บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ไม่ว่าจะมีราคาแพงมหาศาลสักปานใดก็ยังเกิดเหตุขัดข้องหรือเสียหายได้ ดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมนอกจากจะมีกิจกรรมในการผลิตแล้วยังต้องมีกิจกรรมในการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์อีกด้วย ทั้งนี้เพื่อให้เครื่องจักรอุปกรณ์สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเต็มที่ตลอดช่วงอายุของเครื่อง โดยมีวิวัฒนาการของการบำรุงรักษาดังในรูปที่ 3.1

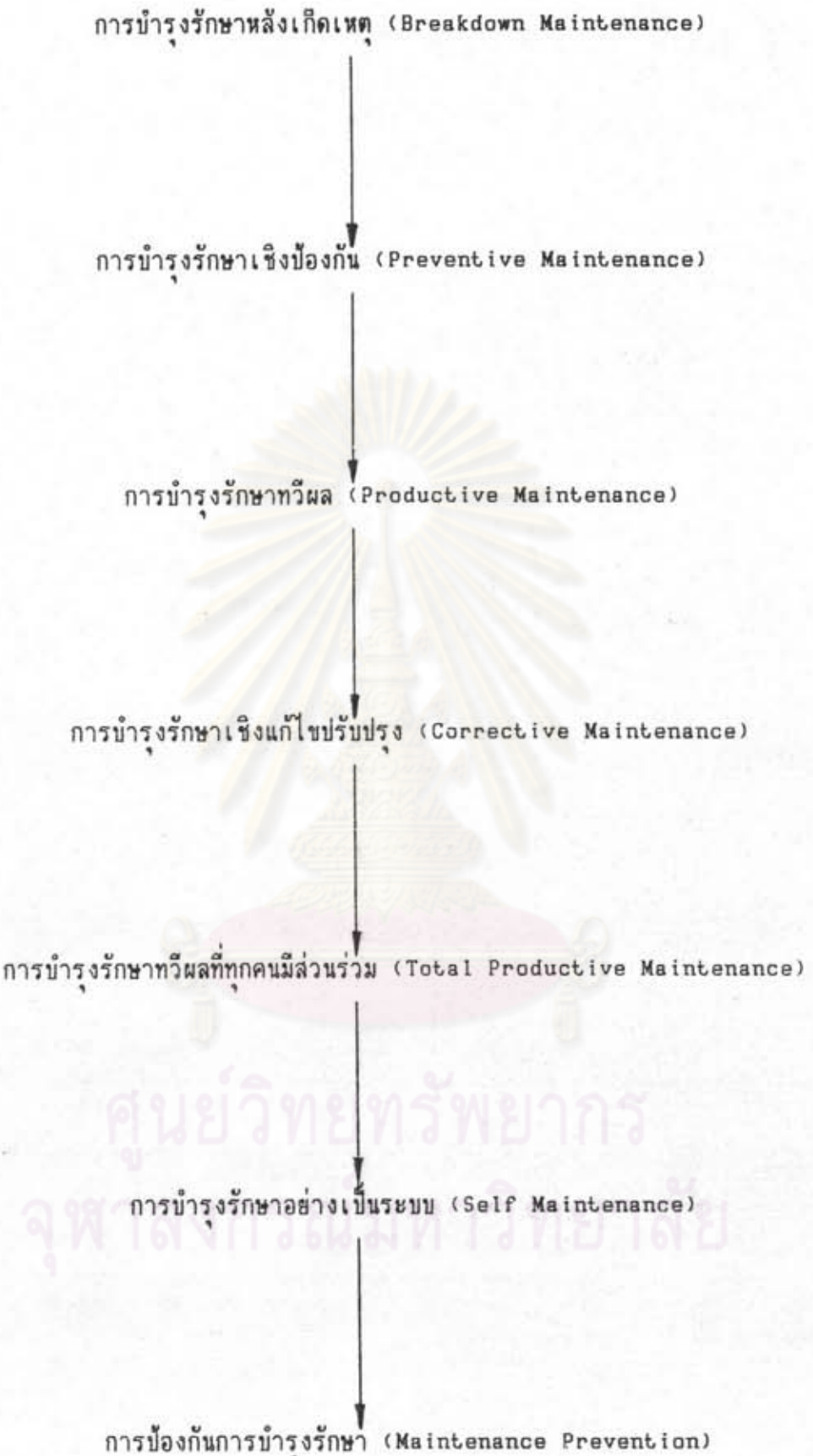
การบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ดีนั้นจะต้องใช้ความร่วมมือกันทั้งทางฝ่ายปฏิบัติงานผลิตและฝ่ายบำรุงรักษา โดยสามารถแบ่งกิจกรรมของแต่ละฝ่ายได้ดังนี้

1. กิจกรรมของฝ่ายปฏิบัติงานผลิต

เป้าหมายสำคัญของฝ่ายปฏิบัติงานผลิตก็คือ "การป้องกันการเสื่อมสภาพ" และเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายจึงต้องดำเนินการดังนี้

1. การป้องกันการเสื่อมสภาพ
   - การใช้เครื่องจักรอุปกรณ์อย่างถูกวิธี
   - การปรับเงื่อนไขเบื้องต้น (ทำความสะอาด, หยอดน้ำมัน, ขันกวดน็อตให้แน่น)
   - การปรับแต่งเครื่อง (การปรับแต่งการเดินเครื่อง, การเปลี่ยนชิ้นส่วนและเงื่อนไขการผลิต)
2. การวัดการเสื่อมสภาพ
   - การตรวจสอบประจำวัน
   - การตรวจสอบเป็นระยะ

   โดยมากตรวจสอบโดยใช้สัมผัสทั้งห้า
3. การทำให้กลับอยู่ในสภาพเดิม
   - การเปลี่ยนชิ้นส่วน (เปลี่ยนอะไหล่ง่ายๆ และการแก้ไขปัญหาเร่งด่วน)



รูปที่ 3.1 วิวัฒนาการของการบำรุงรักษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การให้ข้อมูลที่ถูกต้องและรวดเร็วเกี่ยวกับสภาพและผลของเหตุขัดข้องที่เกิดขึ้น
- การให้ความร่วมมือในการซ่อมเครื่องจักรที่ขัดข้องอย่างกระตือรือร้น

ในบรรดากิจกรรมต่างๆ ที่กล่าวมานี้ การปรับเงื่อนไขเบื้องต้น (ทำความสะอาด, หยอดน้ำมัน, ขันกวดน็อตให้แน่น) และการตรวจสอบประจำวัน ถือว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นที่สุดในการปฏิบัติ ฉะนั้น หากต้องการที่จะทำให้กิจกรรมนั้นประสบผลดีแล้ว หน้าที่ความรับผิดชอบนี้จึงไม่ควรขึ้นกับฝ่ายบำรุงรักษาซึ่งมีขอบข่ายความรับผิดชอบกว้างอยู่แล้ว แต่ควรเป็นของฝ่ายปฏิบัติงานผลิตซึ่งรู้จักเครื่องจักรที่ตนเองใช้ดีอยู่แล้ว (วิธีการส่งเสริมกิจกรรมควรเริ่มโดยทางหน่วยงานต้องระบุหน้าที่ความรับผิดชอบอย่างชัดเจน)

2. กิจกรรมของฝ่ายบำรุงรักษา

หน้าที่ความรับผิดชอบของฝ่ายบำรุงรักษา จะเน้นหนักอยู่ที่การวัดความเสื่อมสภาพและการแก้ไขเครื่องจักรอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพปกติ งานหลักโดยทั่วไปคือการตรวจสอบเครื่องจักรอุปกรณ์เป็นระยะๆ, การคาดการณ์ (Predict) และการปรับปรุงการบำรุงรักษา ซึ่งจะต้องอาศัยความรู้ความเชี่ยวชาญทางด้านการบำรุงรักษาโดยเฉพาะ

นอกจากนี้การปฏิบัติงานในกิจกรรมการบำรุงรักษาต่างๆของทั้ง 2 ฝ่าย จำเป็นต้องมีกระบวนการหรือขั้นตอนที่จะใช้ในการบริหารงาน หรือดำเนินการให้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายและนโยบายที่ได้วางไว้ หรืออาจกล่าวได้ว่าต้องมีแผนงานที่ดีเป็นปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งในการดำเนินงานด้วย

3.1 <u>การวางแผนการบำรุงรักษา</u>

ทุกสิ่งทุกอย่างจำเป็นต้องมีการวางแผนเพื่อควบคุมดูแล ดังเ
ถ้าแต่ละคนทำงานตามใจชอบ รถไฟจะมาถึงเมื่อไรก็ไม่ทราบ อุบัติ
หมุนเวียนของรถไฟจะเลวลง ทำให้เกิดความขาดแคลน เกิดค

ในด้านกิจกรรมการบำรุงรักษาก็เช่นเดียวกัน
วัตถุประสงค์เพื่อ "ป้องกันความเสียหายของเครื่อง
แผนการบำรุงรักษาคือ สิ่งที่เป็นพื้นฐ
ติดตามสภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์อยู่เป็นปร

การบำรุงรักษา บุคลากร วัสดุ(ชิ้นส่วนสิกหรอ) เข้ากับเครื่องจักรอุปกรณ์และทำการวางแผนกิจกรรมการบำรุงรักษา วางมาตรฐานและเพิ่มประสิทธิภาพ ความดีและไม่ดีของแผนการบำรุงรักษา จะเป็นสิ่งกำหนดระดับของกิจกรรมการบำรุงรักษา

3.1.1 ข้อควรคำนึงในการวางแผนการบำรุงรักษา

ก. แบ่งแยกเครื่องจักรอุปกรณ์ตามลำดับความสำคัญ

แบ่งแยกลำดับความสำคัญของเครื่องจักรอุปกรณ์ทั้งหมดในโรงงาน โดยดูว่าเครื่องจักรแต่ละชนิดจะมีผลกระทบต่อการผลิต (จำนวนผลิต,คุณภาพ) มากน้อยเพียงไร โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาลำดับความสำคัญของเครื่องจักร ดังในรูปที่ 3.2

จากตำแหน่งลำดับความสำคัญที่แยกได้ จะสามารถวางแผนเพิ่มประสิทธิภาพของกิจกรรมการบำรุงรักษาได้ โดยแบ่งเป็นการบำรุงรักษาเชิงป้องกันหรือการบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุ หรือว่าเปลี่ยนความถี่ของการตรวจและการตรวจซ่อมหรือเปลี่ยนวิธีการ

ข. การกำหนดและการเปลี่ยนแปลงความถี่ของการบำรุงรักษา

โดยทั่วไปความถี่ของการบำรุงรักษา จะยึดถือเวลาเดินเครื่องของโรงงาน ปริมาณการผลิตหรือปริมาณผลผลิตที่ออกมาเป็นแนวทางในการกำหนด

ค. การกำหนดรูปแบบการบำรุงรักษา

รูปแบบการบำรุงรักษา กำหนดขึ้นโดยดูจากลักษณะสมบัติ (เงื่อนไขภาระงาน ความเสื่อมสภาพของสมรรถนะ) ของเครื่องจักรอุปกรณ์ และลำดับความสำคัญของเครื่องจักรอุปกรณ์ โดยมีรูปแบบการบำรุงรักษาดังนี้

รูปแบบการบำรุงรักษา
- การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน
- การบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุ
- การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง เป็นมาตรการเพื่อยืดหยุ่น แก้ไขส่วนเสียและลดเวลาการซ่อม

3.1.2 ชนิดของแผนการบำรุงรักษา

ก. การแบ่งตามระยะเวลา

- แผนการบำรุงรักษาระยะยาวและรายปี

	A พิเศษ	A	B	C	น้ำหนัก
	4	3	2	1	
P ความเสียหายของเครื่องจักรเนื่องจากหยุดเครื่องจักรอุปกรณ์	1.การหยุดเครื่องจักรอุปกรณ์เนื่องจากเหตุขัดข้อง เป็นเหตุให้ต้องหยุดทั้งโรงงาน (ไม่มีเวลาเผื่อเลย) 2.อุปกรณ์เครื่องมือวัดทำการหยุดโรงงานทันที เมื่อหาขนาดผลิตภัณฑ์ในสมรรถนะของเครื่องจักร 3.ต้องใช้เวลามากกว่า 48 ชม. ในการทำให้เครื่องจักรกลับคืนสู่สภาพปกติ	1.การหยุดเครื่องจักรนี้เนื่องมาจากการหยุดขบวนการผลิตเป็นบางส่วน 2.ประเภทที่มีการเปลี่ยนเครื่องทำของโดยอัตโนมัติเมื่อเครื่องจักรขัดข้อง 3.ประเภทที่ต้องหยุดขบวนการเป็นช่วงๆโดยอุปกรณ์เครื่องมือวัด สามารถหาขนาดผลิตภัณฑ์ในสมรรถนะของเครื่องจักร 4.ประเภทที่ใช้เวลา 8-48 ชม. ในการคืนสู่สภาพปกติ	1.ประเภทที่เวลาเผื่อก่อนหยุดเครื่องเหลืออยู่ไม่เกิน 1 ชม. 2.ประเภทที่ใช้เวลา 1-8 ชม. ในการคืนสู่สภาพปกติ	1.ประเภทที่เวลาเผื่อก่อนหยุดเครื่องมากกว่า 1 ชม. 2.ประเภทที่สามารถให้สมรรถนะได้เพียงพอโดยการสับเปลี่ยนง่าย ๆ	2
C_1 ความสูญเสียของหน่วยเสีย เนื่องมาจากการหยุดเครื่องจักร	1.ประเภทที่มีผลกระทบกระเทือนต่อต้นทุนมากกว่าค่าที่กำหนดไว้ (หมื่นเยน/วัน) เนื่องมาจากการหยุดเครื่องจักรและความผิดปกติ	1.ประเภทที่ต้นทุนกระทบกระเทือนเป็นปริมาณที่กำหนดไว้หรือมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ	ประเภทที่ไม่ใช่ A,C	1.ประเภทที่ให้ผลกระทบกระเทือนต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ (หมื่นเยน/วัน) เนื่องจากหยุดเดินเครื่องเป็นเวลานาน และไม่เกี่ยวข้องด้านคุณภาพ	1
C_2 ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา	1.ประเภทที่ใช้ค่าบำรุงรักษามากกว่า 50%ของงบที่ตั้งไว้ 2.ประเภทชิ้นส่วนสำคัญมีราคาเกินกว่าที่กำหนดขึ้นไป	1.ประเภทที่ใช้ค่าบำรุงรักษาเป็น 25-50% ของงบที่ตั้งไว้ 2.ประเภทชิ้นส่วนมีราคาอยู่ในช่วงที่กำหนด	1.ประเภทที่ใช้ค่าบำรุงรักษาเป็น 5-25% ของงบที่ตั้งไว้ 2.ประเภทชิ้นส่วนมีราคาอยู่ในช่วงที่กำหนด	1. ประเภทที่ใช้ค่าบำรุงรักษาต่ำกว่า 5% ของงบที่ตั้งไว้ 2.ประเภทชิ้นส่วนมีราคาต่ำกว่าที่กำหนดไว้	1
D ระยะเวลาคืนสู่สภาพปกติ	1.ประเภทที่คาดว่าใช้เวลาซ่อมหลังจากหยุดเครื่องเกิน 48 ชม. 2.ประเภทที่ระยะเวลาจัดซื้อส่งของสำหรับชิ้นส่วนสำคัญเกิน 6 เดือน	1.ประเภทที่ใช้เวลาซ่อม 12-48 ชม. 2.ประเภทที่ระยะเวลาส่งของเกิน 3 เดือน	1.ประเภทที่ใช้เวลาซ่อม 4-12 ชม. 2.ประเภทที่ระยะเวลาส่งของ 45 วัน - 3 เดือน	1.ประเภทที่ใช้เวลาซ่อมภายใน 4 ชม. 2.ประเภทที่ระยะเวลาส่งของภายใน 45 วัน	1
S ความปลอดภัย	1.ประเภทที่อาจเกิดอันตรายโดยตรง เนื่องจากการเดินหรือการหยุด 2.ประเภทที่ต้องการมาตรการความปลอดภัยขนาดใหญ่เพื่อการซ่อม 3.ประเภทที่เข้าข่ายเงื่อนไขเข้มงวดของกฎหมาย 4.เครื่องจักรอุปกรณ์เพื่อค้ำจุนรักษาความปลอดภัย เพื่อควบคุมเครื่องจักรระดับ A พิเศษและเพื่อตรวจหาความผิดปกติ	1.ประเภทที่อาจทำให้เกิดอันตรายทางอ้อม 2.ประเภทที่ต้องการมาตรการความปลอดภัยขนาดกลางเพื่อการซ่อม 3.ประเภทที่เข้าข่ายเงื่อนไขเข้มงวดของกฎหมาย 4.เครื่องจักรอุปกรณ์เพื่อป้องกันอันตราย	1.ประเภทที่กฎหมายควบคุมอาจจะทำให้เกิดอันตรายได้น้อย 2.ประเภทที่ต้องการมาตรการความปลอดภัยขนาดเล็กเพื่อการซ่อม	1.ประเภทที่ไม่ทำให้เกิดอันตราย 2.ประเภทที่แทบไม่ต้องการมาตรการความปลอดภัยเลยเพื่อการซ่อม	3
P มลภาวะ	1.ประเภทที่ให้ผลกระทบกระเทือนมาก เนื่องจากการปล่อยของเหลวที่มีสิ่งปนเปื้อนมาก 2.ประเภทที่ไม่มีเครื่องอะไหล่สำหรับอุปกรณ์เพื่อมาตรการควบคุมมลภาวะ 3.อุปกรณ์ที่เป็นแหล่งทำเกิดของเสียและมลภาวะ	1.ประเภทที่ต้องการมาตรการเกินกำหนดเมื่อปล่อยของเสียออกมา	1.ประเภทที่ทำให้เกิดมลภาวะเมื่อปล่อยของเสียออกมา	1.ประเภทที่ไม่ทำให้เกิดมลภาวะเลย	2

ตารางลำดับความสำคัญ การให้คะแนนและการรวมคะแนนนั้น เป็นเรื่องสำคัญที่แต่ละหน่วยงานต้องแก้ไขปรับปรุงกันเอง

		คะแนน
ประเภท	A พิเศษ	มากกว่า 34
	A	28 - 33

วางแผนการบำรุงรักษาระยะยาวของเครื่องจักรอุปกรณ์ (โดยมีการประสานแผนการผลิต แผนเครื่องจักรอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา)

- แผนการบำรุงรักษารายคาบสี่เดือน (ครึ่งปี)

วางแผนปฏิบัติการบำรุงรักษาตามแนวของการบำรุงรักษารายปี (กำหนดวัน เดือนของการซื้ออุปกรณ์และการซ่อม)

- แผนการบำรุงรักษารายเดือน

ดูผลสะท้อนที่ได้จากการตรวจซ่อมของแผนปฏิบัติการบำรุงรักษา (สภาพของจำนวนช่างซ่อม การจัดหาอะไหล่ เป็นต้น)

- แผนงานรายสัปดาห์

ควบคุมดูแลความก้าวหน้าของแผนปฏิบัติการ

- แผนงานพิเศษ

เป็นแผนงานขนาดใหญ่ ซึ่งต้องวางแผนประจำวันเป็นพิเศษเช่นเดียวกับการซ่อมประจำ การซ่อมใหญ่

ข. การแบ่งตามลักษณะเฉพาะ

- ตารางแผนการบำรุงรักษาเฉพาะชนิดของเครื่องจักรอุปกรณ์

นิยมใช้สำหรับเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกัน เช่น เครน,คอมเพรสเซอร์ และระบบท่อทาง สามารถวางแผนการบำรุงรักษาเป็นระบบตามกลุ่มชนิดของเครื่องจักรอุปกรณ์ได้

- ตารางแผนการบำรุงรักษาเฉพาะวัสดุ

เป็นตารางแผนการบำรุงรักษาเฉพาะวัสดุ (เฉพาะชิ้นส่วน) เช่น ลวดสลิง โดยทั่วไปเป็นตารางแผนการบำรุงรักษาของวัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้แทนกันได้

- ตารางแผนการบำรุงรักษาอุปกรณ์พิเศษ

เนื่องจากทำรวมถึงการควบคุมดูแลประวัติของแต่ละอุปกรณ์ด้วย โดยทั่วไปนิยมใช้ในแผนการบำรุงรักษาของอะไหล่สำคัญที่ซ่อมแซมใหม่ได้

3.1.3 สิ่งที่จำเป็นสำหรับแผนการบำรุงรักษา

การวางแผนการบำรุงรักษาและการปฏิบัตินั้น พิจารณาได้จากการตรวจและการตรวจซ่อมเครื่องจักรอุปกรณ์และมาตรฐานการบำรุงรักษาทุกชนิด ดังนั้น แผนการตรวจ การตรวจซ่อมและมาตรฐานการเปลี่ยนชิ้นส่วน จึงเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญควบคู่กันไปกับแผนการ

บำรุงรักษา

ก. แผนการตรวจ การตรวจซ่อม

แผนการบำรุงรักษาเป็นรากฐานสำคัญของกิจกรรมการบำรุงรักษา แต่ถ้าไม่สามารถติดตามข้อมูลการบำรุงรักษาอย่างแน่นอนโดยการตรวจ การตรวจซ่อมเพื่อนำไปทบทวนแผนการบำรุงรักษาได้แล้ว ก็ไม่สามารถวางแผนการบำรุงรักษาที่ดีได้

เรื่องสำคัญสำหรับแผนการตรวจสอบสภาพ คือ

- มีการกำหนดวิธีการตรวจ การตรวจซ่อม
- สามารถรับทราบถึงการเสื่อมสภาพเชิงปริมาณ และคาดคะเนการเสื่อมสภาพในอนาคตได้
- มีมาตรฐานการควบคุมดูแลรายละเอียด และมาตรฐานการเปลี่ยนชิ้นส่วนเพื่อสามารถพิจารณาดำเนินการได้ง่าย

ข. มาตรฐานเทคนิคการบำรุงรักษา

เพื่อโยงผลการตรวจและการตรวจซ่อมเข้ากับแผนการบำรุงรักษา จำเป็นต้องมีมาตรฐานเทคนิคการบำรุงรักษา เช่น มาตรฐานการควบคุมความละเอียด มาตรฐานขอบเขตการใช้ชิ้นส่วน มาตรฐานเทคนิคการบำรุงรักษา แบ่งเป็นมาตรฐานเทคนิคร่วมกันที่สามารถใช้ร่วมกันได้ และมาตรฐานเทคนิคการบำรุงรักษาเฉพาะของเครื่องจักรอุปกรณ์ชิ้นส่วนแต่ละชนิดนั้น

ค. การควบคุมเหตุขัดข้อง

- เวลาขัดข้องของเครื่องจักรอุปกรณ์ เป็นหัวข้อการควบคุมที่สำคัญในการวางแผนการบำรุงรักษา เพื่อทำให้เวลาการขัดข้องน้อยลง โดยทั่วไปแล้วแผนการบำรุงรักษาจึงมักจะมีแนวโน้มที่ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องเตรียมอะไหล่เพิ่มมากขึ้น และการซ่อมต้องเร็วขึ้น
- วิเคราะห์รายละเอียดของการป้องกันมิให้เกิดเหตุขัดข้องซ้ำ ให้ทราบถึงต้นตอของสาเหตุ แล้วทำการแก้ไขปรับปรุงเพื่อป้องกันมิให้เกิดเหตุขัดข้อง ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญในกิจกรรมการบำรุงรักษา (ไม่ก่อให้เกิดเหตุขัดข้องแบบเดียวกันเป็นครั้งที่สอง)
- ถ้าแผนการบำรุงรักษาดี ระดับการบำรุงรักษาจะสูงขึ้น เหตุขัดข้องจากการสึกหรอจะน้อยลง จะกลายเป็นเหตุขัดข้องระยะแรกและเหตุขัดข้องโดยบังเอิญเท่านั้น

ง. การควบคุมอะไหล่

- นอกจากการจัดหาอะไหล่ให้สอดคล้องกับแผนงานแล้ว ยังมีความจำเป็นที่จะต้องเตรียมอะไหล่ไว้จำนวนหนึ่ง เพื่อการซ่อมอย่างกระทันหัน เมื่อเครื่องจักรอุปกรณ์เกิดเหตุขัดข้องอย่างฉับพลัน (โดยทั่วไปเรียกว่า อะไหล่ฉุกเฉิน)

- หน่วยของอะไหล่ มีแนวโน้มจากหน่วยชิ้นส่วนไปเป็นชุดอะไหล่ (เช่น เครื่องปรับความเร็ว, ปั๊ม) และชุดอะไหล่เป็นส่วนๆ (เช่น โรเตอร์ของมอเตอร์, คาทริดจ์ภายในปั๊ม) มากขึ้น

3.1.4 การปรับแผนการบำรุงรักษา

แผนการบำรุงรักษานั้นจะหวังถึงแผนที่ดีที่สุดตั้งแต่แรกนั้นไม่ได้ และในการรับมือกับความเปลี่ยนแปลงของการผลิต แผนการบำรุงรักษาจำเป็นจะต้องมีการยืดหยุ่น ดังนั้นต้องจัด "ข้อมูลผลที่ได้จริง" ที่สำคัญให้เป็นระเบียบเพื่อใช้เป็นข้อมูลการบำรุงรักษา พร้อมดูความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และมีความจำเป็นที่จะต้องจัดให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันในหน่วยงานที่รับผิดชอบ และกับหน่วยงานบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ที่คล้ายๆกัน โดยวางจุดหมายไว้ "ประมาณ 1 ครั้ง ใน 1 ปี"

โดยเฉพาะช่วงความถี่ที่ผู้บำรุงรักษากำหนดขึ้น มักจะทำอย่างปลอดภัย (ทำบ่อยๆ) เมื่อมีการส่งเสริมยกระดับด้านเทคนิคและทักษะของพนักงานก็จะสามารถยืดความถี่ในการบำรุงรักษาออกไปได้

3.2 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เป็นแนวความคิดที่ต้องการ "ป้องกัน" การหยุดของเครื่องจักร เนื่องจากเครื่องจักรเสีย (Breakdown) ที่ไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ การที่ต้องหยุดเครื่องจักรไม่ว่ากรณีใดสร้างความเสียหายแก่วงการอุตสาหกรรมอย่างร้ายแรง ดังนั้นจึงมีระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันขึ้นเพื่อทำการตรวจสอบสภาพเครื่องจักร, การเติมน้ำมันหล่อลื่น, การถอดเปลี่ยนชิ้นส่วน, การซ่อมแซม, การจดบันทึกผลการดำเนินงานเพื่อเป็นข้อมูลในการบำรุงรักษา การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ เพื่อค้นหาจุดที่เป็นปัญหาเพื่อสร้างมาตรการแก้ไข โดยที่การดำเนินงานทั้งหมดจะเกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีก ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาให้สอดคล้องกับสภาพเครื่องจักรที่เปลี่ยนไปตามเวลา โดยให้เกิดความเหมาะสมและแม่นยำเชื่อถือได้และทันสมัยอยู่เสมอ

การปฏิบัติงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ดังนี้

1. การทำความสะอาดเครื่องจักรและบริเวณโรงงาน (Cleaning)
2. การหล่อลื่น (Lubrication)
3. การตรวจสภาพ (Inspection)
4. การปรับแต่งและเปลี่ยนชิ้นส่วน (Adjustment and Part Replacement)

3.2.1 การทำความสะอาดเครื่องจักรและบริเวณโรงงาน (Cleaning)

การทำความสะอาดเครื่องจักรและบริเวณโรงงานถือเป็นงานแม่บทของการซ่อมบำรุง ซึ่งนอกจากจะเป็นกระจกสะท้อนให้เห็นภาพของการจัดการในโรงงานแล้ว ยังให้ผลสะท้อนต่อความรู้สึกของพนักงานอีกด้วย งานทำความสะอาดเครื่องจักรนับเป็นก้าวแรกของงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เนื่องจาก

- ขณะทำความสะอาดพนักงานได้เห็นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรเป็นประจำจนสามารถทราบได้อย่างแน่ชัดว่า สภาพปกติของเครื่องจักรภายนอก, สภาพเสียงที่เกิดขึ้น, ความสั่นสะเทือน, ความร้อนที่เกิดขึ้นและอื่นๆ ขณะที่เดินเครื่องปกติเป็นเช่นไร และเมื่อสังเกตเห็นสภาพผิดปกติพื้นฐานก่อนจะสามารถทำการแก้ไขปัญหาได้ก่อนที่ปัญหาจะลุกลาม
- การขจัดฝุ่นละอองหรือความสกปรกอื่นบนเครื่องจักร หรือบริเวณโรงงานเป็นการช่วยลดความสึกหรอของเครื่องจักร และความผิดพลาดในการใช้งานเครื่องจักร
- ช่วยลดอัตราอุบัติเหตุในโรงงานลงได้ เนื่องจากต้นเหตุของอุบัติเหตุ เช่น วัสดุหล่อลื่นหกเรี่ยราดบนพื้น ชิ้นส่วนหรือสิ่งเกะกะต่างๆ จะถูกขจัดออกไป อุบัติเหตุที่เกิดจากสิ่งเหล่านี้จึงไม่เกิดขึ้น

โดยทั่วไปปัญหาในเรื่องความสะอาดมักจะเกิดจากเหตุต่างๆ เช่น

- ผู้บริหารโรงงานไม่ให้ความสนใจและเคร่งครัดในเรื่องความสะอาด
- ไม่มีการจูงใจพนักงานให้มีความร่วมมือในเรื่องความสะอาด
- พนักงานเกี่ยงกันในเรื่องหน้าที่ และขอบเขตรับผิดชอบในการทำความสะอาด

ทางแก้ปัญหาเหล่านี้สามารถทำได้โดยการดำเนินการในเรื่องต่อไปนี้

- กำหนดนโยบายความสะอาดที่ชัดเจนและเป็นที่รับรู้ของพนักงานทุกระดับ

เช่น นโยบายกิจกรรม 5 ส

- สร้างสิ่งจูงใจในการรักษาความสะอาดที่ไม่อยู่ในรูปของตัวเงิน เพื่อให้พนักงานมีส่วนร่วม

- แบ่งหน้าที่และขอบเขตรับผิดชอบในการรักษาความสะอาดอย่างชัดเจน

3.2.2 การหล่อลื่น (Lubrication)

การหล่อลื่นเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับเครื่องจักร เนื่องจากวัสดุหล่อลื่นจะทำหน้าที่ป้องกันมิให้ส่วนที่เคลื่อนไหวสัมผัสกันโดยตรง (Metal to Metal Contact) นอกจากจะป้องกันความเสียหายของเครื่องจักรจากการสึกหรอ และความร้อนแล้ว ยังช่วยให้ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรสูงขึ้น เนื่องจากการหมุนการเคลื่อนไหวเป็นไปได้อย่างราบรื่น มีความฝืดน้อยที่สุด

การดำเนินการเพื่อการหล่อลื่นเครื่องจักรดูเป็นสิ่งง่ายๆ ที่ไม่น่าจะมีวิธีการซับซ้อน การบำรุงรักษาส่วนใหญ่จึงมักจะไม่เน้นในเรื่องงานหล่อลื่นมากนัก และทำให้มองข้ามความจำเป็นในการที่ต้องมีระบบงานหล่อลื่นที่มีประสิทธิภาพไปโดยสิ้นเชิง

การจัดให้มีระบบและแผนงานหล่อลื่นที่ดีก่อประโยชน์ในเรื่องต่างๆ คือ

- ลดความสูญเสียเนื่องจากการชำรุดเสียหายของเครื่องจักร ทำให้การผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

- ลดความสูญเสียทางทรัพยากรการผลิต และการบำรุงรักษา ซึ่งได้แก่ แรงงาน วัสดุ และพลังงานที่ใช้ในการผลิต และซ่อมบำรุงต่างๆ

- ลดความผิดพลาดอันเกิดจากการใช้วัสดุหล่อลื่นผิดประเภท ซึ่งบางครั้งก่อให้เกิดความเสียหายแก่เครื่องจักรอย่างร้ายแรง

- ประหยัดวัสดุหล่อลื่นลงได้บางส่วน เนื่องจากสามารถลดความสูญเสียอันเกิดจากการหกเรี่ยราด หรือการที่พนักงานนำวัสดุหล่อลื่นไปหลงลืมไว้ในที่ต่างๆ และไม่ถูกนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์

ก. การวางระบบงานหล่อลื่น

เพื่อให้เกิดระบบงานหล่อลื่นที่มีประสิทธิภาพ การวางแผนควรดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้ คือ

1. ศึกษาความต้องการ ประเภท ชนิด ปริมาณ ของวัสดุหล่อลื่น สำหรับเครื่องจักรทั้งหมด ซึ่งข้อมูลที่ต้องการเหล่านี้จะหาได้จาก คู่มือใช้งานเครื่องจักร หรือ คำแนะนำจากบริษัทน้ำมันที่เชื่อถือได้

2. พยายามเทียบเคียงประเภทและชนิดของวัสดุหล่อลื่นที่ใช้จากหลายๆผู้ผลิต เพื่อลดจำนวนผู้ผลิต ประเภท และวัสดุหล่อลื่นลงให้น้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการสั่งซื้อ จัดเก็บ และรักษาระดับวัสดุคงคลังที่เหมาะสม

3. จัดให้มีการเก็บวัสดุหล่อลื่นแยกจากวัสดุอื่นประเภทน้ำมัน เพื่อประกันความถูกต้องในการจ่าย ประเภทและชนิดของวัสดุหล่อลื่นให้แก่พนักงานซ่อมบำรุง

4. จัดให้มีการใช้สัญญลักษณ์สำหรับประเภทและชนิดของวัสดุหล่อลื่น เพื่อป้องกันการใช้วัสดุผิดพลาด ควรทำเครื่องหมายสีหรือทาสีลงไปบนสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

- ถังน้ำมันหรือถังจารบีในสโตร์ และถังแบ่งใช้งานอื่นๆ
- กาน้ำมันและถังอัดจารบี
- จุดเติมน้ำมันและอัดจารบีบนเครื่องจักร

วิธีการนี้เป็นที่นิยมมากของโรงงานในประเทศญี่ปุ่นจนเกือบจะเป็นมาตรฐานสำหรับทุกโรงงาน ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.3

5. ปรับปรุงวิธีการหล่อลื่นให้สะดวก และปลอดภัยในการทำงาน โดยเฉพาะสำหรับเครื่องจักร ที่ต้องมีการเติมวัสดุหล่อลื่นขณะเดินเครื่อง เช่น ต่อท่อเข้าไปยังจุดที่เข้าถึงยาก หรือใช้ระบบเติมวัสดุอัตโนมัติ เป็นต้น

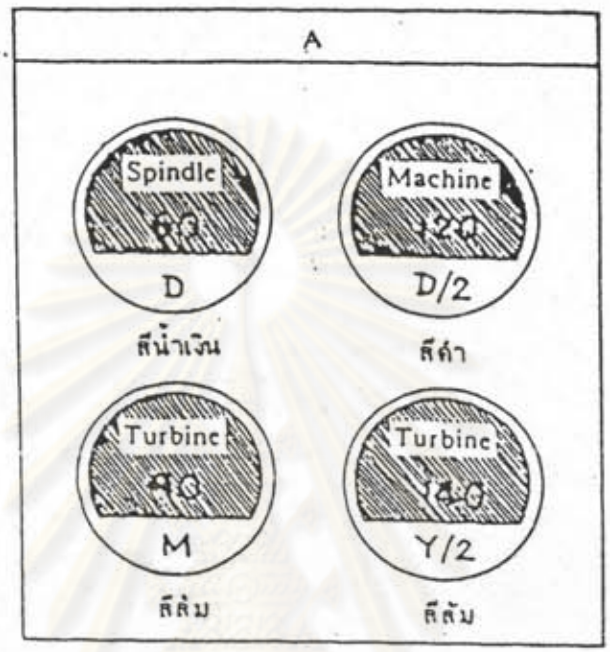
6. จัดทำระบบบันทึกการหล่อลื่นที่เหมาะสม เพื่อให้แน่ใจว่าการปฏิบัติงานหล่อลื่นจะไม่มีสิ่งใดผิดพลาด รวมทั้งสามารถใช้เป็นข้อมูล เพื่ออ้างอิงสำหรับงานบำรุงรักษาในโอกาสต่อไป

7. วิเคราะห์ประสิทธิผลของการหล่อลื่น หาข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไขให้ทันต่อเหตุการณ์รวมทั้งการศึกษาถึงวัสดุ และวิธีการหล่อลื่น เพื่อปรับปรุงระบบงานให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา

ข. การวางแผนงานระบบหล่อลื่น

การวางแผนงานระบบหล่อลื่นอาศัยหลักการเดียวกับการวางแผนงานทั่วไป ซึ่งหากพิจารณาในรายละเอียดที่จำเป็นแล้ว การวางแผนงานหล่อลื่นควรประกอบด้วยแผนงาน

ตัวอย่างแผ่นป้ายการหล่อลื่น (ของญี่ปุ่น)
(Example of Lubricaton Lable)



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างแผ่นป้ายการหล่อลื่น

ดังต่อไปนี้ คือ

1. แผนหล่อลื่นหลักของโรงงาน (Master Lubrication Plan) สามารถจัดทำได้เป็น 2 รูปแบบ คือ

- แผนการใช้วัสดุหล่อลื่น ประกอบด้วยข้อมูลที่สำคัญ คือ
  - ชนิดและประเภทของวัสดุหล่อลื่นที่มีอยู่ในสต็อค
  - ประเภทและชนิดของวัสดุหล่อลื่นที่ใช้สำหรับแต่ละเครื่อง
  - ปริมาณวัสดุคงคลังของวัสดุหล่อลื่นแต่ละชนิด ระดับสูงสุดต่ำสุดและระดับที่ต้องสั่งซื้อเพิ่มเติม
- แผนการเปลี่ยนวัสดุหล่อลื่น ประกอบด้วยข้อมูลที่สำคัญ คือ
  - รายการหรือชื่อเครื่องจักร
  - ประเภทและชนิดของวัสดุหล่อลื่นที่ใช้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่อง
  - ระยะเวลาเปลี่ยนวัสดุหล่อลื่น อาจบอกเป็นชั่วโมงทำงาน หรือบอกเป็นช่วงเวลาก็ได้

2. กำหนดเวลาหล่อลื่นหลักของโรงงาน (Master Lubrication Schedule)

จัดทำเป็นตารางกำหนดการปฏิบัติงานหล่อลื่นตามแผนหล่อลื่นหลัก ซึ่งต้องสอดคล้องกับแผนการบำรุงรักษาหลักของโรงงาน เนื่องจากการเปลี่ยนวัสดุหล่อลื่นที่ไม่ได้จังหวะ อาจทำให้เกิดความสิ้นเปลืองวัสดุหล่อลื่นโดยใช่เหตุ หากการซ่อมนั้นต้องถ่ายน้ำมันหล่อลื่นออกด้วย

ค. การควบคุมงานหล่อลื่น

การควบคุมงานหล่อลื่นโดยทั่วไปนิยมใช้การ์ดควบคุมงานหล่อลื่น (Lubrication Control Card) ซึ่งการ์ดนี้เป็นการ์ดประจำเครื่องจักรแต่ละเครื่อง อาจจะเป็นการ์ดเดียวกับการบันทึกประวัติ การซ่อมปกติก็ได้ แต่จะต้องบรรจุข้อมูลที่จำเป็นในเรื่องการหล่อลื่นอย่างเพียงพอ เช่น

- ประเภท ชนิด ของวัสดุหล่อลื่น
- วัสดุหล่อลื่นเทียบเคียงที่อาจให้ทดแทนกันได้
- ปริมาณที่จำเป็นต้องใช้ในการเปลี่ยนวัสดุหล่อลื่นแต่ละครั้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ระยะเวลาที่ต้องทำการเปลี่ยนวัสดุหล่อลื่น
- คุณสมบัติพิเศษที่ต้องการ เช่น การทนความร้อน หรือ Additive อื่นๆ

ง. ความรับผิดชอบในการปฏิบัติงานหล่อลื่น

ความรับผิดชอบในการปฏิบัติงานหล่อลื่น มีแนวความคิดอยู่ 2 วิธีใหญ่ๆ คือ

วิธีที่ 1 ให้พนักงานซ่อมบำรุงเป็นผู้รับผิดชอบปฏิบัติงานหล่อลื่นทั้งหมด ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตาราง 3.1 ข้อดีและข้อเสียของการให้พนักงานซ่อมบำรุงรับผิดชอบงานหล่อลื่น

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ไม่มีการเกี่ยงงอนความรับผิดชอบ 2. สอบสวนหาสาเหตุเมื่อเครื่องจักรเกิดเสียหายได้ง่าย 3. สามารถถ่ายทอดวิชาการหรือเทคนิคใหม่แก่พนักงานได้ง่าย และพนักงานรับได้เร็ว เนื่องจากมีความชำนาญ 4. สามารถควบคุมกรรมวิธีการหล่อลื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ	1. พนักงานหล่อลื่นอาจมีความรู้สึกเบื่อหน่าย เพราะรู้สึกว่าเป็นงานที่ซ้ำซากจำเจ ทำให้ไม่ตั้งใจทำงานเท่าที่ควร

จากตารางจะเห็นได้ว่าวิธีนี้มีข้อดีมากกว่าข้อเสีย จึงเป็นที่นิยมปฏิบัติกันมากในประเทศที่มีความเจริญทางอุตสาหกรรมสูง

ข้อควรหลีกเลี่ยงในการนำวิธีนี้มาปฏิบัติคือ การใช้พนักงานที่ใกล้ปลดเกษียณอายุมากมาทำหน้าที่พนักงานหล่อลื่นหรือที่นิยม เรียกว่า "ช่างน้ำมัน" แต่ควรจะได้เลือกผู้ที่มีความรู้และความชำนาญในเรื่องเครื่องจักรพอสมควรมาทำหน้าที่ดังกล่าว เพื่อให้ประสิทธิผลของงานได้เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

สิ่งจูงใจที่ควรดำเนินการให้กับช่างน้ำมันต้องมีตามสมควร และมากพอที่

จะไม่ให้เกิดความท้อถอยในงาน เช่น

- การให้ความสำคัญในงานหล่อลื่น
- การฝึกอบรมด้านเทคนิคใหม่ๆ ของการหล่อลื่น
- การตั้งเงินเดือนที่ไม่น้อยกว่าพนักงานช่อมบำรุงอื่นๆ

วิธีที่ 2 ให้พนักงานผลิตเป็นผู้รับผิดชอบในการเติมหรือถ่ายวัสดุหล่อลื่นในลักษณะที่เป็นงานประจำ (Routine) เลย ส่วนพนักงานช่อมบำรุงจะทำหน้าที่และรับผิดชอบในงานหล่อลื่นเมื่อมีการช่อมเครื่องจักรเท่านั้น ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียแสดงไว้ในตารางที่ 3.2

ในการนำวิธีนี้ไปปฏิบัติ ส่วนใหญ่มักมีความเห็นว่ามีข้อดีเป็นจุดเด่นก็คือสามารถลดจำนวนพนักงานที่ต้องใช้ทำหน้าที่ "ช่างน้ำมัน" ลงได้ แต่ก็มีความเห็นจำนวนมากที่พิจารณาว่า วิธีการนี้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาปฏิบัติ เนื่องจากอาจเกิดความเสียหายที่ไม่คุ้มค่าขึ้นได้

โดยสรุปแล้ว การจะนำวิธีใดมาใช้ย่อมไม่มีข้อจำกัดใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละกิจการ และวิธีจัดการของหน่วยงานช่อมบำรุงของแต่ละกิจการ

ตาราง 3.2 ข้อดีและข้อเสียของการให้พนักงานฝ่ายผลิตเป็นผู้รับผิดชอบงานหล่อลื่น

ข้อดี	ข้อเสีย
1. พนักงานผลิตมีส่วนร่วมและรับผิดชอบงานช่อมบำรุงด้วย การรักษาเครื่องจักรจะดีขึ้น 2. ไม่จำเป็นต้องมีช่างน้ำมันโดยเฉพาะ ทำให้ลดจำนวนพนักงานลงได้	1. ไม่มีผู้รับผิดชอบเฉพาะเรื่อง อาจเกิดความผิดพลาดในเรื่องการถ่ายทอดงานได้ 2. หากไม่มีการกำหนดความรับผิดชอบและขอบเขตของงานให้เด่นชัด อาจมีการ "โยนงาน" กันได้ 3. กรรมวิธีการหล่อลื่นควบคุมได้ยาก นอกจากจะให้การฝึกอบรมเพียงพอ

3.2.3 การตรวจสภาพ (Inspection)

การตรวจสภาพในงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อค้นหาความบกพร่อง (Defect) ขั้นต้น หรือสิ่งผิดปกติ ซึ่งอาจนำไปสู่การขัดข้อง (Failure) ของเครื่องจักร จนถึงต้องหยุดเครื่องจักรในระยะต่อไปได้

ความบกพร่อง (Defect) หมายถึง สภาพการณ์ที่มีคุณลักษณะของอุปกรณ์ของเครื่องจักรเปลี่ยนไปถึงขั้นที่ไม่สามารถทำหน้าที่ได้ตามที่ควรจะเป็น

การขัดข้อง (Failure) หมายถึง สภาพการณ์ที่อุปกรณ์ของเครื่องจักรเสื่อมสภาพลงจนเป็นเหตุให้เครื่องจักรไม่สามารถทำงานตามข้อกำหนดที่วางไว้ หรือต้องหยุดการทำงานโดยสิ้นเชิง

ในทางปฏิบัติย่อมเป็นที่ทราบดีว่า ความบกพร่องและการขัดข้องเหล่านี้ไม่มีคุณลักษณะที่แน่นอนอาการบางชนิดเป็นไปอย่างช้าๆ และเหตุเสีย (Breakdown) ที่เกิดจากอาการประเภทนี้จะต้องใช้เวลา "รอ" ที่จะให้เกิดอาการปรากฏขึ้นภายนอก แต่อาการบางชนิดจะใช้เวลาเพียงสั้นๆ เพื่อลุกลามกลายเป็นเหตุเสียได้อย่างรวดเร็ว และอาการเหล่านี้ก็มีทั้งอาการที่สามารถค้นหา หรือตรวจพบได้ในระยะเริ่มต้น หรือไม่สามารถตรวจค้นได้เลยก็ได้ ดังนั้น ในการปฏิบัติงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จึงเป็นความจำเป็นที่ต้องรู้และเข้าใจอย่างถ่องแท้ถึงสาเหตุของการชำรุดและขัดข้องของชิ้นส่วนต่างๆ ที่เรียกว่า กลไกการขัดข้อง ซึ่งได้แก่

1. สาเหตุการชำรุดและขัดข้องของชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของเครื่องจักร

2. ผลกระทบจากการชำรุด และการขัดข้องของชิ้นส่วนและอุปกรณ์ที่มีต่อเครื่องจักร รวมทั้งระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นด้วย

3. วิธีตรวจพบ (Detect) อาการผิดปกติ (Deviating Condition) ของชิ้นส่วน และอุปกรณ์เครื่องจักร

สภาวะแวดล้อมเป็นปัจจัยประการสำคัญที่มีผลต่อการชำรุดและการขัดข้องของชิ้นส่วนต่างๆ เป็นอย่างมาก ได้แก่

- ภาวะบรรยากาศ ซึ่งหมายถึง ความร้อน ความชื้น เสียงดัง ฝุ่นผง ไอจากน้ำทะเล หรือสารเคมี เป็นต้น

- สภาวะการทำงาน หมายถึง ภาระของเครื่องจักร วิธีใช้งานเครื่องจักร

และวิธีการซ่อมบำรุง

พื้นฐานของงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จึงขึ้นอยู่กับความรู้ในเรื่องกลไกการขัดข้อง และภาวะแวดล้อมที่จะต้องได้รับการตรวจสอบ แก้ไข เพื่อให้เข้าสู่ภาวะในการทำงานปกติของเครื่องจักร

เนื่องที่จะให้เข้าใจถึงรายละเอียดตามสมควรในเรื่องการตรวจสอบสภาพ จะต้องมีความเข้าใจ และรับทราบในแนวความคิดในเรื่องต่อไปนี้

1. เวลาที่ใช้ในการก่อเหตุขัดข้อง (Failure Development Time)

ในการวางแผนงานซ่อมบำรุง โดยเฉพาะในเรื่องการวางแผนตรวจสภาพ การรู้ช่วงเวลาที่ต้องทำการตรวจสภาพเป็นเรื่องที่สำคัญมาก เนื่องจากการกำหนดช่วงเวลาที่ถี่หรือเร็วเกินไปจะทำให้เกิดความสิ้นเปลืองมาก และช่วงเวลาที่ห่างเกินไป ก็ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์อันใด เพราะในจังหวะที่เข้าไปทำการตรวจชิ้นส่วนอาจขัดข้อง หรือชำรุดไปเรียบร้อยแล้ว ความพอเหมาะของการกำหนดเวลาจึงขึ้นอยู่กับความรู้ในเรื่องกลไกการขัดข้องที่ได้กล่าวถึงข้างต้น

หลังจากการศึกษาโดยอาศัยข้อมูลที่มากพอสมควรแล้ว จะสามารถทราบได้ว่าชิ้นส่วนต่างๆ ในเครื่องจักรแต่ละชนิดต้องการเวลาก่อเหตุขัดข้องนานเท่าใด และจากเวลาที่ศึกษาได้นี้จะนำมาใช้ในการกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสม สำหรับการตรวจสภาพของแต่ละเครื่องจักรต่อไป

การกำหนดช่วงเวลาสำหรับการตรวจสอบสภาพ มักนิยมให้มาตรฐานเป็น

1 สัปดาห์	3 เดือน	1 ปี
4 สัปดาห์	6 เดือน	2 ปี

สิ่งที่ต้องเน้นหนักในเรื่องเวลาก่อเหตุขัดข้องของชิ้นส่วนก็คือ ภาวะแวดล้อมและสภาพการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งมีผลอย่างมากต่อช่วงเวลาก่อเหตุขัดข้องและมักมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ การเก็บสถิติโดยเฉพาะในเรื่อง "เวลาเฉลี่ยก่อนเหตุขัดข้อง" (Mean TIme Before Failure -MTBF) จะต้องทำแบบต่อเนื่องกันไปเพื่อนำมาใช้ปรับปรุงช่วงเวลาการตรวจสภาพให้เหมาะสมกับเหตุการณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. กรรมวิธีการตรวจสภาพ (Inspection Method)

การตรวจสภาพในทางปฏิบัติ จะต้องอาศัยทั้งความรู้สึกเครื่องมือวัด รวมทั้งวิธีการ และขั้นตอนที่ถูกต้อง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์สำหรับเครื่องจักรแต่ละเครื่องควรทำการตรวจภายใต้ภาวะการณ์ต่อไปนี้

ก. ตรวจขณะเดินเครื่อง (On-Stream Inspection) เพื่อตรวจหาสิ่งผิดปกติในขณะที่ทุกส่วนของเครื่องจักรต้องทำงานภายใต้ภาระต่างๆ กัน ได้แก่

- อุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหล
- การสั่นสะเทือน เสียง กลิ่น
- การรั่วซึม
- การใช้กำลัง กระแสไฟฟ้า และความถูกต้องของการทำงาน

ข. ตรวจขณะหยุดเครื่อง (Shutdown Inspection) เป็นการตรวจเพื่อหาสิ่งผิดปกติที่สามารถจะทำได้ขณะที่เครื่องจักรหยุดทำงานแล้วเท่านั้น ส่วนใหญ่จะเป็นการตรวจสภาพภายนอก การตรวจภายในโดยละเอียดจะทำได้เฉพาะส่วน หรือชิ้นส่วนที่สามารถถอดและประกอบได้ง่ายเท่านั้น สิ่งที่จะทำได้สำหรับการตรวจเมื่อหยุดเครื่องได้แก่

- สภาพการได้ศูนย์ของเครื่องจักร (Machine Alignment)
- การแตกร้าว สึกหรอ และผุกร่อน
- แนวโน้มความสึกหรอ และผุกร่อนของชิ้นส่วน

3. เทคนิคการตรวจสภาพ (Inspection Techniques)

ก. การตรวจสภาพด้วยความรู้สึก (Subjective Inspection) เป็นเทคนิคเบื้องต้นที่พนักงานตรวจสอบต้องเรียนรู้ เพื่อสร้างประสาทสัมผัส และความรู้สึก (Sense) ของ "ความเป็นช่าง" โดยเริ่มตั้งแต่สิ่งที่เป็นพื้นฐานของการตรวจ ได้แก่ อุณหภูมิ การสั่นสะเทือน เสียง และกลิ่นต่างๆ ที่เกิดจากเครื่องจักรทั้งในสภาพปกติ และไม่ปกติ การที่พนักงานจะมีความสามารถที่จะใช้ประสาทสัมผัส และความรู้สึกได้ดี จะต้องอาศัยปัจจัยต่างๆ คือ

- มีความเป็น "ช่าง" อยู่ในตัวมีความสังเกต และสามารถแยกแยะข้อแตกต่างด้านความรู้สึกได้ดี
- มีความสามารถที่จะประยุกต์ทฤษฎีเข้ากับการปฏิบัติได้เป็นอย่างดี
- มีโอกาสที่จะได้ทำงานกับเครื่องจักรหลายประเภทในภาวะแวดล้อม

การทำงานต่างๆ กัน และเป็นผู้ลงมือปฏิบัติเอง

- ได้รับคำแนะนำหรือการฝึกอบรมจากผู้มีความชำนาญตามสมควร

การตรวจสภาพด้วยความรู้สึก แม้ว่าจะมีโอกาสผิดพลาดได้มากหากผู้ตรวจไม่มีความชำนาญเพียงพอก็ตาม แต่ประสิทธิผลของการตรวจสภาพด้วยวิธีนี้ก็เป็นที่เชื่อถือได้หากพนักงานตรวจสภาพมีความชำนาญสูง และผ่านงานมามาก

ข. การตรวจสภาพด้วยกรรมวิธี (Objective Inspection) การตรวจสภาพด้วยการอาศัยกรรมวิธีที่แน่นอน และเครื่องมือที่เหมาะสมเป็นวิธีการที่ดีที่สุดเกือบจะเรียกได้ว่าเป็นอุดมคติ (Ideal) ของการตรวจสภาพ เนื่องจากความเชื่อถือได้ย่อมสูงเท่าที่ข้อกำหนดของการตรวจจะวางไว้

การตรวจสภาพด้วยกรรมวิธี จะต้องอาศัยรากฐานจากระบบงานซ่อมบำรุงที่ดี และจากนโยบายหลักรวมทั้งมาตรฐานการซ่อมบำรุงที่ดี

หลักการในการตรวจสภาพจะถูกกำหนดขึ้นในเรื่องต่างๆ ได้แก่

- มาตรฐานการตรวจสภาพ (Inspection Standard)
- การกำหนดขั้นตอนการตรวจสภาพ (Inspection Instruction)
- การเลือกและกำหนดเครื่องมือการตรวจสภาพ (Inspection Tools)
- การวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจสภาพ (Inspection Data Analysis)
- การใช้ผลการวิเคราะห์เพื่อวางแผนซ่อมบำรุง (Maintenance Planning)

วิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการตรวจสภาพด้วยกรรมวิธีมีมากมาย และมีความก้าวหน้าไปตามวิทยาการสมัยใหม่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา สำหรับเทคนิคที่นิยมใช้งานในงานตรวจสภาพ ได้แก่

1. การวัดรูปร่าง (Geometrical Measurement) ได้แก่ การวัดเพื่อหาข้อมูลส่วนนอกของชิ้นส่วนเครื่องจักร คือ

- การวัดช่วงหลวมตัว (Play) ระหว่างผิวสองผิว เช่น เกียร์ และไกด์เวย์ เป็นต้น

- การวัดความไม่คงที่ (Variation) ของเพลา หรือแกนหมุน เกิดจากการสึกหรอ หรือผุกร่อน

- การวัดระยะห่าง (Clearance) ระหว่างผิวสัมผัส 2 ผิว เช่น ระยะห่างระหว่างร่องลิ่น และเพลา

- การวัดความขรุขระของผิว (Surface Roughness)

- การวัดความขนานระหว่างผิวหน้า 2 ผิว (Parallelity)

- การวัดความตรง (Straightness)

- การวัดมุม (Angle) ระหว่างผิว 2 ผิว

ข้อมูลจากการวัดดังกล่าวข้างต้น จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุของการชำรุดหรือหาแนวโน้มของการชำรุดได้มากขึ้น

2. การตรวจสภาพโดยไม่ต้องทำลาย (Non-Destructive Inspection :NDI) วิธีการตรวจสภาพแบบนี้ เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการหาแนวโน้มการชำรุดของชิ้นส่วน โดยเฉพาะสำหรับชิ้นส่วนที่ถอดออกได้ยาก หรือไม่สามารถทำการตรวจภายในได้ ซึ่งวิธีการตรวจโดยไม่ต้องทำลาย (NDI) ที่ใช้กันมาก ได้แก่

- การทดสอบโดยใช้รังสี (Radiographic Testing)

- การทดสอบโดยใช้อุลตร้าโซนิค (Ultrasonic Testing)

- การทดสอบโดยใช้ผงแม่เหล็ก (Magnetic Particle Testing)

- การทดสอบโดยใช้การซึมของของเหลว (Liquid Penetrant Testing)

3. การตรวจสภาพโดยใช้เครื่องมือวัด (Instrumental Measurement) การตรวจสภาพวิธีนี้สามารถอ่านค่าการวัดเป็นเชิงปริมาณได้อย่างแน่นอน ด้วยการใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสม อุณหภูมิ ความดัน การไหล ความสั่นสะเทือน ระดับเสียง จะสามารถอ่านค่าได้อย่างแม่นยำตามข้อกำหนดที่ต้องการ

การปฏิบัติทางด้านการตรวจสภาพจำเป็นต้องใช้เทคนิคการตรวจสภาพทั้งสองวิธีเข้าประกอบกัน เนื่องจากวิธีแรกสามารถปฏิบัติได้อย่างรวดเร็ว แต่ต้องอาศัยความชำนาญและการคลุกคลีอยู่กับเครื่องจักรเป็นระยะเวลาพอสมควรเข้ามาประกอบด้วยเป็นอย่างมาก ส่วนวิธีหลังเป็นวิธีที่จะสนับสนุนให้เกิดความมั่นใจในผลการตรวจสภาพ รวมทั้งความแน่นอนในการควบคุมมาตรฐาน สำหรับการที่จะใช้วิธีการไหนมากน้อยกว่ากันเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในหน่วยงานซ่อมบำรุงของแต่ละกิจการ ซึ่งความเหมาะสมนี้มักมีข้อผูกพันกับฐานะทาง

I 17778901

การเงิน และขนาดของอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก ดังนั้นการตรวจสภาพในทางปฏิบัติจึงมักอาศัยความรู้สึกประกอบกับเครื่องมือบางส่วนที่จำเป็น และมีราคาไม่สูงนักเข้าทำงานประกอบกันเป็นส่วนใหญ่

4. หน้าที่และความรับผิดชอบของพนักงานตรวจสอบสภาพ

พนักงานตรวจสภาพ ควรเป็นกลุ่มของพนักงานที่มีความอิสระในการทำงานสูง และมีความเข้าใจในหน้าที่ของงานตรวจสภาพเป็นอย่างดี โดยเนื้อหาแล้วการตรวจสภาพเครื่องจักรมิใช่ว่าจะจับผิดจับถูกใครในการซ่อม และการใช้เครื่อง แต่เป็นวิธีการค้นหาความผิดปกติ เพื่อซ่อมหรือแก้ไขก่อนที่จะลุกลามใหญ่โต พนักงานตรวจสภาพจึงควรจะทำงานโดยปราศจากอคติและไม่จัดทำรายงานที่อยู่ในรูปของการฟ้องความผิดของพนักงานหรือหน่วยงานอื่น

นอกจากนี้ในด้านการควบคุมการบังคับบัญชา พนักงานตรวจสอบควรรายงานตรงต่อหัวหน้าหน่วยงานซ่อมบำรุง เพื่อป้องกันและหลีกเลี่ยงปัญหาการบีบเค้นจากพนักงานหรือหน่วยงานอื่น ซึ่งก่อให้เกิดภาวะสมยอมระหว่างเพื่อนร่วมงาน

3.2.4 การปรับแต่งและเปลี่ยนชิ้นส่วน (Adjustment and Part Replacement)

ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร แม้ว่าจะมีการรักษาความสะอาด และหล่อลื่นดีเพียงใด ความสึกหรอของชิ้นส่วนย่อมเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้น การปรับแต่งและการเปลี่ยนชิ้นส่วน จึงเป็นเรื่องจำเป็นที่จะช่วยให้เครื่องจักรกลับเข้าสู่สภาพปกติที่จะทำงานภายในขอบเขตที่กำหนดของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง

ก. การปรับแต่ง

เป็นกรรมวิธีที่จะช่วยให้เครื่องจักรกลับเข้าสู่สภาพปกติที่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามข้อกำหนด จะต้องดำเนินการในกรณีต่อไปนี้

- เมื่อเกิดการสึกหรอของชิ้นส่วน และการสึกหรอยังอยู่ในขีดจำกัดของการใช้งาน

- เมื่อวัสดุที่ใช้ทำชิ้นส่วนเกิดความล้า (Fatigue) แต่ยังอยู่ในขีดจำกัดของการใช้งาน

- เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนใหม่ โดยเฉพาะส่วนที่ต้องมีการตั้งศูนย์

(Alignment) และระยะห่าง (Clearance)

การเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่บางกรณีจำเป็นต้องมีการปรับแต่ง เพื่อให้เครื่องจักรทำงานอยู่ในขอบเขตที่กำหนดในเรื่องความดัน อุณหภูมิ ความสั่นสะเทือน ฯลฯ

1. มาตรฐานการปรับแต่ง

เครื่องจักรต่างๆ จะถูกออกแบบมาด้วยกฎเกณฑ์ และมาตรฐานทางวิศวกรรมที่แน่นอน ดังนั้นความรู้ที่มี หรือที่ได้รับจากการทำงานกับเครื่องจักรประเภทหนึ่งอาจนำมาใช้กับเครื่องจักรหนึ่งได้โดยไม่มีปัญหา มาตรฐานที่ใช้ปรับส่วนใดส่วนหนึ่งของเครื่องจักรประเภทหนึ่งสามารถนำไปกำหนดเป็นมาตรฐาน และขั้นตอนที่แน่นอนในการปรับแต่งเครื่องจักรอีกประเภทหนึ่งได้ นอกจากจะเป็นเทคนิคพิเศษเฉพาะตัวของเครื่องนั้นๆ จึงจำเป็นต้องดำเนินการให้เป็นไปตามคำแนะนำและมาตรฐานที่คู่มือได้กำหนดมา

2. คำแนะนำการปรับแต่ง

เพื่อที่จะให้การปรับแต่งในงานแต่ละประเภทเป็นไปตามมาตรฐาน ควรดำเนินการจัดทำคำแนะนำการปรับแต่งให้ชัดเจน

3. คุณสมบัติของพนักงานปรับแต่ง

การปรับแต่งเป็นเรื่องที่ต้องการความรู้ความชำนาญในหลายระดับ การจัดพนักงานเข้าทำการปรับแต่งสำหรับงานแต่ละงาน ต้องคำนึงถึงความต้องการของงาน เช่น

- ความละเอียดของงานที่ต้องการ
- เทคนิคและกรรมวิธีที่ต้องใช้ในการปรับแต่ง
- เครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้

พนักงานที่รับผิดชอบในงานปรับแต่งที่ค่อนข้างยุ่งยาก และต้องการความละเอียด ควรเป็นผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับการฝึกฝนมาอย่างดี ในเรื่องเทคนิคการปรับแต่ง และการใช้เครื่องมือวัดที่จำเป็นต่องาน ทั้งนี้เพื่อให้การปรับแต่งสมบูรณ์ถูกต้องตามมาตรฐาน

ข. การเปลี่ยนชิ้นส่วน

เป็นกรรมวิธีที่ช่วยให้เครื่องกลับเข้าสู่สภาพที่จะทำงานได้ถูกต้องตามข้อกำหนด ซึ่งต้องดำเนินการในกรณีต่อไปนี้

- เมื่อชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ของเครื่องเกิดการสึกหรอ ผุกร่อนจนเกินขีด

จำกัดของการใช้งาน

- เมื่อชิ้นส่วนเกิดการชำรุด หรือขัดข้องจนไม่สามารถให้เครื่องทำงานได้ตามข้อกำหนด หรือต้องหยุดลงโดยสิ้นเชิง

- เมื่อชิ้นส่วนมีอายุการใช้งานเกินกำหนด ไม่ว่าการสึกหรอจะเกินขีดจำกัดหรือไม่ก็ตาม

- เมื่อชิ้นส่วนมีอายุใกล้เคียงกับกำหนดเวลาในการใช้งาน แต่เมื่อได้ทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนอื่นไปแล้ว ก็ควรทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนดังกล่าวไปด้วย

การเปลี่ยนชิ้นส่วนเครื่องจะดำเนินการในโอกาสต่อไปนี้ คือ

- เครื่องจักรเกิดเหตุเสียและต้องหยุดโดยทันที (Breakdown)

- ทำการซ่อมใหญ่ (Overhaul)

เนื่องจากการเปลี่ยนชิ้นส่วนให้กับเครื่องจักร จะสร้างผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงมากที่สุด ถึงแม้ว่าการเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่บ่อยครั้งย่อมทำให้เหตุเสียลดลงได้ แต่ก็ทำให้ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงสูงขึ้นไปด้วย แต่การประหยัดในเรื่องการเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่เกินไปจะมีผลให้ค่าสูญเสียต่างๆ อันเกิดจากการหยุดของเครื่องจักรสูงขึ้นเช่นกัน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาว่าจุดที่เหมาะสมของการเปลี่ยนอยู่ที่ใด ด้วยการเก็บสถิติการเปลี่ยนชิ้นส่วน และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น และทำการวิเคราะห์อย่างรอบคอบ

เทคนิคในการเปลี่ยนชิ้นส่วนมีข้อควรระวังและปฏิบัติตามดังต่อไปนี้

- การปฏิบัติตามคำแนะนำพิเศษที่บริษัทผู้ผลิตเครื่องให้มา เป็นเรื่องที่ควรให้ความสนใจอย่างมาก เนื่องจากการถอดหรือการประกอบชิ้นส่วนสำหรับเครื่องบางชนิด ต้องการกรรมวิธีพิเศษเพื่อป้องกันมิให้เกิดความเสียหาย บางกรณีจะช่วยประหยัดเวลาในการทำงานลงมาก

- การใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ถูกต้อง ช่วยให้คุณภาพของงานเปลี่ยนชิ้นส่วนเป็นไปตามมาตรฐานที่วางไว้ ในเวลาเดียวกันก็เป็นการป้องกันความเสียหายอันอาจเกิดขึ้นแก่ชิ้นส่วนอื่นๆ โดยไม่ตั้งใจ

- การปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยในการทำงานเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะกับเครื่องจักรใหญ่ๆ ที่มีน้ำหนักมากๆ มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวที่ก่อให้เกิดอันตราย

แนวความคิดของงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เป็นแนวความคิดที่ดีและเป็นที่ยอมรับโดย

ทั่วไป ดังนั้นอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีนโยบายที่จะนำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้ในกิจการของตน แต่หลายกิจการจำเป็นต้องยกเลิกงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันไป เพราะประสบกับปัญหาในรูปแบบต่างๆ ดังนั้นการนำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้ จึงต้องอยู่ในลักษณะค่อยเป็นค่อยไป ไม่วางโครงร่างใหญ่โตจนเกินขีดความสามารถของหน่วยงาน แล้วจึงทำการขยายงานออกไปตามความจำเป็นเมื่อการดำเนินงานในขั้นต้นได้ผล

3.3 <u>การประเมินผลและวัดผล</u> (Evaluation and Measurement)

การประเมินผลและการวัดผลของงานบำรุงรักษา หรือจะเป็นงานอะไรก็จะต้องนำเอางานที่ทำได้ไปเทียบเป้าหมายที่ตั้งไว้ของงานนั้นๆ การปฏิบัติงานใดๆ การวัดผลหลายอย่างสามารถวัดผลได้เป็นช่วงๆ ของงานได้ แต่งานบางอย่างการวัดผลภายหลังงานได้เสร็จสิ้นลงแล้วจะได้ผลที่ดีที่สุด ซึ่งงานด้านบำรุงรักษานี้ หากจะมีการวัดผลและประเมินผลแล้วกระทำในเมื่องานสิ้นสุดจะเห็นได้ดีกว่า เว้นไว้แต่ในกรณีส่วนปลีกย่อยของงาน ซึ่งพอจะแบ่งได้เป็นประเภทใหญ่ๆ คือ

3.3.1 วัดผล และประเมินผล ตามการบำรุงรักษา (Physical Aspects)

เป็นการวัดจากการทำการบำรุงรักษา โดยคิดสมรรถนะของเครื่องจักร

การวัดอัตราส่วนสมรรถนะ :

$$\% = \frac{\text{สมรรถนะเครื่องจักรภายหลังการบำรุงรักษา}}{\text{สมรรถนะที่ดีที่สุดที่เครื่องเดินได้ก่อนการบำรุงรักษา}} \times 100$$

ในการใช้สมรรถนะนี้ จะนำสมรรถนะที่สำคัญๆ มาวัด โดยใช้สภาพงานที่เหมือนกัน ไม่ว่าจะเป็นพลังงานที่มาขับ กระบวนการในการเดินเครื่องผลิตภัณฑ์ออกมาแล้ว ได้สมรรถนะของผลิตภัณฑ์ที่สำคัญๆ เป็นหลัก

การวัดวิธีนี้ จะต้องมีข้อมูลของตัวเครื่องจักร อุปกรณ์ พลังงานที่ใช้ กระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ได้ ตลอดอายุการใช้งานมาตลอด และต้องรู้ด้วยว่าสมรรถนะที่เครื่องออกแบบมานั้นตั้งไว้ให้เท่าไร ซึ่งถึงแม้เราไม่นำมาเกี่ยวข้องแต่ก็เป็นมาตรฐานที่เครื่องจะต้องเปรียบเทียบไว้อ้างอิง

3.3.2 การวัดผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม และวิศวกรรมอุตสาหการ

ก. การวัดผลงานการบริหารงานบำรุงรักษา (Maintenance Management Performance) การวัดผลที่นิยมกัน มีดังต่อไปนี้

1) Overtime

$$\% = \frac{\text{Total Overtime Hours Worked}}{\text{Total Hours Worked}} \times 100$$

2) Scheduled Hour Versus Total Hours Available

$$\% = \frac{\text{Hours Schedule}}{\text{Total Hours Available}} \times 100$$

3) Maintenance Cost Per Unit of Production

$$\text{Cost/Unit} = \frac{\text{Total Maintenance Costs}}{\text{Total Units Produced}}$$

4) Ratio of Labour Cost to Material Costs

$$\text{Ratio} = \frac{\text{Total Maintenance Labour Costs}}{\text{Total Maintenance Material Costs}}$$

5) Maintenance Costs as a Percent of Total Manufacturing Costs

$$\% = \frac{\text{Total Maintenance Costs}}{\text{Total Manufacturing Costs}} \times 100$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6) Breakdown Cost Component

$$\% = \frac{\text{Total Cost Breakdown}}{\text{Total Product Costs}} \times 100$$

7) Emergency Manhours

$$\% = \frac{\text{Emergency Manhours}}{\text{Total Direct Manhours}} \times 100$$

8) Maintenance Cost as Percent of Sales

$$\% = \frac{\text{Total Maintenance Costs}}{\text{Baht Value of Sales}} \times 100$$

9) Chance Failure Ratio

$$\% = \frac{\text{Frequency of Failure}}{\text{Machine Operation Hours}} \times 100$$

10) Chance Failure Intensity Ratio

$$\% = \frac{\text{Failure Shutdown Hours}}{\text{Machine Operating Hours}} \times 100$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

11) Planned Work Ratio

$$\% = \frac{\text{Man-Hour of Planned Maintenance}}{\text{Total Man-Hours of Actual Maintenance}} \times 100$$

12) Maintenance Cost Per Machine Costs

$$\% = \frac{\text{Total Maintenance Cost}}{\text{Equipment Acquistion Value}} \times 100$$

ข. การประเมินผลงานการบำรุงรักษาตามผลการเดินเครื่องจักร อุปกรณ์และอัตราแรงงานต่อการผลิต

เป็นการประเมินผลงานที่สรุปยอดภายหลังงานได้เสร็จสิ้นทุกอย่าง เพราะถือว่างานนี้เป็นงานบำรุงรักษาทวีผล หรือการซ่อมบำรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การผลิต (Practical Productive Maintenance System) หรือการบำรุงรักษาเพื่อการผลิต (Productive Maintenance) โดยแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเครื่องที่ผลิตออกมาได้เทียบกับกำลังผลิตที่ดี ดังแสดงได้ดังต่อไปนี้

1) Efficiency of Operation

$$\% \text{ Operational Efficiency} = \frac{\text{Output (Delivered)}}{\text{Specified Speed} \times \text{Operational Time}} \times 100$$

ในเมื่อ $\text{Specified Time} = \frac{\text{Output (Delivered)}}{\text{Specfied Speed}}$

เพราะฉะนั้น

$$\% \text{ Operational Efficiency} = \frac{\text{Specified Time}}{\text{Operational Time}} \times 100$$

2) ประเมินผลจากอัตราการทำงานต่อผลผลิต ซึ่งในประการหลังนี้ มุ่งใช้คนน้อยที่สุด แต่ผลผลิตมากที่สุด นั่นคือ คิดเป็น Man-Hours/Ton of Product

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย