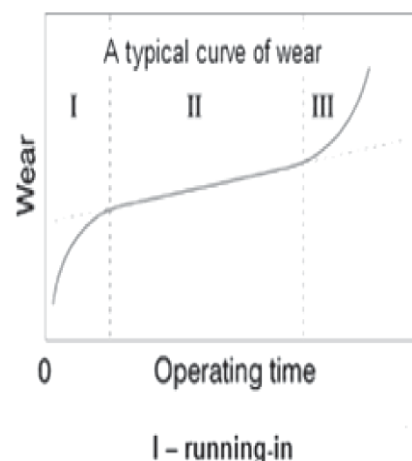
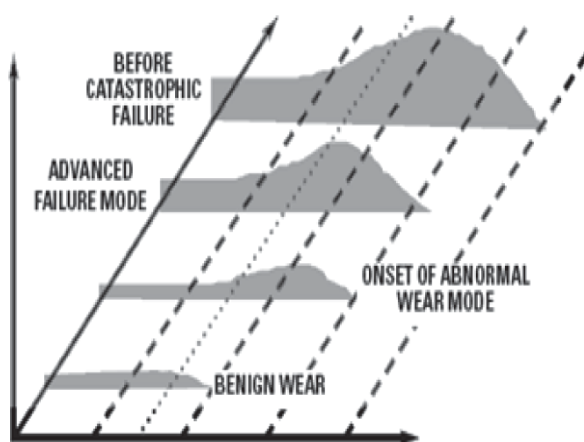
วิธีการที่ใช้เป็นเครื่องมือในการซ่อมบำรุงตามสภาพที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถใช้งานได้จริง ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าของธาตุเจือปนในน้ำมันหล่อลื่น (Wear Debris Analysis) การวิเคราะห์ค่าความถี่ สั่นสะเทือน (Vibration Analysis) และการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing)

1. การวิเคราะห์ค่าของธาตุเจือปนในน้ำมันหล่อลื่น (Lubricant and Wear Debris Analysis)

ชิ้นส่วนประกอบภายในของเครื่องจักรกลที่มีการหมุนหรือเคลื่อนที่ในขณะทำงาน ย่อมต้องมี น้ำมันหล่อลื่นไหลหมุนเวียนหล่อลื่นผิวสัมผัสของชิ้นส่วน

ประกอบภายในของเครื่องจักรกลที่มีการเคลื่อนที่และสัมผัสกันในขณะที่เครื่องจักรกลทำงาน น้ำมันหล่อลื่นที่ผิวสัมผัสของชิ้นส่วนภายในของเครื่องจักรกลที่มีการเคลื่อนที่นั้นจึงเปรียบเสมือนเป็นฟิล์มบาง ๆ ที่ช่วยให้ผิวสัมผัสของชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่เหล่านั้น ไม่สัมผัสกันโดยตรงเพื่อช่วยลดหรือหลีกเลี่ยงการเสียดสีกันอันจะก่อให้เกิดของการสึกหรอขึ้น อย่างไรก็ตาม ขณะที่เครื่องจักรกลกำลังทำงาน ก็ย่อมต้องมีการเสียดสีกันที่ผิวของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอันเนื่องมาจากการกระทำทำงาน (Load) ของเครื่องจักรกล และการเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกัน ทำให้มีเศษโลหะหรืออโลหะที่เกิดจากการสึกหรอ (Wear Particles) ของชิ้นส่วนภายในของเครื่องจักรกลหลุดออกมาอย่างคงที่ต่อเนื่อง (Steady Generation) ปนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น และถ้าหากชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ของเครื่องจักรกลได้รับการหล่อลื่นที่ไม่ดีพอหรือรับภาระการทำงานที่เกินกำลัง (Overloaded) ที่เครื่องจะทำงาน หรือมีการสะสมของ Wear Particles หรือ Wear

Debris ก็จะมีมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการหล่อลื่นลดลง หรือเป็นอุปสรรคต่อการหล่อลื่นของชิ้นส่วนภายในของเครื่องจักรกล Wear Particles นี้ จะเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ผิวของชิ้นส่วนภายในของเครื่องจักรกลนั้นเกิดการสึกหรอ หรือถูกทำลายมากยิ่งขึ้น เพราะ Wear Particles ที่ปนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นนี้จะเป็นตัวกระตุ้นให้มีการสึกหรอของชิ้นส่วนภายในของเครื่องจักรกลมากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นตัวการทำให้ไส้กรองน้ำมันหล่อลื่นอุดตันหรือน้ำมันหล่อลื่นไหลผ่านไส้กรองน้ำมันหล่อลื่นไม่สะดวก ทำให้มีน้ำมันหล่อลื่นไปหล่อลื่นชิ้นส่วนภายในของเครื่องจักรกลได้ไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้เครื่องจักรกลเกิดการชำรุดเสียหายได้ ปริมาณของ Wear Debris ในน้ำมันหล่อลื่นนี้สามารถถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้สภาพภายในของเครื่องจักรกลได้ ทำให้สามารถทำนายสภาพของการสึกหรอของชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในของเครื่องจักรกลได้ล่วงหน้า เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาทางแก้ไขต่อไป



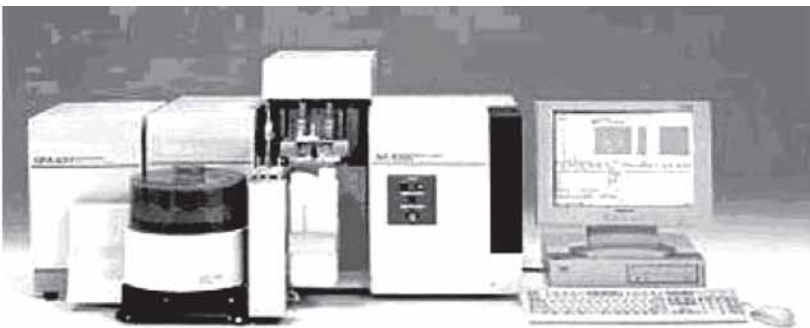
รูปที่ 1 การสึกหรอ (Wear Particles)

หลักโดยทั่วไปที่ใช้ในการบ่งชี้ประเภทของ Wear Debris นั้นจะพิจารณาจากรูปร่าง ขนาด สี ลักษณะผิวของ Wear Particles และอัตราการสึกหรอของชิ้นส่วนประกอบภายในของเครื่องจักรกลที่ถูกพัฒนาจากน้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักรกล (Machine Lubricant) ซึ่ง Wear Debris นี้ จะประกอบไปด้วยอนุภาคเล็ก ๆ ของโลหะหรืออโลหะที่หลุดออกมาจากผิวของชิ้นส่วนประกอบของเครื่องจักรกล สำหรับวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ Wear Debris เพื่อบ่งชี้สภาพของชิ้นส่วนภายในของเครื่องจักรกลนั้น มีอยู่หลายวิธีการ แต่ที่นิยมแพร่หลายมีอยู่ 2 วิธีการ คือ Spectrometric Oil Analysis และ Ferrographic Analysis

1.1 Spectrometric Oil Analysis (SOA) หรือ Spectrometric Metals Analysis คือ วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ชนิดของ Wear Debris ที่ปนมากับน้ำมันหล่อลื่นว่าประกอบด้วยธาตุ

Atomic Absorption Spectrometer (AAS) ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ธาตุโลหะหนักในระดับปริมาณต่ำ ๆ (ppm หรือ ppb) โดยการกระตุ้นด้วยความร้อนจาก Flame หรือ Flameless (Graphite Furnace) และเทคนิค Hydride Generation จากปฏิกิริยาทางเคมี (Reduction-Vaporization) ที่ทำให้ธาตุบางชนิดเป็นอะตอมอิสระ เช่น Fe, Ag, Al, Ni, Pb และ Cu แล้ววัดการดูดกลืนแสงของธาตุที่ถูกกระตุ้นให้เป็นอะตอมอิสระแล้วคำนวณออกมาเป็นค่าความเข้มข้นของธาตุนั้น

ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือใช้เครื่อง Atomic Emission Spectrometer (AES) ซึ่งเป็นเครื่องมือในการตรวจหาปริมาณธาตุในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น (Sample) โดยการใส่พลาสมาเผา Sample ที่นำมาจากเครื่องจักรกล ให้แตกตัวเป็นอะตอม ซึ่งอะตอมนั้นจะปล่อยคลื่นเฉพาะตัวออกมา



เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer



เครื่อง Atomic Emission Spectrometer

รูปที่ 2 การวิเคราะห์ Spectrometric Metals Analysis

ประเภทใดบ้าง เช่น Iron (Fe), Silver (Ag), Aluminum (Al), Nickel (Ni), Lead (Pb) และ Copper (Cu) เป็นต้น โดยใช้เครื่อง

จากนั้นจึงวัดความเข้มข้นของแสงและคำนวณเป็นค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุใน Sample (น้ำมันหล่อลื่นตัวอย่าง)

Determined elements	Normal Level (ppm)	Acceptable Level (ppm)	High Level (ppm)	Abnormal Level (ppm)
Fe	0-72	73-88	89-108	>109
Ag	0-6	7	8-9	> 10
Cu	0-54	55-66	67-80	> 81
Al	0-9	10-15	16-20	> 20
Pb	0-20	21-30	30-40	> 40
Si	0-12	13-30	31-65	> 65
Cr	0-6	6-9	10-15	> 15
Mg	0-40	41-50	51-58	> 59
Ni	0-1	1.1- 2	2.1-3	>3

ตารางที่ 1.1: The Elemental Interpretation Criterion

ที่มา: Collacott, R.A.. *Mechanical Fault Diagnosis and Condition Monitoring*.

New York: Chapman and Hall, 1977.

เมื่อได้ค่าปริมาณธาตุของแต่ละธาตุที่ปนอยู่ในตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น ก็นำมาทำการวิเคราะห์สภาพการสึกหรอของชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในของเครื่องจักรกล เช่น กระจกสูบ ลูกสูบ แหวนสูบ และแบร็ริงต่าง ๆ เป็นต้น โดยพิจารณาจากธาตุที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนภายในของเครื่องจักรกลซึ่งมี 9 ธาตุหลัก ได้แก่ Iron (Fe), Silver (Ag), Copper (Cu), Magnesium (Mg), Aluminum (Al), Chromium (Cr), Nickel (Ni), Lead (Pb) และ Silicon (Si) ส่วนเกณฑ์

มาตรฐานสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ผลของปริมาณธาตุทั้ง 9 ธาตุนั้น (ในหน่วยของอัตราส่วนต่อหนึ่งล้าน (Part per Million: ppm)) สามารถแสดงได้ในตารางที่ 1.1 The Elemental Interpretation Criterion และสำหรับเกณฑ์มาตรฐานในการทำนายการสึกหรอที่ผิดปกติอันจะนำไปสู่การวิเคราะห์ชิ้นส่วนที่ชำรุดเสียหายของเครื่องจักรกลนั้น สามารถแสดงได้ในตารางที่ 1.2 Probable Engine Failures Prediction

Indicators	Caution levels (ppm)	Failure prediction	What to check beforehand
Fe	88-108	Wear of cylinder liners, piston rings, or pistons	Excessive oil consumption, abnormal engine noise, oil pressure, abnormal operating temperatures
Ag	8-9	Wear of bearings, piping joints	Excessive oil consumption, abnormal engine noise, loss in oil pressure
Cu	67-80	Bearings, bushings sleeves, washers wear, piping, oil cooler passivating, radiator corrosion	Coolant in engine oil, abnormal noise when operating at near stall speed, abnormal noise when operating at near stall speed Coolant in engine oil
Al	16-20	Wear of pistons and piston thrust bearings	Blow-by gases, abnormal engine noise, power loss, oil consumption
Pb	30-40	Bearing corrosion	Extended oil change intervals
Cu and Pb	20-50	Bearing lining wear	Abnormal engine noise, oil pressure, dirt being ingested in air intake, fuel dilution, extended oil drain intervals
Si	30-65	Dirt ingestion	Air intake system, oil filter plugging, oil filler cap and breather, valve covers, oil supply
Cr	10-15	Piston ring wear	Excessive oil blow-by and oil consumption, oil degradation
Mg	51-58	Component housing wear	Lubricating oil degradation
Ni	2-3	Wear of shafts and anti-friction bearings	Excessive oil consumption, abnormal engine noise, loss in oil pressure

ตารางที่ 1.2: Probable Engine Failures Prediction

ที่มา: Collacott, R.A.. *Mechanical Fault Diagnosis and Condition Monitoring*.
New York: Chapman and Hall, 1977.

1.2 Ferrographic Analysis คือวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ชนิดของ Wear Particles ที่หลุดออกมาจากผิวของชิ้นส่วนภายในเครื่องจักรกลซึ่งแขวนลอยมาในตัวอย่างเป็นน้ำมันหล่อลื่น โดยใช้หลักการของ Magnetic Force และ Gravity Force วิธีการอย่างคร่าว ๆ คือนำตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ได้จากเครื่องจักรกลที่ต้องการตรวจสอบมาไหลผ่านอย่างช้า ๆ ผ่านแม่เหล็กสูงทุกทิศทาง (High Gradient Magnetic Field)

เพื่อใช้แรงดึงดูดสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) ดักจับอนุภาคเล็ก ๆ ของโลหะ (Ferrous Particles) จากนั้นปล่อยน้ำมันหล่อลื่นไหลผ่านต่อไปอย่างช้า ๆ ผ่านสนามแรงโน้มถ่วง (Gravity Field) ซึ่งมีแผ่นกรองใสอยู่ด้านล่างเพื่อรองรับอนุภาคเล็ก ๆ ของอโลหะ (Non-Ferrous Particles) ที่ตกลงมาด้วยแรงโน้มถ่วง จากนั้นใช้เครื่องเฟอร์โรกราฟ (Ferrographmeter) วิเคราะห์ห้วงชนิดของ Wear Debris (ทั้งอนุภาคเล็ก ๆ ของโลหะ

และโลหะ) ที่ได้มาจากน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งจะทำให้ทราบรายละเอียดเกี่ยวกับ Wear Debris ที่สามารถนำไปวิเคราะห์หาจุดที่มาของการสึกหรอได้ สำหรับธาตุที่ใช้ในการระบุการสึกหรอของชิ้นส่วนภายในเครื่องจักรกลนั้นใช้เกณฑ์มาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ผลของปริมาณธาตุทั้ง 9 ธาตุ ตามตารางที่ 1.1 และใช้เกณฑ์มาตรฐานในการทำนายการสึกหรอที่ผิดปกติอันจะนำไปสู่การวิเคราะห์ชิ้นส่วนที่ชำรุดเสียหายของเครื่องจักรกล ตามตารางที่ 1.2

2. การวิเคราะห์ค่าความสั่นสะเทือน (Vibration Analysis)

การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรกลเป็นเรื่องปกติ แต่ในบางครั้งเครื่องจักรกลอาจจะมีระดับค่าการสั่นสะเทือนที่ผิดปกติซึ่งหากปล่อยให้เครื่องจักรกลนั้นสั่นสะเทือนต่อไปเรื่อยๆ ก็จะนำไปสู่การชำรุดหรือเกิดปัญหาขณะใช้งานได้ การตรวจติดตามความสั่นสะเทือน และการวิเคราะห์ค่าการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรกลตามระยะเวลาอย่างต่อเนื่อง จะสามารถระบุลักษณะของการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรกลได้ว่าปกติหรือผิดปกติหรือไม่อย่างไร และหากสามารถระบุได้ว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นก็จะสามารถหยุดการใช้งานเครื่องจักรกลเพื่อทำการตรวจสอบและซ่อมทำก่อนที่เครื่องจักรกลนั้นจะชำรุด

จากที่กล่าวมาข้างต้นทำให้การสั่นสะเทือน (Vibration) เป็นตัวแปรตัวหนึ่ง ที่วงการวิศวกรรมการซ่อมบำรุงให้การยอมรับว่าสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจวิเคราะห์สภาพการทำงานของเครื่องจักรกลประเภทที่หมุน (Rotating Machinery) หรือหาแนวโน้มการชำรุดเสียหายของ



รูปที่ 3 ชุดเครื่องมือ Ferroglyphic Analysis



เครื่องเฟอร์โรกราฟ (Ferrographmeter)

เครื่องจักรกลนั้นได้โดยไม่ต้องหยุดเครื่องหรือถอดประกอบเครื่อง ซึ่งจะไม่มีความกระทบต่อการใช้งานของเครื่องจักรกลนั้น

การวิเคราะห์ค่าการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรกลนั้นสามารถแบ่งตามจุดประสงค์ของการตรวจวิเคราะห์ได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. การวิเคราะห์หาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง (Trend Analysis) เป็นการตรวจติดตามเก็บข้อมูลการวัดค่าการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรกลตามระยะเวลาอย่างต่อเนื่อง และนำค่าการสั่นสะเทือนที่เปลี่ยนแปลงเหล่านั้น มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานสากล เพื่อวิเคราะห์ว่าชิ้นส่วนอุปกรณ์ใดที่มี

การสั่นสะเทือนที่ผิดปกติ จากนั้นตรวจสอบเพิ่มเติมเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนที่ผิดปกติ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะสามารถช่วยในการระบุว่าจะสมควรที่จะใช้งานเครื่องจักรกลนั้นต่อไปได้หรือไม่ หรือควรได้รับการซ่อมบำรุงอย่างไรและเมื่อใด

2. การวิเคราะห์เพื่อการแก้ไข (Diagnostic Analysis) เป็นการตรวจสอบเพื่อหาสาเหตุ และแก้ไขปัญหาค่าการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรกล ณ จุดนั้น ๆ ซึ่งเป็นขั้นตอนหลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์หาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงแล้วพบสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นกับเครื่องจักรกล

การวิเคราะห์ค่าการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรกลทั้ง 2 ประเภทนั้นอาจกล่าวได้ว่า การวิเคราะห์หาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง เป็นกรรมวิธีการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ในขณะที่การวิเคราะห์เพื่อการแก้ไข เป็นกรรมวิธีการซ่อมบำรุงเชิงแก้ไข (Corrective Maintenance) ก่อนที่การชำรุดจะขยายผลไปถึงขั้นรุนแรงที่ทำให้เครื่องจักรกลนั้นไม่สามารถใช้งานได้ ซึ่งจะทำให้ต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมทำมากขึ้นเพื่อให้เครื่องจักรกลนั้นกลับมาใช้งานได้ดังเดิม แนวคิด ทั้ง 2 วิธีนั้น คือ แนวคิดของการซ่อมบำรุงตามสภาพ (Condition Based Maintenance: CBM)

หลักการพื้นฐานของเทคโนโลยีวิเคราะห์ค่าการสั่นสะเทือน สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ส่วน คือ

- **ส่วนที่หนึ่ง** เกี่ยวกับการวัดค่าของระดับการสั่นสะเทือน โดยใช้หัวตรวจ (Probe) ซึ่งสามารถแบ่งตามประเภทได้ 4 ประเภท ได้แก่

1. หัวประเภท Displacement Probe หรือที่เรียกกันว่า Eddy Current Probe หรือ

Non-Contacting Displacement Probe หรือ Proximity Probe ซึ่งใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงของ Eddy Current

2. หัวประเภท Velocity Probe หรือที่เรียกกันว่า Velocity Pickup หรือ Seismic Velocity Transducer ซึ่งใช้หลักการของ Moving Coil เหมือนอย่างหัวอ่านเครื่อง-เล่นแผ่นเสียง

3. หัวประเภท Acceleration Probe (Piezoelectric Accelerometer) ซึ่งใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงของ Piezoelectric Crystal เมื่อถูกน้ำหนักบีบกดลง

4. หัวประเภท Laser Ranging Probe ซึ่งใช้หลักการของ Doppler Effect และดูค่าเปลี่ยนแปลงของความถี่ หรือความยาวคลื่นของคลื่นเสียงหรือคลื่นอื่น ๆ ที่เกิดขึ้น การสั่นสะเทือนที่วัดได้จากหัว Probes นี้จะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าในรูปของ Voltage & Time ซึ่งแสดงค่าการสั่นสะเทือนที่เปลี่ยนของไปตามช่วงเวลา

- **ส่วนที่สอง** เกี่ยวกับการแปลงค่าสัญญาณทางไฟฟ้าที่อยู่ในรูปของ Real Time Signal ออกมาเป็นรูปแบบที่ผู้วิเคราะห์สามารถวิเคราะห์ตีความได้ เช่น ใช้ FFT (Fast Fourier Transform) ซึ่งแสดงข้อมูลในรูปของความถี่ (Frequency Spectrum) ของชิ้นส่วนที่ถูกวัดจากนั้นวิเคราะห์สัญญาณออกมาอยู่ในรูปของ (Frequency & Amplitude) เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของการสั่นสะเทือน หรือบ่งชี้ชิ้นส่วนที่ทำงานผิดปกติ

- **ส่วนที่สาม** เกี่ยวกับการวิเคราะห์ตีความหรือแปลความหมาย ซึ่งต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญตีความที่ได้ผ่านการฝึกอบรมมาเป็นอย่างดี และมีความชำนาญใน

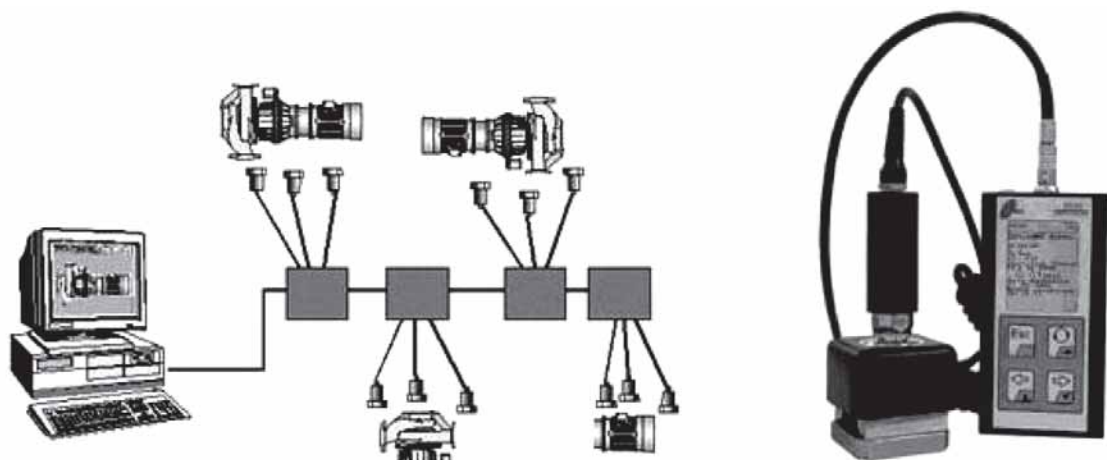
การวิเคราะห์และบ่งชี้สิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นโดยอาจใช้เกณฑ์มาตรฐานสากลในการวิเคราะห์ค่าการสั่นสะเทือน เป็นเกณฑ์ในการระบุสภาพของชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ถูกตรวจสอบว่าจำเป็นต้องได้รับการซ่อมทำ หรือยังสามารถใช้งานได้อยู่ต่อไป

การซ่อมบำรุงตามสภาพโดยใช้เทคโนโลยีวิเคราะห์ค่าการสั่นสะเทือน (Vibration Analysis) นั้นได้มีการพัฒนาไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำเอาเทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ประกอบเข้ากับการตรวจวัดและวิเคราะห์แยกสัญญาณค่าการสั่นสะเทือนโดยผลิตเป็นอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดและวิเคราะห์แยกสัญญาณค่าการสั่นสะเทือนทั้งประเภท Stationary Vibration Analyzers และประเภท Portable Vibration Analyzers เพื่อให้สะดวกและง่ายต่อการใช้งาน

เทคโนโลยีการวิเคราะห์ค่าการสั่นสะเทือนนี้ เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นหัวใจสำคัญในการพิสูจน์ทราบ และระบุสภาพการทำงานภายในของเครื่องจักรกลที่มีการหมุนได้เป็นอย่างดี และยังสามารถช่วยในการป้องกันการชำรุดเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วย

3. การตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing: NDT)

การตรวจสอบแบบไม่ทำลายหรือที่นิยมเรียกกันโดยทั่วไปว่า NDT นั้นเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่โดยทั่วไปใช้ในการตรวจสอบสภาพของชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบของอุปกรณ์เครื่องจักรกลต่าง ๆ โดยไม่ทำให้ชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบของอุปกรณ์เครื่องจักรกลนั้นๆ เกิดความเสียหายใด ๆ



Stationary Vibration Analyzers

Portable Vibration Analyzers

รูปที่ 4 อุปกรณ์การตรวจวัดและวิเคราะห์แยกสัญญาณค่าการสั่นสะเทือน

NDT ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการตรวจสอบและวิเคราะห์สภาพทางกายภาพของเครื่องจักรกล เพราะสามารถช่วยในการทำนายสภาพของชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบของเครื่องจักรกลได้ล่วงหน้า อันนำไปสู่การแก้ไขหรือซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลนั้นได้อย่างถูกต้องเหมาะสมก่อนที่จะเกิดการชำรุดเสียหายสำหรับเทคนิค NDT ที่นิยมนำไปใช้กับการซ่อมบำรุงตามสภาพนั้น ได้แก่

ชนิดต่าง ๆ

2. การทดสอบโดยการซึมของของเหลว (Liquid Penetrant Testing) เป็นวิธีการตรวจหารอยร้าวที่เปิดกว้างบนชิ้นงานหรือเป็นรูโพรง โดยใช้ของเหลวที่สามารถแทรกซึมลงผิวชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบ

3. การทดสอบด้วยกระแสไหลวน (Eddy Current Testing) เป็นวิธีการที่นำ



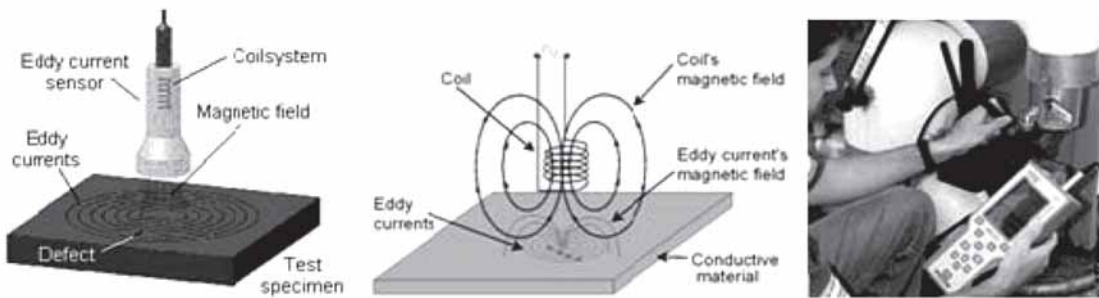
รูปที่ 5 Visual Testing

1. การทดสอบด้วยสายตา (Visual Testing) เป็นวิธีการตรวจหารอยบกพร่องบริเวณผิวภายนอก เช่น รอยร้าว (Cracks) รอยเหลื่อม (Overlapped) และหลุมบ่อต่าง ๆ เป็นต้น ด้วยสายตา ในกรณีที่เป็นงานจะใช้เครื่องมือที่ช่วยในการตรวจสอบด้วยสายตา เช่น Fibre Optics และแว่นขยาย

หลักการของอิเล็กโทรแมกเนติก (Electromagnetic) มาใช้ในการตรวจสอบขนาดและรูปแบบของรอยขีดข่วนและรอยแตกร้าวที่ผิววัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าโดยใช้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านและวัดความแตกต่างของกระแสเพื่อตรวจหาความแตกต่างของเนื้อชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบ



รูปที่ 6 Liquid Penetrant Testing

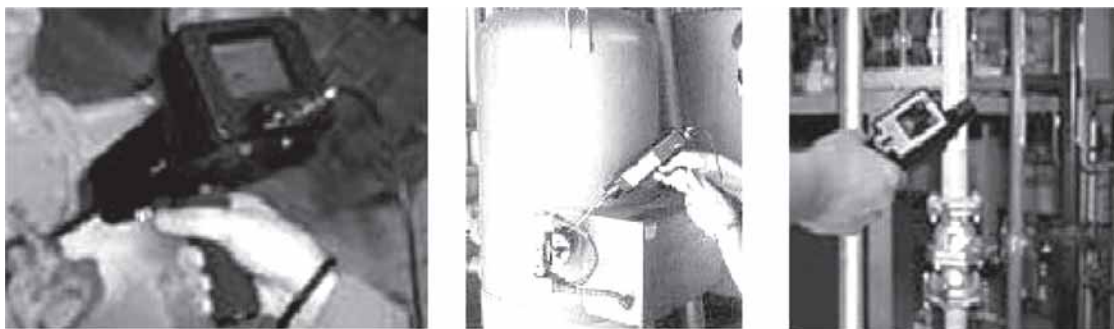


รูปที่ 7 Eddy Current Testing

4. การทดสอบโดยใช้อัลตราโซนิก (Ultrasonic Testing) เป็นวิธีการที่ใช้หลักการของการสะท้อนกลับ หรือการวิ่งทะลุผ่านรอยบกพร่องซึ่งจะทำให้ทราบความหนาและรอยบกพร่องภายในของผนังชิ้นส่วน เช่น วาล์ว และท่อทาง รวมทั้งตรวจสอบรอยแตกร้าวที่พื้นผิวผนังชิ้นส่วนทั้งที่อยู่ภายนอกและภายใน โดยใช้เครื่อง Ultrasonic สร้างคลื่นเสียงอัลตราโซนิก ในย่านความถี่สูง 0.5 - 20 MHz. พร้อม

หัววัด (Transducer หรือ Probe) และ น้ำยาประสานคลื่นเสียง (Couplant) ในการตรวจสอบ

ด้วยเทคโนโลยีทางด้าน NDT ทำให้ผู้ซ่อมบำรุงสามารถพิสูจน์ทราบและระบุสภาพชิ้นส่วนภายใน ภายนอกและโครงสร้างของเครื่องจักรกลได้เป็นอย่างดีโดยไม่ต้องถอดแยกชิ้นส่วนประกอบ ดังนั้นจึงทำให้สามารถช่วยในการป้องกันการชำรุดเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 8 Ultrasonic Testing

บทสรุป

ปรัชญาและหลักการในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลนั้นได้รับการพัฒนาขึ้นทั้งแนวความคิด รูปแบบ และวิธีการการซ่อมบำรุงมาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ซึ่งเป็นยุคของการซ่อมบำรุงตามสภาพ (Condition Based Maintenance) เพื่อให้เครื่องจักรกลมีความพร้อมใช้งานที่สูงขึ้น มีความน่าเชื่อถือในการใช้งานที่ดีขึ้น และค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงที่ลดลงรวมทั้งสามารถวางแผนการซ่อมบำรุงได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า การซ่อมบำรุงตามสภาพ คือ การซ่อมบำรุงเชิงรุก (Proactive Maintenance) ที่จะทำนายสิ่งบอเหตุของเครื่องจักรกลที่กำลังเริ่มก่อตัวและจะมีผลทำให้เครื่องจักรกลนั้นชำรุดเสียหายได้เมื่อสิ่งบอเหตุนั้นก่อตัวได้เต็มที่ ดังนั้นการปฏิบัติการซ่อมทำเครื่องจักรกลจะกระทำ เมื่อถึงคราวจำเป็นเท่านั้นก่อนที่สิ่งบอเหตุนั้นจะถึงขั้นที่ทำให้เครื่องจักรกลนั้นชำรุดเสียหายได้ โดยการซ่อมทำจะกระทำโดยตรงกับชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลที่ไม่ปกติ

ดังนั้นหากนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจติดตามสภาพของเครื่องจักรกลก็จะทำให้สามารถทำนายข้อบกพร่องของเครื่องจักรกล และสามารถกำหนดแผนการใช้งานและเวลาสำหรับการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลได้

บรรณานุกรม

- “Availability Reliability.” [Online]. Available: www.barringer1.com/ar_files/ar.pdf
3 Oct. 2008.
- Collacott, R.A. Mechanical Fault Diagnosis and Condition Monitoring. New York, Chapman and Hall, 1977.
- Department of the Navy. Operational Availability Handbook: A practical Guide for Military Systems, Sub-Systems and Equipment. United States of America, 2003.
- “Lube Oil Analysis.” [Online]. Available: <http://www.mrtlaboratories.com/Tests.htm>
14 Oct. 2008.
- “Non Destructive Testing Association (NDTA)” [Online]. Available: <http://www.winzurf.co.nz/ndta> 10 Oct. 2008.
- “Used Oil Analysis.” [Online]. Available: <http://lubricants.s5.com> 1 Oct. 2008.
- Wichai Surasakhaw. Improving the Operational Availability of Marine Equipment Through Application of Condition Based Maintenance. Master’s Thesis, University of Southampton, 2003.