433411 การบริหารงานบำรุงรักษา

Maintenance Management

เรียบเรียงโดย

ดร. ปภากร พิทยชวาล

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำนำ

เอกสารประกอบการสอนฉบับนี้เรียบเรียงขึ้นเพื่อใช้ประกอบการสอน รายวิชา 433411การบริหารงานบำรุงรักษา(Maintenance Management) สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้ครอบคลุมตามเนื้อหารายวิชา ก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจและสามารถนำองค์ความรู้ในการบริหารงานบำรุงรักษาไปปฏิบัติงานจริงได้

การเรียบเรียงเนื้อหาในเอกสารประกอบการสอนฉบับนี้ประกอบด้วย เนื้อหาบรรยายและเนื้อหาการคำนวณ เนื้อหาบรรยายเน้นให้นักศึกษาเข้าใจวัตถุประสงค์งานบำรุงรักษา(บทที่ 1) สาเหตุการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร(บทที่ 2) การวัดประเมินผลงานบำรุงรักษา(บทที่ 4) การควบคุมกิจกรรมบำรุงรักษา(บทที่ 5) การตรวจสภาพเครื่องจักรด้วยเทคนิคการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์และการทดสอบแบบไม่ทำลาย(บทที่ 6) การวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน(บทที่ 7) การบำรุงรักษาแบบทวีผล(บทที่ 8) การจัดการหน่วยงานบำรุงรักษา(บทที่ 9) รวมถึงระบบบริหารงานบำรุงรักษาด้วยคอมพิวเตอร์(บทที่ 11) ส่วนเนื้อหาการคำนวณเน้นให้นักศึกษาสามารถคำนวณค่าพารามิเตอร์ในงานบำรุงรักษา การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียหาย การประยุกต์ใช้เศรษฐศาสตร์ในงานบำรุงรักษา(บทที่ 3) รวมถึงการคำนวนปริมาณอะไหล่คงคลังที่ใช้ในงานบำรุงรักษา(บทที่ 10) โดยเนื้อทั้งหมดนี้ได้เรียบเรียงพร้อมการยกตัวอย่าง เพื่อให้นักศึกษาสามารถเชื่อมโยงการบริหารงานบำรุงรักษากับการผลิตที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลต่อการลดต้นทุนการผลิตอันเป็นเป้าหมายของทุกอุตสาหกรรม

เอกสารประกอบการสอนฉบับนี้ได้เรียบเรียงจาก ตำราภาษาไทย ตำราภาษาอังกฤษ บทความที่เกี่ยวข้องและการสืบค้นข้อมูลจากเว็บเซ็ต ทั้งนี้ผู้เรียบเรียงได้แปลความหมายคำศัพท์ภาษาอังกฤษโดยอ้างอิงจากพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน(2542) แต่อาจมีบางคำศัพท์ที่ไม่ได้ถูกแปลเป็นภาษาไทยเนื่องจากไม่ต้องการให้ความหมายผิดไปจากคำต้นฉบับ ผู้เรียบเรียงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารประกอบการสอนฉบับนี้จะเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหารายวิชาการบริหารการบำรุงรักษามากยิ่งขึ้น และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานจริงได้ ทั้งนี้หากผู้อ่านพบว่าเอกสารฉบับนี้ยังมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้เรียบเรียงขอน้อมรับคำแนะนำ เพื่อนำไปแก้ไขและปรับปรุงให้เอกสารฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ปภากร พิทยชวาล
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
กุมภาพันธ์ 2555

รายวิชา 433411 การบริหารงานบำรุงรักษา (Maintenance Management)

ผู้รับผิดชอบรายวิชา อาจารย์ ดร. ปภากร พิทยชวาล

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาหลักการของการซ่อมบำรุง การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน การศึกษาสาเหตุของการเสื่อมสภาพ การตรวจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ การจัดองค์กรของงานซ่อมบำรุง การวางแผนและการควบคุมกิจกรรมการซ่อมบำรุง การจัดการวัสดุและอะไหล่ ความเชื่อถือได้ อัตราการเสียของเครื่องจักรในเชิงสถิติ การวัดและประเมินผลสมรรถนะของการซ่อมบำรุง

วัตถุประสงค์ของการศึกษารายวิชา

ภายหลังจบการศึกษารายวิชานี้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและความสามารถในเรื่องดังต่อไปนี้

1. เข้าใจและอธิบายแนวคิดของการบำรุงรักษาได้
2. วิเคราะห์สาเหตุของการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรได้
3. สามารถประยุกต์ใช้สถิติในงานบำรุงรักษาและความเชื่อถือได้เบื้องต้นได้
4. กำหนดการวัดและประเมินผลสมรรถนะของการซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพได้
5. วางแผนและควบคุมกิจกรรมการซ่อมบำรุงให้มีประสิทธิภาพได้
6. ตรวจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้งานเพื่อการบำรุงรักษาที่ถูกต้องได้
7. วางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพได้
8. วางแผนการดำเนินการบำรุงรักษาแบบทวีผลเพื่อก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานจริงได้
9. ออกแบบโครงสร้างหน่วยงานบำรุงรักษาที่เหมาะสมกับแต่ละองค์กรได้
10. จำแนกและวางแผนจัดการวัสดุและอะไหล่เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายได้
11. เข้าใจระบบบริหารงานบำรุงรักษาด้วยคอมพิวเตอร์ (Computerized Maintenance Management System : CMMS) และวางแผนการนำระบบ CMMS มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพได้

แผนการสอนและวัตถุประสงค์เฉพาะการสอนตามหัวข้อการสอนรายวิชา 433411 บริหารงานบำรุงรักษา

สัปดาห์ที่	จำนวนชั่วโมงที่สอน	หัวข้อ	เอกสารประกอบการสอนหัวข้อที่	การวัดผล	การประเมินผล
1	2	แนวคิดของการบำรุงรักษา คำนิยามของการบำรุงรักษา เป้าหมายของการบำรุงรักษา	1.1 - 1.3	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
	2	ทบทวนแนวคิดการบำรุงรักษา ประเภทของกิจกรรมการบำรุงรักษา คำศัพท์ คำนิยามในงานการบำรุงรักษา แจ้งหัวข้อโครงงาน	1.4 – 1.5	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
2	2	วงจรชีวิตของเครื่องจักร การเสื่อมสภาพของเครื่องจักร กลไกการสึกหรอ	2.1 - 2.3	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
	2	ทบทวนวงจรชีวิตเครื่องจักร การหล่อลื่น คุณลักษณะของสารหล่อ ลื่น คุณสมบัติที่สำคัญๆ ของสารหล่อลื่น ข้อมูลทั่วไปสำหรับวิศวกรรมการหล่อลื่น	2.4 - 2.7	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
3	2	การคำนวณความเชื่อถือได้ของเครื่องจักร การวิเคราะห์อัตราความเสียหาย การคำนวณค่าพารามิเตอร์ในงานบำรุงรักษา	3.1 – 3.3	การบ้าน ชุดที่ 1	ตรวจให้คะแนน
	2	ทบทวนการคำนวณค่าพารามิเตอร์ในงานบำรุงรักษา การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียหาย เศรษฐศาสตร์การบำรุงรักษา	3.4 – 3.5	การบ้าน ชุดที่ 2	ตรวจให้คะแนน
4	2	ดัชนีการบำรุงรักษาทั่วๆ ไป ดัชนีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา การประเมินสมรรถนะของส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักร ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับโครงงาน	4.1 - 4.3	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์

สัปดาห์ที่	จำนวนชั่วโมงที่สอน	หัวข้อ	เอกสารประกอบการสอนหัวข้อที่	การวัดผล	การประเมินผล
4	2	วัตถุประสงค์ของการควบคุมงานบำรุงรักษา แนวทางของการควบคุมงานบำรุงรักษา องค์ประกอบของการบำรุงรักษา	5.1 – 5.3	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
5	2	ทบทวนองค์ประกอบของการบำรุงรักษา แผนการบำรุงรักษา ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับโครงงาน	5.4 – 5.5	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
	2	ทบทวนแผนการบำรุงรักษา การวางแผนและควบคุมงานบำรุงรักษา ระบบบริหารงานบำรุงรักษา	5.5 (ต่อ) - 5.6	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
6	2	เทคนิคการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ เทคนิคการบำรุงรักษาและทดสอบแบบไม่ทำลาย	6.1 – 6.2	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
	2	เทคนิคการบำรุงรักษาและทดสอบแบบไม่ทำลาย (ต่อ) ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับโครงงาน	6.2 (ต่อ)	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
7	สอบกลางภาค				
8	2	นำเสนอรายงานผลความก้าวหน้าการดำเนินโครงงาน	-	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
	2	การวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	7.1 – 7.2	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
9	2	ทบทวนการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ชนิดของการบันทึกการบำรุงรักษาและวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการปฏิบัติการบำรุงรักษาด้วยตนเอง	7.3 – 7.4	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
	2	ความหมายของการบำรุงรักษาแบบทวีผล (TPM) แนวคิดการบำรุงรักษาแบบทวีผล การเปรียบเทียบ TPM กับแนวทางการผลิตแบบต่างๆ	8.1 – 8.3	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์

สัปดาห์ที่	จำนวนชั่วโมงที่สอน	หัวข้อ	เอกสารประกอบการสอนหัวข้อที่	การวัดผล	การประเมินผล
10	2	ทบทวนแนวคิดการบำรุงรักษาแบบทวีผล แปดเสาหลักของ TPM ความสูญเสียหลักในระบบ TPM การคำนวณค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรเชิงรวม ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับโครงงาน	8.4 – 8.6	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
	2	การจัดการหน่วยงานบำรุงรักษา การจัดการโครงสร้างภายในของหน่วยงานบำรุงรักษา การกำหนดบทบาทหน้าที่ของหน่วยงานบำรุงรักษา สมรรถนะของหน่วยงานบำรุงรักษา	9.1 – 9.4	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
11	2	บทบาทของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการบริหารจัดการวัสดุและอะไหล่ การจัดการวัสดุและอะไหล่ ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับโครงงาน	10.1 – 10.2	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
	2	ความจำเป็นที่จะต้องใช้ CMMS ประโยชน์ของ CMMS เป้าหมายและผลลัพธ์ที่ควรจะได้จาก CMMS	11.1 – 11.3	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
12	2	ทบทวนผลลัพธ์ที่ควรจะได้จาก CMMS ข้อพิจารณาในการเลือก CMMS ปัจจัยความสำเร็จในการนำ CMMS เข้าใช้งาน ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับโครงงาน	11.4 – 11.5	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
	2	นำเสนอรายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงงาน	-	ถาม-ตอบ	สังเกตการณ์
13	สอบปลายภาค				

วิธีการสอน

วิธีการสอนเพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้ครอบคลุมตามเนื้อหารายวิชา และก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจที่จะสามารถนำองค์ความรู้ในการบริหารงานซ่อมบำรุงไปปฏิบัติงานจริงได้มากที่สุด การสอนจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. สอนตามทฤษฎีเนื้อหารายวิชา โดยการบรรยาย ยกตัวอย่าง ถามตอบ และทำแบบฝึกหัด โดยจะเริ่มจากพื้นฐานแนวคิดการบำรุงรักษา สาเหตุที่เครื่องจักรเสียหายและการเสื่อมสภาพ การใช้สถิติในงานบำรุงรักษา การวัดสมรรถนะงานบำรุงรักษาด้วยค่าดัชนีต่างๆ การวางแผนและควบคุมกิจกรรมการบำรุงรักษา การตรวจสอบเครื่องจักร การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การบำรุงรักษาแบบทวีผล การจัดการหน่วยงานบำรุงรักษา การจัดการวัสดุและอะไหล่ และการบริหารงานบำรุงรักษาด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยผู้เรียนจะถูกทดสอบความรู้ความเข้าใจหัวข้อการบรรยายดังกล่าว โดยการทดสอบที่แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบกลางภาค และการทดสอบปลายภาคการศึกษา

2. กำหนดโครงงานให้นักศึกษาฝึกปฏิบัติการจริง โดยการกำหนดหัวข้อโครงงานให้นักศึกษาแต่ละกลุ่ม เช่น การออกแบบแบบฟอร์มบันทึกความเสียหายของเครื่องจักร แบบฟอร์มการบำรุงรักษาด้วยตนเอง แบบฟอร์มทะเบียนประวัติเครื่องจักร แบบฟอร์มการแจ้งซ่อม แบบฟอร์มการเบิกจ่ายอะไหล่ แบบฟอร์มการสั่งซื้ออะไหล่ แบบฟอร์มการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน แบบฟอร์มการตรวจสอบเครื่องจักร เป็นต้น ซึ่งนักศึกษาดำเนินโครงงานที่แตกต่างกันไปตามเครื่องจักรที่ผู้สอนกำหนดให้ และนักศึกษาสามารถหาข้อมูลเครื่องจักรได้จากตำรา หนังสือ บทความ เว็บไซต์ และสถานประกอบการจริง โดยผู้เรียนจะถูกทดสอบความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติงานจริงโดยการนำเสนอโครงงานที่แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การนำเสนอความก้าวหน้าของโครงงาน และการนำเสนอรายงานฉบับสมบูรณ์

ตำราประกอบการเรียนการสอน

1. Stephens M. P., Productivity and reliability-base maintenance management, Ohio, Pearson Prentice Hall, 2004.
2. Mobley R. K., Maintenance fundamentals, 2nd ed. New York, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
3. Dhillon B.S., Engineering Maintainability - How to Design for Reliability and Easy Maintenance, Elsevier Inc, 1999.
4. สุรพล ราษฎร์นุ้ย, วิศวกรรมการบำรุงรักษา, กรุงเทพ, สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2545.
5. สุพร อัศวินิมิต และ ธีรพร พัดภู่, วิศวกรรมการบำรุงรักษา, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพ, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.
6. สุพัฒน์ เชียศิริวัฒนา, วัฒนา เชียงกูล และ เกรียงไกร ดำรงรัตน์, สัมฤทธิผลของงานบำรุงรักษา (Efficacy of Maintenance), กรุงเทพ, สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2549.

การวัดผล	สอบกลางภาค	35	คะแนน
	สอบปลายภาค	40	คะแนน
	โครงงานกลุ่มและการนำเสนอ	20	คะแนน
	ตรวจการบ้านและตอบคำถามในห้องเรียน	5	คะแนน
	รวม	100	คะแนน

การประเมินผล

คะแนน	ผลประเมิน
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

ประมวลรายวิชา ก

สารบัญ ช

บทที่ 1 แนวคิดของการบำรุงรักษา 1

1.1 บทนำ 1

1.2 คำนิยามของการบำรุงรักษา 3

1.3 เป้าหมายของการบำรุงรักษา 4

1.3.1 เป้าหมายหลัก (Primary Goals) 4

1.3.2 เป้าหมายรอง (Secondary Goals) 4

1.4 ประเภทของกิจกรรมการบำรุงรักษา 4

1.5 คำศัพท์ คำนิยามในงานการบำรุงรักษา 7

1.5.1 นิยามคำศัพท์ของกิจกรรมการบำรุงรักษา 7

1.5.2 นิยามคำศัพท์ของระบบการจัดการการบำรุงรักษา 7

1.5.3 นิยามคำศัพท์ของวิศวกรรมการบำรุงรักษา 8

1.5.4 นิยามคำศัพท์ของระบบบำรุงรักษากับการเพิ่มผลผลิต 8

สรุปท้ายบท 9

แบบฝึกหัดท้ายบท 10

บทที่ 2 สาเหตุของการเสื่อมสภาพ 11

2.1 วงจรชีวิตของเครื่องจักร 11

2.1.1 ช่วงที่ 1 เริ่มต้น(Break in หรือ Start up) 12

2.1.2 ช่วงที่ 2 ชีวิตปกติ (Normal life) 13

2.1.3 ช่วงที่ 3 ช่วงทรุดโทรม (Worn out) 13

2.2 การเสื่อมสภาพของเครื่องจักร 13

2.2.1 การเสื่อมสภาพตามเวลา 14

2.2.2 การเสื่อมสภาพที่ไม่ขึ้นกับเวลา 14

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.3 กลไกการสึกหรอ 16
2.3.1 การสึกหรอแบบยึดติด 17
2.3.2 การสึกหรอแบบขูดขีด 17
2.3.3 การสึกหรอจากการล้าตัวของวัสดุ 18
2.3.4 การสึกหรอแบบปฏิกิริยาไทรโบเคมี 18
2.4 หน้าที่สารหล่อลื่น 18
2.4.1 การลดแรงเสียดทาน 19
2.4.2 ลดการสึกหรอ 21
2.4.3 ระบายความร้อน 21
2.4.4 ป้องกันสิ่งสกปรก 22
2.4.5 การป้องกันการกัดกร่อนและสนิม 22
2.4.6 การส่งถ่ายกำลัง 23
2.5 คุณลักษณะของสารหล่อลื่น 24
2.6 คุณสมบัติที่สำคัญๆ ของสารหล่อลื่น 25
2.6.1 ความหนืด 25
2.6.2 ดัชนีความหนืด 26
2.6.3 จุดเทไหล 26
2.6.4 การต่อต้านการเกิดออกซิเดชั่น 27
2.6.5 การแยกตัว 28
2.7 ข้อมูลทั่วไปสำหรับวิศวกรรมการหล่อลื่น 28
2.7.1 สารหล่อลื่นแบบข้นเหนียว 29
2.7.2 น้ำมันทำความสะอาด 29
2.7.3 น้ำมันสังเคราะห์ 30
2.7.4 คุณสมบัติที่สำคัญของจาระบี 30
สรุปท้ายบท 33
แบบฝึกหัดท้ายบท 34

บทที่ 3 การประยุกต์ใช้สถิติในงานบำรุงรักษาและความเชื่อถือได้เบื้องต้น 35
3.1 การคำนวณความเชื่อถือได้ของเครื่องจักร (Reliability) 36

3.1.1 ชิ้นส่วนของเครื่องจักร(ระบบ)ต่อกันแบบอนุกรม (Series) เมื่อค่าความน่าเชื่อถือมีค่าคงที่ 36
3.1.2 ชิ้นส่วนของเครื่องจักร(ระบบ)ต่อกันแบบอนุกรม (Series) เมื่อค่าความน่าเชื่อถือขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้งาน 38
3.1.3 ชิ้นส่วนของเครื่องจักร(ระบบ)ต่อกันแบบขนาน (Parallel) 40
3.2 การวิเคราะห์อัตราความเสียหาย (Failure Rate: λ) 42
3.3 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ในงานบำรุงรักษา 44
3.3.1 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาระหว่างการเสียหาย 44
3.3.2 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการซ่อมบำรุง 44
3.3.3 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการหยุดงาน 44
3.3.4 ค่าความพร้อมของเครื่องจักร 45
3.4 การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียหาย 46
3.4.1 การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียหายโดยการวิเคราะห์จากกราฟ 46
3.4.2 การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียหายโดยการคำนวณ 51
3.5 เศรษฐศาสตร์การบำรุงรักษา 53
สรุปท้ายบท 55
แบบฝึกหัดท้ายบท 56

บทที่ 4 การวัดและประเมินผลสมรรถนะของการบำรุงรักษา 59
4.1 ดัชนีการบำรุงรักษาทั่วๆ ไป 60
4.2 ดัชนีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา 62
4.3 การประเมินสมรรถนะของส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักร 63
สรุปท้ายบท 67
แบบฝึกหัดท้ายบท 68

บทที่ 5 การวางแผนและการควบคุมกิจกรรมการบำรุงรักษา 69
5.1 วัตถุประสงค์ของการควบคุมงานบำรุงรักษา 69
5.2 แนวทางของการควบคุมงานบำรุงรักษา 70

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.3 องค์ประกอบการควบคุมงานบำรุงรักษา 71
5.3.1 ระบบการแจ้งเหตุความเสียหาย 71
5.3.2 การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า 72
5.3.3 การแก้ปัญหาที่สาเหตุ 72
5.3.4 การเขียนรายงานความเสียหาย 72
5.4 แผนการบำรุงรักษาคืออะไร 74
5.4.1 ความจำเป็นของแผนการบำรุงรักษา 74
5.4.2 วิธีวางแผนการบำรุงรักษา 75
5.5 การวางแผนและควบคุมงานบำรุงรักษา 80
5.6 ระบบบริหารงานบำรุงรักษา 82
5.6.1 เป้าหมายและข้อสรุปของระบบงานย่อยแต่ละระบบ 84
สรุปท้ายบท 90
แบบฝึกหัดท้ายบท 91

บทที่ 6 การตรวจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ 92
6.1 เทคนิคการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ 93
6.1.1 การวิเคราะห์สารหล่อลื่น (Lubrication Analysis) 93
6.1.2 การวิเคราะห์สัญญาณความสั่นสะเทือน (Vibration Analysis) 94
6.1.3 การวิเคราะห์ด้วยสารเคมี(Chemical Analysis) 94
6.1.4 ไทรโบโลยี (Tribology) 95
6.2 เทคนิคการบำรุงรักษาและทดสอบแบบไม่ทำลาย (Nondestructive Testing and Evaluation, NDT) 95
6.2.1 การตรวจสอบด้วยตาเปล่า (Visual testing: VT) 96
6.2.2 การตรวจสอบความร้อน (Thermography) 96
6.2.3 การตรวจสอบด้วยอุลตร้าซาวด์ (Ultrasound Techniques: UT) 97
6.2.4 การตรวจสอบแบบกระแสไหลวน (Eddy Current Testing: ET) 98
6.2.5 การตรวจสอบด้วยภาพถ่ายรังสี (Radiography) 99
6.2.6 การตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม (Liquid Penetrant Testing: PT) 100
6.2.7 การตรวจสอบด้วยอนุภาคแม่เหล็ก (Magnetic Particle Testing: MT) 101

สรุปท้ายบท 103
แบบฝึกหัดท้ายบท 104

บทที่ 7 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน 105
7.1 การวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน 106
7.1.1 การบำรุงรักษาประจำวัน 107
7.1.2 การบำรุงรักษาตามคาบเวลา 108
7.1.3 การกำหนดเวลาหยุดซ่อมหรือเปลี่ยนก่อนที่จะเสียหาย 109
7.2 การดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน 110
7.2.1 การกำจัดจุดยากลำบาก 110
7.2.2 การกำจัดแหล่งกำเนิดปัญหา 112
7.2.3 การควบคุมด้วยการมองเห็นและการป้องกันความผิดพลาด 112
7.2.4 กิจกรรมเพื่อการป้องกันการบำรุงรักษา 113
7.2.5 การติดตั้งระบบป้องกันการบำรุงรักษา 114
7.3 ชนิดของการบันทึกการบำรุงรักษาและวัตถุประสงค์ 115
7.4 ขั้นตอนการปฏิบัติการบำรุงรักษาด้วยตนเอง 117
สรุปท้ายบท 125
แบบฝึกหัดท้ายบท 126

บทที่ 8 การบำรุงรักษาแบบทวีผล 127
8.1 ความหมายของการบำรุงรักษาแบบทวีผล (TPM) 128
8.2 แนวคิดการบำรุงรักษาแบบทวีผล 131
8.2.1 ความจำเป็นในการบำรุงรักษาทวีผล 131
8.2.2 องค์ประกอบของการบำรุงรักษาทวีผล 133
8.3 การเปรียบเทียบ TPM กับแนวทางการผลิตแบบต่างๆ 134
8.3.1 JIT และ TPM 134
8.3.2 TQC และ TPM 135
8.3.3 PM กับ TPM 136
8.4 แปดเสาหลักของ TPM 137

8.5 ความสูญเสียหลักในระบบ TPM 142
8.5.1 ความสูญเสียแบบเรื้อรัง 142
8.5.2 ความสูญเสียใหญ่ 6 ประการ 146
8.6 การคำนวณค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรเชิงรวม (Overall Equipment Effectiveness, OEE) 152
สรุปท้ายบท 158
แบบฝึกหัดท้ายบท 159

บทที่ 9 การจัดการหน่วยงานบำรุงรักษา 161
9.1 การจัดการหน่วยงานบำรุงรักษา 161
9.1.1 หน้าที่ของงานบำรุงรักษา 162
9.1.2 องค์ประกอบในการพิจารณาการจัดองค์กรการบำรุงรักษา 162
9.2 การจัดการโครงสร้างภายในของหน่วยงานบำรุงรักษา 164
9.3 การกำหนดบทบาทหน้าที่ของหน่วยงานบำรุงรักษา 170
9.4 สมรรถนะของหน่วยงานบำรุงรักษา 171
สรุปท้ายบท 172
แบบฝึกหัดท้ายบท 173

บทที่ 10 การจัดการวัสดุและอะไหล่ 174
10.1 บทบาทของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการบริหารจัดการวัสดุและอะไหล่ 174
10.2 การจัดการวัสดุและอะไหล่ 177
10.2.1 การกำหนดประเภทอะไหล่ 177
10.2.2 หลักการขั้นพื้นฐานในการกำหนดอะไหล่สำรองคลัง 179
10.3 การกำหนดระดับอะไหล่คงคลังโดยคำนวณจากค่าใช้จ่าย 185
สรุปท้ายบท 190
แบบฝึกหัดท้ายบท 191

บทที่ 11 ระบบบริหารงานบำรุงรักษาด้วยคอมพิวเตอร์ 192
11.1 ความจำเป็นที่จะต้องใช้ CMMS 193

11.2 ประโยชน์ของ CMMS 193
11.3 เป้าหมายและผลลัพธ์ที่ควรจะได้จาก CMMS 195
11.4 ข้อพิจารณาในการเลือก CMMS 199
11.4.1 องค์ประกอบสำคัญที่ต้องพิจารณา 199
11.4.2 องค์ประกอบภายนอกที่ต้องพิจารณา 200
11.5 ปัจจัยความสำเร็จในการนำ CMMS เข้าใช้งาน 203
สรุปท้ายบท 206
แบบฝึกหัดท้ายบท 207

เอกสารอ้างอิง 208

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1

แนวคิดของการบำรุงรักษา
(Maintenance Concept)

วัตถุประสงค์

นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและความสามารถในเรื่องดังต่อไปนี้

1. อธิบาย แนวคิด ความสำคัญ และเป้าหมายของการซ่อมบำรุงรักษา
2. แยกความแตกต่างของกิจกรรมการซ่อมบำรุงในแต่ละประเภท

การบำรุงรักษาเป็นกิจกรรมที่สำคัญต่อทุกองค์กร เพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมขององค์กร ดังนั้นทุกองค์จะต้องมีการดำเนินการกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษา การเข้าใจแนวคิด ความสำคัญ และเป้าหมายของการบำรุงรักษา จึงเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีในการสร้างความเข้าใจการบริหารงานซ่อมบำรุง รวมถึงการจำแนกความแตกต่างของกิจกรรมการซ่อมบำรุงในแต่ละประเภทได้

1.1 บทนำ

เครื่องจักรในปัจจุบันได้ถูกพัฒนาให้มีความซับซ้อนมากขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต และสามารถผลิตได้อย่างอัตโนมัติ ดังนั้นในอุตสาหกรรมจึงมีความต้องการบุคคลที่มีทักษะและความสามารถในการซ่อมบำรุง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการวางแผน การฝึกอบรม และการพัฒนาโปรแกรมการซ่อมบำรุงเนื่องจากการซ่อมบำรุงเครื่องจักรมีผลกระทบอย่างยิ่งในกระบวนการผลิตในปัจจุบันการซ่อมบำรุงเครื่องจักรสามารถทำได้โดยผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ที่เรียกว่า “การซ่อมบำรุงระยะไกล” (Remote maintenance / Tele-maintenance) ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายและระยะเวลาการเดินทางของผู้เชี่ยวชาญในการดูแลเครื่องจักรได้ (Persona *et al.*, 2007; Concetti *et al.*, 2009)

การวางแผนการซ่อมบำรุง มีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะลดช่วงเวลาที่เครื่องจักรไม่ทำงาน(Downtime) และสามารถใช้การเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากที่สุด ดังนั้นการวางแผนการซ่อมบำรุงควรปรับเปลี่ยนแนวคิด จากการซ่อมบำรุงเพื่อการใช้งาน เป็นการซ่อมบำรุงเพื่อการเพิ่มผลกำไรที่จะได้รับและลดค่าใช้จ่ายดังเช่นสมการพื้นฐาน

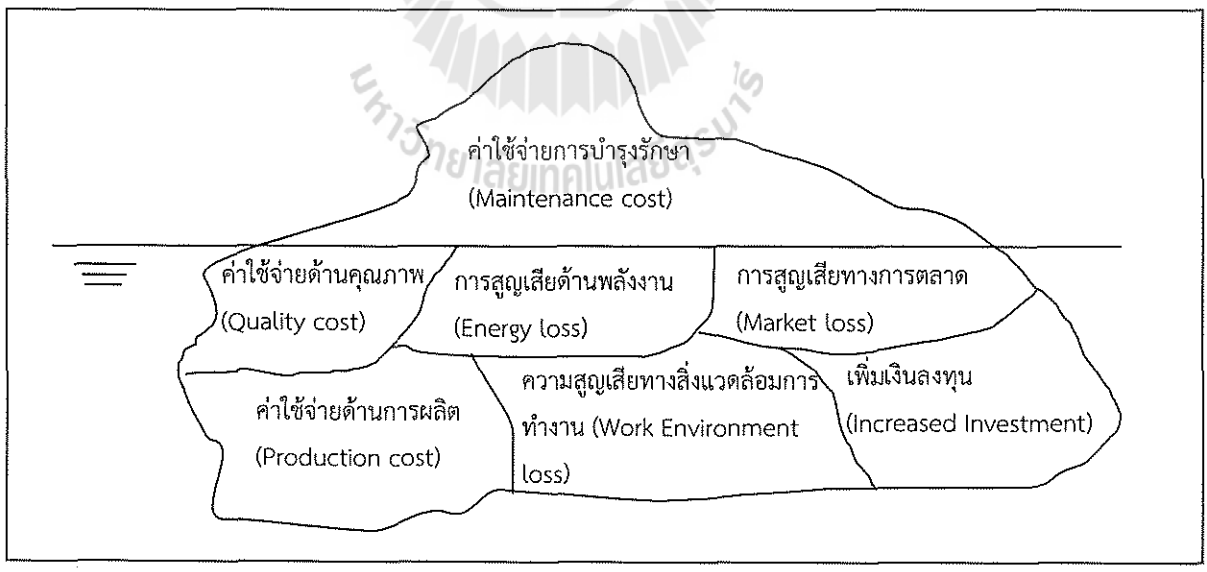
กำไร (Profit) = รายรับ (Income) – รายจ่าย (Expense) (1.1)

ค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น สามารถหลีกเลี่ยงไม่ให้ที่เกิดขึ้นได้ด้วยงานบำรุงรักษา ได้แก่ การหยุดการทำงานของเครื่องจักร การปล่อยให้เครื่องจักรและคนว่างในระหว่างที่เครื่องจักรเสีย การส่งสินค้าล่าช้า และความเสียหายที่เกิดขึ้นตามมาของลูกค้า ค่าใช้จ่ายเหล่านี้เป็นเงินที่สูญเสียไปที่ประเมินเป็นตัวเลขได้ (Tangible cost) และเงินที่สูญเสียไปประเมินเป็นตัวเลขไม่ได้ (Intangible cost) เปรียบเสมือนภูเขาน้ำแข็งในทะเล ดังรูปที่ 1.1 ซึ่งส่วนที่มองเห็นได้ชัดเจนมีส่วนน้อยเปรียบเสมือนเงินที่สูญเสียไปที่ประเมินเป็นตัวเลขได้ แต่ส่วนที่ซ้อนอยู่ภายล่างในน้ำทะเลที่มองไม่เห็นชัดเจนมีมากยิ่งกว่าเปรียบเสมือนเงินที่สูญเสียไปประเมินเป็นตัวเลขไม่ได้

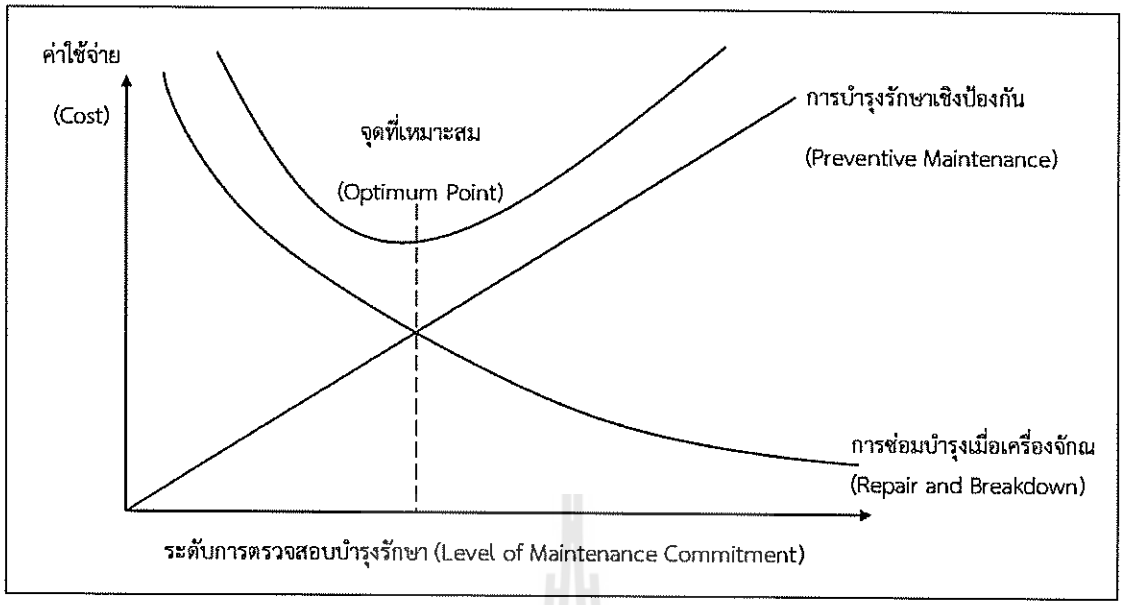
การลดค่าใช้จ่ายเหล่านี้นำมาซึ่งการลดรายจ่ายและเป็นการเพิ่มผลกำไร ดังแสดงในรูปที่ 1.2 นอกจากนี้แล้วงานบำรุงรักษาสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายทั้งในทางตรงและทางอ้อมได้

- ค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct cost) ที่เกิดจากการซ่อมรุดโดยเฉพาะการซ่อมรุดแบบฉุกเฉินเช่น ค่าซ่อมแซม ชิ้นส่วนอุปกรณ์ ค่าแรงงานของพนักงานผู้ซ่อม เป็นต้น

- ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect cost) ได้แก่ ค่าจ้างล่วงเวลาสำหรับพนักงานฝ่ายผลิตที่ต้องมาทำงานเพิ่มเติม ทดแทนกับเวลาที่หยุดของเครื่องจักรเพื่อทำการซ่อม ค่ารักษาพยาบาลพนักงาน หากว่าการซ่อมรุดแบบฉุกเฉินเป็นอุบัติเหตุทำให้เกิดการบาดเจ็บหรือเสียชีวิต



รูปที่ 1.1 แสดงภูเขาน้ำแข็งของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากความเสียหายจากเครื่องจักรที่ชำรุด



รูปที่ 1.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการตรวจสอบบำรุงรักษาและค่าใช้จ่าย(Mobley R. K., 2004)

1.2 คำนิยามของการบำรุงรักษา

การบำรุงรักษา (Maintenance) คือ กิจกรรมที่จำเป็นที่จะเก็บรักษาระบบ/เครื่องจักร และชิ้นส่วนของระบบ/เครื่องจักรนั้นๆ เพื่อที่จะสามารถทำงานได้ดังเดิม วัตถุประสงค์ของทุกโปรแกรมการบำรุงรักษา คือ การรักษาความสามารถของระบบ/เครื่องจักร พร้อมกับสามารถควบคุมค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นได้ด้วย องค์ประกอบของค่าใช้จ่ายได้แก่

- ค่าจ้างบุคลากรส่วนซ่อมบำรุงรักษา และค่าวัสดุที่นำมาใช้ซ่อมบำรุงรักษา
- ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปเนื่องจาก ความไม่มีประสิทธิผลเพียงของโปรแกรมบำรุงรักษา

การเสียหาย/การชำรุดของเครื่องจักร (Failure) คือ การเปลี่ยนแปลงใดๆของระบบหรือเครื่องจักร ที่แตกต่างไปจากการทำงานเดิม จากการทำงานได้น่าพึงพอใจกับเงื่อนไขการทำงาน ไปสู่การทำงานที่ไม่สามารถยอมรับได้หรือต่ำกว่ามาตรฐาน ดังนั้นโปรแกรมบำรุงรักษาต่างๆถูกจัดตั้งขึ้นเพื่อที่จะกำจัดหรือลดจำนวนการเสียหาย/ชำรุดของเครื่องจักร รวมไปถึงค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นมาตาม

1.3 เป้าหมายของการบำรุงรักษา

วัตถุประสงค์โดยรวมของงานบำรุงรักษา คือ โปรแกรมหรือกิจกรรมการบำรุงรักษาที่จำเป็นเพื่อที่จะสามารถรักษาสภาพเครื่องจักรให้สามารถทำงานได้ตามปกติภายใต้ค่าใช้จ่ายที่ยอมรับได้ ซึ่งสามารถ จำแนกเป้าหมายของการบำรุงรักษาได้ 2 ประการ คือ

1.3.1 เป้าหมายหลัก

- บำรุงรักษาเครื่องจักรให้คงอยู่ตามสภาพ
- การตรวจสอบ, ทำความสะอาด และการหล่อลื่นเครื่องจักรเป็นประจำเพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้เป็นปกติ และสามารถตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องจักรได้
- การดัดแปลง, การเปลี่ยนแปลง และการติดตั้งเครื่อง เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเจ้าหน้าที่บำรุงรักษา
- ได้รับประโยชน์จากการสร้างงาน, กระจายงาน และการจัดการซ่อมบำรุง
- การสร้าง หรือ ดัดแปลงเครื่องจักร เพื่อการขยายโรงงานหรือการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต

1.3.2 เป้าหมายรอง

- เพื่อเป็นการป้องกันและรักษาความปลอดภัยในโรงงาน
- ลดค่าใช้จ่ายจากการใช้เครื่องจักรเก่า
- การควบคุมมลภาวะเป็นพิษในโรงงาน
- เป็นการสำรองหน้าที่ต่างๆที่เหมาะสมขึ้นกับการสั่งการของผู้จัดการโรงงาน

1.4 ประเภทของกิจกรรมการบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาแบบแรกที่มนุษย์รู้จักตั้งแต่มีการนำเครื่องจักรมาใช้งาน คือ การบำรุงรักษาเมื่อขัดข้อง (Corrective/ Breakdown maintenance) ซึ่งเป็นการบำรุงรักษาตามอาการ นั่นคือ เมื่อเครื่องจักรมีอาการเสียหายอย่างไรก็ซ่อมแซมหรือแก้ไขไปตามนั้น เพื่อให้กลับมาใช้งานได้ตามปกติ แต่ในขณะที่เครื่องจักรใช้งานได้ก็จะไม่มีกิจกรรมใดๆ ที่เป็นการบำรุงรักษา อย่างไรก็ตามการบำรุงรักษาเมื่อขัดข้อง ก็คือการบำรุงรักษาประเภทหนึ่ง แต่ไม่สามารถใช้ได้กับเครื่องจักรในกรณีที่เกิดความเสียหายแล้วส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเป็นอย่างมาก จึงได้มีการคิดค้นการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance) ขึ้นมา ซึ่งเป็น

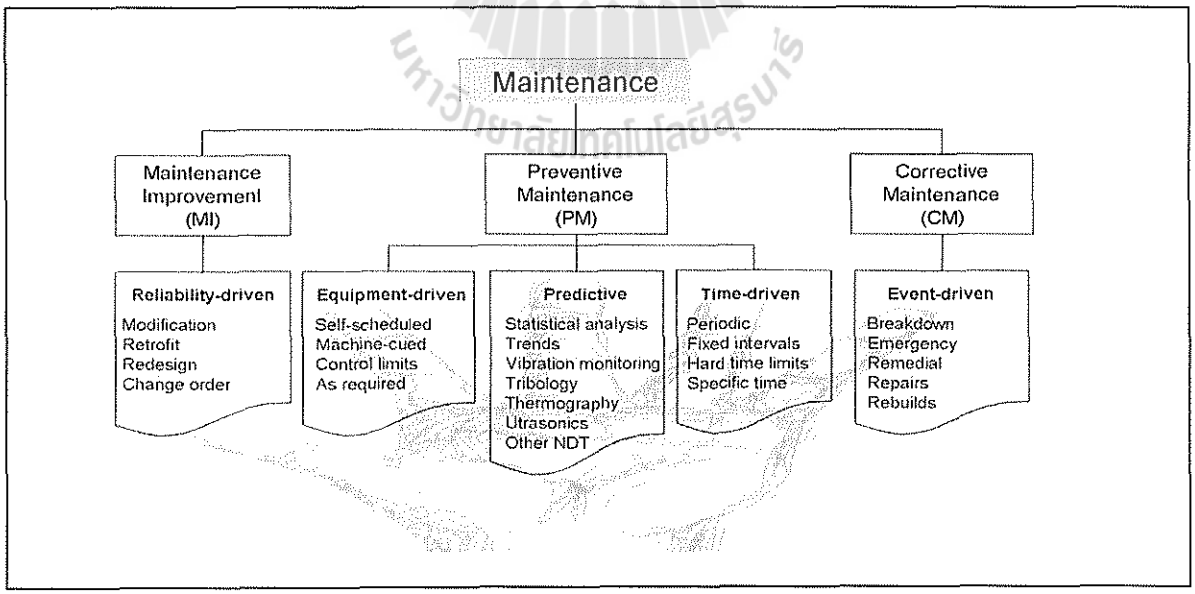
การบำรุงรักษาในขณะที่เครื่องจักรยังใช้งานได้โดยไม่ต้องรอให้เครื่องเสีย แต่อย่างไรก็ตามการบำรุงรักษาเชิงป้องกันก็ยังประสบปัญหาอีก เกี่ยวกับตัวเครื่องที่ออกแบบมาไม่สะดวกต่อการแก้ไขและบำรุงรักษา รวมถึงการใช้งานที่ยากลำบากและมีโอกาสผิดพลาดสูง ดังนั้นจึงต้องมีการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขและปรับปรุง (Maintenance improvement) เพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้ง่าย แต่ถึงกระนั้นเราก็ยังต้องเสียเวลาในการบำรุงรักษาอยู่ดี การป้องกันการบำรุงรักษาจึงได้เกิดขึ้นมาในตอนนี้

ถึงแม้การบำรุงรักษามีวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่องแต่ก็ยังไม่สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิผลด้วยการบำรุงรักษาแบบใดแบบหนึ่ง กล่าวคือ ต่อให้เรามีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ยอดเยี่ยมเพียงใดเราก็ไม่สามารถทิ้งการบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องได้ หรือต่อให้เราตั้งใจทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพียงใดก็ไม่ได้ผลเต็มที่ถ้าไม่มีการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง และต่อให้มีเครื่องจักรที่ทำงานง่าย ซ่อมง่าย ดูแลง่ายเพียงใด เราก็ยังต้องเสียเวลาถ้าไม่มีการป้องกันการบำรุงรักษา

กิจกรรมการบำรุงรักษาสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ตามลักษณะการบำรุงรักษาดังแสดงในรูปที่ 1.3

1. <u>การบำรุงรักษาแบบซ่อมเมื่อเสีย</u>(Corrective Maintenance: CM)

การบำรุงรักษาแบบซ่อมเมื่อเสีย เป็นการบำรุงรักษาที่ปล่อยให้เครื่องจักรเสียก่อนแล้วจึงซ่อมหรือแก้ไขเครื่องจักรตามอาการเสียของเครื่องจักร การซ่อมบำรุงแบบนี้มักจะทำให้เกิดการหยุดสายการผลิตแบบทันทีทันใด (Emergency) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสายการผลิตและการส่งสินค้าให้กับลูกค้า การซ่อมบำรุงรักษาแบบซ่อมเมื่อเสียจะเหมาะสมกับอะไหล่บางประเภทในเครื่องจักรที่มีการบำรุงรักษายาก หรือไม่สามารถทำนายอายุการใช้งานได้ หรือเป็นอะไหล่ในเครื่องจักรที่ไม่ส่งกระทบต่อกระทบการผลิต



รูปที่ 1.3 โครงสร้างของกิจกรรมการบำรุงรักษา (Structure of maintenance)(Mobley R. K., 2004)

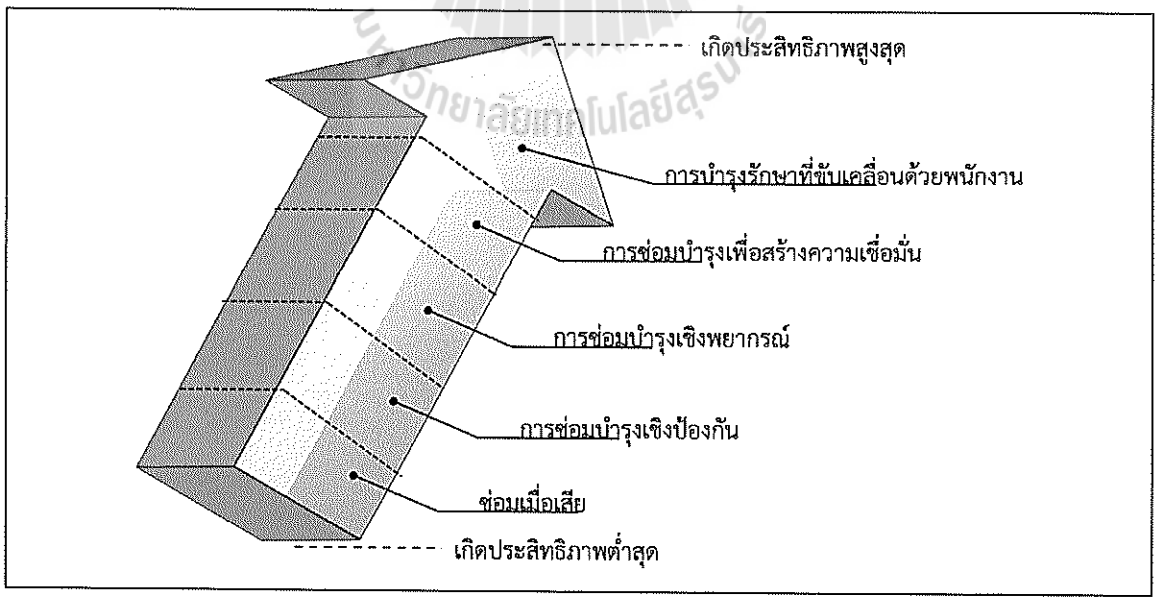
2. การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน(Preventive Maintenance: PM)

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เป็นการบำรุงรักษาที่อาศัยการทำนายอายุการใช้ของชิ้นส่วนอะไหล่ประกอบเครื่องจักร เพื่อวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรก่อนที่ชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องจักรจะเสียหาย รวมถึงการวางแผนตรวจสอบเครื่องจักร ส่งผลให้สามารถยืดอายุการใช้งานเครื่องจักร รวมถึงไม่ก่อให้เกิดเหตุการณ์หยุดสายการผลิตทันทีโดยมิได้วางแผนไว้ก่อน

3. การบำรุงรักษาเชิงพัฒนา (Maintenance Improvement: MI)

การบำรุงรักษาเชิงพัฒนา เป็นการบำรุงรักษาที่ทำให้เกิดความเชื่อมั่นแก่เครื่องจักร โดยการออกแบบเครื่องจักรให้ง่ายต่อการบำรุงรักษาได้

การเพิ่มระดับขั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักร สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.4โดยเริ่มจากการบำรุงรักษาแบบซ่อมเมื่อเสีย (Reactive) เพื่อเก็บข้อมูลระยะเวลาอายุการใช้งานของอะไหล่ ซึ่งจะนำไปสู่การวางแผนระยะเวลาการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) รวมถึงการเปลี่ยนอะไหล่ชิ้นส่วนเครื่องจักรก่อนเกิดการเสียหายของเครื่องจักร การสร้างฐานข้อมูลเพื่อทำนายการเสียหายของเครื่องจักรเป็นการซ่อมบำรุงแบบทำนายผล(Predictive Maintenance: PdM) นำไปสู่การวางแผนการบำรุงรักษาเชิงรุกเพื่อสร้างความเชื่อมั่นในการบำรุงรักษา (Proactive Reliability Maintenance: PRM) และกระตุ้นให้พนักงานหน้าเครื่องสามารถดูแลเครื่องจักรและบอกอาการเสียหายของเครื่องจักรได้เบื้องต้น ซึ่งจะนำไปสู่การบำรุงรักษาจากการขับเคลื่อนด้วยพนักงานเพื่อสร้างความเชื่อมั่น และทำให้เกิดการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด



รูปที่ 1.4ระดับขั้นการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษา

1.5 คำศัพท์ คำนิยามในงานการบำรุงรักษา

1.5.1 นิยามคำศัพท์ของกิจกรรมการบำรุงรักษา (สุพัฒน์และคณะ, 2549)

- Planned Maintenance – งานบำรุงรักษาตามแผน
- Unplanned Maintenance – งานบำรุงรักษานอกแผนงาน
- Preventive Maintenance – งานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน
- Basic Preventive Maintenance (PM) – งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันขั้นพื้นฐาน
- Routine Inspection – การตรวจสอบสภาพเครื่องจักรอุปกรณ์เป็นประจำตามกำหนดการ
- Predictive Maintenance (PdM) – งานบำรุงรักษาที่คาดการณ์ได้ล่วงหน้า
- Recondition – การบำรุงรักษาโดยปรับแต่งสภาพให้ดีเช่นเดิม
- Condition Monitoring – การตรวจวัดสภาพการทำงานของเครื่องจักร-อุปกรณ์
- Run to Failure / Operate to Failure (OTF) – การใช้งานเครื่องจักรโดยไม่จำเป็นต้องวางแผนบำรุงรักษา จนกว่าเครื่องจักรจะเสื่อมสภาพจึงเข้าไปบำรุงรักษาเชิงแก้ไข
- Corrective Maintenance (CM) – งานบำรุงรักษาเชิงเชิงแก้ไข
- Breakdown Maintenance (BM) – การซ่อมภายหลังที่เครื่องจักร-อุปกรณ์ชำรุด
- Remedial Maintenance – การแก้ไขเยียวยาข้อขัดข้องของเครื่องจักร-อุปกรณ์ให้ทำงานต่อไปได้
- Trouble Shooting – การแก้ไขข้องขัดข้องของเครื่องจักร-อุปกรณ์ อย่างเร่งด่วนเฉพาะหน้า
- Installation – งานติดตั้งเครื่องจักร-อุปกรณ์
- Improvement Maintenance (IM) – งานบำรุงรักษาเชิงปรับปรุง
- Proactive Maintenance – งานบำรุงรักษาเชิงรุก

1.5.2 นิยามคำศัพท์ของระบบการจัดการการบำรุงรักษา(สุพัฒน์และคณะ, 2549)

- Work Request – ใบแจ้งซ่อม
- Work Order – ใบสั่งงานบำรุงรักษา
- Backlog Order – งานบำรุงรักษาที่ค้าง
- Backlog File – แฟ้มงานค้าง
- Backlog Status – สภาวะของงานค้าง
- Inspection Sheet – เอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อตรวจสอบ
- Equipment Function Test – การตรวจสอบระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักร
- History Record – การบันทึกประวัติงานบำรุงรักษาของเครื่องจักร-อุปกรณ์
- Insurance Spare Part – อะไหล่สำรองคลังเพื่อประกันภัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.5.3 นิยามคำศัพท์ของวิศวกรรมการบำรุงรักษา (สุพัฒน์และคณะ, 2549)

- Mean Time Between Failure (MTBF) – อายุการใช้งานโดยเฉลี่ยของเครื่องจักรก่อนเกิดการขัดข้อง
- Failure Rate – อัตราความถี่เฉลี่ยของการเกิดปัญหา ซึ่งจะผกผันกับ MTBF
- Mean Time To Repair (MTTR) – ค่าเฉลี่ยของเวลาตั้งแต่เริ่มต้นซ่อมบำรุงรักษาจนเสร็จสิ้น ของ Unplanned Maintenance แต่ละครั้ง
- Spare Part Turn Over Rate – อัตราการหมุนเวียนของอะไหล่สำรองคลัง
- Dead Stock – อะไหล่สำรองที่เก็บโดยไม่มีการเบิกไปใช้นานเกิน 3 ปี
- Life Cycle Costing (LCC) – ผลรวมของค่าใช้จ่ายทั้งหมดทั้งเกิดขึ้นตลอดชั่วอายุการให้งานเครื่องจักร
- Failure Mode – การกำหนดประเภทลักษณะอาการของปัญหาข้อขัดข้อง เพื่อเก็บประวัติและวิเคราะห์ผลเชิงสถิติ
- Root Cause Failure Analysis – การวิเคราะห์หาสาเหตุของอาการของปัญหาข้อขัดข้อง

1.5.4 นิยามคำศัพท์ของระบบบำรุงรักษากับการเพิ่มผลผลิต(สุพัฒน์และคณะ, 2549)

- Losses – ความสูญเสียในกระบวนการผลิตสินค้า
- Overall Equipment Effectiveness (OEE) – ประสิทธิผลโดยรวมที่เกิดจากความสามารถในการใช้เครื่องจักร
- Total Productivity – ผลผลิตรวมของเครื่องจักร-อุปกรณ์
- Maintenance Audit – การตรวจสอบเพื่อพิจารณาศักยภาพของการทำงานบำรุงรักษา
- Plant Performance Audit – การตรวจสอบสภาพของโรงงานที่สัมพันธ์กับการผลิตและการบำรุงรักษา
- Maintenance Policy & Strategy – นโยบายและยุทธศาสตร์การทำงานบำรุงรักษา
- Spare Part Optimization – กระบวนการจัดการด้านบริหารอะไหล่เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด
- Reliability – ความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรอุปกรณ์ โดยใช้หลักทางสถิติวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงและความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร ในสภาวะการใช้งานในแต่ช่วงเวลา
- Maintenance Optimization – จุดที่ได้ประโยชน์สูงสุดในการเลือกทำงานบำรุงรักษา โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายทางตรงและทางอ้อม และผลกระทบที่เกิดขึ้นของทั้งสองทางเลือก

สรุปท้ายบท

ในบทนี้ได้แสดงความสำคัญในการบำรุงรักษาที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายทางตรงและทางอ้อมขององค์กร การกำหนดนโยบายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมในแต่ละองค์กรจะนำมาสู่การประหยัดค่าใช้จ่ายได้อย่างเหมาะสม นอกจากนั้นการกำหนดเป้าหมายของการบำรุงรักษายังส่งผลถึงความเข้าใจที่ตรงกันของคนในองค์กร รวมไปถึงการจำแนกประเภทของการบำรุงรักษาที่จะส่งผลถึงการบำรุงอย่างเป็นขั้นตอน และสามารถดำเนินการบำรุงรักษาได้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในบทที่ 2 จะแสดงถึงสาเหตุการเสื่อมภาพของเครื่องจักร ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ต้องมีการบำรุงรักษาเครื่องจักร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงอภิปรายว่า เหตุใดเราจึงจำเป็นต้องบำรุงรักษาเครื่องจักร?

2. จงอภิปราย ค่าใช้จ่ายทางตรงและทางอ้อมเมื่อเครื่องจักรเกิดการขัดข้องในระหว่างการผลิต?

3. จงอภิปรายว่า กิจกรรมในองค์กรใดบ้างที่แสดงการบำรุงรักษาเครื่องจักร?

4. เหตุใดกิจกรรมการบำรุงเครื่องจึงมีความสำคัญในกระบวนการผลิต?

5. จงอภิปรายว่า องค์กรใดบ้างที่ต้องมีกิจกรรมบำรุงรักษา?

6. จงอภิปรายว่า วิศวกรบำรุงรักษาสร้างกำไรให้กับองค์กรได้อย่างไร?

7. กิจกรรมบำรุงรักษาแบ่งได้เป็นกี่ประเภทและแต่ละประเภทแตกต่างกันอย่างไร จงอธิบาย?

8. การซ่อมบำรุงรักษาเมื่อขัดข้อง (Breakdown maintenance) แตกต่างอย่างไรกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance)?

9. การซ่อมบำรุงรักษาเมื่อขัดข้อง (Breakdown maintenance) แตกต่างอย่างไรกับการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขและปรับปรุง (Maintenance Improvement)?

10. การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance) แตกต่างอย่างไรกับการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขและปรับปรุง (Maintenance Improvement)?

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2

สาเหตุของการเสื่อมสภาพ
(Depreciation / Wear Out Causes)

วัตถุประสงค์

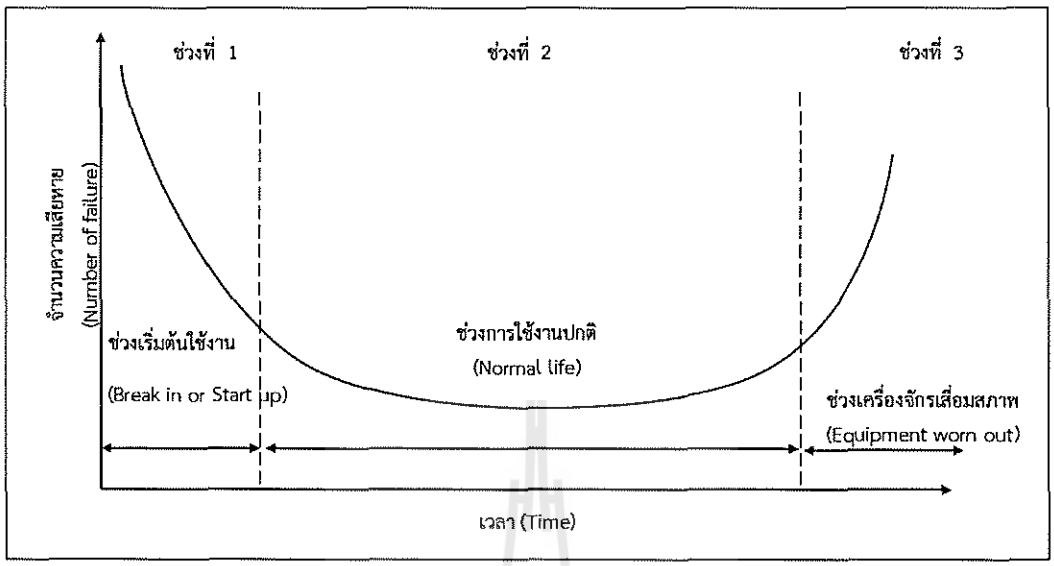
นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและความสามารถในเรื่องดังต่อไปนี้

1. บอกวงจรชีวิตเครื่องจักรได้
2. ระบุกลไกการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรแต่ละประเภทได้
3. อธิบายกลไกการสึกหรอประเภทต่างๆได้
4. นิยามศัพท์และอธิบายคุณสมบัติของสารหล่อลื่นได้

การยืดอายุการใช้ของเครื่องจักรมีความสัมพันธ์กับช่วงวงจรชีวิตของเครื่องจักร เพื่อการวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรในแต่ละช่วงชีวิตของเครื่องจักร นอกจากนั้นแล้วกลไกการสึกหรอของเครื่องจักรมีผลต่อการวางแผนการใช้งานรวมถึงการวางแผนการบำรุงรักษา ดังนั้นการเข้าใจคุณสมบัติของสารหล่อลื่นแต่ละประเภทจะก่อนให้เกิดการนำไปใช้งานให้เหมาะสมกับเครื่องจักรแต่ละประเภท

2.1 วงจรชีวิตของเครื่องจักร

วงจรชีวิตของเครื่องจักรสามารถแบ่งออกได้ 3 ช่วง ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับช่วงชีวิตของมนุษย์ คือ วัยเด็ก วัยผู้ใหญ่ และวัยชรา



รูปที่ 2.1เส้นโค้งรูปอ่างน้ำ (Bathtub Curve)(Mobley R. K., 2004)

2.1.1 ช่วงที่ 1 เริ่มต้น (Break in หรือ Start up)

ช่วงเริ่มต้นเป็นช่วงเริ่มแรกที่เครื่องจักรถูกนำไปใช้งาน เปรียบเสมือนคนในวันเด็กที่สภาพร่างกายมีภูมิคุ้มกันต่ำจำเป็นจะต้องได้รับการดูแลเป็นพิเศษ ส่วนเครื่องจักรซึ่งเป็นระยะเริ่มต้นการใช้งานอาจมีจำนวนการเสียหายของเครื่องจักรมาก สามารถสรุปสาเหตุของความเสียหายได้ดังต่อไปนี้

-การออกแบบเครื่องจักรไม่ถูกต้องไม่เหมาะสม
- วัสดุในการผลิตเครื่องจักรไม่มีคุณภาพ
- เทคโนโลยีการผลิต/ประกอบไม่เหมาะสม
- การติดตั้งเครื่องจักรผิดไปจากแบบ
- การใช้งานไม่ถูกต้อง

ข้อควรปฏิบัติต่อเครื่องจักรในช่วงเริ่มต้นการใช้งาน ได้แก่

- ○ เลือกซื้อเครื่องจักรที่มีคุณภาพ
- ○ ติดตั้งเครื่องจักรตามข้อกำหนดของผู้ผลิต
- ○ ทำความเข้าใจในขั้นตอนการใช้เครื่องจักร
- ○ ควรใช้อุปกรณ์ที่ต้องการการบำรุงรักษาน้อย

2.1.2 <u>ช่วงที่ 2 ชีวิตปกติ</u>(Normal life)

ช่วงที่ 2 ของวงจรชีวิตเครื่องจักร คือ ช่วงชีวิตปกติ เป็นช่วงที่เครื่องจักรมีอัตราชำรุดคงที่ และมีค่าต่ำกว่าช่วงแรกของวงจรชีวิต เนื่องจากเป็นช่วงที่เครื่องจักรถูกใช้งานจนผู้ใช้หรือผู้ควบคุมเริ่มเข้าใจวิธีการทำงาน มีการดูแลบำรุงรักษาตามกำหนด ทำให้อัตราการชำรุดของเครื่องจักรมีค่าค่อนข้างคงที่ เปรียบเสมือนช่วงชีวิตของมนุษย์ในช่วงเริ่มเป็นวัยรุ่นถึงวัยทำงาน ซึ่งเป็นช่วงชีวิตที่ร่างกายมีภูมิคุ้มกันโรค นอกจากนั้นแล้วการดูแลร่างกายรวมถึงการออกกำลังกายทำให้อัตราการเจ็บป่วยลดลง ถึงอย่างไรก็ตามช่วงชีวิตนี้ของเครื่องจักรยังต้อง การการปฏิบัติดูแลเพื่อยืดอายุในช่วงชีวิตปกติของเครื่องจักรให้สามารถขยายได้นานยิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้อายุของเครื่องจักรยาวนานเช่นกัน ข้อควรปฏิบัติต่อเครื่องจักรในช่วงชีวิตปกติ ได้แก่

- ใช้งานไม่เกินภาระที่ได้รับการออกแบบ
- บำรุงรักษาตามที่กำหนดในคู่มือ
- ควบคุมสภาพสิ่งแวดล้อม

2.1.3 <u>ช่วงที่ 3 ช่วงทรุดโทรม</u>(Worn out)

ช่วงที่ 3 ของวงจรชีวิตเครื่องจักร คือช่วงการทรุดโทรม เป็นช่วงการสึกหรอเสื่อมสภาพตามเวลาของเครื่องจักรใดๆก็ตาม ถึงแม้ว่าผู้ควบดูแลเครื่องจักรจะทำหน้าที่อย่างเคร่งครัดในการดูแล เครื่องจักรทุกเครื่องก็จะชำรุดทรุดโทรมตามสภาพการณ์เวลา เนื่องจากการสึกหรอของวัสดุที่นำมาประกอบเป็นเครื่องจักรเปรียบเสมือนวัฏจักรชีวิตของมนุษย์ที่แม้จะมีการบำรุงดูแลร่างกายอย่างดี ในช่วงปั้นปลายของชีวิตมนุษย์ก็มักจะเกิดการเจ็บป่วยเป็นสาเหตุให้สิ้นอายุขัย ในช่วงชีวิตนี้ของเครื่องจักรอัตราการชำรุดจะมีค่ามากขึ้นอย่างรวดเร็ว ถึงแม้จะมีการบำรุงรักษาอย่างดีเพียงใดก็ตาม ดังนั้น หากจำเป็นต้องใช้งานเครื่องจักรผู้ใช้งานและผู้บำรุงรักษาเครื่องจักรจะต้องกำหนดแนวทางการใช้งาน และปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด เพื่อป้องกันมิให้เกิดอุบัติเหตุในระหว่างการใช้งาน

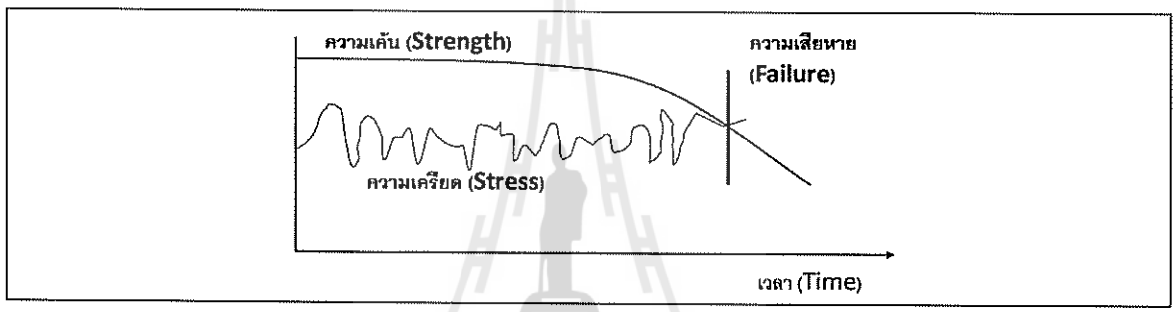
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2การเสื่อมสภาพของเครื่องจักร

การเสื่อมสภาพของเครื่องจักร หมายถึง การที่เครื่องจักรเกิดการชำรุดที่เกิดจากอายุของเครื่องจักรหรือการชำรุดที่เกิดจากการใช้งาน รวมทั้งกรณีที่เครื่องจักรสามารถซ่อมบำรุงให้สามารถนำกลับมาให้งานได้ตามเดิม และกรณีที่ไม่สามารถซ่อมบำรุงให้ใช้งานได้ตามเดิม การเสื่อมสภาพของเครื่องจักรแบ่งสามารถได้เป็น 2 ประเภท คือ การเสื่อมสภาพตามเวลา และการเสื่อมสภาพที่ไม่ขึ้นกับเวลา

2.2.1.<u>การเสื่อมสภาพตามเวลา</u>

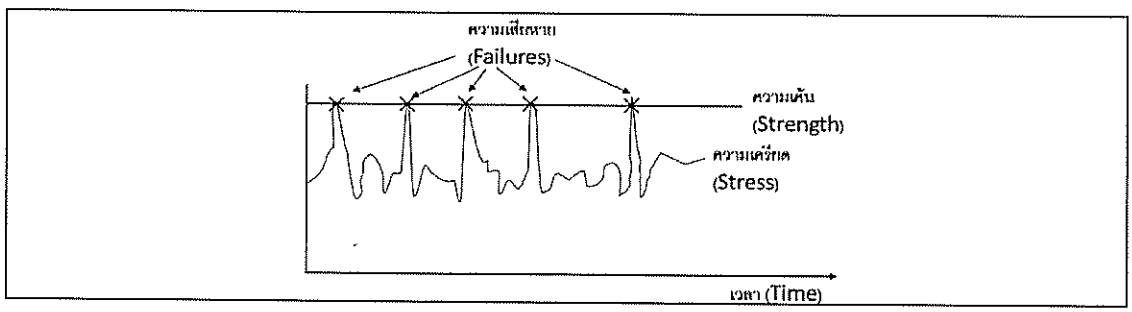
การเสื่อมสภาพตามเวลา หมายถึง การที่เครื่องจักรเกิดชำรุดแปรตามสภาพความแข็งแรงของชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ประกอบในเครื่องจักรลดลงตามเวลาที่ใช้งานการเสื่อมสภาพในลักษณะเช่นนี้มักจะเกิดการชำรุดแบบค่อยเป็นค่อยไป ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ค่าความเค้น (Stress) ที่เกิดขึ้นในเกิดขึ้นมีลักษณะเพิ่มขึ้นและลดลงตามภาระงานที่เครื่องจักรถูกใช้งาน ส่วนความแข็งแรง (Strength) ของชิ้นส่วนต่างๆมีค่าคงที่ในช่วงเวลาหนึ่ง และมีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อเครื่องจักรถูกใช้งานนานขึ้น เมื่อค่าความแข็งแรงของชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องจักรมีค่าลดลงน้อยกว่าค่าความเค้นที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนเหล่านั้นเครื่องจักรจะเกิดความเสียหาย (Failure) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าความแข็งแรงของชิ้นส่วนต่างๆ มีค่าลดลงเรื่อยๆตามระยะการใช้งานของเครื่องจักร



รูปที่ 2.2 แสดงการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรตามเวลา

2.2.2.<u>การเสื่อมสภาพที่ไม่ขึ้นกับเวลา</u>

การเสื่อมสภาพที่ไม่ขึ้นกับเวลา หมายถึงการชำรุดของชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่มีค่าลดลงโดยไม่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาที่ใช้งาน ชิ้นส่วนเครื่องจักรเกิดการชำรุดแบบทันทีทันใด การเสื่อมสภาพในลักษณะนี้เกิดจากชิ้นส่วนอุปกรณ์รับภาระงานที่มากเกินไปอาจเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด ทำให้ชิ้นส่วนมีความเค้นสูงขึ้นเกินค่าความแข็งแรงที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์จะทนได้จึงก่อให้เกิดความเสียหาย ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรที่ไม่ขึ้นกับเวลา

สาเหตุการชำรุดหรือการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรทั้ง 2 ประเภท อาจเกิดจากปัจจัยหลัก 6 ประการ ดังต่อไปนี้

1. การออกแบบชิ้นส่วนอุปกรณ์ผิดรูปแบบ

การออกแบบชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องจักรที่ผิดรูปแบบ อาจนำมาสู่สาเหตุการชำรุดของเครื่องจักรได้ เนื่องจากเมื่อเครื่องจักรถูกนำมาใช้งานชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆในเครื่องจักรจะได้รับภาระงานขนาดที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการออกแบบชิ้นส่วนอุปกรณ์ต้องคำนึงถึงภาระงานที่ชิ้นส่วนนั้นๆจะได้รับและทนทานได้

2. วัสดุที่เลือกใช้มีจุดบกพร่อง

การเลือกใช้วัสดุเพื่อผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักรแต่ละประเภทนั้นมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร เนื่องจากวัสดุที่แตกต่างกันมีความแข็งแรงทนทานต่างกัน นอกจากนั้นแล้ววัสดุที่เลือกใช้ผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรนั้นจะต้องมีมาตรฐานและคุณภาพเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นในการใช้งานของเครื่องจักร หากวัสดุที่นำมาผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรไม่มีมาตรฐานและคุณภาพแล้ว อาจจะส่งผลให้เครื่องจักรชำรุดหรือเสื่อมสภาพก่อนเวลาอันควร รวมไปถึงอาจจะให้เกิดอุบัติเหตุในระหว่างการปฏิบัติงานของพนักงานได้แม้จะมีการบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างดีเพียงใด

3. เทคโนโลยีการผลิตหรือประกอบไม่ดีพอ

เครื่องจักรที่จะทำงานได้อย่างสมบูรณ์นั้นนอกจากจะผลิตจากวัสดุที่มีคุณภาพและได้รับการออกแบบเครื่องจักรที่มีมาตรฐานแล้ว ยังต้องรวมไปถึงกระบวนการผลิตหรือประกอบเครื่องจักรที่มีคุณภาพด้วย หากกระบวนการผลิตไม่มีคุณภาพอย่างเพียงพอจะส่งผลถึงความทนทานการใช้งานของเครื่องจักรที่ไม่ดีพอเช่นกัน ดังนั้นกระบวนการผลิตเครื่องจักรใดๆ ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพอย่างเข้มงวด เพื่อประกันคุณภาพการใช้งานของเครื่องจักร ซึ่งจะมีผลต่อการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรโดยตรงรวมไปถึงความปลอดภัยของพนักงานระหว่างในการใช้งานของเครื่องจักร

4. ขาดการใช้งานที่ถูกต้อง

การเสื่อมสภาพของเครื่องจักรนั้นขึ้นอยู่กับการใช้งานเครื่องจักรที่ถูกต้อง ถึงแม้ว่าเครื่องจักรจะถูกออกแบบให้มีมาตรฐาน ด้วยวัสดุที่มีคุณภาพดี และกระบวนการผลิตที่มีมาตรฐานดีเพียงใด หากการใช้งานเครื่องจักรไม่ถูกวิธีแล้ว ย่อมก่อให้เกิดความเสื่อมสภาพเครื่องจักรอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นพนักงานที่จะใช้งานเครื่องจักรใดๆ จะต้องได้รับการอบรมฝึกการใช้ที่ถูกต้อง รวมไปถึงการเข้าใจวิธีการดูแลตรวจสอบเครื่องจักรเบื้องต้น เพื่อยืดอายุการใช้งานเครื่องจักรให้ยาวนานยิ่งขึ้น

5. ขาดการบำรุงรักษาที่ดี

การใช้งานเครื่องจักรใดๆ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการดูแลรักษาเครื่องจักรอย่างถูกวิธี การดูแลเครื่องจักรเป็นหน้าที่โดยตรงของพนักงานประจำเครื่องและเจ้าหน้าที่บำรุงรักษา เนื่องจากพนักงานประจำเครื่องจะเป็นผู้ที่จะรับรู้ความผิดปกติของเครื่องก่อนใครอื่น การบำรุงรักษาเครื่องจักรจำเป็นจะต้องกระทำอย่างต่อเนื่องและเป็นประจำ ดังนั้นการให้ความรู้พนักงานประจำเครื่องเพื่อตรวจสอบเครื่องจักรเบื้องต้นจึงมีความจำเป็นอย่างสูง เพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร

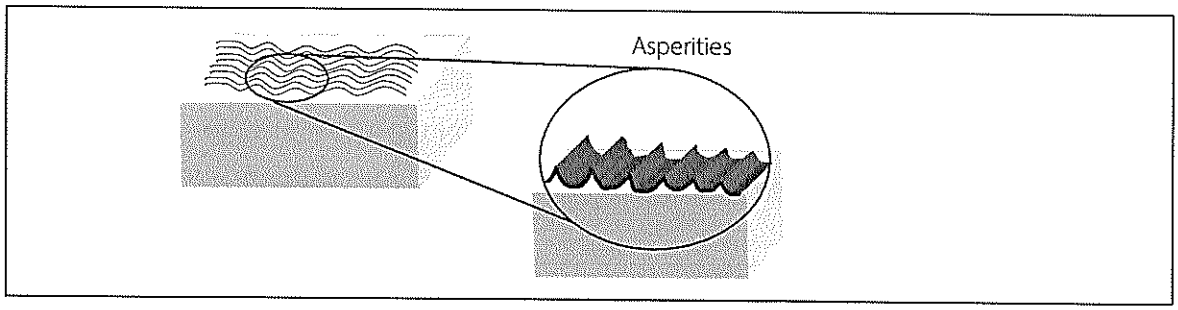
6. ขาดการควบคุมสภาพสิ่งแวดล้อม

สภาพสิ่งแวดล้อมเครื่องจักรมีผลต่อการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรโดยตรง เนื่องจากสภาวะแวดล้อมเครื่องจักรอันได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ฝุ่นละออง ส่งผลต่อการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นในวัสดุที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร รวมไปถึงความแข็งแรงสภาวะการทดทานของเครื่องจักรต่อภาระงานที่เกิดขึ้น นอกจากนั้นการปนเปื้อนของฝุ่นละอองและความชื้นในอากาศยังมีผลต่อสภาวะความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นซึ่งจะนำไปสู่การเสื่อมสภาพของเครื่องจักรต่อไป

2.3กลไกการสึกหรอ

การสึกหรอของเครื่องจักรอธิบายได้ตามมาตรฐานด้านอุตสาหกรรมของประเทศเยอรมันหมายเลข 50320 (DIN 50320) แบ่งกลไกการสึกหรอไว้ 4 รูปแบบได้แก่ การสึกหรอแบบยึดติด (Adhesive wear)การสึกหรอแบบขูดขีด (Abrasive wear)การสึกหรอจากการล้าตัวของวัสดุ (Fatigue wear) และการสึกหรอแบบปฏิกิริยาไทรโบเคมี (Tribochemical reaction)ซึ่งในแต่ละรูปแบบของการสึกหรอสามารถอธิบายตามปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับผิวหน้าสัมผัสระหว่างวัสดุ ที่เรียกว่า “Asperities”ดังแสดงในรูปที่ 2.4

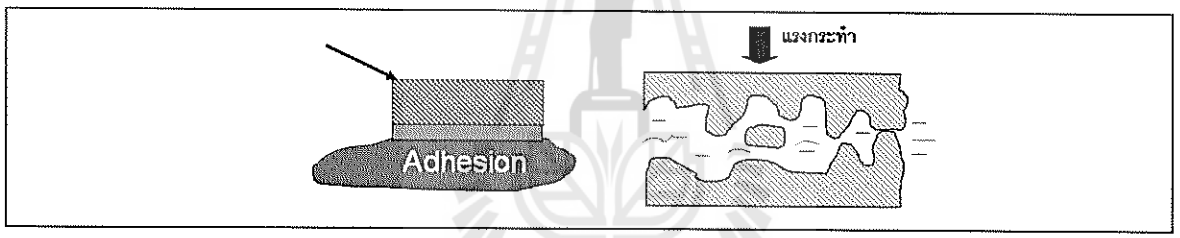
Asperities หมายถึง ส่วนที่เล็กที่สุดของพื้นผิว เป็นส่วนที่จะสัมผัสกันระหว่างพื้นผิวของวัตถุใดๆ เมื่อมีการสัมผัสกันระหว่างพื้นผิวของวัตถุ Asperities จะถูกแรงกระทำทำให้เกิดการหลุดร่อนของจากผิวสัมผัส และจะกลายเป็นสิ่งปนเปื้อนในสารหล่อลื่น ดังนั้นการสึกหรอของชิ้นส่วนประกอบในเครื่องจักรจึงเกิดจาก Asperities ถูกทำให้หลุดออกจากพื้นผิวชิ้นส่วนใดๆ จากแรงกระทำที่แตกต่างกัน ส่งผลทำให้เกิดการสึกหรอตามลักษณะของแรงกระทำซึ่งแบ่งได้จำแนกได้ 4 ประเภทดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.4แสดงผิวหน้าสัมผัสของวัสดุ เรียกว่า “Asperities”

2.3.1 <u>การสึกหรอแบบยึดติด</u>(Adhesive wear)

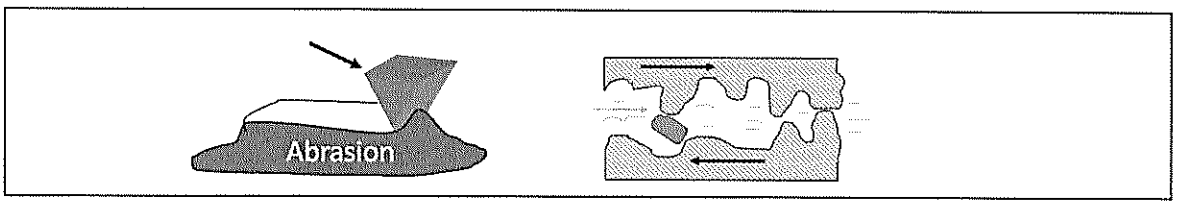
การสึกหรอแบบยึดติด คือ การสึกหรอที่เกิดจากการที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์รับภาระโหลดที่มากในขณะที่เครื่องจักรทำงาน และน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการหล่อลื่นชิ้นส่วนมีความหนืดน้อยเกินไป ทำให้ Asperities หักและติดอยู่ระหว่างชิ้นส่วน ทำให้ชิ้นส่วนเคลื่อนที่ไม่สะดวกและหยึดติด ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5การสึกหรอแบบยึดติด (Adhesive wear)

2.3.2 <u>การสึกหรอแบบขูดขีด</u>(Abrasive wear)

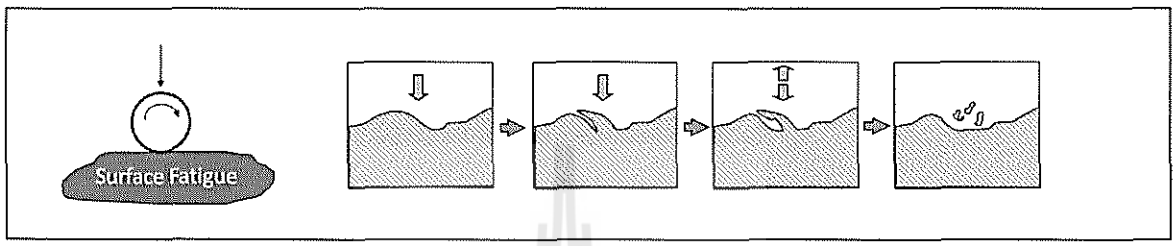
การสึกหรอแบบขูดขีด คือ การสึกหรอที่เกิดจากในสารหล่อลื่นมีส่วนผสมของสิ่งปรก เมื่อมีการขับเคลื่อนของชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องจักรทำให้เกิดการเสียดสีและส่งผลให้ Asperities หัก รวมถึงการชุบแข็งของชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องจักรทำให้ผิวสัมผัสมีความแข็งแตกต่างกันมากเกินไป เกิดการเสียดสีและขูดขีด ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การสึกหรอแบบขูดขีด (Abrasive wear)

2.3.3 การสึกหรอจากการล้าตัวของวัสดุ(Fatigue wear)

การสึกหรอจากการล้าตัวของวัสดุ คือ การสึกหรอที่มีสาเหตุเนื่องจากชิ้นงานได้รับภาระการกดและการดึงสลับไปมา จึงทำให้เกิดรอยแตกร้าวเมื่อมีสิ่งสกปรกในสารหล่อลื่นตกล่นลงในร่องของรอยแตกร้าว ทำให้สิ่งปรกเหล่านั้นกดรอยร้าวลึกลงไป ซึ่งนำไปสู่การแตกหักของชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องจักร ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การสึกหรอจากการล้าตัวของวัสดุ (Fatigue wear)

2.3.4 การสึกหรอแบบปฏิกิริยาไทรโบเคมี (Tribochemical reaction)

การสึกหรอแบบปฏิกิริยาไทรโบเคมี คือ การสึกหรอที่เกิดจากชิ้นส่วนอุปกรณ์เกิดการขัดสี และมีผลจากปฏิกิริยาเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง "ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น"มักจะเกิดกับชิ้นส่วนที่ไม่มีการใช้สารหล่อลื่น เช่น โซ่ เป็นต้น

2.4 หน้าที่สารหล่อลื่น

สารหล่อลื่นสามารถนำมาใช้ได้หลากหลายสถานะ คืออาจจะเป็นสารหล่อลื่นแบบของแข็ง ของเหลว กึ่งของแข็ง กึ่งของเหลว หรือก๊าซ ซึ่งเป็นสสารที่แทรกอยู่ระหว่างชิ้นงาน 2 ชิ้น ที่มีการขัดสี หรือขัดถูกันซึ่งสารหล่อลื่นดังกล่าวนั้นจะช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างชิ้นส่วนเหล่านั้น รวมถึงการส่งถ่ายแรงผ่าน Asperitiesซึ่งได้มีการศึกษาเพื่อวิเคราะห์กันอย่างแพร่หลาย (Wornyoh and Higgs, 2010)ดังนั้นองค์ประกอบซึ่งเป็นหน้าที่หลักสำคัญของสารหล่อลื่น คือ ลดแรงเสียดทาน (Reduces friction) ซึ่งมีผลต่อเนื่องคือ เป็นการลดการสึกหรอ (Reduces wear) ประหยัดพลังงาน (Save power) ลดความร้อน (Reduce heat) และเป็นการช่วยให้เกิดฟิล์มน้ำมันที่รองรับภาระที่ใช้งาน (Load-carrying lubricant film)

หน้าที่ที่สำคัญของสารหล่อลื่นยังรวมไปถึง

1. ทำหน้าที่เสมือนสารหล่อเย็นที่นำพาความร้อนออกไป (Carries away heat) จากชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ เช่น ในกรณีของจาระบี

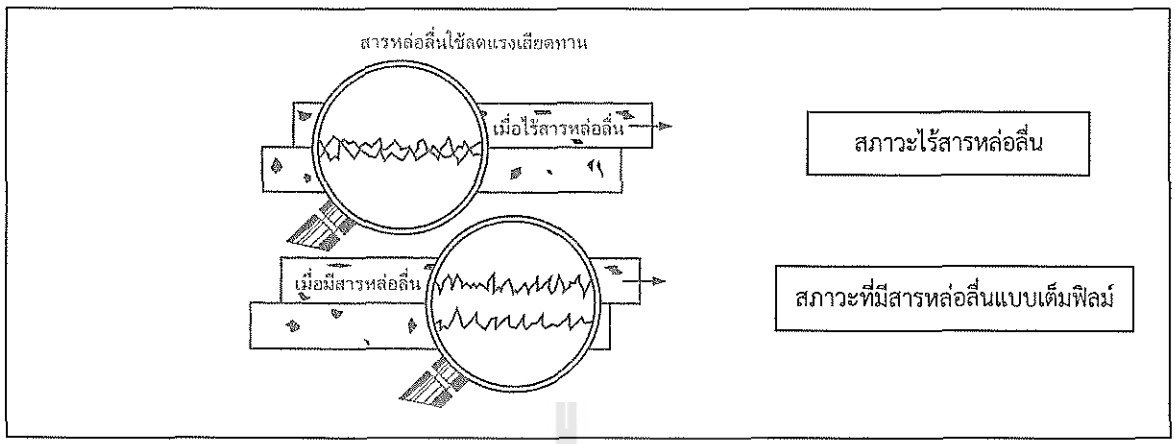
2. ทำหน้าที่เสมือนซีล (Sealing) ป้องกันสิ่งสกปรกไปสู่ชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ เช่น ในกรณีของจาระบี
3. ป้องกันการกัดกร่อนและสนิม (Preventing corrosion and rust) ของผิวชิ้นงานที่เป็นเหล็ก
4. ในบางกรณีก็จะทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังเช่นน้ำมันไฮดรอลิกและเนื่องจากว่าสารหล่อลื่นอาจต้องมีหน้าที่หลายๆหน้าที่ในขณะเดียวกันดังนั้นการผสมสารหล่อลื่นที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญ สิ่งสำคัญสูงสุดนั้นคือว่าสารหล่อลื่นต้องถูกออกแบบให้ใช้งานในช่วงการทำงานของเครื่องจักรโดยที่มีการเสื่อมหรือสึกหรอ และการสูญเสียคุณสมบัติของสารหล่อลื่นให้น้อยที่สุด

คุณสมบัติและหน้าที่สารหล่อลื่นสามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้

2.4.1 การลดแรงเสียดทาน

สารหล่อลื่นลดแรงเสียดทานได้อย่างไรสังเกตุได้จาก กำหนดให้มีแท่งเหล็ก 2 แท่งที่มีผิวถูกเจียรนัยเรียบและถูกวางหันหน้าเข้าหากันในกรณีที่เราผลักชิ้นงานแท่งเหล็กชิ้นหนึ่งออกไปจากอีกชิ้นหนึ่งก็จะต้องการแรงเฉพาะค่าใดค่าหนึ่งที่ทำให้แท่งเหล็กมีการเคลื่อนที่ หากว่าทำการวัดแรงที่ใช้ เช่นอาจต้องใช้แรงขนาด 15 ปอนด์ที่ต้องใช้ในการผลักแท่งเหล็ก และหากว่ามีแรงกดเพิ่มเติมขึ้นไปบนแท่งเหล็กแท่งบนเพิ่มขึ้นอีก แรงที่ต้องการใช้ในการผลักแท่งเหล็กให้เคลื่อนที่ออกไปจากกันก็คงต้องใช้แรงมากขึ้นกว่า 15 ปอนด์ แต่หากว่าเราใช้สารหล่อลื่นทาบนแท่งเหล็กทั้งคู่นั้นแรงที่เราต้องใส่ในการผลักแท่งเหล็กดังกล่าวอาจจะลดลงจนมีค่าเหลือแค่ 2.5 ปอนด์ นั่นคือน้ำมันเป็นตัวลดแรงเสียดทานระหว่างแท่งเหล็ก 2 แท่งนั้นและในการดำเนินการเช่นนั้นก็จะทำให้เราใช้แรงน้อยลงในการทำให้แท่งเหล็กเคลื่อนที่ไปได้

หากว่าเรานำเอาผิวหน้าของชิ้นงานที่เป็นเหล็กภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูง ๆ เราก็จะเห็นว่าผิวหน้าชิ้นงานของเราจะมียอดสูงๆต่ำๆ (Minute peaks and valleys หรือ Asperities) ซึ่งยอดสูงๆ ต่ำๆ จะมีการเกิด “Interlock” คือ ขัดเข้าด้วยกัน เพื่อป้องกันไม่ให้แท่งเหล็กทั้งสองเคลื่อนที่ออกจากกันได้ง่าย ซึ่งสันสูงๆ ต่ำๆนี้ ถูกสร้างขึ้นจากการเกิด “Interlock” ของ Asperities ซึ่งถูกเรียกว่าแรงเสียดทาน (Friction force) และจะเห็นว่าเมื่อใดที่มีการหล่อลื่นแทรกอยู่ระหว่างแท่งเหล็ก 2 แท่ง จะถูกแยกออกจากกันกระทั่งสันและร่องทั้งหลายไม่เกิดการอินเตอร์ล็อคซึ่งกันและกัน และแท่งเหล็กด้านบนก็จะเคลื่อนที่ผ่านไปบนแท่งเหล็กด้านล้างอย่างอิสระ



รูปที่ 2.8 การเกิด "Interlock" ของ Asperities (สุรพล, 2545)

ในรูปที่ 2.8แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันระหว่างสภาวะที่ไร้สารหล่อลื่น หรือสภาวะแห้ง กับสภาวะที่มีการหล่อลื่นแบบเต็มฟิล์ม (Full film) โดยจะเห็นได้ชัดเจนว่าสภาวะเต็มฟิล์มจะมีส่วนช่วยในการลดแรงเสียดทานลง ในบางกรณีก็อาจจะมีสภาวะบางอย่างในการเลื่อนไถลของชิ้นงานที่มีการลดค่าของแรงเสียดทานลงได้เช่นกัน กรณีของ "สารหล่อลื่นเต็มฟิล์ม" (Full film) ซึ่งเป็นชิ้นงาน 2 ชิ้นออกจากกันโดยสิ้นเชิงนั้นอาจเป็นไปได้สองรูป คือ แบบไฮโดรเจนไดนามิก หรือไฮโดรสแตติก (Hydrodynamically or Hydrostatically) โดยที่แผ่นฟิล์มน้ำมันแบบไฮโดรไดนามิกจะถูกก่อให้เกิดขึ้นภายในตัวระบบอุปกรณ์เอง เช่น การหมุนของเพลาแบริ่งแบบกาบ ส่วนลักษณะของแผ่นฟิล์มน้ำมันแบบไฮโดรสแตติกนั้นอาจเกิดจากแรงกระทำที่สร้างขึ้นจากภายนอก เช่นการปั๊มสารหล่อลื่นด้วยความดันสูงเข้าไปในช่องว่างหรือเบ้าน้ำมันบริเวณที่รับภาระของชุดแบริ่ง ในกรณีอื่นๆ นั้นบางครั้งแล้วสารหล่อลื่นไม่อาจจะสามารถสร้างชั้นของฟิล์มน้ำมันที่หนาพอที่จะแยกผิวของชิ้นงาออกจากกันได้ภายใต้ค่าภาระสูงๆ ดังนั้นแรงเสียดทานก็อาจจะลดค่าลงได้ด้วยการใช้สารหล่อลื่นที่เหมาะสม วิธีการดังกล่าวถูกเรียกว่าเป็นการหล่อลื่นแบบบาวน์ดารี่ (Boundary lubrication) ซึ่งมีความแตกต่างออกไปจากการหล่อลื่นแบบเต็มฟิล์ม (ไฮโดรไดนามิคและไฮโดรสแตติก) โดยสารหล่อลื่นที่สารปรุงแต่ง (Additives) ที่เหมาะสม อาจจะเป็นสารหล่อลื่นที่เป็นผงของของแข็ง เช่น ผงแกรไฟต์,โมลิบดินั่มซัลไฟด์และจาระบีจะใช้ได้ในสถานการณ์แบบนี้

"การหล่อลื่นแบบกึ่งผสมหรือกึ่งสมบูรณ์" (Mixed film) ซึ่งมีการชื่อว่าเกิดขึ้นได้ในบางสภาวะ ตัวอย่างเช่น ฟิล์แบบผสม/กึ่งสมบูรณ์ เป็นช่วงการเปี่ยนแปลงสภาวะระหว่างการหล่อลื่นแบบเต็มฟิล์มกับการหล่อลื่นแบบบาวน์ดารี่อาจจะเกิดขึ้นเป็นครั้งคราวในระหว่างที่ค่าภาระและค่าความเร็วมีการเปลี่ยนแปลงไปสำหรับขนาดเล็กๆ จะติดอยู่ที่ผิวหน้าของ Asperities ทำให้เป็นการช่วยลดแรงเสียดทาน ดังนั้นสารหล่อลื่นที่อยู่ในสภาวะของบาวน์ดารี่นั้นต้องมีการปรุงแต่งที่มีความสามารถจับยึดกับ Asperities ของโลหะได้ดี

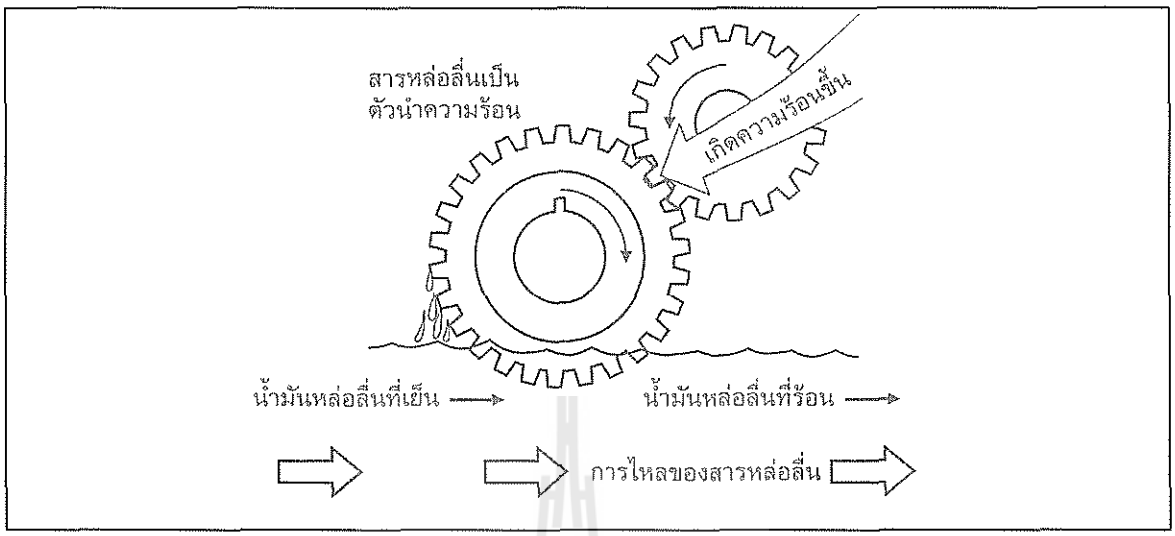
2.4.2 ลดการสึกหรอ

จากที่ผ่านมาแสดงได้อย่างชัดเจนว่าสารหล่อลื่นลดการสึกหรอโดยการแทรกตัวอยู่ระหว่างผิวหน้าสัมผัส 2 ชิ้น ที่เคลื่อนที่ เพื่อป้องกันไม่ให้ Asperities สัมผัสกันโดยตรง หากไม่มีสารหล่อลื่นแล้วสันแหลมเล็กๆ จะถูกเฉือนให้ขาดจากกันเมื่อ Asperities หนึ่งวิ่งผ่านไปบน Asperities หนึ่ง เช่น ในกรณีที่คู่โลหะทำจากวัสดุประเภทเดียวกันหรืออีกชิ้นหนึ่งมีความนิ่มกว่าในกรณีที่คู่โละต่างประเภทกันในชิ้นส่วนเครื่องจักรจริงๆ นั้น การสึกหรอของชิ้นส่วนใดๆนั้น มักขึ้นอยู่กับการทำงานผิดปกติของชุดอุปกรณ์หรือเครื่องจักร หากว่าการสึกหรอดังกล่าวไม่ได้รับการแก้ไข เครื่องจักรดังกล่าวก็อาจจะหยุดทำงานโดยที่เราไม่ต้องการ การสึกหรอของตลับลูกปืนอาจทำให้ฟันเฟืองมีการเยื้องศูนย์ และอาจมีผลต่อขนาดของชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ หรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ การสึกหรออาจมีผลต่อการเกิดการแตกหัก การชำรุดอย่างรุนแรง และทำให้เสียเวลาเป็นอย่างมากในการซ่อมแซมเมื่อชิ้นส่วนดังกล่าวชำรุด

2.4.3 ระบายความร้อน

หน้าที่การทำงานอีกอย่างหนึ่งของสารหล่อลื่น คือ การระบายความร้อน ในบางระบบการทำงานถึงแม้ว่าจะมีการหล่อลื่นเป็นอย่างดี แต่ก็จะยังคงเกิดความร้อนขึ้นมาในบางจุดของการสัมผัสระหว่างชิ้นส่วนเครื่องจักร สารหล่อลื่นที่เย็นอยู่มีไหลผ่านไปบนผิวชิ้นงานที่ร้อน ก็จะซึมซับเอาความร้อนออกไป แต่กรณีการทำงานแบบเต็มฟิล์มนั้น สารหล่อลื่นเองก็เป็นตัวสร้างความร้อน ในกรณีเช่นนี้ต้องมีการออกแบบให้การไหลผ่านไปยังชุดระบายความร้อนก่อนที่จะไหลกลบไปใช้งานอีก ชุดระบายความร้อนจะใช้น้ำเย็นในการระบายความร้อน ในกรณีของการที่มีการใช้งานที่ความเร็วสูง และภาระงานนั้นๆ ความร้อนที่เกิดขึ้นในฟิล์มน้ำมันหล่อลื่น มีผลทำให้ความหนาของฟิล์มน้ำมันบางลง ดังแสดงในรูปที่2.9ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารหล่อลื่นที่เย็นจะไหลผ่านไปยังด้านที่ไม่ได้รับภาระของชิ้นงาน และเข้าไปผสมกับน้ำมันที่ร้อนอยู่แล้วจึงไหลกลับไปยังถังพักด้วยอุณหภูมิที่ไม่สูงมากนัก

ในสภาวะที่เป็นแบบการใช้งานที่ความเร็วต่ำ และภาระไม่สูงมากนัก ซึ่งส่วนใหญ่แล้วการใช้สารหล่อลื่นแบบหยอดทิ้ง (Total loss) หรือมีอ่างน้ำมันเครื่องอยู่ (โดยไม่มีระบบไหลเวียน) ก็คงเพียงพอ โดยที่เมื่อมีความร้อนเกิดขึ้นก็จะถูกถ่ายเทออกไปทางตัวเรือน (Housing) หรือตัวถังพัก ผ่านผนังออกไปสู่อากาศรอบๆ ดังนั้นในกรณีของสภาวะปกติของตัวเรือนกระปุกเฟืองทดจะมีอุณหภูมิพอประมาณ (อุ่นๆ) แต่หากมีความร้อนสูงมากเกินไปก็จะเป็นสัญญาณบ่งบอกว่าต้องมีการตรวจเช็ค เพื่อหาสาเหตุของความร้อนที่สูงเกินไป ปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นของความร้อนสูง ในระบบที่มีอ่างน้ำมัน คือ ความเร็วสูงมากเกินไป,ความหนืดของสารหล่อลื่นสูงหรือต่ำมากเกินไป และการปั่นป่วนจนเกิดฟอง (Churning) ในกรณีของการมีระดับน้ำมันสูงเกินไป



รูปที่ 2.9การระบายความร้อนออกจากระบบโดยสารหล่อลื่น(สุรพล, 2545)

2.4.4 ป้องกันสิ่งสกปรก

การใช้สารหล่อลื่นที่เหมาะสมก็สามารถป้องกันสิ่งแปลกปลอมจากภายนอก ปรือสิ่งสกปรก (Foreign matter or dirt) ไม่ให้เข้าสู่ตลับลูกปืน และมีโอกาสไปทำอันตรายต่อแบริ่งและเพลาได้ แบริ่งที่ได้รับการหล่อลื่นด้วยจาระบี และจาระบีส่วนเกินจะไหลออกมาทางรูล้นเป็นการป้องกันไม่ให้สิ่งสกปรกหลุดรอดเข้าไปสู่ตัวเพลา ในแต่ละครั้งที่มีการอัดจาระบีใหม่เข้าไปสู่ตอนกลางของตลับลูกปืน จาระบีจะถูกอัดจนออกไปทางรูล้นเพื่อทำหน้าที่เป็น “ซีล” ในวงรอบต่อไป

ในระบบผสมสารหล่อลื่น-อากาศ (ละอองน้ำมัน) โดยใช้ระบบอากาศอัด เพื่อพ่นส่งสารหล่อลื่นไปยังจุดที่ต้องการหล่อลื่นจะมีส่วนช่วยในการลดการเข้าไปของสิ่งสกปรกลงให้น้อยที่สุด ในแต่ละกรณีนั้นก็คงขึ้นกับสภาวะการใช้งานของเครื่องจักร ซึ่งต้องมีการติดตั้งประเภทของซีลที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบที่มีน้ำหล่อเย็นจำนวนมากในกระบวนการตัดเฉือนทางกล

2.4.5 การป้องกันการกัดกร่อนและสนิม

สนิมเกิดขึ้นเมื่อผิวงานที่เป็นเหล็กสัมผัสเข้ากับความชื้นมีผลทำให้เกิดออกไซด์ของเหล็ก (Iron oxide) การกัดกร่อนเกิดขึ้นเมื่อผิวหน้างานที่เป็นโลหะถูกรุกรานโดยกรดทำให้เกิดส่วนผสมของ “เกลือโลหะ” ขึ้น ในทั้งสองกรณีผิวหน้าชิ้นงานก็จะชำรุด การกัดกร่อนจะเกิดขึ้นได้ในกรณีที่สารหล่อลื่นอาจจะมีคุณสมบัติเป็นกรดอยู่เดิม

หรืออาจจะเกิดกรดขึ้นระหว่างการใช้งานของสารหล่อลื่น (Oxidation) และยังอาจจะเกิดขึ้นได้อีกในกรณีของการที่สารหล่อลื่นไม่สามารถต่อสู้ต้านทานได้กับสภาวะสิ่งแวดล้อมที่เร่งให้เกิดการกัดกร่อน เช่น ไอสารเคมี ไอน้ำทะเล เป็นต้น

ความชื้นมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นในเครื่องจักร โดยเฉพาะในเครื่องจักรที่ใช้สารหล่อเย็นแบบผสมน้ำ สารหล่อลื่นที่ใช้ต้องมีการผสมไว้ด้วยสารปรุงแต่งประเภทป้องกันสนิม (Rust inhibitor) ส่วนใหญ่แล้วการผสมสารหล่อลื่นนั้นควรมีกลุ่มของสารเพิ่มคุณภาพ (Additive package) ประกอบด้วยสารป้องกันสนิม ป้องกันการกัดกร่อน และป้องกันการเกิดออกซิเดชัน (Rust/Corrosion/Oxidation Inhibitor) ซึ่งต้องทำงานในหลายๆสภาวะ สำหรับสารป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นนั้นเป็นการป้องกันการเกิดกรดที่มีความสามารถในการกัดกร่อน (Corrosive acid) สำหรับสารยับยั้ง (Inhibitor) อื่นๆจะทำหน้าที่ดังนี้

1) ป้องกันสนิม โดยการทำงานโดยมีความสามารถที่จะจับกับผิวหน้าโลหะได้ดีกว่าความชื้น
2) เป็นตัวช่วยให้หยดน้ำอิสระผสมเข้ากับสารหล่อลื่นได้ดี
3) เป็นสารที่มีความสามารถในการขับไล่ และป้องกันไม่ให้น้ำเข้ามาในระบบ
4) ทำให้ผิวหน้าโลหะไม่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีการกัดกร่อน ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันชิ้นส่วนอะไหล่ต่างๆ ที่อยู่ในคลังวัสดุถูกทำลายโดยความชื้น จึงต้องมีการทาไว้ด้วยสารป้องกันสนิมนั่นเอง

การป้องกันสนิมกับการกัดกร่อนในระบบเครื่องจักรนั้น ก็ต้องมีการใช้สารหล่อลื่นที่มีทั้งสารป้องกันสนิมและสารป้องกันการกัดกร่อน รวมทั้งเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำหรือมีการปนเปื้อนของน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของเครื่องจักรที่มีการหยุดใช้งานเป็นเวลานานๆ และผิวหน้าชิ้นงานไม่ได้มีการทาน้ำมันหรือสารหล่อลื่นถูกชะล้างออกอยู่เรื่อยๆ ดังเช่นกรณีของเครื่องจักรที่ไม่ได้มีการใช้งานเป็นประจำจะมีโอกาสเกิดสนิมได้มาก ดังนั้นสารหล่อลื่นที่เป็นแบบที่มีสารป้องกันสนิมจึงมีความจำเป็นต่อเครื่องจักรดังกล่าว สารหล่อลื่นที่เป็นแบบที่มีสารป้องกันสนิมจึงมีความจำเป็นต่อเครื่องจักรดังกล่าว สารหล่อลื่นที่ใช้กันในลักษณะนี้มักจะถูกเรียกว่า R & O Oil [Rust & Oxidation Inhibitors]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.4.6 การส่งถ่ายกำลัง

วิธีการที่นิยมใช้กันอย่างหนึ่งของการส่งถ่ายกำลังในการขับลูกสูบหรือกระทุ้งในกระบอกสูบนั้นอาจจะมีการใช้แก๊สภายใต้ความดันสูงหรือใช้ของเหลวเป็นตัวกลาง เช่น น้ำ น้ำมันปิโตรเลียมหรือน้ำมันสังเคราะห์ เป็นต้น ในลักษณะของการถ่ายทอดกำลังแบบที่กล่าวนี้ น้ำมันปิโตรเลียมก็เป็นทางเลือกที่ดี เนื่องจากสามารถป้องกันการสึกหรอสำหรับชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ไปๆ กลับๆ ได้อีกด้วย จะเห็นได้ว่ากระบอกสูบไฮดรอลิกยกรถที่ปั๊มน้ำมันทั่วๆไป เป็นการนำเอาสารหล่อลื่นไปใช้ประโยชน์ได้อีกแนวทางหนึ่ง

การส่งถ่ายกำลังนั้นมีการใช้กันโดยทั่วไป แต่ต้องมีการพิจารณาถึงสภาพทั่วๆ ไปในการนำไปใช้ในแต่ละที่ด้วย เช่น อาจจะใช้น้ำมันที่ผสมกับน้ำได้ ของเหลวที่มีส่วนผสมของน้ำสูง น้ำมันฐานปิโตรเลียม หรือของเหลวแบบทนไฟได้ดี ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพของชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องจักรด้วย โดยปกติแล้วน้ำมันปิโตรเลียมที่ใช้กันนั้นมีคุณสมบัติ คือความหนืดต่ำ โดยส่วนใหญ่แล้ววิศวกรหล่อลื่นต้องรับผิดชอบต่อการเลือกสารหล่อลื่นที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและระบบเครื่องจักร โดยต้องปรึกษากับผู้จำหน่ายสารหล่อลื่น แต่ต้องแน่ใจว่าสารหล่อลื่นดังกล่าวใช้ได้กับระบบชิ้นส่วนของเครื่องจักร และไม่ทำปฏิกิริยากับแหวนหล่อลื่นด้วย

2.5คุณลักษณะของสารหล่อลื่น

การหล่อลื่นที่เหมาะสมถูกให้คำจำกัดความว่า "ต้องใช้สารหล่อลื่นที่ถูกต้อง" "ต้องมีปริมาณสารหล่อลื่นที่เหมาะสม" "ต้องหล่อลื่นในจุดที่ถูกต้อง" "ต้องป้อนสารหล่อลื่นในช่วงเวลาที่เหมาะสม" และ "ต้องดำเนินการโดยบุคลากรที่มีความรู้จริง" แต่โดยจริงๆ แล้วมีองค์ประกอบอีกมากมายที่เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งอาจจะรวมไปถึงการตอบคำถามต่อไปนี้ให้ได้

1. เครื่องจักรถูกออกแบบมาให้ใช้น้ำมันหล่อลื่นหรือจาระบี?
2. ฟันเฟืองและตลับลูกปืนรองรับค่าภาระ และความเร็วได้เท่าใด?
3. ในข้อสองนั้นมีค่าตัวเลขใช้งานจริงๆ เท่าใด เช่น ความเร็วรอบต่อนาที และความเร็วที่เกิดขึ้น ฟุตต่อนาที และภาระหน่วยเป็น ปอนด์ ต่อ ตารางนิ้ว?
4. ตลับลูกปืนเป็นแบบใด?
5. ฟันเฟืองในเครื่องจักรเป็นแบบใด?
6. ตลับลูกปืนและฟันเฟืองทนกับค่าภาระ – ความเร็วที่ใช้งานจริงได้หรือ?
7. ระดับอุณหภูมิของสารหล่อลื่นในระหว่างการใช้งานมค่าสักเท่าใด?
8. ควรทำการหล่อลื่นด้วยวิธีใด?
9. สารปนเปื้อนประเภทใดที่อาจจะมีโอกาสเข้ามาได้?
10. สารหล่อลื่นจะมีอายุใช้งานในการหล่อลื่นเครื่องจักรนานเท่าใด?
11. เคยมีประสบการณ์มาก่อนว่าในเครื่องจักรแบบเดียวกันภายใต้สภาวะการทำงาน เช่น เดียวกันนั้นสภาพสารหล่อลื่น เป็นอย่างไร?
12. ต้องใช้ปริมาณสารหล่อลื่นเท่าใด และด้วยความถี่ในการใช้สารหล่อลื่นมีค่าเท่าใด?

โดยทั่วไปสารหล่อลื่นโดยทั่วไปมีอยู่ 3 ประเภท คือ ของแข็ง กึ่งของแข็ง และของเหลว สารหล่อลื่นที่เป็นของเลว รวมไปถึงน้ำมันหล่อลื่นฐานปิโตรเลียม และน้ำมันสังเคราะห์ โดยรวมไปถึงการใช้น้ำเป็นสารหล่อลื่นด้วย นอกจากนั้นสารหล่อล่นเหลวอาจแบ่งออกไปตามประเภทของงานอุตสาหกรรม เช่น ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมใช้กับรถยนต์ ใช้กับงานโลหะ ใช้กับงานผลิต หรือใช้กับระบบไฮดรอลิก เป็นต้น สารหล่อลื่นกึ่งของแข็งเช่น จาระบี และน้ำมันข้นใช้หล่อลื่นเฟืองเปิด ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วผสมไว้ด้วยตัวทำให้เป็นไข (Thickening agent) คือ สารเคมีที่ช่วยให้น้ำมันข้นขึ้น สุดท้ายคือ สารหล่อลื่นที่เป็นของแข็ง ซึ่งโดยทั่วไป ประกอบด้วยผงแกรไฟต์ โมลิบดินั่มไดซัลไฟต์ (MoS_2) และสารสังเคราะห์ เช่น โพลีเตตระฟลูออโรเอทิลีน (Polytetrafluoroetylene) ซึ่งทุกตัวจะเป็นตัวช่วยลดแรงเสียดทาน ภายใต้สภาวะการหล่อลื่นแบบบาวน์ดารี่ยังอาจจะถูกเติมลงไปในสารหล่อลื่นอื่นๆ ในนามของตัวแต่งเติมในแต่ละประเภทของสารหล่อล่นที่กล่าวมาแล้วนั้น จะมีผลิตภัณฑ์สารหล่อลื่นหลากหลาย ซึ่งรวมไปถึงความแตกต่างของกลุ่มสารปรุงแต่งซึ่งทำให้บอกได้ว่าสามารถผลิตสารหล่อลื่นที่ไม่ซ้ำกันได้เป็นจำนวนมหาศาล ทั้งนี้ขึ้นกับความต้องการใช้ที่สภาวะใดเท่านั้นเอง

2.6คุณสมบัติที่สำคัญๆ ของสารหล่อลื่น

2.6.1. ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดถูกให้ความหมายว่า “เป็นการต้านทานต่อการไหล” ซึ่งเป็นคุณสมบัติหลักที่สำคัญของน้ำมันหล่อลื่น ยิ่งน้ำมันหล่อลื่นมีความสามารถในการต้านทานการไหลมากเท่าใดก็จะมีความหนืดมากเท่านั้น สามารถกล่าวว่าค่าความหนืดเป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถในการไหลซึ่งโดยเฉพาะน้ำมันปิโตรเลียมนั้น ค่าความหนืดจะแปรเปลี่ยนไปตามค่าอุณหภูมิ ยิ่งค่าอุณหภูมิสูงค่าความหนืดจะยิ่งน้อยลง และค่าความสามารถการไหลจะยิ่งดีขึ้น วิธีการที่ใช้ในการวัดค่าความหนืดในห้องทดสอบนั้นก็จะใช้วิธีการตามมาตรฐานขององค์การระหว่างประเทศที่เกิดขึ้นโดยความร่วมมือของ ASTM (American Society for Testing and Materials) และ STLE (Society of Tribologists and Lubrication Engineers) จนในปัจจุบันใช้กันโดยทั่วไปในหน่วยของ SI ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานของการวัดค่าความหนืดในหน่วยเซนติสโตค (cSt) ที่ อุณหภูมิ 40°ซ.

น้ำมันหล่อลื่นที่หนืดมากๆ จะถูกใช้กับชิ้นส่วนเครื่องจักรที่เคลื่อนที่ช้าๆ ภายใต้ภาระสูงๆ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันหล่อลื่นจะทนทานต่อการบีบดันออกไปจากผิวสัมผัส ส่วนน้ำมันที่มีความหนืดน้อยๆ จะจะถูกนำมาใช้กับชิ้นงานที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงๆ ที่ภาระต่ำๆ

ค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลงและมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ในการใช้งานที่ความร้อนสูงๆ นั้นน้ำมันหล่อลื่นต้องมีคุณสมบัติสำคัญคือต้องมีความหนืดที่เพียงพอที่จะรองรับภาระซึ่งส่วนใหญ่แล้วต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีความหนืดสูงๆ สำหรับกรณีของจาระบีก็จะใช้วิธีการพิจารณาเช่นเดียวกัน คือ ต้องใช้จาระบีที่

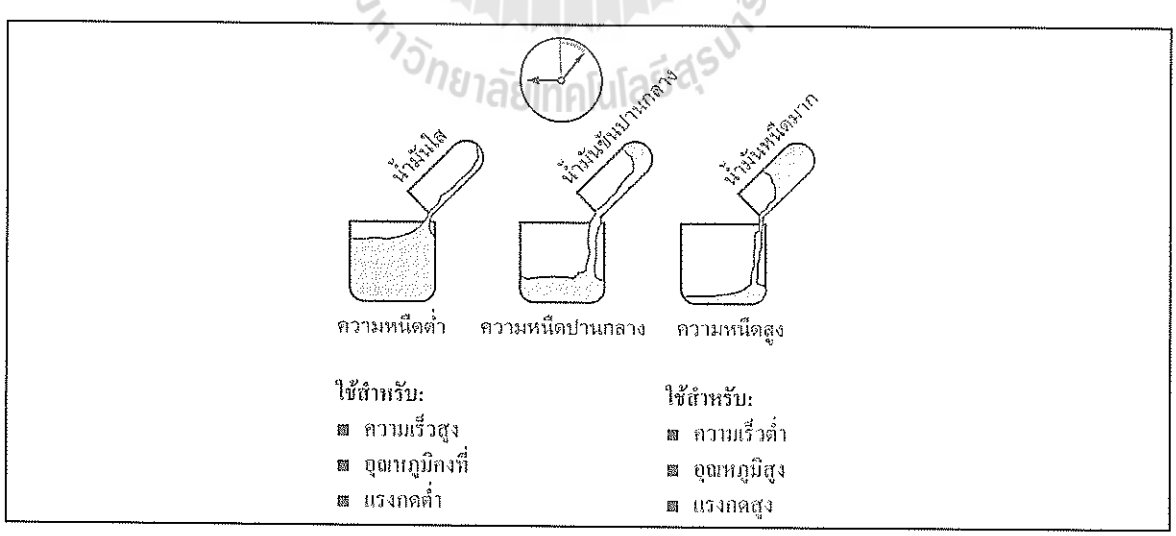
แข็งๆสำหรับภาระกรรมที่สูงๆ ที่อุณหภูมิสูงๆ ที่สำคัญ คือ ค่าความหนืดจะเพิ่มสูงมากขึ้น ขึ้นกับค่าแรงกดดันสูงๆ (Extreme Pressure: EP) ที่หน้าสัมผัสของฟันเฟือง

2.6.2 ดัชนีความหนืด (Viscosity index : VI)

จากที่ได้อธิบายมาแล้วว่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น ทั้งน้ำมันสังเคราะห์แล้น้ำมันปิโตรเลียม มีการเปลี่ยนแปลงค่าของอุณหภูมิ เป็นความจริงที่ว่าค่าความหนืดมีความแตกต่างกันขึ้นกับน้ำมันที่เป็นฐานของแต่ละชนิด ในน้ำมันปิโตรเลียมค่าความหนืดของน้ำมันฐานแนพทานิก (Naphthenic) จะมีค่าความหนืดที่แปรปรวนไปมากกว่าน้ำมันปิโตรเลียมที่มีฐานเป็นพาราฟินิก (Paraffinic) ค่าดัชนีความหนืด ซึ่งเป็นตัวเลขที่ไร้หน่วย ที่ถูกใช้ในการแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดที่ขึ้นกับค่าของอุณหภูมิ ค่าดัชนีความหนืดที่มีค่าสูงกว่า 95 แสดงถึงว่ามีการเปลี่ยนแปลงความหนืดไปน้อยเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เมื่อเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นที่มีค่าดัชนีความหนืดต่ำ เช่น 85 ดังแสดงในรูปที่ 2.10การหาค่าดัชนีความหนืดในห้องทดลองมีการดำเนินการโดยการเปรียบเทียบค่าความหนืดที่สองระดับอุณหภูมิ ซึ่งมีการเปรียบเทียบค่าความหนืดที่ 100˚F กับ 210˚F โดยที่ปัจจุบันมีการเปรียบเทียบค่าความหนืดที่ค่าหน่วยวัดเป็น cStที่ 40˚C (100˚F) กับ 100˚C (210˚ F)

2.6.3 จุดเทไหล (Pour point)

จุดเทไหลเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของสารหล่อลื่น จุดเทไหลคือจุดที่น้ำมันหยุดไหล ซึ่งเป็นจุดสำคัญสำหรับในกรณีทีเครื่องจักรใช้ในโรงงานที่ไม่มีเครื่องทำความร้อน หรืออยู่ภายนอกอาคารในระดับที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0˚C น้ำมันหล่อลื่นเหมือนกันกับน้ำ คือ จะไม่มีความสามารถในการไหลในช่วงอุณหภูมิต่ำๆ น้ำมันหล่อลื่นบางชนิด



รูปที่ 2.10ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นและการใช้งาน(สุรพล, 2545)

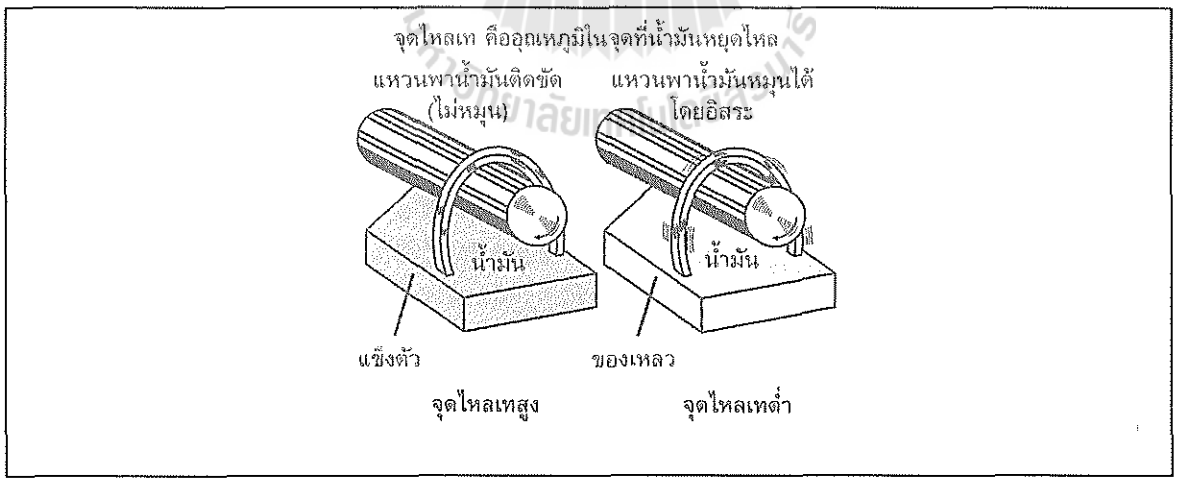
ที่มีจุดไหลเทสูงจะหยุดการไหลที่ 40°C บางชนิดที่มีจุดไหลเทต่ำจะสามารถไหลได้อย่างอิสระที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0° C น้ำมันหล่อลื่นที่มีจุดไหลเทจะถูกเลือกใช้ในความต้องการที่จะให้มีการไหลของสารหล่อลื่นที่มีอุณหภูมิต่ำมากๆ สารปรุงแต่งที่เรียกว่า"Pour-point depressant" จะถูกใส่เข้าไป เพื่อวัตถุประสงค์ในการลดค่าจุดไหลเทลงไป รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะผลกระทบของจุดไหลเทในกรณีของการหล่อลื่นแบบใช้แหวนวักน้ำมันหล่อลื่น

2.6.4 การต่อต้านการเกิดออกซิเดชั่น (Oxidation Resistance)

น้ำมันหล่อลื่นเป็นส่วนผสมที่ซับซ้อนระหว่างอะตอมของไฮโดรเจนกับคาร์บอน (ไฮโดรคาร์บอน) เรียกว่าส่วนผสมของไฮโดรคาร์บอน ส่วนใหญ่แล้วแบ่งเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ แบบพาราฟินิก และอะโรมาติก ซึ่งแต่ละแบบจะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน นักเคมีมักเรียกน้ำมันปิโตรเลียมฐานแร่นี้ซึ่งส่วนใหญ่เป็น 2 ส่วนหลัก คือ พาราฟินิก และแนพทานิก ว่า "สารหล่อลื่นอิ่มตัว" (Unsaturated)

สารไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในชั้นหรือระดับเดียวกันจะมีโครงสร้างทางเคมีเหมือนกัน แต่จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปอย่างมาก ในแต่ละกลุ่มอาจจะมีสภาวะเป็นของแข็ง – ของเหลวและก๊าซได้ สภาวะที่เป็นของเหลวซึ่งเป็นส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์มากที่สุดและมีการเปลี่ยนคุณสทบัติไปมากในสภาวะต่างๆ อาจจะมีผลต่อสมรรถนะในการหล่อลื่น โดยที่ไม่ต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบน้ำมันหล่อลื่นที่จะถูกใช้งานในอนาคต ความร้อนและออกซิเจนทำให้เกิดปฏิกิริยาที่เกิดองคีประกอบที่ไม่ดีต่อน้ำมันหล่อลื่น กระบวนการดังกล่าวนี้ถูกเรียกว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันและสารประกอบที่เกิดขึ้นก็เป็นผลผลิตของปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ออกซิเดชันจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ อย่างต่อเนื่องตลอดเวลาใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น อย่างไรก็ตามการเกิดการปั่นกวนจนเกิดฟอง การฉีดพ่น และการที่เกิดมีค่าอุณหภูมิสูงๆ โดยเฉพาะจุดที่มีความร้อนสูงเพียงจุดเล็กๆ จะ

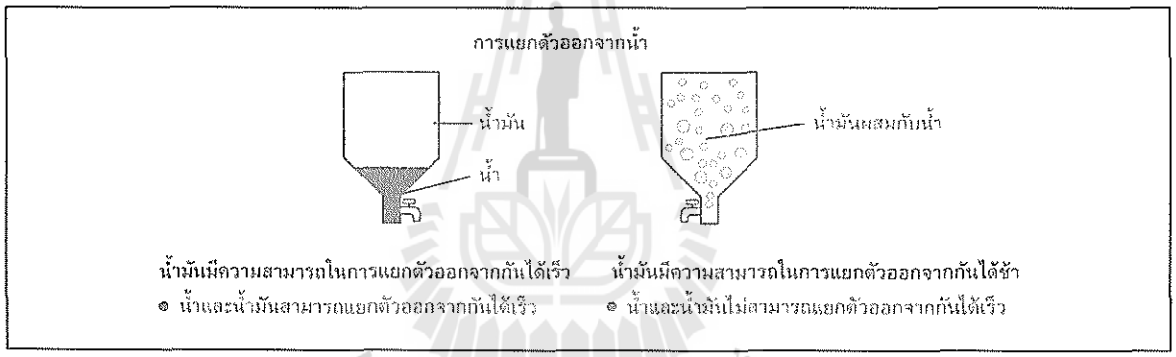


รูปที่ 2.11 ผลกระทบเนื่องจากจุดไทของสารหล่อลื่นที่เกิดกับเครื่องจักร(สุรพล, 2545)

มีผลทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันยิ่งเกิดเร็วขึ้น ทำให้เกิดสารประกอบที่เป็นกรด และทำให้เกิดตะกอนและคราบเหนียว

2.6.5 การแยกตัว (Water Separation)

ในขณะที่มีน้ำเข้าไปในระบบน้ำมันหล่อลื่น จะทำให้เกิดการผสมกันระหว่างน้ำกับน้ำมัน ทำให้คุณสมบัติสารหล่อลื่นลดต่ำลง หากจำนวนเปอร์เซ็นต์ของน้ำสูงมากขึ้น ยิ่งจะทำให้คุณสมบัติของสารหล่อลื่นลดต่ำลง แม้ว่าส่วนผสมดังกล่าวมีค่าความหนืดเพิ่มมากกว่าค่าความหนืดก่อนที่จะผสมกับน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะของน้ำมันหล่อลื่นกับน้ำ โดยที่ในกรณีที่น้ำมันหล่อลื่นถูกทำให้ร้อน และปล่อยให้อยู่นิ่งๆ สักครู่ชั่วระยะหนึ่งจะทำให้น้ำและน้ำมันแยกจากกัน แต่ต้องไม่ให้มีสารเจือปนอย่างอื่นปะปนอยู่ด้วย น้ำมันบางชนิดจะผสมตัวกับน้ำได้ดีกว่าชนิดอื่นๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฐานของน้ำมันหล่อลื่นรวมถึงกระบวนการในการกลั่น รูปที่ 2.12 แสดงวิธีการในการแยกตัวออกจากน้ำมัน และคุณลักษณะในการแยกน้ำออกของน้ำมันหล่อลื่นต่างชนิดกัน



รูปที่ 2.12 การแยกตัวระหว่างน้ำกับน้ำมัน(สุรพล, 2545)

2.7 ข้อมูลทั่วไปสำหรับวิศวกรรมการหล่อลื่น

สารหล่อลื่นสามารถถูกแบ่งได้ตามองค์ประกอบ หรือจุดที่นำไปใช้ในทางวิชาการมักจะแบ่งประเภทของสารหล่อลื่นบนพื้นฐานของความแตกต่างในองค์ประกอบและคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น สำหรับผู้ใช้มักนิยมจะใช้คำพูดที่บ่งบอกถึงการใช้ของสารหล่อลื่น เนื่องจากการใช้ที่เฉพาะเจาะจงลงไป มักจะเกิดการสับสนขึ้นเนื่องจากว่ามีสารหล่อลื่นหลากหลายชนิดที่เป็นลักษณะ “ครอบจักรวาล” ในที่นี้จะกล่าวถึงคำพูดที่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วๆ ไป

น้ำมันหล่อลื่นที่ทนแรงกดสูงๆได้ (Extreme Pressure Oil : EP OIL) น้ำมันหรือสารหล่อลื่นที่ผสมด้วยสารปรุงแต่งทนแรงกดสูง (EP Additives) ใช้สำหรับการหล่อลื่นฟันเฟืองและตลับลูกปืนที่ภาระสูงๆ การเกิดแรงกระแทกอย่างแรงและแรงดันการกลิ้งที่สูงๆ จะมีผลทำให้ชั้นฟิล์มน้ำมันหล่อลื่นแตกตัวหรือขาดออกจากกันในชิ้นส่วนเครื่องจักรที่มีการเคลื่อนที่มีผลทำให้เกิดการสัมผัสกันโดยตรงของเนื้อโลหะ และทำให้เกิดการสึกหรออย่างรุนแรง เพื่อเป็นการป้องกันการชำรุดดังกล่าว จึงมีการผสมน้ำมันที่รับแรงกดได้สูงๆ โดยที่มีสาร EP Additive ที่มีส่วนผสมทางเคมีที่เหมาะสม ภายใต้ภาระของชิ้นส่วนแล้ว สารเคมีดังกล่าวจะยึดติดกับผิวโลหะหรือทำปฏิกิริยากับผิวโลหะที่อุณหภูมิสูงๆ มีผลทำให้เกิดสารประกอบที่จะลดแรงเสียดทาน และป้องกันการสึกหรอได้ มีองค์ประกอบของสาร EP ในน้ำมันหล่อลื่นอยู่ 2 ประเภท คือ EP ที่มีความไวระดับปานกลาง และ EP ที่มีความไวสูง

และในส่วนของ EP Oil ที่มีความไวสูงอาจจะมีการใส่สารที่เป็นประเภทไวต่อปฏิกิยาเคมีซึ่งเป็นองค์ประกอบที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของสารประกอบสำคัญของสารปรุงแต่งแบบนี้ และจะไปทำปฏิกิริยาเคมีกับผิวโลหะในช่วงค่าความดันที่จุดสัมผัสมีค่าสูงมากๆ เพื่อทำให้เกิดสารประกอบที่จะลดแรงเสียดทานลง การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเพียงแค่ช่วงเวลาสั้นๆ ในระหว่างจุดสัมผัสเล็กๆ ภายใต้ภาระที่เป็นส่วนที่ช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเร็วขึ้น ในส่วนนี้จะรวมไปถึงสารหล่อลื่นหรือน้ำมันหล่อลื่นของงานตัดโลหะ และในน้ำมันที่มีสารปรุงแต่งที่เรียกว่า Friction modifier โดยทั่วไปน้ำมันหล่อลื่นที่นำมาใช้กับฟันเฟืองหรือตลับลูกปืนแบบเม็ด มักจะต้องมีสารปรุงแต่งแบบ EP

2.7.1 สารหล่อลื่นแบบข้นเหนียว (Compound Oil)

คำพูดนี้มักจะใช้กับสารหล่อลื่น 2 ชนิดที่แตกต่างกัน ชนิดแรกเป็นสารประกอบของเนื้อเยื่อเหนียวๆ กับส่วนประกอบของเหลวข้นเหนียวในลักษณะนี้จะใช้ในการหล่อลื่นฟันเฟืองเปิด และลวดสลิง ซึ่งมีความต้องการเป็นพิเศษในคุณสมบัติของการยึดเกาะติดของสารหล่อลื่นในบางครั้งเรียกว่า Gear compound หรือ Gear shield สำหรับชนิดที่สองซึ่งถูกเรียกว่า Compound oilซึ่งประกอบด้วยสารหล่อลื่นที่มีลักษณะผสมของไขน้ำมันพืช หรือไขสัตว์ ซึ่งช่วยให้มีการยึดเกาะติดกับผิวโลหะได้ดีมากๆ เมื่อมีการใช้สารหล่อลื่นประเภทนี้ เช่น เมื่อใช้ในการหล่อลื่นกระบอกสูบของเครื่องจักรไอน้ำ น้ำมันหล่อลื่นจะถูกใช้ที่อุณหภูมิสูงๆ และความชื้น แต่ก็ยังคงค่าความสามารถในการจับเกาะ และไม่หลอมละลายที่อุณหภูมิสูงๆ ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะใช้หล่อลื่นลูกสูบของเครื่องจักรไอน้ำ อย่างไรก็ตามน้ำมันประเภทนี้ก็สามารถนำไปใช้ได้ในการหล่อลื่นเฟืองหนอน ซึ่งมีความเร็วในการลื่นไถลสูง และไขน้ำมันที่เป็นประเภทขั้ว (Polar) จะมีความสำคัญมากขึ้น

2.7.2 น้ำมันทำความสะอาด (Detergent Oils)

คำพูดที่ใช้สำหรับอธิบายถึงน้ำมันหล่อลื่นที่มีการปรับปรุงให้สามารถทำความสะอาดภายในเครื่องยนต์สันดาปภายใน (ดีเซล หรือ เบนซิน) โดยที่สารปรุงแต่งเหล่านี้ถูกใช้ในการป้องกันการเกิดสารเคลือบหรือคราบตะกอนบนผิวลูกสูบ และผิวหน้าชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่สัมผัสกับน้ำมัน สารปรุงแต่งนี้ทำหน้าที่สองอย่าง คือ ทำความสะอาดผิวหน้าชิ้นงาน และทำการตรึงสารหรือองค์ประกอบที่ไม่ละลายในน้ำมันให้แขวนลอยอยู่ในน้ำมันเพื่อที่จะทำให้มีคุณสมบัติในข้อสองดีขึ้น สารทำความสะอาดมักจะผสมไว้ด้วยสารช่วยกระจายความสกปรก โดยที่น้ำมันทำความสะอาดมีความสามารถในการทำให้สิ่งสกปรกขนาดใหญ่ๆแขวนลอยปะปนในน้ำมันการเกิดคราบตะกอน และสารเคลือบผิวน้ำมันหล่อลื่นประเภทนี้ยังมีการนำไปใช้กับเครื่องอัดอากาศ และอุปกรณ์ไฮโดรลิก/นิวแมติกในบางกรณีแต่หากว่ามีน้ำผสมอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นที่มีผสมทำความสะอาดอยู่จะทำให้เกิดการผสมตัวเข้ากับน้ำของน้ำมันได้ดีขึ้น และทำให้เป็นการยากที่จะแยกตัวออกมา

2.7.3 น้ำมันสังเคราะห์ (Synthetic oil)

น้ำมันสังเคราะห์เป็นลักษณะของน้ำมันที่ผลิตขึ้นด้วยกรรมวิธี หรือถูก “สังเคราะห์” ในโรงงานอุตสากรรมเคมี หรือจากการกลั่น หรือจากการทำปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน ซึ่งบางอย่างได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมเพื่อที่จะนำมาสร้างหรือผสมให้เป็นน้ำมันตามคุณลักษณะที่ต้องการ ซึ่งมีคุณสมบัติโดยทั่วไปเหมือนกับน้ำมันหล่อลื่นฐานปิโตรเลียม แต่จะยังมีคุณสมบัติเด่นเฉพาะตัวอีกต่างหาก และก็เหมือนๆ กับกรณีของน้ำมันฐานปิโตรเลียมก็คือ น้ำมันสังเคราะห์ยังต้องมีการเติมลงไปด้วยสารปรุงแต่งเพื่อเพิ่มคุณสมบัติให้ดีขึ้น น้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์สามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิใช้งานค่อนข้างกว้าง มีเสถียรภาพที่อุณหภูมิสูงๆ มีอายุการใช้งานยาวนานกว่า และมีคุณสมบัติพิเศษอีกด้วย ทั้งนี้ เนื่องจากมีกรรมวิธีสังเคราะห์พิเศษ จึงทำให้มีคุณลักษณะที่ดีกว่าน้ำมันฐานปิโตรเลียม ซึ่งน้ำมันฐานปิโตรเลียมจะยังคงมีสารประกอบที่ไม่ต้องการหลงเหลืออยู่หลังการกลั่น ด้วยข้อยกเว้นด้านความสามารถในการป้องกันการลุกไหม้ของน้ำมันไฮดรอลิกน้ำมันแบบสังเคราะห์จึงได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงรีดเหล็ก แต่ข้อจำกัดอย่างหนึ่งของน้ำมันสังเคราะห์คือ ราคาแพงกว่าน้ำมันฐานปิโตรเลียมมาก

2.7.4 คุณสมบัติที่สำคัญของจาระบี

จาระบีเป็นสารหล่อลื่นกึ่งแบบของแข็ง โดยการผสมกันของน้ำมันหล่อลื่นกับสารเพิ่มความหนืด ซึ่งจะมีผลทำให้มีการเปลี่ยนสภาวะของน้ำมันหล่อลื่น ตัวสร้างความหนืดประกอบไปด้วยสารประกอบพื้นฐานของสบู่ คือ ลิเทียม แคลเซียม อลูมิเนียม โซเดียม แบเรี่ยม และสารประกอบเชิงสบู่เชิงซ้อนอีกหลายประเภท สารประกอบพื้นฐานที่ไม่ใช่สบู่รวมไปถึงขี้เถ้าเบนโทไนต์ (Betoniesclay) คาร์บอนแบล็ค ซิลิก้าเจล โพลียูเรีย และโพลีเมอร์สังเคราะห์อื่นๆ องค์ประกอบพื้นฐานของจาระบีที่เป็นน้ำมันหล่อลื่นอาจจะเป็นน้ำมันฐานปิโตรเลียม หรือ

ไฮโดรคาร์บอนสังเคราะห์ โดยมีความหนืดตั้งแต่ต่ำจนไปถึงสูง จาระบีสายไหมจะมีองค์ประกอบพิเศษของโครงสร้างที่เป็นไย ซึ่งทำให้สามารถจับเกาะกับชิ้นงานในขณะหมุนความเร็วรอบสูงๆ ได้ดี

จะมีสารปรุงแต่งหลากหลายที่ผสมเข้ากับจาระบีได้ เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามความต้องการ เนื่องจากว่าจาระบีต่างชนิดกันไม่สามารถผสมกันได้ จึงต้องพิจารณาเป็นพิเศษเมื่อต้องเปลี่ยนชนิดของจาระบี เช่น จาระบีที่ใช้หากว่าได้ถูกผสมมาให้ใช้กับระบบที่ต้องสัมผัสเข้ากับน้ำได้ หากว่านำจาระบีชนิดอื่นมาใช้ อาจจะมีผลต่อโครงสร้างของจาระบี จาระบีมีคุณสมบัติที่แตกต่างไปจากน้ำมันหล่อลื่นซึ่งสามารถไหลไปได้ด้วยตัวเอง จาระบีจะไม่สามารถไหลได้ยกเว้นภายใต้แรงดันสูงๆ

- **ความแข็ง / อ่อนของจาระบี หรือความสม่ำเสมอของจาระบี**

ความสม่ำเสมอของจาระบีเป็นคำพูดทางเทคนิคในการระบุความแข็งอ่อนของจาระบี โดยที่สถาบันจาระบีแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา (NLGI : NationalLubricationGrease Institute) เป็นหน่วยงานที่กำหนดตัวเลขแบ่งความสม่ำเสมอของจาระบีจากส่วนเกินที่เป็นกึ่งของแข็งที่ระดับเกรด 000 จนถึงเกรด 6 ที่มีความแข็งตัวสูงสุด สำหรับเกรด 000 และ 00 ถูกเรียกได้ว่าเป็นกึ่งของเหลวและเกรด 0 เป็นลักษณะที่นิ่มมากแต่จะไม่เละไหลไปได้ง่ายๆ เหมือนน้ำมันหล่อลื่นส่วนเกรด 6 เป็นเกรดที่มีเนื้อแข็งเหมือนกับก้อนสบู่นิ่มๆ (ในสภาพกึ่งของแข็งการทดสอบค่าความสม่ำเสมอของจาระบี คือ กระทำกันที่ 25 °C(77 °F) โดยมีกรวยมาตรฐานขนาดเล็กที่มีน้ำหนักเป็นมาตรฐานถูกปล่อยลงไปกระแทกตัวกับเบ้าตัวอย่างจาระบีเป็นเวลา 5 วินาที แล้วจึงทำการวัดค่าระยะความลึกที่กรวยมาตรฐานกดตัวลงไปในหน่วยของ 1/10 มม. ในแต่ละเกรดของความแข็งอ่อนของจาระบีตามระบบ NLGI จะเป็นการระบุชนิดของจาระบี ระยะกดที่ยิ่งลึกมากลงไปของกรวยแสดงว่าเป็นจาระบีแบบนิ่ม และหากว่าระยะกดน้อยแสดงว่าเป็นจาระบีแบบแข็ง

- **ความสามารถในการถูกปั๊มจ่าย**

ความง่ายในการถูกปั๊มจ่ายไปก็เป็นคุณลักษณะสำคัญของจาระบีทุกชนิด ค่านี้สำคัญมากในการที่จะต้องพิจารณาในการจัดทำระบบการส่งจ่ายจาระบีไปยังจุดอื่นๆ ตามวิธีการจ่ายกลาง (Central System) ในบางกรณีอาจจะต้องส่งจาระบีผ่านท่อที่ยาวเป็นร้อยๆฟุตในการทำงานที่ต้องอยู่ภายใต้สภาพอากาศหนาวนั้น อาจพบว่าจาระบี 2 ประเภทที่แตกต่างกันถูกปั๊มด้วยแรงที่เท่ากันแต่อาจมีการเคลื่อนที่ไปได้แตกต่างกันมากค่าที่แตกต่างกันนี้อาจเกิดขึ้นจากส่วนผสมจาระบีสารปรุงแต่งที่ผสมเข้าไป และอาจรวมไปถึงกระบานการผลิตด้วย

- **การต่อต้านน้ำ**

การต่อต้านน้ำก็เป็นคุณสมบัติที่ใช้ในการทำงานเมื่อต้องสัมผัสน้ำ ในบางกรณีอาจจะถูกพ่นฉีดด้วยน้ำที่ความเร็วสูง และเนื่องจากว่าจาระบีฐานสบู่โซเดียมจะละลายตัวเข้ากับน้ำได้ดี ดังนั้นจึงไม่ควรใช้กับชิ้นส่วนใดๆ ที่

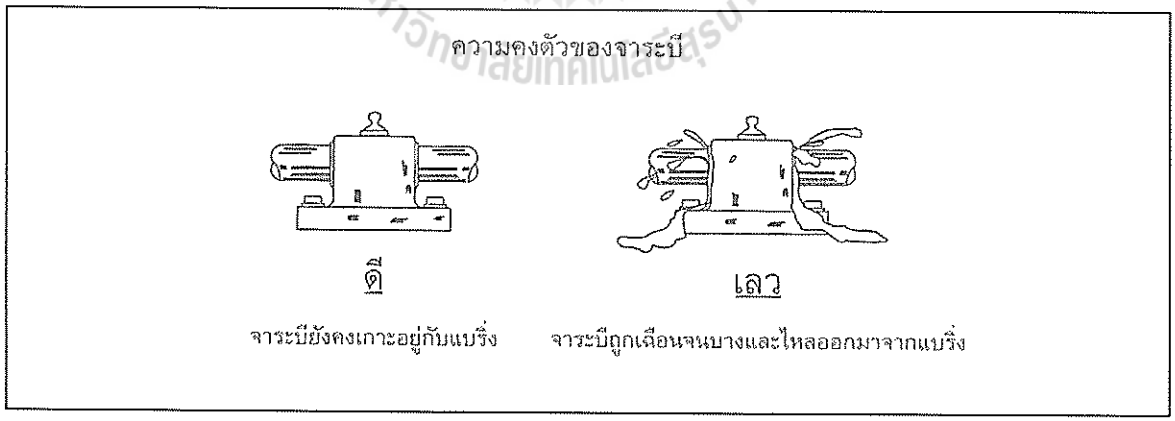
ต้องสัมผัสกับน้ำหรือน้ำหล่อเย็น โดยปกติจาระบีสบู่แคลเซียมสามารถขับไล่น้ำออกไปได้ดีกว่าจาระบีฐานสบู่ลิเทียม และกรณีของจาระบีฐานสบู่เชิงซ้อนของลิเทียมและอลูมิเนียมก็มีความสามารถในการป้องกันน้ำได้นอกเหนือไปจากตัวสารทำให้ข้นแล้วปัจจัยอื่นๆ เช่นชนิดของน้ำมันที่เป็นฐานจาระบี และค่าความหนืดของน้ำมัน รวมถึงการที่มีสารปรุงแต่งโพลิเมอร์เพื่อการจับเกาะผิวโลหะก็มีผลต่อการต่อต้านน้ำได้ด้วย อุปกรณ์ทดสอบตาม ASTM D-4049 ซึ่ง ทำการจำลองการฉีดพ่นด้วยน้ำในการใช้งานของจาระบีจริงๆ และในบางกรณีนั้น ถึงแม้ว่าผงแกรไฟต์และโมลิบดินั่มไดซัลไฟด์จะไม่ได้มีจุดมุ่งหมายในการป้องกันน้ำ แต่เมื่อนำไปใช้กับแบริ่งแบบกาบ และมีน้ำในระบบนั้นผงของแข็งเหล่านี้จะไปฝังตัวอยู่บนเนื้อของแบริ่งกาบ และสามารถช่วยในการหล่อลื่นได้ในช่วงที่น้ำเข้าไปปะปนอยู่กับจาระบี

- **ความมีเสถียรภาพจากการเฉือนตัด**

คำนี้ใช้เพื่อขยายความของโครงสร้างแบบไยของจาระบีที่มีความสามารถคงตัวอยู่ โดยไม่มีการแตกขาด/ฉีกตัวออก ซึ่งทำให้มีการอ่อนตัวของจาระบีลงหลังจากถูกเฉือนตัด จาระบีที่ยังคงสภาพอยู่หลังการกลิ้งตัวของเม็ดลูกปืนในตลับลูกปืนนั้น จาระบีที่มีเสถียรภาพดีจะคงอยู่ใช้งานได้นาน แต่ในกรณีที่ความสม่ำเสมอไม่ดีหลังการถูกตัดเฉือนก็จะมีอาการเยิ้มและไหลออกมาดังแสดงในรูปที่ 2.13

- **จุดหยด**

จุดหยดเป็นค่าอุณหภูมิสุดท้ายที่จาระบีจะมีการเปลี่ยนสถานะจากสภาพกึ่งของแข็งกึ่งของเหลวไปสู่สภาพของๆเหลว โดยที่อาจจะเกิดการที่ตัวจาระบีเองหลอมละลายกลายไปเป็นของเหลวหรืออาจจะเกิดการที่น้ำมัน ที่



รูปที่ 2.13 ความมีเสถียรภาพในระหว่างการใช้งานของจาระบี(สุรพล, 2545)

ผสมอยู่ในจาระบีแยกออกมาเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงๆ ค่าจุดหยดของจาระบีเป็นค่าที่ระบุได้ถึงความสามารถในการต่อต้านอุณหภูมิสูงในการใช้งาน

สรุปท้ายบท

ในบทนี้ได้แสดงวัฏจักรของเครื่องจักรตามจำนวนการชำรุดเทียบกับระยะเวลาการใช้งาน ซึ่งเปรียบเสมือนวัฏจักรของชีวิตมนุษย์ที่เจ็บไข้ได้ป่วย รวมถึงการอธิบายสาเหตุการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรที่ขึ้นกับเวลา และการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรที่ไม่ขึ้นกับเวลา นอกจากนั้นได้รวบรวมกลไกการสึกหรอของเครื่องจักร รวมถึงการอธิบายการหล่อลื่น การใช้สารหล่อลื่น คุณลักษณะของสารหล่อลื่น และคุณสมบัติของสารหล่อลื่น เพื่อการเรียนรู้และทำความเข้าใจการยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรและการวางแผนการดูแลบำรุงรักษาเครื่องจักรให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนในบทที่ 3 จะนำเสนอการประยุกต์ใช้สถิติในงานบำรุงรักษาและความเชื่อถือได้เบื้องต้น เพื่อการทำนายระยะเวลาที่เหมาะสมในการบำรุงรักษาเครื่องจักรต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงอภิปรายลักษณะของเครื่องกลึงในห้องปฏิบัติการตามวัฏจักรของเครื่องจักรพร้อมทั้งแสดงข้อควรปฏิบัติเพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร?

2. จงยกตัวอย่างเกิดการณ์ที่สามารถพบในชีวิตประจำวันซึ่งแสดงให้เห็นสภาพการสึกหรอของเครื่องจักรตามเวลา?

3. จงยกตัวอย่างเกิดการณ์ที่สามารถพบในชีวิตประจำวันซึ่งแสดงให้เห็นสภาพการสึกหรอของเครื่องจักรที่ไม่ขึ้นกับระยะเวลา?

4. การสึกหรอแบบขูดขีด (Abrasive wear) เกิดขึ้นได้อย่างไรบ้าง จงยกตัวย่างที่พบในชีวิตประจำวัน?

5. จงอธิบายการเกิด “Interlock”?

6. จงอภิปรายผลการใช้น้ำมันหล่อลื่นกับการเกิดการสึกหรอ มีผลทำให้ลดการสึกหรอแบบใดได้บ้าง?

7. คุณสมบัติของสารหล่อลื่นคืออะไรบ้าง จงอธิปราย?

8. สารหล่อลื่นสามารถระบายความร้อนออกจากระบบการหล่อลื่นได้อย่างไร?

9. อภิปรายคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นที่เหมาะสมต่อการหล่อลื่นเครื่องจักรต่อไปนี้ เครื่องกลึง เครื่องกัด เครื่องเจาะ และเครื่องบด?

10. คุณสมบัติของจาระบีมีอะไรบ้าง?

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3

การประยุกต์ใช้สถิติในงานบำรุงรักษาและความเชื่อถือได้เบื้องต้น

(Statistical Applications for Maintainability and Introduction of Reliability)

วัตถุประสงค์

นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและความสามารถในเรื่องดังต่อไปนี้

1. คำนวณค่าความเชื่อได้ในการติดตั้งเครื่องจักรแต่ละประเภทของการต่อกันของเครื่องจักร
2. คำนวณอัตราการเสียของเครื่องจักร (Failure rate)
3. คำนวณค่าค่าเฉลี่ยระยะเวลาการเสียหายของเครื่องจักร (Mean Time Between Failures: MTBF)
4. วิเคราะห์การชำรุดทางสถิติโดยการใช้การกระจายแบบไวบูลล์ (Weibull distribution) ได้

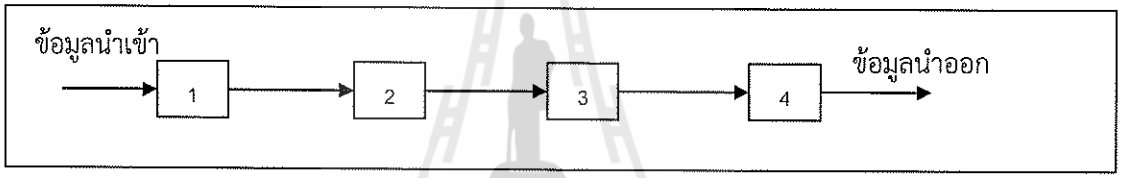
การบันทึกข้อมูลการเสียหายของเครื่องจักร หรือการเปลี่ยนอะไหล่ของเครื่องจักรจะถูกนำมาใช้การคำนวณอัตรการเสียของเครื่องจักร (Failure rate) และการคำนวณค่าเฉลี่ยระยะเวลาการเสียหายของเครื่องจักร (Mean Time Between Failures: MTBF) ซึ่งสามารถนำไปสู่การวางแผนการบริหารจัดการเพื่อการซ่อมบำรุงหรือการเปลี่ยนอะไหล่ของเครื่องจักรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยรวมถึงการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของเครื่องจักร

และการวิเคราะห์การชำรุดของเครื่องจักรโดยการวิเคราะห์การใช้การกระจายแบบไวบูลล์ (Weibull distribution) ได้

3.1 การคำนวณความเชื่อถือได้ของเครื่องจักร (Reliability)

3.1.1 ชิ้นส่วนของเครื่องจักร (ระบบ) ต่อกันแบบอนุกรม (Series) เมื่อค่าความน่าเชื่อถือมีค่าคงที่

ระบบโดยทั่วๆ ไปจะประกอบด้วยอุปกรณ์ระบบย่อยต่อกันใช้ลักษณะเป็นอนุกรม ซึ่งหมายความว่าถ้าหนึ่งในระบบย่อยชำรุด ระบบก็จะไม่ทำงาน หรือในอีกความหมายก็คือ ระบบจะทำงานก็ต่อเมื่อแต่ละระบบย่อยที่ต่อเข้ากันด้วยต้องทำงานได้ทุกๆ ระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ตัวอย่างเช่น ไฟประดับบ้านในช่วงเทศการต่างๆ ที่เมื่อหลอดใดหลอดหนึ่งขาด ทั้งระบบจะไม่ทำงานอีกเลย



รูปที่ 3.1 ชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ต่อกันแบบอนุกรมเมื่อค่าความน่าเชื่อถือมีค่าคงที่(สุรพล, 2545)

ถ้าระบบมี n ระบบย่อย ดังนั้นเมื่อมี n ระบบย่อยต่อกับแบบอนุกรม จะมีค่าความน่าเชื่อถือของระบบอนุกรม : R_sคือ

$R_s = R_1 * R_2 * R_3 \ldots\ldots * R_n$

$$R_s = \prod_{i=1}^{n} R_i \qquad (3.1)$$

เมื่อ R_iเป็นค่าความน่าเชื่อถือที่ชุดอุปกรณ์ที่ ในระบบ

และถ้า $R_1 = R_2 = R_3 = \ldots\ldots = R_n = \bar{R}$(ค่าของความน่าเชื่อถือของแต่ละชิ้นส่วนมีค่าเท่ากัน) ดังนั้น

$$R_s = (\bar{R})^n \qquad (3.2)$$

ตัวอย่างที่ 3.1 การคำนวณค่าความน่าเชื่อถือของระบบที่ต่อแบบอนุกรมเมื่อค่าความน่าเชื่อถือมีค่าคงที่

ในระบบอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องบินมีระบบย่อยต่อกันอยู่เป็นอนุกรมคือระบบเซ็นเซอร์ (R_{Se}), ระบบนำวิถี (R_G), ระบบคอมพิวเตอร์ (R_C), ระบบควบคุมการยิง (R_F) ต่อกันเป็นแบบอนุกรม โดยกำหนด R_{Se}, R_G , R_C , R_F เป็น 0.90, 0.95, 0.85 และ 0.78 จงคำนวณค่าความน่าเชื่อถือของระบบอิเล็กทรอนิกส์?

<u>วิธีทำ</u> $R_s = R_{Se} \times R_G \times R_C \times R_F$

$= 0.9 \times 0.95 \times 0.85 \times 0.78$

$= 0.567$

∴ ค่าความเชื่อถือได้ของระบบนี้คือ 0.567 ##

<u>ข้อสังเกตุ</u>จากระบบดังกล่าวหากต้องการปรับปรุงค่าความเชื่อถือได้ของระบบ(R_S) ให้สูงขึ้น ควรจะต้องเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบควบคุมการยิง R_F (0.78) เนื่องจากเป็นระบบที่มีค่าความเชื่อถือได้ต่ำสุด

ตัวอย่าง 3.2 ถ้าไฟประดับบ้านในช่วงเทศกาลมีหลอด 32 หลอด ต่อกันอยู่เป็นแบบอนุกรม และค่าความน่าเชื่อถือของหลอดไฟแต่ละหลอดมีค่า 0.99 จงหาค่าความน่าเชื่อถือของระบบ?

<u>วิธีทำ</u> $R_s = \prod_{i=1}^{32} R_i$

เมื่อ $R_1 = R_2 = ... = R_{32} = \overline{R} = 0.99$

$R_s = (0.99)^{32}$

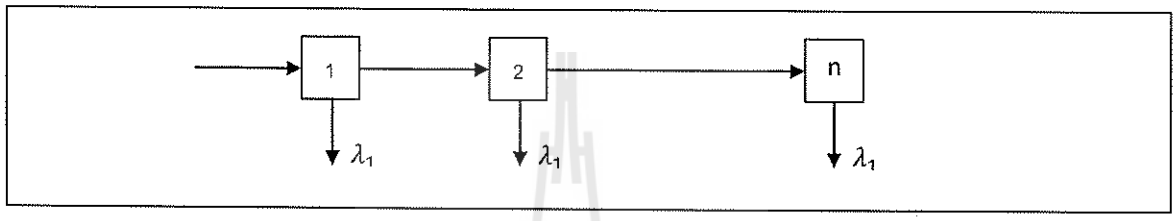
$= 0.725$

∴ ค่าความเชื่อถือได้ของระบบนี้คือ 0.725 ##

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.1.2 ชิ้นส่วนของเครื่องจักร (ระบบ) ต่อกันแบบอนุกรม (Series) เมื่อค่าความน่าเชื่อถือขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้งาน

ในกรณีที่ระบบย่อยมีรูปแบบการกระจายของอัตราการชำรุดเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (โดยที่อัตราการชำรุดของระบบต่อหน่วยเวลา) ถ้านำอุปกรณ์เหล่านี้มาต่อกันเป็นอนุกรมแล้วค่า ความน่าเชื่อถือที่เวลา t ใดๆ (ให้เป็น R_s (t)) ภายใต้การสมมุติว่า การชำรุดของแต่ละชิ้นส่วนเป็นอิสระต่อกัน (ไม่ขึ้นกับชิ้นส่วนใดชิ้นส่วนหนึ่ง) ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ต่อกันแบบอนุกรมเมื่อค่าความน่าเชื่อถือขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้งาน

(สุรพล, 2545)

$$R_s(t) = e^{-\lambda_1 t} \times e^{-\lambda_2 t} \times \cdots \times e^{-\lambda_n t}$$

$$\therefore R_s(t) = e^{-\sum_{i=1}^{n} \lambda_i t} \qquad (3.3)$$

เมื่อ λ_iคืออัตราการชำรุดของอุปกรณ์ย่อย /ใดๆ

นิยาม :ถ้าระบบเป็น Series ค่าทั้ง 2 ข้อต่อไปนี้เป็นจริง

1. System Failure Rate = Summation of Individual Component
2. $\lambda_c = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i t \rightarrow \frac{1}{T} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} + \ldots\ldots + \frac{1}{T_n}$

ตัวอย่างที่ 3.3 การคำนวณค่าความเชื่อถือได้ของระบบที่ต่อกันแบบอนุกรมเมื่อค่าความน่าเชื่อถือขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้งาน

ในระบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์มี Silicon Transistor 5 ตัว Silicon Diode 4 ตัว *Composition Resistor* 10 ตัว และ *Ceramic Capacitor* 3 ตัว ในลักษณะการต่อแบบอนุกรมค่าอัตราการชำรุดของแต่ละชิ้นส่วนคือ

Silicon Transistor $\lambda_t = 4 \times 10^{-4}$

Silicon diode $\lambda_d = 2 \times 10^{-5}$

Composition resistor $\lambda_r = 5 \times 10^{-4}$

Ceramic Capacitor $\lambda_c = 3 \times 10^{-4}$

จงหาค่าระบบที่มีความเชื่อถือเท่าใดที่เวลา 20 ชั่วโมง โดยลักษณะการชำรุดเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล สมมติว่าการเชื่อมบัดกรีแต่ละชุดนั้นมีความน่าเชื่อถือ 100% และระบบทำงานภายใต้สภาวะของอุณหภูมิแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในระดับปกติ?

<u>วิธีทำ</u> ในการคำนวณหาค่า $R_s(t)$นั้น ค่า λ_Cคืออัตราการชำรุดของเครื่องจักรรวมต้องนำมารวมกัน $\sum_{i=1}^{n} \lambda_i$

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i = 5\lambda_t + 4\lambda_d + 10\lambda_T + 3\lambda_C$$

$$= 5(4\times10^{-4}) + 4(2\times10^{-5}) + 10(5\times10^{-4}) + 3(3\times10^{-4})$$

$$= (20\times10^{-5}) + (8\times10^{-5}) + (50\times10^{-4}) + (9\times10^{-4})$$

$$= 0.00348$$

ค่าที่ได้คือค่าที่คาดหวัง (Expected Failure Rate) λ_sของทั้งระบบ ดังนั้น R_s (20) ของระบบหาค่าได้จาก คือ

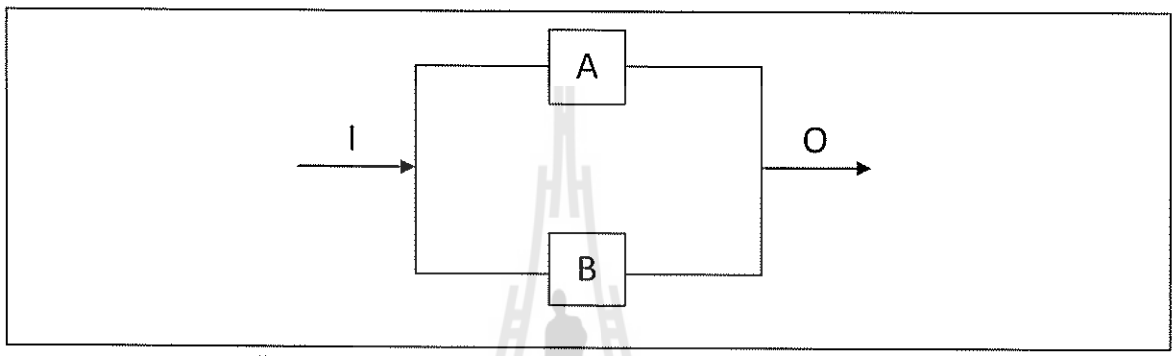
$$R_s(10) = e^{-\lambda_s(20)}$$

$$= e^{-(0.00348)(20)} = 0.93277 \quad \#\#$$

3.1.3 ชิ้นส่วนของเครื่องจักร (ระบบ) ต่อกันแบบขนาน (Parallel)

การต่อแบบขนานบางที่เรียกว่าระบบสำรองชิ้นส่วนหรือระบบสำรองเครื่องจักร (Redundancy Technique) เพื่อจะให้ได้ระบบที่มีความน่าเชื่อถือสูงขึ้น

ระบบสำรองเครื่องจักรบางทีถูกเรียกว่า "Hot Redundancy" ที่ต่อกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ชิ้นส่วนของเครื่องจักร (ระบบ) ต่อกันแบบขนาน (Parallel) (สุรพล, 2545)

การมีระบบสำรองเครื่องจักรค่าใช้จ่ายมักสูงมาก แต่บางระบบก็จำเป็นต้องทำเพื่อความน่าเชื่อถือของระบบ เช่น เครื่องยนต์ของเครื่องบิน เครื่องปั่นไฟฟ้าสำรอง เป็นต้น

ระบบจะไม่สามารถใช้งานได้ก็ต่อเมื่อทั้งสองระบบย่อย A, B ใช้งานไม่ได้

$$\text{Reliability} = 1-(F_A * F_B) \tag{3.4}$$

และ

$$F_A = 1 - R_A$$

$$F_B = 1 - R_B$$

$$R_s = 1 - (1 - R_A)(1 - R_B)$$

$$= 1 - (1 + R_A R_B - R_A - R_B)$$

$$= R_A * R_B - R_A - R_B$$

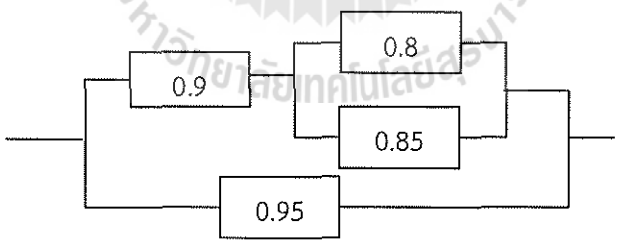
ถ้าระบบมี n Components และ มีค่า F_A .....F_n; จาก (F_n = 1-R_A) และ (F_n = 1-R_n)

$$\therefore R_s = 1 - \prod_{i=1}^{n}(1 - R_i) \qquad (3.5)$$

การที่จะใช้การสำรองระบบมีข้อพิจารณาคือ :

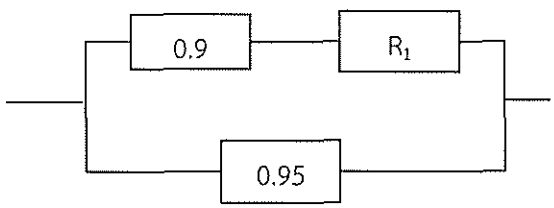
1. เมื่อระบบย่อยใดๆ ไม่มีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะปฏิบัติงานภายใต้ระยะเวลาที่กำหนด (อาจจะเกิดจากวัสดุ กระบวนการผลิต หรือ จุดบกพร่องในการออกแบบ เป็นต้น)
2. เพื่อลดโอกาสที่จะเกิดชำรุดในช่วงใช้งานปกติให้น้อยที่สุด
3. เมื่อไม่สามารถจะตรวจพบจุดบกพร่องที่เป็นการทราบก่อนหน้าได้เลย (จู่ๆ ก็ใช้งานไม่ได้หรือชำรุดโดยไม่มีอาการเตือนล่วงหน้า)
4. การถอดและการประกอบนั้นทำไม่ได้เลยเมื่อเกิดการชำรุด
5. ระบบย่อยนี้มีความสำคัญยิ่งต่อระบบใหญ่
6. การชำรุดอาจเป็นสิ่งที่ยอมรับไม่ได้ในการปฏิบัติงาน เช่น อุบัติเหตุ พลังงานไฟฟ้าของประเทศ เป็นต้น

ตัวอย่างที่ 3.4 การคำนวณค่าความเชื่อถือได้ของระบบที่ต่อกันแบบผสม ทั้งอนุกรมและขนาน จงคำนวณค่าความเชื่อถือได้ของระบบต่อไปนี้?



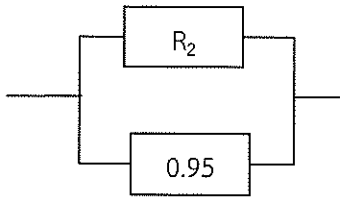
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

<u>วิธีทำ</u> ขั้นที่ 1 : จากระบบที่กำหนดให้จะต้องรวบระบบขนานที่เป็นระบบย่อย (R_1) ก่อนจะได้



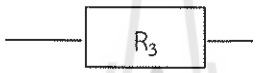
ระบบที่ 1 : $R_1 = 1 - [(1-0.8) \times (1-0.85)] = 0.97$

ขั้นที่ 2 : รวบระบบอนุกรมที่เป็นระบบย่อย (R_2)



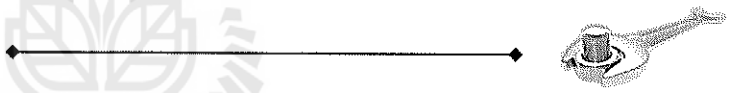
ระบบที่ 2 : $R_2 = 0.9 \times 0.95 = 0.873$

ขั้นที่ 3 : รวบระบบขนาน (R_3)



ระบบที่ 3 : $R_3 = 1 - [(1-0.873) \times (1-0.95)] = 0.99365$

ดังนั้น ความน่าเชื่อถือรวมของระบบคือ 0.99365 ##



3.2 การวิเคราะห์อัตราความเสียหาย(Failure Rate: λ)

ความเสียหายคือการขาดความเชื่อมั่นในการใช้งานเครื่องจักร ซึ่งอัตราการเสียหาย (λ) ของเครื่องจักรจะคิดเทียบกับระยะเวลา

$$\lambda = \frac{\text{จำนวนเครื่องจักรที่เสียหาย}}{\text{จำนวนชั่วโมงการทดสอบใช้งานเครื่องจักร}} \quad (3.6)$$

$$\lambda = 1 - R \quad (3.7)$$

$$R = 1 - \lambda$$

เมื่อ R = ค่าความเชื่อมั่นของระบบและ λ= อัตราความเสียหายของเครื่องจักร

ตัวอย่าง3.5 การคำนวณอัตราความเสียหาย

กำหนดให้ทดสอบการทำงานเครื่องจักรประเภทเดียวกัน 7 เครื่องโดยแต่ละเครื่องจะทำงาน 80 ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่า มีเครื่องจักร 3 เครื่องหยุดการทำงานเนื่องจากชำรุดหลังจากจำนวนชั่วโมงการทดสอบดังนี้ 15, 35 และ 60 ชั่วโมง จงหาอัตราความเสียหาย และค่าความเชื่อถือได้

<u>วิธีทำ</u>

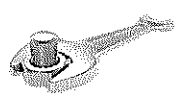
เครื่องจักรลำดับที่	จำนวนชั่วโมงที่งานได้(ชม.)	เครื่องจักรลำดับที่	จำนวนชั่วโมงที่งานได้(ชม.)
1	15	5	80
2	35	6	80
3	60	7	80
4	80		

$$\lambda = \frac{\text{จำนวนเครื่องจักรที่เสียหาย}}{\text{จำนวนชั่วโมงการทดสอบใช้งานเครื่องจักร}}$$

$$\lambda = \frac{3}{(15+35+60+80+80+80+80)}$$

$$\lambda = 0.0069 \sim 0.007$$

$$R = 1 - \lambda = 1 - 0.007 = 0.993 \quad \#$$



3.3 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ในงานบำรุงรักษา

3.3.1 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาระหว่างการเสียหาย (Mean Time Between Failure: MTBF)

ค่าเฉลี่ยระยะเวลาระหว่างการเสียหาย หมายถึง ระยะเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้ก่อนที่จะชำรุดและถูกซ่อม ซึ่งเครื่องจักรจะสามารถใช้งานได้อีกครั้งหลังจากมีการซ่อมแซมกราฟแสดงระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักรแสดงได้ดังรูปที่ 3.5

$$MTBF = \frac{\text{ผลรวมของ}(\text{ระยะเวลาที่เครื่องจักรหยุดทำงาน} - \text{ระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงาน})}{\text{จำนวนครั้งของความเสียหาย}}$$

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^{n} BF_i}{n} = \frac{\sum(BF_1+BF_2+BF_3)}{3} \quad (3.8)$$

หรือ $$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (3.9)$$

เมื่อ BF_i= ระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงานก่อนเครื่องจักรชำรุดครั้งที่ i (Before failure at i^{th} time)

i =การชำรุดของเครื่องจักรครั้งที่ i

n = จำนวนการชำรุดของเครื่องจักร

3.3.2 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการชำรุด (Mean Time To Failure: MTTF)

ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการชำรุด หมายถึง ระยะเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรจะสามารถใช้งานได้ตลอดอายุการใช้งานก่อนที่เครื่องจักรจะถูกเปลี่ยนใหม่ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 3.5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.3 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการหยุดงาน (Mean DownTime: MDT)

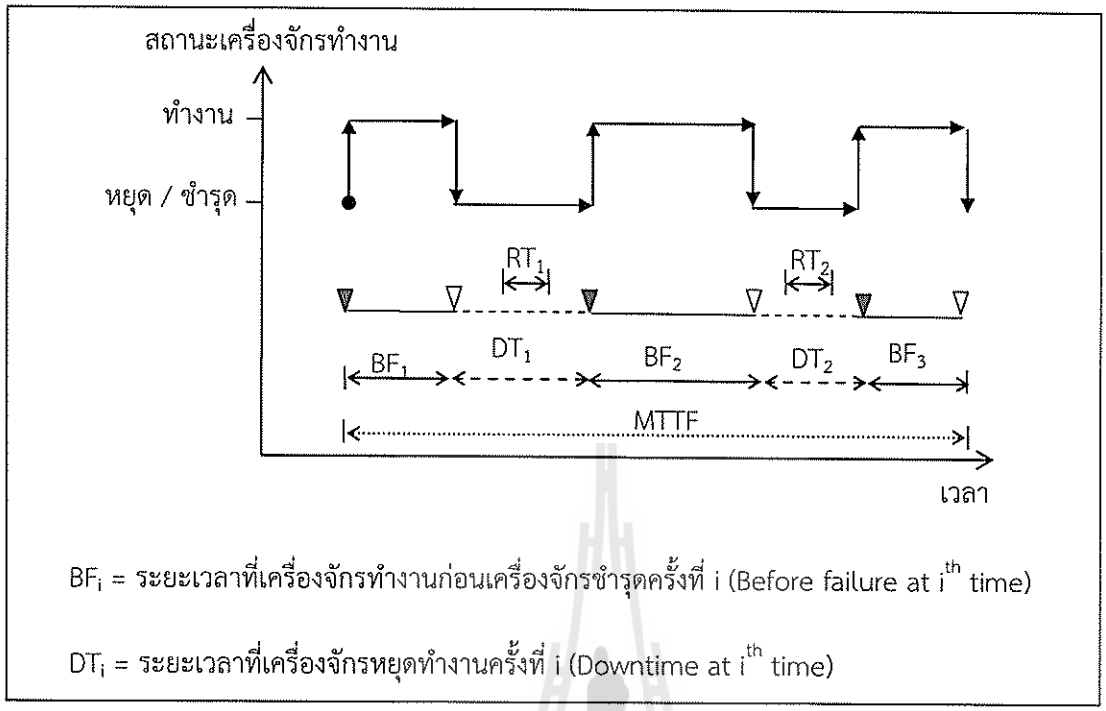
ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการหยุดงานหมายถึง ระยะเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรชำรุด ซึ่งรวมระยะเวลาที่มีการซ่อมเครื่องจักรให้สามารถกลับมาทำงานได้ตามปกติ (Repair Time: RT)

$$MDT = \frac{\sum_{i=1}^{n} DT_{i-1}}{n-1} = \frac{DT_1+DT_2}{2} \quad (3.10)$$

เมื่อ DT_i = ระยะเวลาที่เครื่องจักรหยุดทำงานครั้งที่ i (Downtime at i^{th} time)

i =การชำรุดของเครื่องจักรครั้งที่ i

n = จำนวนการชำรุดของเครื่องจักร



BF_i = ระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงานก่อนเครื่องจักรชำรุดครั้งที่ i (Before failure at i^{th} time)

DT_i = ระยะเวลาที่เครื่องจักรหยุดทำงานครั้งที่ i (Downtime at i^{th} time)

รูปที่ 3.5 กราฟสถานะเครื่องจักรทำงานของเทียบกับเวลา

3.3.4 ค่าความพร้อมของเครื่องจักร (Availability)

ค่าความพร้อมของเครื่องจักรหมายถึง ค่าความพร้อมในการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งคำนวณโดยเป็นอัตราส่วนของค่าเฉลี่ยระยะเวลาระหว่างการเสียหายต่อผลรวมของค่าเฉลี่ยระยะเวลาระหว่างการเสียหายกับค่าเฉลี่ยระยะเวลาการหยุดงาน

$$Availability = \frac{MTBF}{MTBF+MDT} \tag{3.11}$$

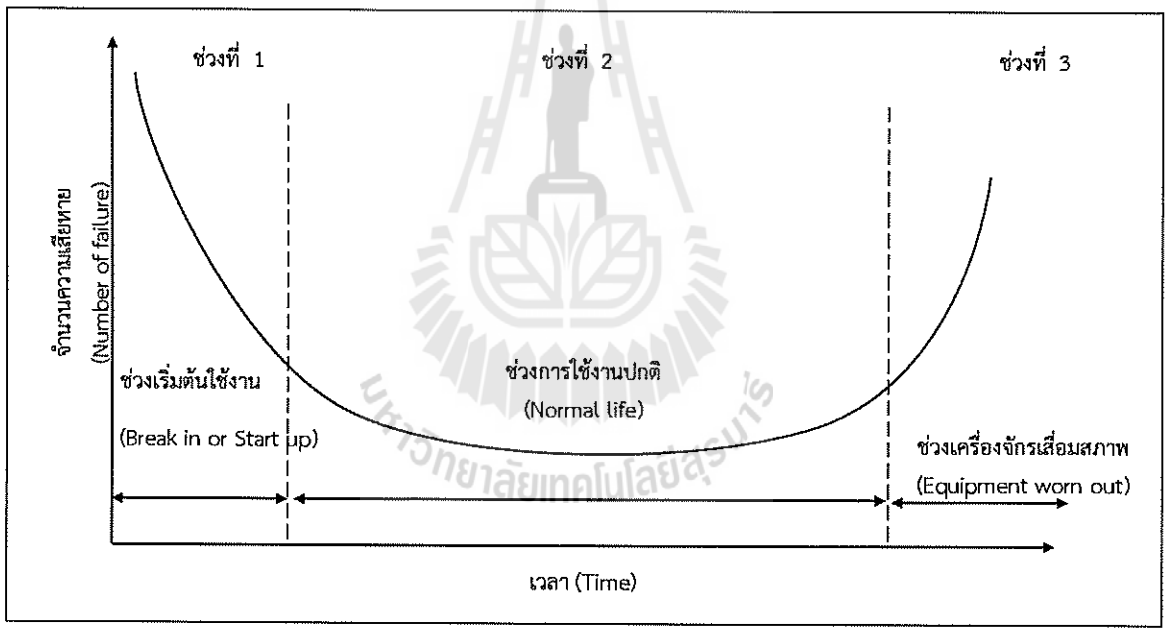
3.4 การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียหาย

วัฏจักรของเครื่องจักรและการกระจายตัวของความน่าจะเป็นของการชำรุดของเครื่องจักร สามารถแสดงได้ดังรูป 3.6

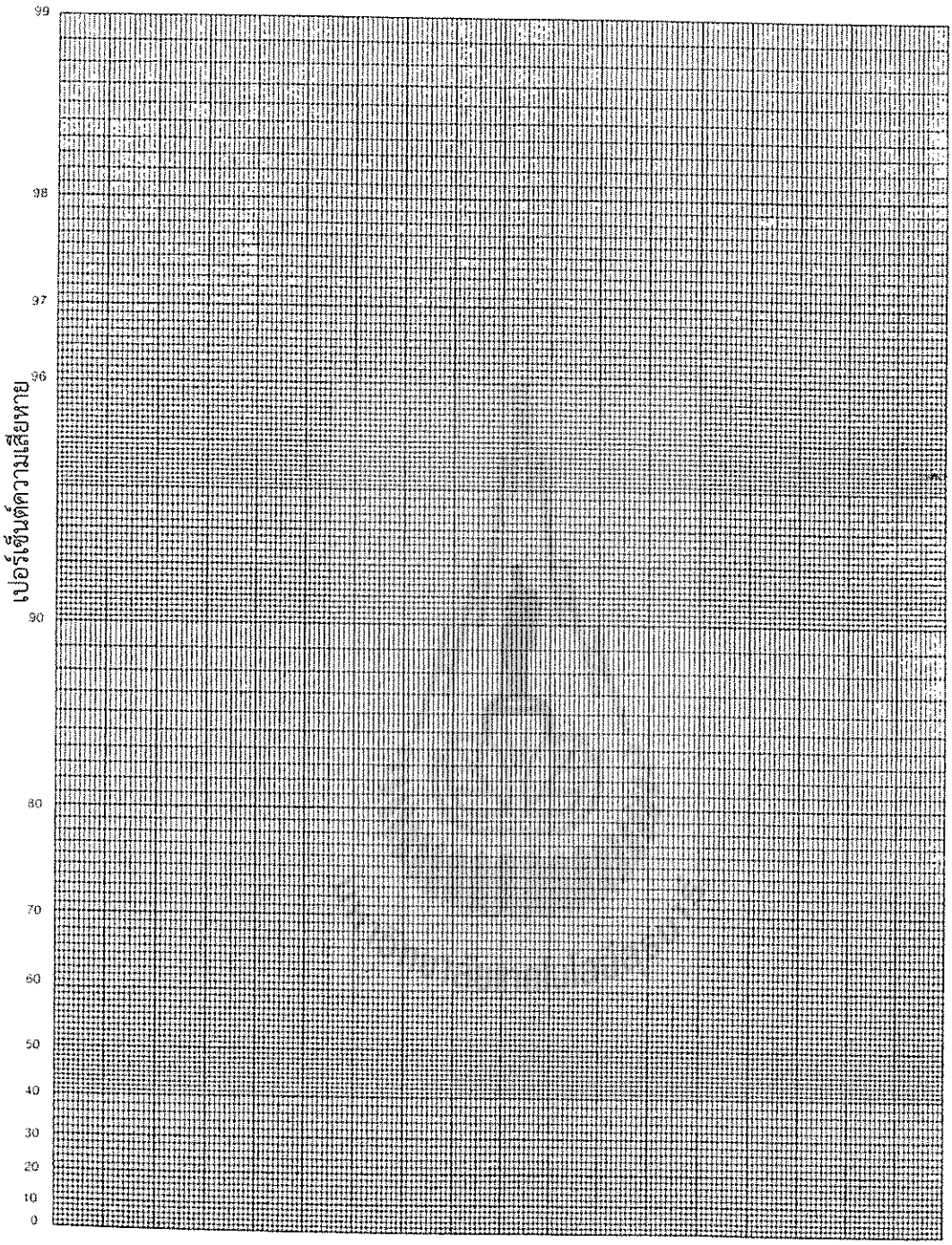
การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียหาย สามารถดำเนินการได้ 2 แบบ

3.4.1 การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียหายโดยการวิเคราะห์จากกราฟ

การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียหายโดยการวิเคราะห์จากกราฟ สามารถทำได้โดยการเก็บข้อมูลเครื่องจักรที่เสียและพล็อตในกระดาษกราฟเอ็กโปเนียนเชียล (Exponential graph paper) ดังแสดงใน รูปที่ 3.7



รูปที่ 3.6 วัฏจักรของเครื่องจักรและการกระจายตัวของความน่าจะเป็นของการชำรุดของเครื่องจักร (Mobley R. K., 2004)



รูปที่ 3.7 กระดาษกราฟเอ็กโปเนียนเชียล (Exponential graph paper) (Mobley R. K., 2004)

ตัวอย่าง 3.6 การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียหายโดยการวิเคราะห์จากกราฟ

กำหนดข้อมูลเครื่องจักรชำรุด แสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลจำนวนชั่วโมงทำงานของเครื่องจักรก่อนชำรุด

หมายเลขเครื่องจักร	จำนวนชั่วโมงทำงานก่อนชำรุด	หมายเลขเครื่องจักร	จำนวนชั่วโมงทำงานก่อนชำรุด
537	10	589	56
577	16	553	75
546	22	571	98
549	32	579	140
578	43	532	180

<u>วิธีทำ</u>

1. คำนวณหาค่าการชำรุดของเครื่องจักรสะสมและเปอร์เซ็นต์การชำรุดของเครื่องจักรสะสมดังแสดงในตารางที่ 3.4

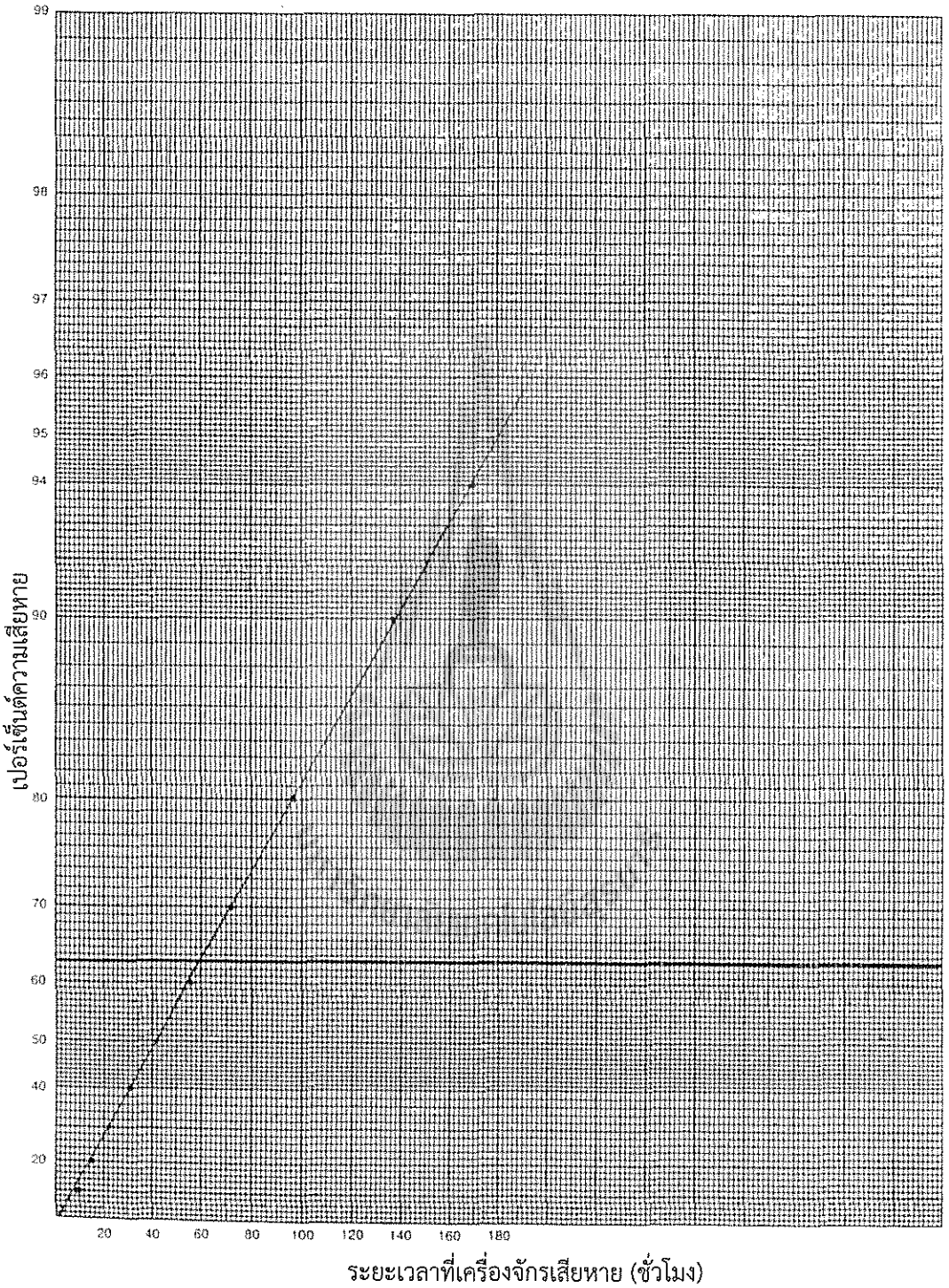
ตารางที่ 3.4 ข้อมูลจำนวนชั่วโมงทำงานของเครื่องจักรสะสม

หมายเลขเครื่องจักร	จำนวนชั่วโมงทำงานก่อนชำรุด	จำนวนเครื่องจักรชำรุดสะสม	เปอร์เซ็นต์ความเสียหายสะสม
537	10	1	10
577	16	2	20
546	22	3	30
549	32	4	40

หมายเลขเครื่องจักร	จำนวนชั่วโมงทำงานก่อนชำรุด	จำนวนเครื่องจักรชำรุดสะสม	เปอร์เซ็นต์ความเสียหายสะสม
578	43	5	50
589	56	6	60
553	75	7	70
571	98	8	80
579	140	9	90
532	180	10	100

2. พล็อตข้อมูลเปอร์เซ็นต์การชำรุดของเครื่องจักรสะสมกับอายุของเครื่องจักรที่ชำรุด ในกระดาษกราฟเอ็กโปเนียนเชียล
3. อ่านค่าเฉลี่ยระยะเวลาระหว่างการเสียหาย (MTBF) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของการกระจายตัวความน่าจะเป็นแบบ Weibull มีค่าเท่ากับ 63.2% ของการชำรุดของเครื่องจักรสะสม ดังแสดงในรูปที่ 3.8

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.7 กระดาษกราฟเอ็กโปเนียนเชียล (Exponential graph paper) (Mobley R. K., 2004)

3.4.2 การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียหายโดยการคำนวณ

การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียหายจากกราฟจะช่วยในการหาช่วงระยะเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรจะชำรุด และสามารถประเมินช่วงระยะเวลาที่ควรจะดำเนินการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันได้อย่างคราวๆ ส่วนการวิเคราะห์โดยการคำนวณจะทำให้ได้คำตอบเหล่านั้นที่ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น เมื่อเราสามารถประเมินระยะเวลาที่เครื่องจักรจะเสียหายได้อย่างแม่นยำแล้ว เราจะสามารถคำนวณความเชื่อถือได้ของเครื่องจักรในรูปของฟังก์ชั่นเวลา และคำนวณช่วงเวลาที่จะทำการบำรุงรักษาได้อย่างแม่นยำภายใต้การความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ดังสมการอัตราความเสียหายของเครื่องจักร (Failure rate equation) และสมการความเชื่อถือได้ที่ช่วงเวลาใดๆ (Reliability at time (t) equation)

สมการอัตราความเสียหายของเครื่องจักร

$$f(t) = e^{-\lambda t} \tag{3.12}$$

สมการความเชื่อถือได้ที่ช่วงเวลาใดๆ

$$R(t) = e^{-\lambda t} \tag{3.13}$$

เมื่อ *R(t)* = ค่าความเชื่อถือได้ที่คาดหวังที่เวลา t ใดๆ ที่อัตราความเสียหายของเครื่องจักรมีค่าคงที่ (λ)

ตัวอย่าง 3.7 การคำนวณหาค่าความเชื่อถือได้

กำหนดให้ =0.15; t = 1 R=?

<u>วิธีทำ</u> $R(t) = e^{-\lambda t}$

$R(t) = e^{-(0.015)(1)} = 0.985$ #

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตัวอย่าง 3.8 การคำนวณหาระยะเวลาที่ควรดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

กำหนดค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ที่เครื่องจักรจะชำรุดเท่ากับ 30% โดยอัตราความเสียหายของเครื่องจักรเท่ากับ 0.015 จงคำนวณช่วงระยะเวลาที่ควรจะทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

<u>วิธีทำ</u> ค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ที่เครื่องจักรจะชำรุดเท่ากับ 30% ดังนั้น ค่าความเชื่อถือได้ 1-0.30 = 0.7

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$0.7 = e^{-(0.015)t}$$

$$\ln 0.7 = -0.015 \times t \times \ln(e)$$

$$t = \frac{\ln 0.7}{-0.015} = 23.78 \text{ ชั่วโมง} \approx 22 \text{ ชั่วโมง (อ่านค่าจากกราฟ)}$$ ##

หมายเหตุ

จากตัวอย่างข้างบนแสดงให้เห็นว่าหากเราใช้ค่าเฉลี่ยตามการกระจายความเสียหายแบบ Normal Distribution จะสามารถคำนวณค่าเฉลี่ยระยะเวลาความเสียหายได้ (x) เท่ากับ 67.2 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) เท่ากับ 56.7 ชั่วโมง เมื่อนำไปคำนวณระยะเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรจะชำรุด พบว่า เครื่องจักรจะชำรุดเมื่อชั่วโมงที่ 38 ซึ่งตามเหตุการณ์จริงแล้วเครื่องจักรเสียหายตั้งแต่ชั่วโมงที่ 22 (ตามการคำนวณข้างต้น) ดังนั้น การคำนวณวิเคราะห์ระยะเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรจะเสียหายโดยใช้การกระจายค่าความน่าจะเป็นแบบ Weibulมีความเหมาะสมในการใช้งานมากสุด

3.5 เศรษฐศาสตร์การบำรุงรักษา

เศรษฐศาสตร์การบำรุงรักษา คือ การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาแบบซ่อมเมื่อเสีย กับค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยช่วงระยะเวลาที่จะดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสมจะวิเคราะห์จากหัวข้อก่อนหน้านี้

ตัวอย่าง 3.9 การคำนวณเศรษฐศาสตร์การบำรุงรักษา

จากผลการคำนวณหา MTBF ในตัวอย่างที่ 3.6บริษัทควรจะดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกันหรือไม่ ถ้าค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมเมื่อเครื่องจักรเสีย เท่ากับ 7,500 บาท/ครั้ง ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM program cost) เท่ากับ 250 บาท/ครั้ง ซึ่งแม้ว่าบริษัทจะการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกันแล้วเครื่องจักรก็ยังจะเกิดความเสียหาย 20% กำหนดให้เครื่องจักรทำงาน 260 วัน/ปี ระยะเวลาการทำงานวันละ 16 ชั่วโมง/วัน ถ้าค่าเฉลี่ยระยะเวลาระหว่างการเสียหาย (MTBF) ของเครื่องจักร คือ 66 ชั่วโมง

<u>วิธีทำ</u>

- *กรณีที่บริษัทไม่ดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน*

$$\text{ค่าคาดหวังว่าเครื่องจักรจะชำรุด} = \frac{\text{ระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงานทั้งหมด}}{MTBF}$$

$$= \frac{260\text{วัน/ปี} \times 16\ \text{ชั่วโมง/ปี}}{66\ \text{ชั่วโมง/ครั้ง}} = \frac{4{,}160\ \text{ชั่วโมง/ปี}}{66\ \text{ชั่วโมง/ครั้ง}}$$

$$= 63.03 \cong 64\ \text{ครั้ง/ปี}$$

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการซ่อมเครื่องจักรเมื่อชำรุด =64 ครั้ง/ปี x 7,500 บาท/ปี =480,000 บาท/ปี ##

- *กรณีที่บริษัทดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน*

จากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียหายโดยการวิเคราะห์จากกราฟดังรูปที่ 3.7 ถ้ายอมให้เครื่องจักรเกิดความเสียหาย 20% ดังนั้นต้องดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกันทุกๆ 16 ชั่วโมง

$$\text{จำนวนการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกันต่อปี} = \frac{4{,}160 \text{ ชั่วโมง/ปี}}{16\text{ชั่วโมง/ครั้ง}} = 260\text{ครั้ง/ปี}$$

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน =260 ครั้ง/ปี x250 บาท/ครั้ง

=65,000 บาท/ปี

นอกจากนั้นเมื่อเครื่องจักรเสียหาย 20% ของการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน260 ครั้ง/ปี

จำนวนการเสียหายของเครื่องจักร = 260 ครั้ง/ปี x0.2=52 ครั้ง/ปี

จึงเกิดค่าใช้จ่ายในการซ่อมเครื่องจักรเมื่อชำรุด =52 ครั้ง/ปี x 7,500 บาท/ครั้ง

= 390,000 บาท/ปี

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายทั้งหมดกรณีที่บริษัทดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

= ค่าดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน+ ค่าใช้จ่ายในการซ่อมเครื่องจักรเมื่อชำรุด

= 65,000 บาท/ปี+ 390,000 บาท/ปี

= 455,000 บาท/ปี ##

สรุป ค่าใช้จ่ายกรณีที่บริษัทไม่ดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน =480,000 บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายกรณีที่บริษัทดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน =455,000 บาท/ปี

ดังนั้น ทางเลือกเหมาะสมคือ บริษัทควรดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเนื่องจากสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 25,000 บาท/ปี ##

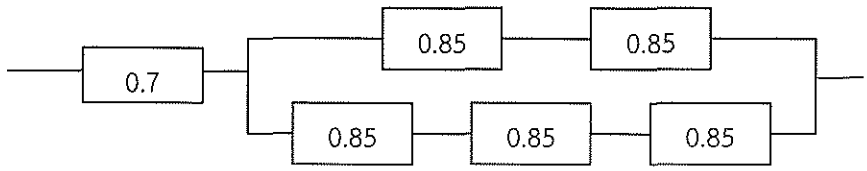
สรุปท้ายบท

บทนี้ได้นำเสนอวิธีการคำนวณค่าความเชื่อถือของระบบหรือเครื่องจักร เมื่อชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องจักรประกอบรวมกันเข้าทั้งแบบอนุกรม ขนาน และผสม ซึ่งการต่ออุปกรณ์แต่ละแบบมีข้อดีข้อเสียต่างกัน ซึ่งค่าความเชื่อถือได้ของเครื่องจักรนี้สามารถนำมาใช้ในการคำนวณอัตราความเสียหายของเครื่องจักรได้ รวมถึงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในงานบำรุงรักษาอันได้แก่ ค่าเฉลี่ยระยะเวลาระหว่างการเสียหาย (MTBF) ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการชำรุด (MTTF) ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการหยุดงาน (MDT) ค่าความพร้อมของเครื่องจักรข้อมูลเหล่าจะถูกนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพจะต้องผ่านการเก็บข้อมูลจำนวนที่มากพอ เพื่อที่จะสามารถวิเคราะห์ผลได้อย่างถูกต้อง (Suradet, *et al.*, 2012)ซึ่งค่าพารามิเตอร์เหล่านี้จะนำมาสู่การคำนวณช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันก่อนที่เครื่องจักรจะเสียหาย ส่งผลให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาดังแสดงผลการคำนวณเศรษฐศาสตร์การบำรุงรักษา นอกจากนั้นแล้วการวิเคราะห์ระยะเวลาในการบำรุงรักษา สามารถวิเคราะห์ได้จากการเก็บข้อมูลระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักรซึ่งพล็อตในกราฟเอ็กโปเนียเชียลกราฟได้อีกด้วย การกำหนดช่วงระยะเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสมยังนำไปสู่การบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพซึ่งสามารถวัดด้วยค่าดัชนีการบำรุงรักษาแบบต่างๆ ที่จะนำเสนอในบทที่ 4 ต่อไป

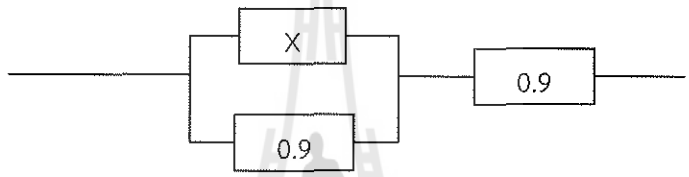
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบฝึกหัดท้ายบท

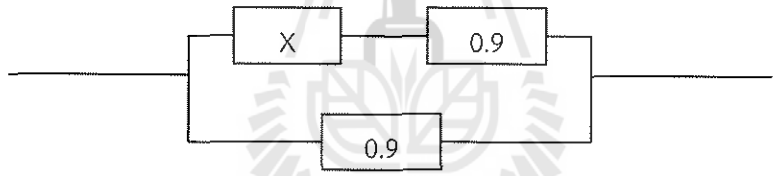
1. จงคำนวณค่าความเชื่อถือได้ของระบบต่อไปนี้



2. จงคำนวณx จากระบบที่กำหนดให้ เมื่อค่าความเชื่อมั่น (R) = 0.88



3. จงคำนวณ x จากระบบที่กำหนดให้ เมื่อค่าความเชื่อมั่น (R) = 0.98



4. โรงงานผลิตอาหารกระป๋อง ทำการเก็บข้อมูลเครื่องดูดอากาศจำนวน 8 เครื่อง ดังนี้ต่อไปนี้

หมายเลยเครื่องดูดอากาศ	จำนวนชั่วโมงก่อนขัดข้อง	หมายเลยเครื่องดูดอากาศ	จำนวนชั่วโมงก่อนขัดข้อง
#1	10	#5	54
#2	18	#6	70
#3	28	#7	92
#4	40	#8	120

จงแสดงการหาค่าเฉลี่ยก่อนเกิดการขัดข้อง (MTBF) ของเครื่องดูดอากาศโดยวิธี plot graph และวิธีการคำนวณ

5. จากข้อ 3 ถ้าโรงงานกำหนดค่าความเชื่อถือได้ (Reliability) ของเครื่องดูดอากาศเท่ากับ 60% จะต้องทำ PM program อย่างน้อยที่สุดทุกกี่ชั่วโมง ให้หาค่าจากการ plot graph

6. กำหนดเครื่องจักร 7 เครื่องในการทดสอบประสิทธิภาพ 80 ชั่วโมง พบว่าเครื่องจักร 4 เครื่อง ชำรุดที่เวลา 20 ชั่วโมง 22 ชั่วโมง 40 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ กำหนดให้อัตราการชำรุดของเครื่องจักรมีการกระจายตัวเป็นเอ็กโปเนลเชียล และค่าความพร้อม(Availability)เท่ากับ 0.74 จงคำนวณค่าต่อไปนี้

   5.1 อัตราความเสียหาย (Failure rate)

   5.2 MDT

7. จากข้อ 5. จงหาค่าต่อไปนี้

   6.1 R(250)

   6.2 R(MTBF)

7. กำหนดเครื่องจักร 7 เครื่องในการทดสอบประสิทธิภาพ 80 ชั่วโมง พบว่าเครื่องจักร 4 เครื่อง ชำรุดที่เวลา 20 ชั่วโมง 22 ชั่วโมง 40 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ กำหนดให้อัตราการชำรุดของเครื่องจักรมีการกระจายตัวเป็นเอ็กโปเนลเชียล และค่าเฉลี่ยระยะเวลาการหยุดงานของเครื่องจักร (MDT) เท่ากับ 15 ชั่วโมง จงหา

   7.1 อัตราความเสียหาย (Failure rate)

   7.2 ค่าความพร้อม(Availability)

8. จากข้อ 7. จงหาค่าต่อไปนี้

   8.1 R(250)

   8.2 R(MTBF)

9. กำหนดอัตราความเสียหายของเครื่องจักรเป็นแบบเอ็กโปเนียลเชียล และค่าเฉลี่ยระยะเวลาระหว่างการเสียหาย (MTBF)เท่ากับ 250 ชั่วโมง จงหา

   9.1 อัตราความเสียหายของเครื่องจักร

   9.2 ค่าความเชื่อถือได้เมื่อชั่วโมงที่ 150, 250 และ 350 ชั่วโมงของการใช้งานเครื่องจักร

10. กำหนดให้เครื่องจักรทำงาน 500 วันต่อปี ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง และค่าเฉลี่ยระยะเวลาระหว่างการเสียหาย (MTBF)เท่ากับ 430 ชั่วโมง ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมเมื่อเครื่องจักรชำรุดเท่ากับ 8,000 บาทต่อครั้ง ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกันแต่ละครั้งเท่ากับ 500 บาท จงตัดสินว่าจะควรจะดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกันหรือไม่ ถ้าการบำรุงรักษาเชิงป้องกันต้องดำเนินการทุกๆ 200 ชั่วโมง และทำให้ความน่าเป็นที่เครื่องจักรเสียหายลดลง 40%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4

การวัดและประเมินผลสมรรถนะของการบำรุงรักษา
(Measurement and Evaluation of Maintenance Performance)

วัตถุประสงค์

นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและความสามารถในเรื่องดังต่อไปนี้

1. อธิบายความแตกต่างของค่าดัชนีชี้วัดแต่ละประเภทได้
2. ระบุและเลือกการใช้ค่าดัชนีชี้วัดแต่ละประเภทได้ถูกต้อง

การวัดและประเมินผลสมรรถนะของการบำรุงรักษาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการวางแผนจัดการการบำรุงรักษาเครื่องจักรเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด การประเมินผลการดำเนินงานบำรุงรักษาอาจวัดผลเป็นจำนวนเงินได้ไม่ชัดเจนเท่าใดนัก ดังนั้นการเลือกใช้หน่วยวัดผลการดำเนินงานที่เหมาะสมจะนำมาสู่การประเมินผลงานอย่างมีประสิทธิภาพ

งานบำรุงรักษาเป็นลักษณะงานบริการซึ่งกำหนดเป้าหมายเป็นตัวเลขได้ค่อนข้างยาก ดังนั้นในการควบคุมผลงานที่ฝ่ายบำรุงรักษาจะต้องปฏิบัติ จึงอาจควบคุมได้ด้วยตัวเลขดัชนีหรืออัตราส่วนที่จะแสดงถึงผลงานของฝ่ายบำรุงรักษาโดยตรง แต่อย่างไรก็ตามมีอัตราราส่วนบางตัวที่อาจแสดงถึงผลงานของฝ่ายบำรุงรักษาได้อัตราส่วนที่นิยมใช้แสดงเป้าหมายและผลงานของฝ่ายบำรุงรักษามีดังนี้คือ

4.1 ดัชนีการบำรุงรักษาทั่วๆ ไป

1. อัตราส่วนความถี่ของการชำรุดฉุกเฉิน แสดงถึงจำนวนครั้งที่เกิดการชำรุดฉุกเฉินในช่วงเวลาหนึ่งๆ หาได้จากสูตร

$$\text{อัตราส่วนความถี่ของการชำรุดฉุกเฉิน} = \frac{\text{จำนวนการชำรุดฉุกเฉิน}}{\text{เวลาปฏิบัติการทั้งหมด}} \qquad (4.1)$$

2. อัตราส่วนเวลาการชำรุดฉุกเฉิน แสดงถึงระยะเวลาในการซ่อมแซมเครื่องชำรุดว่าใช้เวลานานเท่าใด หาได้จากสูตร

$$\text{อัตราส่วนเวลาการชำรุดฉุกเฉิน} = \frac{\text{เวลาทั้งหมดที่เครื่องชำรุดฉุกเฉิน}}{\text{เวลาปฏิบัติงานทั้งหมด}} \qquad (4.2)$$

ตัวอย่าง4.1 การอัตราส่วนความถี่ของการชำรุดฉุกเฉิน และอัตราส่วนเวลาการชำรุดฉุกเฉิน

อัตราส่วนตามสมการ 4.1 และ 4.2 นิยมใช้คู่กัน ตัวอย่างเช่น ในการปฏิบัติงานผลิตเป็นเวลา 1 เดือน มีเวลาปฏิบัติงานทั้งหมด 180 ชั่วโมง เครื่องจักรที่ใช้มีการชำรุดฉุกเฉิน 5 ครั้ง รวมเวลาทั้งหมดที่เครื่องชำรุด 30 ชั่วโมง จะได้

<u>วิธีทำ</u>

$$\text{อัตราส่วนความถี่ของการชำรุดฉุกเฉิน} = \frac{5}{180} \text{ ครั้ง/ชั่วโมง} = 0.028 \text{ ครั้ง/ชั่วโมง}$$

$$\text{อัตราส่วนเวลาการชำรุด} = \frac{30}{180} = 0.167 \qquad \#\#$$

---

3. แนวโน้มของเวลาที่เครื่องเสีย โดยมากรวมเป็นจำนวนเวลาที่เครื่องเสียทั้งหมดในแต่ละเดือน (Monthly downtime) ซึ่งหากมีแนวโน้มลดต่ำลงก็แสดงถึงผลการปฏิบัติงานการบำรุงรักษาดีขึ้น
4. แนวโน้มของจำนวนพนักงานบำรุงรักษา แสดงถึงจำนวนพนักงานบำรุงรักษาที่ใช้ในแต่ละปีอาจคิดเป็นหน่วย คน – ชั่วโมง

5. ค่าวัสดุซ่อมบำรุงต่อช่างซ่อม 1 คน อัตราส่วนนี้แสดงถึงขีดความสามารถของพนักงานซ่อมบำรุงซึ่งถ้าน้อยลงอาจแสดงว่าพนักงานซ่อมบำรุงสามารถปฏิบัติงานได้ดีขึ้นโดยใช้ค่าวัสดุซ่อมบำรุงสิ้นเปลืองน้อยลง หาได้จากสูตร

$$\text{ค่าวัสดุซ่อมบำรุงต่อช่างซ่อม 1คน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายวัสดุซ่อมบำรุงทั้งหมด}}{\text{จำนวนช่างซ่อมทั้งหมด}} \qquad (4.3)$$

6. อัตราส่วนงานที่มีแผน อัตราส่วนนี้แสดงถึงปริมาณของงานบำรุงรักษาที่วางแผนล่วงหน้า ซึ่งถ้ามีปริมาณมากๆ จะแสดงถึงประสิทธิภาพในการบำรุงรักษามากขึ้น ซึ่งจะหาได้จากสูตร

$$\text{อัตราส่วนงานที่มีแผน} = \frac{\text{จำนวนคน—ชั่วโมงของงานที่มีแผน}}{\text{จำนวนคน—ชั่วโมงของการบำรุงรักษาทั้งหมด}} \qquad (4.4)$$

7. อัตราส่วนงานที่มีแผนปฏิบัติจริง ในการวางแผนบำรุงรักษาล่วงหน้า บางครั้งไม่สามารถปฏิบัติจริงได้หมดตามแผน เนื่องจากสาเหตุต่างๆ แต่ที่สำคัญคือ มักจะมีงานซ่อมฉุกเฉินมากเกินไป อัตราส่วนนี้จึงแสดงถึงประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานตามแผนที่วางไว้ด้วยว่ามากน้อยเพียงใด จากหาได้จากสูตร

$$\text{อัตราส่วนมีแผนปฏิบัติงานจริง} = \frac{\text{จำนวนคน—ชั่วโมงของงานมีแผนที่ทำจริง}}{\text{จำนวนคน—ชั่วโมงของงานที่วางแผนไว้}} \qquad (4.5)$$

8. อัตราส่วนการใช้สารหล่อลื่นเครื่องจักรที่ได้รับการดูแลรักษาที่ดี เนื่องจากเป็นที่ทราบกันว่าควรจะใช้สารหล่อลื่นให้เหมาะสมตามแผนการเปลี่ยนถ่ายสารหล่อลื่นตามระยะเวลา ดังนั้นผลการปฏิบัติงานบำรุงรักษาโดยทางอ้อมอาจแสดงได้ด้วยอัตราส่วนนี้ หากมากขึ้นอาจแสดงว่าผลงานบำรุงรักษามีแนวโน้มที่ลดประสิทธิภาพลงคือหมายความว่ามีการเปลี่ยนถ่ายสารหล่อลื่นทิ้งมากเกินไป จะหาได้จากสูตร

$$\text{อัตราส่วนการใช้สารหล่อลื่น} = \frac{\text{มูลค่าของสารหล่อลื่นที่ใช้ต่อปี}}{\text{ชั่วโมงเดินเครื่องทั้งหมดของปี}} \qquad (4.6)$$

9. อัตราส่วนการชำรุดเนื่องจากขาดสารหล่อลื่น การบำรุงรักษาที่ดีนั้นการดูแลสารหล่อลื่นที่ใช้เป็นภาระสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งแสดงถึงความเอาใจใส่งานหล่อลื่นชิ้นส่วนเครื่องจักรดี การชำรุดเนื่องจากขาดสารหล่อลื่นย่อมจะน้อยลง อัตราส่วนนี้หาได้จากสูตร

$$\text{อัตราการชำรุดเนื่องจากการสารหล่อลื่น} = \frac{\text{จำนวนครั้งของการชำรุดจากการขาดสารหล่อลื่น}}{\text{จำนวนครั้งของการชำรุดทั้งหมด}} \qquad (4.7)$$

4.2 ดัชนีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

เป้าหมายประการหนึ่งในการดำเนินงานทั่วๆ ไปคือ การดำเนินงานให้เสียค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนต่ำที่สุด ดังนั้นการพิจารณาถึงผลการปฏิบัติงานของฝ่ายซ่อมบำรุง ซึ่งอาจคิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อหน่วยต่างๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณงานซ่อมบำรุง โดยทั่วไปนิยมคิดเทียบกับปริมาณการผลิต เวลาเดินเครื่อง ปริมาณไฟฟ้า และต้นทุนการผลิต ดังนั้นดัชนีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงจึงประกอบด้วย

1. ค่าซ่อมบำรุงต่อหน่วยผลิตภัณฑ์
2. ค่าซ่อมบำรุงต่อเวลาเดินเครื่อง
3. ค่าซ่อมบำรุงต่อปริมาณไฟฟ้าที่ใช้
4. ดัชนีการซ่อมบำรุงต่อต้นทุนการผลิต

ดัชนีค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ค่าซ่อมบำรุงต่อหน่วยผลิตภัณฑ์} = \frac{\text{ค่าซ่อมบำรุงทั้งหมดใน 1 ปี}}{\text{ปริมาณการผลิตทั้งหมดใน 1 ปี}} \frac{\text{บาท}}{\text{หน่วย}} \qquad (4.8)$$

$$\text{ค่าซ่อมบำรุงต่อเวลาเดินเครื่อง} = \frac{\text{ค่าซ่อมบำรุงทั้งหมดใน 1 ปี}}{\text{เวลาชั่วโมงเดินเครื่องทั้งหมดใน 1 ปี}} \frac{\text{บาท}}{\text{ชั่วโมง}} \qquad (4.9)$$

$$\text{ค่าซ่อมบำรุงต่อปริมาณไฟฟ้าที่ใช้} = \frac{\text{ค่าซ่อมบำรุงทั้งหมดใน 1 ปี}}{\text{จำนวนกิโลวัตต์–ชั่วโมงที่ใช้ทั้งหมดใน 1 ปี}} \frac{\text{บาท}}{Kwatt-hr} \qquad (4.10)$$

$$\text{ดัชนีการซ่อมบำรุงต่อต้นทุนการผลิต} = \frac{\text{ค่าซ่อมบำรุงทั้งหมดใน 1 ปี}}{\text{ต้นทุนการผลิตทั้งหมดใน 1 ปี}} \qquad (4.11)$$

ดัชนีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงข้างต้นหากมีแนวโน้มที่ลดลงก็อาจแสดงถึงผลการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากการปฏิบัติงานด้านซ่อมบำรุงเป็นการปฏิบัติงานซึ่งตอบสนองความต้องการของงานด้านการผลิตเป็นส่วนใหญ่ ดัชนีอัตราส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุมผลการปฏิบัติงานซึ่งแสดงไว้นี้เป็นเพียงสิ่งที่จะช่วยควบคุมทางอ้อมเท่านั้น แนวโน้มอัตราส่วนต่างๆ มีค่าน้อยลง จึงไม่ได้หมายความว่าผลการปฏิบัติงานจะดีขึ้นเสมอไป การควบคุมงานด้านซ่อมบำรุง จำเป็นต้องพิจารณาข้อเท็จจริงด้านอื่นๆ ประกอบด้วย

โดยทั่วไปค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณงาน แต่ทางตรงกันข้ามยิ่งมีการบำรุงรักษามากเท่าใด ความสูญเสียจากการชำรุดและค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมก็น้อยลง ดังนั้นเมื่อคิดค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่าย 2 อย่างนี้รวมกันแล้ว ก็จะเห็นว่ามีปริมาณงานบำรุงรักษาที่เหมาะสมอยู่ระดับหนึ่ง หากดำเนินการบำรุงรักษามากเกินไปหรือน้อยเกินไปก็จะเป็นการสิ้นเปลืองเช่นกัน

4.3 การประเมินสมรรถนะของส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักร

การประเมินสมรรถนะของส่วนประกอบต่างๆในเครื่องจักรสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 เหตุขัดข้องของข้อต่อเลื่อน และวิธีแก้ไข(พูลพร, 2538)

ระดับของเหตุขัดข้องและสภาพ	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
1.บริเวณฟันของข้อต่อ (1) แตกร้าว (โดยเฉพาะบริเวณโค้งงอ) (2) การสึกหรอบริเวณหน้าสัมผัสเลื่อน	a.ความแข็งแรงไม่เพียงพอ, รูปลักษณะไม่เหมาะสม	● เพิ่มความแข็งแรงของวัสดุ, เพิ่มค่า R (รัศมี) ที่บริเวณมุม
	a.การหล่อลื่นไม่เหมาะสม	● พิจารณาแก้ไขปริมาณหล่อลื่นและความถี่ในการเติม ● ปรับปรุงวิธีการหล่อลื่น ● ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติหรือชนิดของน้ำมันหล่อลื่น เช่น เพิ่มความหนืด, ความเข้มข้น ● เปลี่ยนวัสดุที่มีความทนทานต่อการขัดสีหรือทำอบชุบโลหะ

ระดับของเหตุขัดข้องและสภาพ	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
2.โลหะบริเวณข้อต่อเลื่อน (1)แตกร้าว	a.ความแข็งแรงไม่เพียงพอ	● เพิ่มความแข็งแรงของวัสดุ (โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพิ่มคุณสมบัติความทนทานต่อแรงกระแทก)
	b.ช่องว่างบริเวณข้อต่อเลื่อน ฟันของข้อต่อหรือส่วนที่ต่อกับลูกรีดขยายตัวขึ้น	● ควบคุมการสึกหรอตามบริเวณต่างๆ ให้เหมาะสมหรือควบคุมช่องว่างต่างๆ
(2)การสึกหรอผิดปกติ	a.การหล่อลื่นไม่เหมาะสม	● พิจารณาแก้ไขปริมาณและความถี่ในการเติมน้ำมันหล่อลื่นหรือวิธีการหล่อลื่น ตลอดจนปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น
	b.การเกิดสนิมหรือน้ำเข้า	● ป้องกันน้ำหรือสนิมโดยปรับปรุงส่วนที่ครอบหุ้มให้ดี
(3)เกิดความร้อนหรือไหม้ (มักเกิดหลังการถอดเปลี่ยนไม่นานนัก)	a.การหล่อลื่นไม่เหมาะสม b.การสัมผัสของข้อต่อไม่เพียงพอ	● แก้ไขตามที่ระบุไว้ข้างบน ● ปรับปรุงส่วนที่สัมผัสหรือ ความแม่นยำของส่วนสัมผัสให้ถูกต้อง

ตารางที่ 4.2 เหตุขัดข้องของข้อต่อเฟืองและวิธีแก้ไข(พูลพร, 2538)

สภาพของเหตุขัดข้อง	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
การสั่นสะเทือนของเพลาหมุน	(1) การสวมที่เพลา	ตรวจดูรอยร้าวที่ฟันเฟืองหรือการสึกหรอต่างๆ ถอดเปลี่ยนสิ่งที่สึกหรอหรือมีรอยร้าว
	(2) ส่วนต่อกับเพลาลูกรีดเกิดการสึกหรอ(ส่วนเป็นกลีบหยัก)	เปลี่ยนใช้วัสดุที่ทนทานต่อการขัดสีหรือทำการชุบแข็งพื้นผิว
	(3) สมดุลของการหมุนไม่ดี (เกิดการแกร่ง)	ปรับแก้การสมดุลย์สถิตย์หรือการสมดุลขณะหยุดนิ่ง

สภาพของเหตุขัดข้อง	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
การเกิดรอยบกพร่องบริเวณฟัน		
(1) เกิดการสึกหรอเป็นหลุมเป็นบ่อ	(1) ความแข็งแรงที่ผิวของฟันไม่เหมาะสม จุดสัมผัสของฟันไม่ดีพอ	เพิ่มความต้านทานต่อแรงกดดันที่ผิวของฟัน (ทำการอบชุบโลหะ) หรือชุบพื้นผิวเพิ่มขนาด R เพิ่มความแม่นยำในการฟันเฟืองให้ดีขึ้น
(2) รอยแตกร้าว	(2)ความทนทานการดัดงอของฟันไม่ดีพอ	เพิ่มความแข็งแรงของวัสดุ, แก้ไขการตกแต่งบริเวณฟัน (เพิ่มจำนวนฟันหรือปรับรูปแบบของฟัน)
(3) การสึกหรอผิดปกติ	(3) น้ำมันหล่อลื่นไม่เพียงพอ	ตรวจเติมน้ำมันตามช่วงเวลา (พิจารณาปริมาณน้ำมันหล่อลื่นที่เติมตามช่วงระยะเวลาว่าเหมาะสมหรือไม่) ปรับปรุงใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีลักษณะสมบัติการอัดดันและการไหลตัวที่ดี
	(4) น้ำมันหล่อลื่นเกิดการรั่วไหลหรือไหลไม่เหมาะสม	เพิ่มความแข็งแรงของซีลน้ำมัน (ในซีล 1 ชั้น) ในซีลที่ไม่กระเด็นหลุดเมื่อเกิดแรง หนีศูนย์กลางเปลี่ยนคุณสมบัติของน้ำมัน (เพิ่มความหนืดความเข้มข้น)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างข้อยุ่งยากของข้อต่อสากลและวิธีแก้ไข(พูลพร, 2538)

สภาพของการขัดข้อง	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
การสั่นสะเทือนของเพลาหมุน	(1) การถอดเปลี่ยนไม่ดี	ทำการถอดเปลี่ยนโดยปรับให้สอดคล้องกับเงื่อนไข 3 ประการ
	(2) การสมดุลย์ไม่ดี	ก้อนน้ำหนักถ่วงสมดุลตกหล่นไป (เมื่อนำเข้ามาใช้นั้นมักจะมีน้ำหนักถ่วงสมดุลย์เสมอถ้าไม่มีจะทำให้สมดุลย์ไม่ดี)
	(3) การสึกหรอบริเวณSpline	เปลี่ยนใช้บุชชนิดที่ทนทานต่อการสึกหรอ
	(4) การสึกหรอของ Fitting yoke (โดนเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณรูเล็กๆ)	เปลี่ยนใช้วัสดุที่ทนทานต่อการสึกหรอ หรือทำการชุบแข็งพื้นผิว เปลี่ยนใช้แบบ liner
เกิดรอยบกพร่องบริเวณกากบาท	(1) ความทนทานต่อแรงอัดของผิวไม่เพียงพอ	เพิ่มรัศมีบริเวณโค้งงอให้โตขึ้น ปรับปรุงการทำการอบชุบโลหะเพิ่มความแข็งของเพลา
	(2)เกิดแตกร้าวบริเวณแบร์ริ่ง	ถ้าเกิดจากการหลวมตัวของโบลท์ให้ขันกลับให้แน่น หรือมิฉะนั้นให้เปลี่ยนรูปร่างเพื่อเพิ่มความแข็งแรงขึ้น
เกิดการสึกหรอผิดปกติตามบริเวณต่างๆ เช่นบริเวณกากบาท	(1) การหล่อลื่นไม่เพียงพอ	ดำเนินการหล่อลื่นตามระยะเวลา ปรับใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีการไหลอัดตัวได้ดี
	(2) เกิดการรั่วซึมของน้ำมันหล่อลื่นหรือไหลไม่เหมาะสม	เพิ่มความแข็งแรงของซีลน้ำมันใช้แบบที่ไม่กระเด็นหลุดเมื่อเกิดแรงหนีศูนย์กลาง ปรับปรุงใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีคุณสมบัติดีขึ้น (เพิ่มความหนืดความเข้มข้น)

สรุปท้ายบท

บทนี้นำเสนอดัชนีการวัดและประเมินผลสมรรถนะของการบำรุงรักษา โดยการใช้ดัชนีการบำรุงรักษาทั่วๆ ไป เช่น การอัตราส่วนความถี่ของการชำรุดฉุกเฉิน และอัตราส่วนเวลาการชำรุดฉุกเฉิน เป็นต้น และดัชนีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา เช่น ค่าซ่อมบำรุงต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ค่าซ่อมบำรุงต่อเวลาเดินเครื่อง และค่าซ่อมบำรุงต่อปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ เป็นต้น ซึ่งค่าดัชนีเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในการประเมินผลการทำงานของพนักงานในแผนกบำรุงรักษาได้ นอกจากนั้นการประเมินสมรรถนะของส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักร เพื่อใช้ในการวางแผนซ่อมแซมและบำรุงรักษาเมื่อส่วนประกอบต่างๆของเครื่องจักรเกิดการขัดข้อง ยังจะนำไปสู่การบำรุงรักษาให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งบทนี้จะเป็นพื้นฐานในการวางแผนและควบคุมกิจกรรมการบำรุงรักษาในบทที่ 5 ต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำถามท้ายบท

1. ดัชนีวัดผลงานบำรุงรักษาแบ่งได้กี่ประเภท มีอะไรบ้าง?

2. จงอภิปรายค่าดัชนีวัดผลแต่ละประเภทมีผลอย่างไรต่องานบำรุงรักษา?

3. จงแสดงตัวอย่างการนำค่าดัชนีวัดในแต่ละประเภทไปใช้ในการบริหารงานบำรุงรักษา?

4. ค่าดัชนีวัดผลในงานบำรุงรักษาสามารถนำมาประยุกต์การวางแผนจัดการแผนกบำรุงรักษาได้อย่างไร?

5. ค่าดัชนีวัดผลในงานบำรุงรักษาใดบ้างที่สามารถใช้ในการปรับขึ้นเงินเดือนพนักงาน?

6. ค่าดัชนีวัดผลในงานบำรุงรักษาใดบ้างที่ผู้บริหารควรให้ความสนใจ เพราะเหตุใด?

7. ค่าซ่อมบำรุงต่อหน่วยผลิตภัณฑ์แตกต่างกับค่าซ่อมบำรุงต่อเวลาเดินเครื่องอย่างไร?

8. การวัดประสิทธิภาพการใช้วัสดุสิ้นเปลืองของพนักงาน สามารถวัดได้ด้วยดัชนีค่าใด?

9. การวัดประสิทธิภาพของแผนกบำรุงรักษาสามารถวัดเป็นตัวเงินได้หรือไม่ เพราะเหตุใด?

10. เหตุการการวัดประสิทธิภาพของแผนกบำรุงรักษาสามารถวัดเป็นตัวเงินได้ยาก?

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5

การวางแผนและการควบคุมกิจกรรมการบำรุงรักษา
(Planning and Controlling Maintenance Activities)

วัตถุประสงค์

นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและความสามารถในเรื่องดังต่อไปนี้

1. แยกประเภทงานบำรุงรักษา เพื่อกำหนดแนวทางการบำรุงรักษาได้
2. อธิบายองค์ประกอบหลักที่จะทำให้ประสบผลสำเร็จในการบริหารโครงการ
3. วางแผนงานบำรุงรักษา และออกแบบกิจกรรมเพื่อควบคุมงานบำรุงรักษาได้
4. อธิบายระบบงานบำรุงรักษาได้

การบริหารจัดการงานบำรุงรักษาที่เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจำเป็นต้องมีการวางแผนการทำงานที่รัดกุมเหมาะสม และสามารถควบคุมกิจกรรมการบำรุงรักษาให้เป็นไปตามแผนงานได้ ซึ่งการวางแผนการทำงานในหน่วยบำรุงรักษาอาจประยุกต์การกำหนดเครื่องจักรในการควบคุมและตรวจสอบ (ปานฤทัย และปภากร, 2554) ในบทนี้รวบรวมวัตถุประสงค์ของการควบคุมงานบำรุงรักษา แนวทางของการควบคุมงานบำรุงรักษา องค์ประกอบของการบำรุงรักษา แผนการบำรุงรักษา การวางแผนและควบคุมงานบำรุงรักษา ระบบบริหารงานบำรุงรักษา

5.1 วัตถุประสงค์ของการควบคุมงานบำรุงรักษา

เนื่องจากกิจกรรมบำรุงรักษามีจุดเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นการออกแบบ หรือออกข้อกำหนดในการสั่งซื้อเครื่องจักร และต้องดำเนินการต่อเนื่องกันเรื่อยไปจนกระทั่งสิ้นอายุการใช้ของเครื่องจักรนั้นๆ วัตถุประสงค์ของการควบ คุมงานบำรุงรักษาจึงสามารถให้คำจำกัดความได้ว่า

"การควบคุมการบำรุงรักษาเป็นความพยายามในอันที่จะลดค่าใช้จ่ายด้านเงินลงทุนในการออกแบบ สร้าง หรือสั่งซื้อเครื่องจักรตลอดจนการลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและการเดินเครื่องจักรเพื่อการผลิตลงให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ทั้งนี้การดำเนินการดังกล่าวจะต้องอยู่ภายใต้ข้อกำหนดทางคุณภาพและปริมาณของผลผลิต" (ธานี, 2546)

ในการควบคุมงานบำรุงรักษา มีปัจจัยต่างๆ ที่กระทบต่อการดำเนินดังต่อไปนี้

1 หลักการในการบริหารงานขององค์กร

2 ระบบการวางแผนงานและควบคุมงานในองค์กร

3 ระบบการจัดหาและจัดเก็บชิ้นอะไหล่

4 โรงซ่อมและคลังเก็บวัสดุ

5 อุปกรณ์บำรุงรักษา เช่น เครื่องกลึง เครื่องไส และเครื่องมืออื่นๆ

จะเห็นได้โดยชัดเจนว่า ปัจจัยดังกล่าวเป็นส่วนที่ทำให้บริการบำรุงรักษาดีหรือไม่เพียงใด ดังนั้นก่อนที่จะวางระบบควบคุมงานบำรุงรักษา จึงต้องพิจารณาแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากปัจจัยเหล่านี้เสียก่อน

5.2 แนวทางของการควบคุมงานบำรุงรักษา

แนวทางของการควบคุมงานอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

1. **ประเภทที่หนึ่ง**

การควบคุมและใช้ประโยชน์ของทรัพยากรการบำรุงรักษาที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพ ทรัพยากรเหล่านี้ได้แก่ พนักงานบำรุงรักษา เครื่องมือและอุปกรณ์บำรุงรักษา วัสดุบำรุงรักษาและอะไหล่

2. **ประเภทที่สอง**

การควบคุมการใช้งานเครื่องจักรให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ในขณะที่ ค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นจะต้องน้อยที่สุด ดังนั้น การควบคุมประเภทนี้จึงเป็นการควบคุมที่จะให้เครื่องจักรมีความพร้อมที่จะทำการผลิตได้สูงที่สุด และเพื่อที่จะไม่ให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นในการบำรุงรักษาการควบคุมจึงมุ่งสู่หัวข้อต่อไปนี้

1. การซื้อเครื่องมือเครื่องจักรที่มีความเชื่อถือได้สูง มีความแข็งแรงทนทาน ติดตั้งและบำรุงรักษาได้ง่าย
2. การออกแบบ ดัดแปลง ปรับปรุง ใช้งานเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
3. โครงสร้างของระบบการบำรุงรักษา โดยเฉพาะการเน้นหนักไปในด้านการบำรุงรักษาป้องกัน
4. ปรัชญาการบำรุงรักษาของกิจการ

5. ผลการปฏิบัติการบำรุงรักษา

ความแตกต่างระหว่างแนวทางทั้ง 2 ประเภทนี้ คือ ประเภทที่หนึ่ง เป็นการควบคุมทรัพยากรและไม่มีการเน้นหนักทางการวิเคราะห์มากนัก นอกจากเรื่องการควบคุมอะไหล่ แต่ประเภทที่สอง เป็นการควบคุมที่ต้องการข้อมูลจากอดีตเป็นอย่างมาก และในเวลาเดียวกันการปฏิบัติงานปัจจุบันก็ทำให้เกิดข้อมูลสำหรับอนาคตด้วย การวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวจะสามารถสร้างแนวทางในการดำเนินงานใหม่ๆขึ้นได้โดยเหมาะสมและถูกต้อง

5.3 องค์ประกอบการควบคุมงานบำรุงรักษา

การดำเนินงานบำรุงรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นจะต้องประกอบด้วยกิจกรรมหลักดังต่อไปนี้

1. ระบบการแจ้งเหตุความเสียหาย
2. การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า
3. การแก้ปัญหาที่สาเหตุ
4. การเขียนรายงานความเสียหาย

5.3.1 ระบบการแจ้งเหตุความเสียหาย

เราคงเคยพบเห็นเหตุการณ์ที่เครื่องเสีย แต่ไม่สามารถแจ้งช่างได้เนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่น ช่างไม่อยู่ช่างไม่ว่าง จะทำให้ไม่มีความกระตือรือร้นที่จะแจ้งเหตุ กับอีกกรณีหนึ่งที่สามารถแจ้งช่างได้ แต่ผู้แจ้งไม่สามารถให้รายละเอียดของความเสียหายได้ ทำให้ช่างมาดูที่เกิดเหตุโดยไม่เตรียมอะไรมาเลย ต้องเดินกลับไปกลับมาอีกหลายรอบระหว่างเครื่องจักรกับห้องเครื่องมือ และกว่าช่างจะลงมือแก้ไข ต้องเสียเวลาการทำงานอย่างมาก เหตุการณ์ทั้งหมดที่กล่าวมาล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้การหยุดเครื่องกินเวลานาน กว่าจะได้เริ่มลงมือซ่อมและในที่สุดก็จะส่งผลให้การบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องทั้งกระบวนการต้องใช้เวลานาน ดังนั้น ระบบการแจ้งเหตุความเสียหายจึงควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

- มีความรวดเร็วในการแจ้งเหตุ
- มีข้อมูลข่าวสารที่เป็นประโยชน์ต่อการเตรียมตัวของช่างซ่อมบำรุง
- มีรายละเอียดความเสียหายครบถ้วน

ทั้งนี้พนักงานผู้ใช้เครื่องซึ่งเป็นผู้แจ้งเหตุต้องได้รับการฝึกอบรมในการวิเคราะห์ความเสียหายเบื้องต้นว่าการเสียของเครื่องมีลักษณะอาการเป็นอย่างไร เป็นความบกพร่องที่ชิ้นส่วนใด เป็นต้น

5.3.2 การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า

การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า หมายถึง ทำอย่างไรให้เครื่องจักรกลับมาใช้งานได้เร็วที่สุด เช่น สายพานขาดก็ต้องเปลี่ยนสายพาน ยังไม่ต้องหาสาเหตุการเสียตั้งแต่ตอนนั้น เฟืองแตก โซ่ขาด ก็เปลี่ยนโซ่ เปลี่ยนเฟือง โดยยังไม่ต้องหาสาเหตุว่าขาดเพราะอะไร ทั้งนี้เพราะต้องการให้เครื่องจักรกลับมาเดินได้ตามปกติก่อนเป็นอันแรก ต้องมีการเตรียมเครื่องไม้ เครื่องมือ อะไหล่ และคู่มือให้พร้อมปฏิบัติงานอยู่เสมอ

5.3.3การแก้ปัญหาที่สาเหตุ

การแก้ปัญหาเฉพาะหน้าเพื่อให้เครื่องจักรกลับมาใช้งานได้อย่างรวดเร็วที่สุดเพียงแค่นั้นยังไม่ถือว่าเป็นการบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องที่สมบูรณ์ แต่ยังต้องทำการหาสาเหตุที่แท้จริงเพื่อการแก้ไขให้ถูกจุด และหาแนวทางป้องกันต่อไป อย่างไรก็ตามในกรณีที่ยังไม่รู้สาเหตุที่แท้จริง การแก้ปัญหาเฉพาะหน้าก็ยังเป็นทางออกที่ดีที่สุด การหาสาเหตุที่แท้จริงคงต้องมีเครื่องมืออื่นเข้ามาช่วย เช่น เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7QC Tools) เพื่อใช้วิเคราะห์หาสาเหตุจากวิธีการทำงาน ผู้ปฏิบัติงานตัวเครื่องจักรเอง วัตถุดิบที่ใช้ และสภาพแวดล้อม ไปจนถึงการวิเคราะห์เงื่อนไขในการใช้งานด้วยหลักการ P-M (Predictive Maintenance)

5.3.4การเขียนรายงานความเสียหาย

การเขียนรายงานความเสียหายเปรียบเสมือนการสังเกตการณ์รักษาผู้ป่วยตามโรงพยาบาลต่างๆ ที่ต้องมีการเก็บประวัติผู้ป่วย เพื่อให้การรักษาในครั้งต่อไปรวดเร็วขึ้นและมีโอกาสผิดพลาดน้อย อีกทั้งยังใช้ในการเก็บสถิติด้านต่างๆ ได้อีกด้วย การซ่อมแซมเครื่องจักรก็เช่นเดียวกัน ต้องมีการเก็บประวัติการซ่อมทุกครั้งในลักษณะของการเขียนรายงานที่ต้องบอกอาการที่เสีย สาเหตุที่เสีย วิธีการแก้ไข เวลามาตรฐานที่ใช้ในการแก้ไข อะไหล่ที่ใช้ ผู้ที่ทำการแก้ไข เป็นต้น

การเขียนรายงานความเสียหายในแต่ละครั้งต้องนำมารวมกันเพื่อใช้ในการพยากรณ์เวลาในการเสียหายครั้งต่อไปหรือประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา หรือที่เรียกว่า การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) หรือการบำรุงรักษาตามสภาพ (Edition-base Maintenance) ตัวอย่างใบรายงานความเสียหายแสดงในรูปที่ 5.1

ใบรายงานความเสียหาย

ภาพความเสียหาย

หมายเลขเครื่องจักร.....

วัน เวลา ที่เครื่องจักรเสียหาย...../...../.....

วัน เวลา ที่ใช้ได้ตามปกติ...../...../.....

อาการที่เสีย..... ระบบ ○ ส่งกำลัง ○ นิวเมติกซ์ ○ ไฟฟ้า ○ ไฮดรอลิกส์ ○ อื่นๆ.....

สาเหตุที่เสีย

.....

.....

.....

การแก้ไข

.....

.....

.....

รายการอะไหล่ที่ใช้

1.....

2.....

3.....

เวลาที่ใช้ในการแก้ไข.....นาที :ชั่วโมง

ข้อควรระวัง

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

ผู้เขียนรายงาน

รูปที่ 5.1 ตัวอย่างใบรายงานความเสียหาย (ธานี, 2546)

5.4 แผนการบำรุงรักษาคืออะไร

การจะทำให้เครื่องจักรอุปกรณ์ทำงานในสภาพปกติอยู่เสมอนั้น จำเป็นต้องมีกิจกรรมการบำรุงรักษา เช่น การซ่อมแซมเครื่องจักรอุปกรณ์ การเปลี่ยนชิ้นส่วน การจัดเตรียมชิ้นส่วนให้พร้อม

กิจกรรมการบำรุงรักษานี้ กระทำขึ้นจากแผนการซ่อม แผนการเปลี่ยนชิ้นส่วนและแผนการซื้ออุปกรณ์ ซึ่งมีพื้นฐานจากการตรวจและการตรวจซ่อมเครื่องจักรอุปกรณ์ และมาตรฐานการบำรุงรักษาแต่ละแบบ

แผนทั้งหมดเป็นหลักการกิจกรรมการบำรุงรักษานี้ เรียกว่า "แผนการบำรุงรักษา"ซึ่งประกอบไปด้วย แผนการจัดซื้ออุปกรณ์ชิ้นส่วนการเปลี่ยนชิ้นส่วนการจัดเตรียมชิ้นส่วนที่จะใช้ให้ครบตามต้องการ และแผนการก่อสร้างรายละเอียดการซ่อม จำนวนอะไหล่ที่จะใช้ ระยะเวลาที่จะดำเนินการ

หลักของแผนการบำรุงรักษา

1.ชิ้นส่วนเครื่องจักรอุปกรณ์ทั้งหมด ต้องได้รับการดูแลรักษา

2 .แม้จะไม่ใช่แผนที่ดีที่สุดตั้งแต่แรก ก็ควรวางแผนให้สอดคล้องกับเทคนิคความสามารถ (ประสบการณ์และไหวพริบ) ของพนักงานบำรุงรักษา

3.ติดตามผลการปฏิบัติ (สภาพขณะนั้น) ที่มาจากแผนแล้วตรวจสอบและแก้ไขแผนจากผลที่ได้นั้น

1) ระยะเวลาทำงานสั้นเกินไป ความผิดปกติแทบจะไม่พบ

2) ระยะเวลาทำงานยาวเกินไป มีปัญหามาก ปรับปรุงแก้ไข ระยะเวลาทำงานให้สั้น (ทั้งแบบวัสดุ รูปร่างขนาดและอื่นๆ)

3) ทำการระยะเวลาทำงานให้สั้น เป็นวิธีสุดท้ายที่หาทางอื่นไม่ได้แล้ว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.4.1 ความจำเป็นของแผนการบำรุงรักษา

ทุกสิ่งทุกอย่างจำเป็นต้องมีการวางแผนเพื่อควบคุมดูแล ดังเช่น ตารางเวลารถไฟ ถ้าแต่ละคนทำงานตามใจชอบ รถไฟจะมาถึงเมื่อไหร่ก็ไม่ทราบ อุบัติเหตุอาจเกิดขึ้น อัตราการหมุนเวียนของรถไฟจะเลวลง ทำให้เกิดความขาดแคลนเกิดความเสียหายมากขึ้น Zawawi ได้นำเสนอปัจจัยสำคัญในการางแผนการบำรุงรักษาเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ (Critical success factors, CSF) อันประกอบด้วย ด้านบริหาร ด้านเทคนิคการซ่อมบำรุง ด้านการกำหนดภาพพจน์ของหน่วยบำรุงรักษา (Zawawi *et al.*, 2011)

ในด้านกิจกรรมการบำรุงรักษาสำหรับวงการวิสาหกิจก็เช่นเดียวกัน แผนการบำรุงรักษาถูกกำหนดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ "ป้องกันความเสียหายของเครื่องจักร"

แผนการบำรุงรักษา คือ สิ่งที่เป็นพื้นฐานที่ทำให้กิจกรรมการผลิต ดำเนินไปด้วยดีโดยติดตามสภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์อยู่เป็นประจำ ซึ่งเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่าย การบำรุงรักษา บุคลากร (บำรุงรักษาซ่อม) วัสดุ (ชิ้นส่วนของสึกหรอ) เข้ากับเครื่องจักรอุปกรณ์ และทำแผนการกิจกรรมบำรุงรักษา วางมาตรฐานและเพิ่มประสิทธิภาพ ความดีและไม่ดีของแผนการบำรุงรักษา จะเป็นสิ่งกำหนดระดับของกิจกรรมการบำรุงรักษา

การประเมินผลระดับของกิจกรรมการบำรุงรักษา

1) เวลาเครื่องเสียนานเท่าไหร่
2) ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเท่าไหร่
3) แผนการซ่อม (สัปดาห์ เดือน ปี) และช่างซ่อมมีเท่าไหร่
4) สำรองวัสดุ (ของในคลังอะไหล่) เก็บอย่างไรและมีจำนวนเท่าไหร่
5) จำนวนผลิต ระดับคุณภาพ เป็นอย่างไร
6) ระดับการวางมาตรฐานของงานบำรุงรักษาเป็นอย่างไร
7) ระดับมาตรฐานความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างไร

5.4.2 วิธีวางแผนการบำรุงรักษา

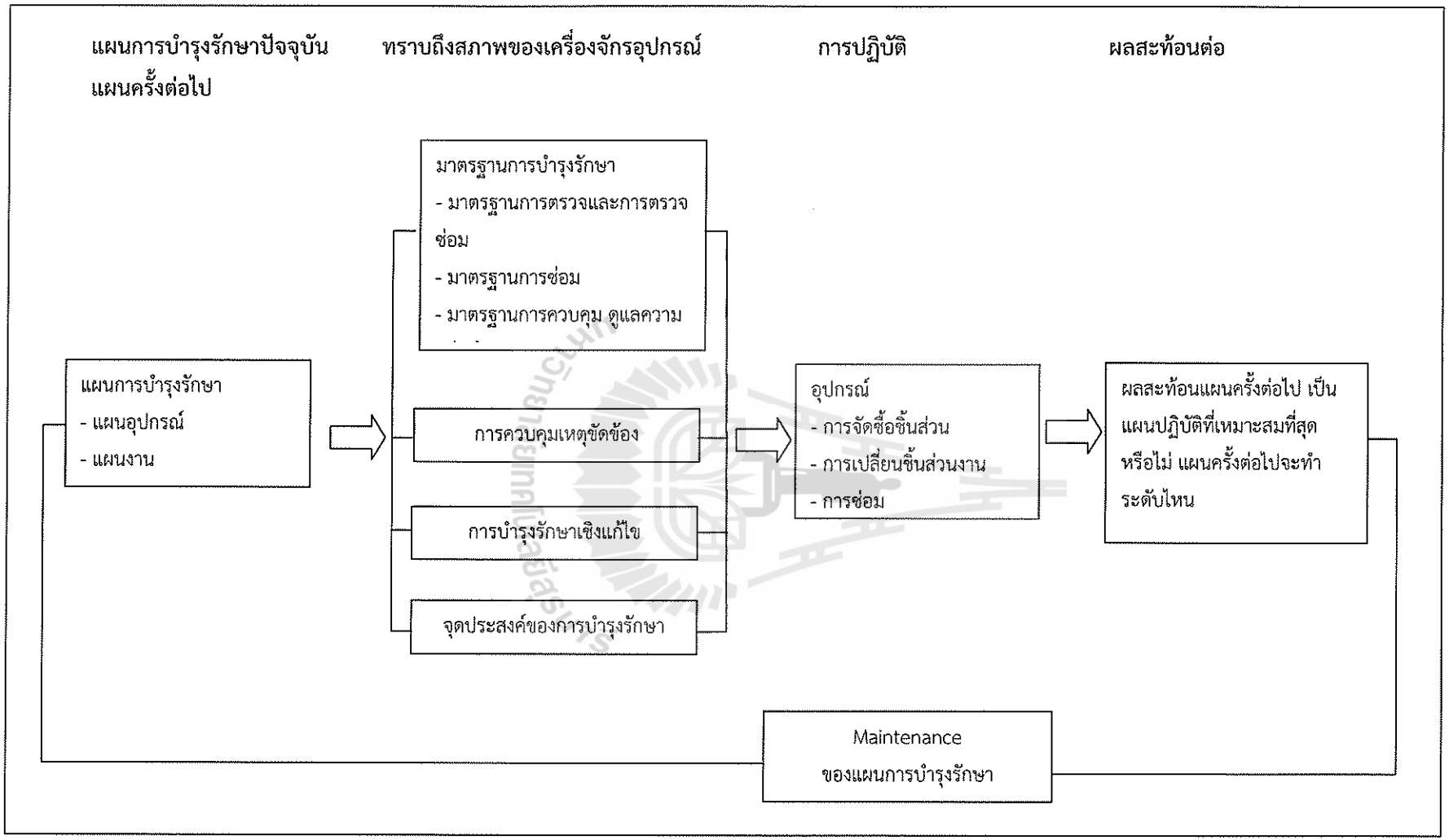
แผนการบำรุงรักษานั้น ไม่ใช่กำหนดกันขึ้นอย่างขอไปที จะต้องเป็น “แนวทางของกิจกรรมการบำรุงรักษา” ที่สนองวัตถุประสงค์ของวิสาหกิจอยู่เสมอ ยกตัวอย่างเช่น จำเป็นต้องมีความยืดหยุ่นสามารถสนองรับได้ทันทีกับความเปลี่ยนแปลงของปริมาณการผลิต ระดับคุณภาพและการลดลงของค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา โครงสร้างแผนการบำรุงรักษาแสดงในรูป 5.2

- ข้อควรคำนึงในการวางแผนการบำรุงรักษา

1) แบ่งแยกเครื่องจักรอุปกรณ์ตามลำดับความสำคัญ

แบ่งแยกลำดับความสำคัญของเครื่องจักรอุปกรณ์ทั้งหมดในโรงงาน โดยดูว่าเครื่องจักรแต่ละชนิดมีผลกระทบต่อการผลิต (จำนวนผลิต คุณภาพ) มากน้อยเพียงไร

จากตำแหน่งลำดับความสำคัญที่แยกได้ จะสามารถวางแผนเพิ่มประสิทธิภาพของงกิจกรรมการบำรุงรักษาได้ โดยแบ่งเป็นการบำรุงรักษาเชิงป้องกันหรือการบำรุงรักษาหลังเหตุขัดข้อง หรือว่าเปลี่ยนระยะเวลาช่วงของการตรวจและการตรวจซ่อมหรือเปลี่ยนวิธีการ



รูปที่ 5.2 โครงสร้างแผนการบำรุงรักษา (ธานี, 2546)

2) การกำหนดการเปลี่ยนแปลงช่วงระยะเวลาของการบำรุงรักษา

โดยทั่วไปช่วงระยะเวลาของการบำรุงรักษา จะยึดถือเวลาเดินเครื่องของโรงงาน ปริมาณการผลิต หรือปริมาณผลผลิตที่ออกมาเป็นแนวทางในการกำหนด

ตัวอย่าง 5.1 การเปลี่ยนแปลงของช่วงระยะเวลาการบำรุงรักษาจะเป็นอย่างไรภายใต้ระบบการทำงานและเงื่อนไขสภาพแวดล้อมของโรงงาน กำหนดให้พนักงานทำงานวันละ 8 ชั่วโมง เครื่องจักรมีประสิทธิภาพการผลิต 150 ชิ้นต่อชั่วโมง สมมุติให้การเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการผลิตเป็นผลิตเพิ่ม 20%

วิธีทำ ถ้าต้องการเพิ่มการผลิตเป็น 20% ระยะเวลาการผลิตจะเพิ่มขึ้นเป็น
8 ชั่วโมง x 1.2 = 9.6 ชั่วโมง

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาอัตราการเสีย จะเพิ่มเป็นสัดส่วนกับการเพิ่มของเวลาทำงาน

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจะเป็น 150 ชิ้น/ชั่วโมง x 1.2 = 180 ชิ้น/ชั่วโมง
ดังนั้น การกำหนดภาระงานของเครื่องจักรอุปกรณ์จะเพิ่มขึ้น การคำนึงด้านความแข็งแรงและการเสียของเครื่องจักรอุปกรณ์ย่อมต้องเพิ่มขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง ##

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- หน่วยของแผนการบำรุงรักษา

หน่วยงานของแผนการบำรุงรักษาคือ หน่วยที่ต้องการสำหรับการปฏิบัติการหรือหน่วยงานง่ายๆ ของการควบคุมดูแลและการวางมาตรฐานโดยทั่วไปจะเป็นดังนี้

หน่วยอุปกรณ์

ทำแผนงานเป็น หน่วยชิ้นส่วน (เกียร์ เพลา) ชุดอะไหล่ (เครื่องปรับความเร็ว ปั๊ม)

ตัวอย่างเช่นการกำหนดรหัสชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วน ให้สอดคล้องกับเลขที่ของแบบ (ประมาณ 500,000 ชิ้น)

หน่วยงาน

ทำแผนงานเป็นหน่วยตามการสั่งงาน หรือหน่วยงานรวม

ตัวอย่างเช่น ในงานที่ทำบ่อยๆ ให้บันทึกชื่องาน รายการ ชนิด จำนวนเงินและทำเป็นงานมาตรฐาน (ประมาณ 10,000 ชิ้น)

- **ชนิดของแผนการบำรุงรักษา**
  - การแบ่งตามระยะเวลา (ดูตารางแผนการบำรุงรักษา โดยการแบ่งตามระยะเวลา ประกอบ)

1) แผนการบำรุงรักษาระยะยาวรายปี

- วางแผนการบำรุงรักษาระยะยาวของเครื่องจักรอุปกรณ์ (โดยมีการประสานแผนการผลิต แผนเครื่องจักรอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา)

2) แผนการบำรุงรักษารายคาบสี่เดือน (ครึ่งปี)

- วางแผนปฏิบัติการบำรุงรักษาตามแนวของการบำรุงรักษารายปี (กำหนดวัน เดือน ของการซื้ออุปกรณ์และการซ่อม)

3) แผนการบำรุงรักษารายเดือน

- ดูผลสะท้อนที่ได้จากการตรวจซ่อมของแผนปฏิบัติตามการบำรุงรักษา (สภาพของจำนวนช่างซ่อม การจัดหาอะไหล่ เป็นต้น)

4) แผนงานรายสัปดาห์

- ควบคุมดูแลความก้าวหน้าของแผนปฏิบัติการ

5) แผนงานพิเศษ

- เป็นแผนงานขนาดใหญ่ ซึ่งต้องวางแผนประจำวันเป็นพิเศษเช่นเดียวกับการซ่อมประจำ การซ่อมใหญ่

- การแบ่งตามลักษณะเฉพาะ (ดูตารางแผนการบำรุงรักษาโดยการแบ่งตามลักษณะ ประกอบ)

1) ตารางแผนการบำรุงรักษาเฉพาะระบบโรงงาน (ตารางแผนการบำรุงรักษาเฉพาะเครื่องจักรอุปกรณ์พิเศษ)

เนื่องจากเป็นการทำแผนการบำรุงรักษาตามแต่ละงาน (แต่ละเครื่องจักรอุปกรณ์ โดยแบ่งโรงงานเป็นฝ่ายเตาอบ รีดหยาบ รีดขั้นสุดท้าย ขัดเกลา ดังนั้น ตารางแผนการบำรุงรักษาเฉพาะของผู้รับผิดชอบ จึงเป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางทั่วไป)

2) ตารางแผนการบำรุงรักษาเฉพาะชนิดของเครื่องจักรอุปกรณ์

- นิยมใช้สำหรับเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกัน เช่น เครน คอมเพรสเซอร์ และระบบท่อทาง สามารถวางแผนการบำรุงรักษาเป็นระบบตามกลุ่มชนิดของเครื่องจักรอุปกรณ์ได้

3) ตารางแผนการบำรุงรักษาเฉพาะวัสดุ

- เป็นตารางแผนการบำรุงรักษาเฉพาะวัสดุ (เฉพาะชิ้นส่วน) เช่น ลวดสลิง โดยทั่วไปเป็นตารางแผนบำรุงรักษาของวัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้แทนกันได้

4) ตารางแผนการบำรุงรักษาอุปกรณ์พิเศษ

- เนื่องจากทำรวมถึงการควบคุมดูแลประวัติของแต่ละอุปกรณ์ โดยทั่วไปนิยมใช้ในแผนการบำรุงรักษาอะไหล่สำคัญที่ซ่อมแซมใหม่ได้

- **รายละเอียดของตารางแผนการบำรุงรักษา**

ตารางแผนการบำรุงรักษา คือ การจำลองกิจกรรมการบำรุงรักษาบนโต๊ะทำงาน โดยคำนึงถึงเรื่องต่อไปนี้

1) สามารถตรวจสอบแผนในอนาคตได้ โดยใช้ข้อมูลจากอดีต

2) ข้อมูลในอดีต จะเขียนบนตารางแผนงาน

3) สามารถเปรียบเทียบกับแผนเครื่องจักรอุปกรณ์อื่นๆ ได้ง่าย

4) ไม่ใช่แต่เพียงกำหนดการ ผลลัพธ์เท่านั้น ต้องบันทึกเรื่องสำคัญไว้ด้วย

5) แผนอุปกรณ์ให้ทำแบบแยกชิ้นตามส่วน แผนงานให้ทำแบบแยกตามเครื่องจักรอุปกรณ์

ข้อความหลักที่ต้องบันทึกลงในตารางการบำรุงรักษา กรณีการทำแผนบำรุงรักษา เพื่อให้เป็นแผนหลักแผนมาตรฐาน ข้อความที่จำเป็นมีดังนี้

1) แผนอุปกรณ์

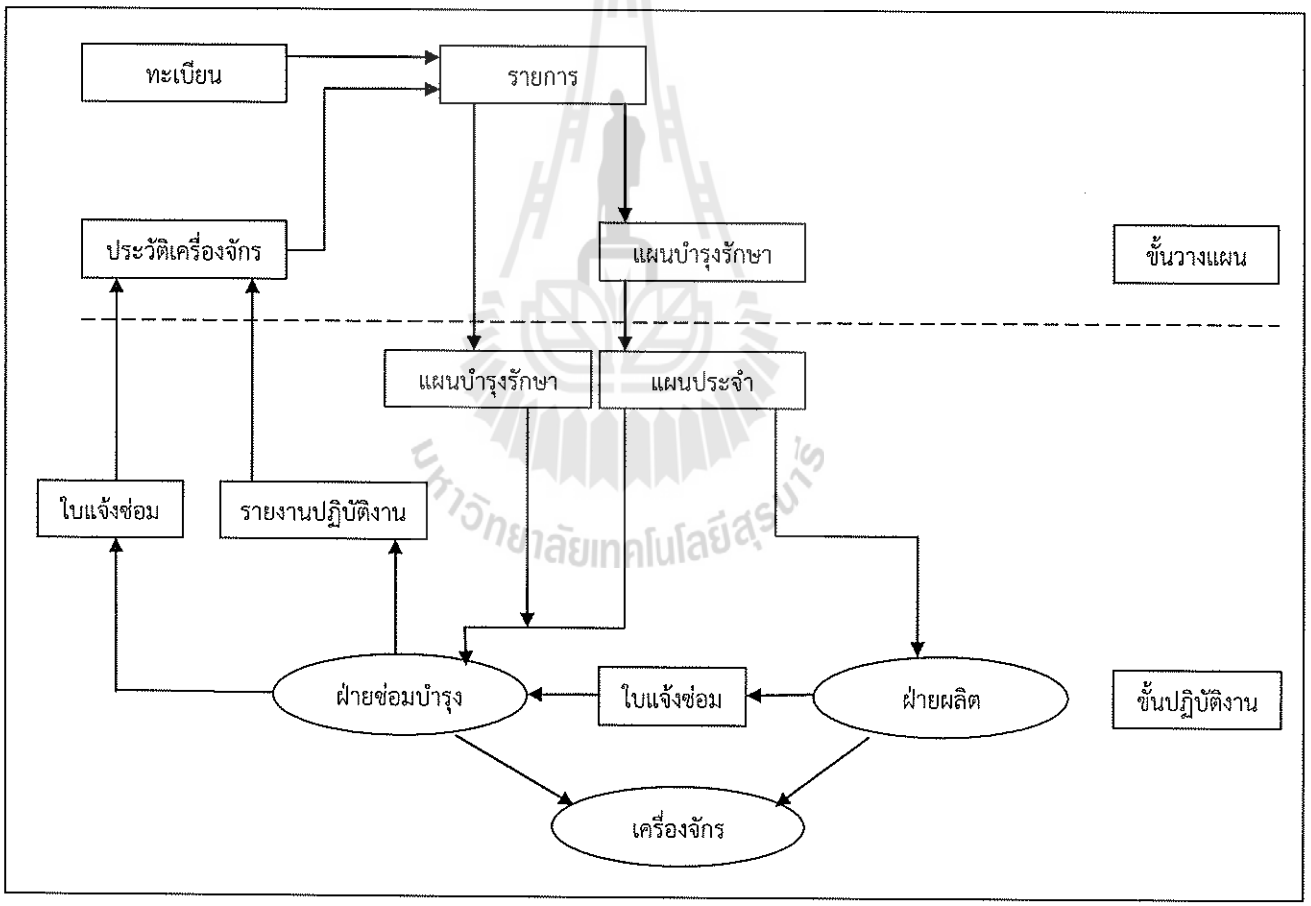
- ชิ้นส่วน จำนวนอุปกรณ์ ระยะเวลาการส่งของหลักค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ราคาต่อชิ้น ระยะเวลาจัดหา จำนวนอะไหล่ในคงคลังต่ำสุด ค่าวิกฤตในการสั่งอะไหล่

2) แผนงาน

- ชื่องานหลักในแต่ละช่วงเวลา จำนวนงาน ราคาต่อหน่วย เลขที่อะไหล่

5.5 การวางแผนและควบคุมงานบำรุงรักษา

ระบบวางแผนและควบคุมงานบำรุงรักษา สามารถแสดงขั้นตอนต่างๆ ได้ตามรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 ระบบวางแผนและควบคุมงานบำรุงรักษา (สุรพล, 2545)

ขั้นแรกในการวางแผนงานบำรุงรักษานั้นคือการกำหนดว่าสิ่งที่จะต้องได้รับการบำรุงรักษานั้นมีสิ่งใดบ้าง ในขั้นนี้จะเป็นการตระเตรียม **ทะเบียนเครื่องจักร (Facility register)** ซึ่งจะแสดงถึงรายการของเครื่องจักร อุปกรณ์ต่างๆ ที่มีอยู่

ขั้นต่อไปในการวางแผนคือการกำหนดวิธีการบำรุงรักษาเครื่องจักรแต่ละเครื่องว่าควรได้รับการบำรุงรักษาอย่างไร ซึ่งรวมถึงวิธีการบำรุงรักษา ตลอดจนช่วงระยะเวลาของการบำรุงรักษาอันสามารถกำหนดได้เป็น **รายการบำรุงรักษา (Maintenance schedule)**ของเครื่องจักรแต่ละเครื่องในรายการทะเบียนเครื่องจักร การกำหนดวิธีการปฏิบัติงานบำรุงรักษาแต่ละช่วงเวลานั้นอาจกำหนดขึ้นจากประสบการณ์ในการทำงาน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าระบบเอกสารในงานบำรุงรักษาเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะประสบการณ์ต่างๆ ในการทำงานบำรุงรักษาจะถูกบันทึกไว้ในเอกสารและโดยที่สภาพการทำงานผลิตในแต่ละโรงงานไม่เหมือนกัน จึงไม่สามารถกำหนดตารางบำรุงรักษาที่เป็นมาตรฐานทั่วๆ ไปได้ ประสบการณ์ในการบำรุงรักษาจึงเป็นสิ่งสำคัญ ในตอนแรกเริ่มปฏิบัติงานอาจมีปัญหาบ้างแต่เมื่อเวลาผ่านพ้นไประยะหนึ่งประสบการณ์ที่บันทึกไว้ **ประวัติเครื่องจักร (Plant history card)**จะช่วยให้การกำหนดตารางบำรุงรักษาถูกต้องมากยิ่งขึ้น

จากรายการบำรุงรักษา เราจะสามารถรวบรวมกำหนดเวลาที่ต้องทำงานบำรุงรักษาต่างๆ ของเครื่องจักรทั้งหมดออกมาเป็น **แผนการบำรุงรักษา** ซึ่งโดยปกติแผนการดังกล่าวจะเป็นแผนงานที่แสดงกำหนดเวลาของงานบำรุงรักษาต่างๆ มักจะไม่สามารถวางแผนการผลิตอย่างละเอียดล่วงหน้าเป็นปีได้ และแผนบำรุงรักษาจะต้องจัดทำให้สอดคล้องเข้ากับแผนการผลิต ดังนั้นแผนบำรุงรักษาจึงจำเป็นที่จะต้องมีความยืดหยุ่นต่อการดัดแปลงให้เหมาะกับแผนการผลิต โดยกำหนดเป็นแผนระยะสั้น อาจจะเป็น **แผนประจำสัปดาห์หรือแผนประจำเดือน** เพื่อให้เกิดความคล่องตัวมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้แล้วจากรายการบำรุงรักษา ผู้วางแผนงานบำรุงรักษาจะต้องแจ้งวิธีปฏิบัติงานบำรุงรักษาให้พนักงานบำรุงรักษาทราบทุกครั้งที่จะมีการนำไปปฏิบัติงาน จึงต้องมีการจัดทำใบสั่งงานบำรุงรักษาออกมาทุกๆ งานที่กำหนดขึ้นในแต่ละสัปดาห์ซึ่งจะเปรียบเสมือนใบสั่งงานให้ฝ่ายบำรุงรักษาปฏิบัติงานนั่นเอง เมื่อปฏิบัติงานบำรุงรักษาแล้ว พนักงานบำรุงรักษาจะต้องเขียนรายงานปฏิบัติงานนี้ส่งไปบันทึกรายละเอียดในประวัติเครื่องจักรต่อไป ทั้งนี้ส่วนนี้เป็นส่วนสำคัญในกระบวนการควบคุมการทำงานของระบบบำรุงรักษา

ในบางครั้งเป็นไปได้ที่ฝ่ายผลิตจะเป็นผู้ที่เห็นว่าควรมีการซ่อมบำรุงเครื่องจักรซึ่งจะเขียนเป็น **ใบแจ้งซ่อม** ไปให้ฝ่ายซ่อมบำรุงดำเนินการ ซึ่งเมื่อดำเนินการแล้วพนักงานซ่อมบำรุงก็จะส่งใบแจ้งซ่อม พร้อมทั้งรายงานใบบันทึกรายละเอียดของงานไว้ในประวัติเครื่องจักรเช่นกัน

จากรายละเอียดการปฏิบัติการซ่อมและบำรุงรักษาที่ได้บันทึกไว้ในประวัติเครื่องจักรนั้นเราจะสามารถใช้ข้อมูลต่างๆ มาทำการปรับปรุงยกระดับมาตรฐานการปฏิบัติงานบำรุงรักษารักษาได้ ตัวอย่างเช่นในกรณีที่มีงานซ่อมฉุกเฉินจากเครื่องจักรเครื่องใดมากๆ อาจเป็นไปได้เนื่องจากสาเหตุต่างๆ คือ

1. การบำรุงรักษาไม่เพียงพอ
2. การบำรุงรักษาผิดวิธี
3. วิธีการบำรุงรักษาไม่ได้มาตรฐาน
4. การใช้เครื่องจักรผิดวิธี
5. การออกแบบ/ประกอบหรือใช้วัสดุในการผลิตเครื่องจักรไม่เหมาะสม
6. สิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องจักร

ซึ่งอาจจะต้องทำให้เปลี่ยนแปลงกำหนดช่วงเวลาการบำรุงรักษาที่กำหนดไว้เดิมให้ถี่ขึ้นหรือปรับปรุงวิธีการบำรุงรักษาใหม่ หรืออาจเพิ่มการควบคุมดูแลการปฏิบัติงานของพนักงานให้เข้มงวดกว่าเดิมหรืออาจจะต้องออกแบบบางชิ้นส่วนใหม่ ปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงานใหม่เป็นการลดสาเหตุที่จะทำให้เครื่องจักรชำรุด หรือคนงานบาดเจ็บในระหว่างการทำงาน (เพิ่มศักดิ์และคณะ, 2554) เป็นต้น

ระบบการวางแผนการบำรุงรักษานี้อาจจะเห็นว่าเป็นระบบที่ค่อนข้างยุ่งยาก แต่ความเป็นจริงแล้วจะแบ่งเป็น 2 ส่วนด้วยกันเป็นขั้นวางแผนและขั้นปฏิบัติงาน ซึ่งในขั้นปฏิบัติงานนั้นมีแบบฟอร์มเพียง 2 อย่าง คือ ใบแจ้งซ่อมและใบรายการปฏิบัติงานการบำรุงรักษาเท่านั้น แต่ข้อมูลต่างๆ ทั้งการซ่อมและการบำรุงรักษาจะรวบรวมไว้ในประวัติเครื่องจักร ซึ่งจะเป็นกุญแจดอกสำคัญที่จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถปรับเปลี่ยนวิธีการบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

5.6 ระบบบริหารงานบำรุงรักษา

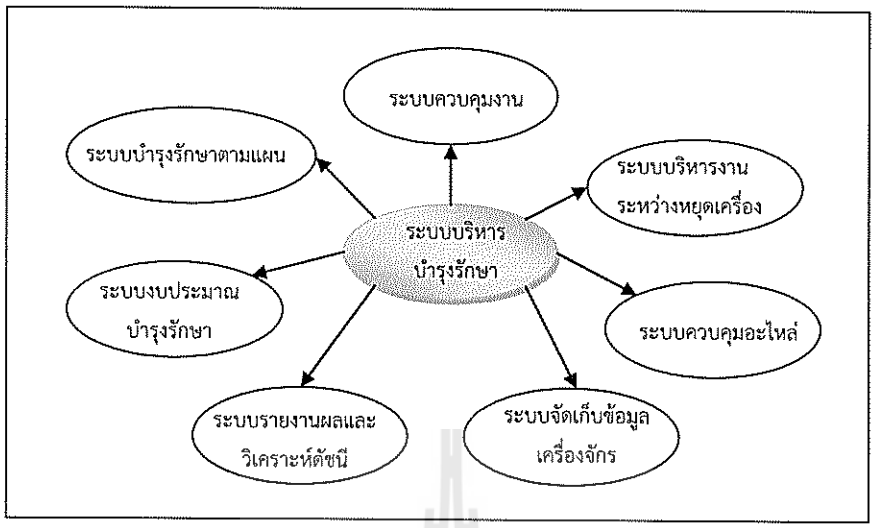
การพัฒนาระบบงานบำรุงรักษา หมายถึง การกำหนดวิธีปฏิบัติในการทำงานบำรุงรักษา โดยสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลให้สอดคล้องประสานกัน ระบบบริหารงานบำรุงรักษาจึงเป็นการจัดการให้ระบบงานย่อยๆ เชื่อมโยงเข้าหากันด้วยระบบข้อมูลที่มีการจัดเก็บส่งผ่านถึงกันอย่างลงตัว ไม่เกิดความซ้ำซ้อนมีความแม่นยำที่จะใช้วิเคราะห์งานถูกต้อง

ความสามารถในการจัดระบบบริหารงานบำรุงรักษาในแต่ละโรงงาน จะไม่เท่าเทียมกันและจะพบเสมอว่าวิธีปฏิบัติงานของแต่ละระบบย่อยจะแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้เนื่องจากการจัดโครงสร้างของหน่วยงานบำรุงรักษาและสภาพของโรงงานที่ไม่เหมือนกัน

ระบบงานย่อยของงานบำรุงรักษาดังแสดงในรูปที่ 5.4 ประกอบด้วยระบบดังต่อไปนี้

1. ระบบข้อมูลบำรุงรักษา (Maintenance information system)
2. ระบบงานบำรุงรักษาตามแผน (Planned maintenance system)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 5.4 แสดงภาพรวมถึงระบบบริหารงานบำรุงรักษา

3. ระบบควบคุมงานบำรุงรักษา (Work control system)
4. ระบบบริหารงานบำรุงรักษาระหว่างหยุดเดินเครื่องตามแผน (Planned outage management system)
5. ระบบบริหารอะไหล่และจ้างเหมา (Spare part and outsourcing management system)
6. ระบบงบประมาณบำรุงรักษา (Maintenance budgeting system)
7. ระบบรายงานและวิเคราะห์ดัชนี (Reporting &KPI analysis system)

การสร้างระบบบริหารงานบำรุงรักษาในเบื้องต้น จะประกอบด้วยระบบงานย่อยอย่างต่ำ 3 ระบบ ได้แก่ ระบบข้อมูลบำรุงรักษา ระบบบริหารงานบำรุงรักษา ระบบบริหารงานบำรุงรักษา และระบบควบคุมงานบำรุงรักษา ซึ่งโรงงานหลายๆแห่งโดยเฉพาะโรงงานประเภทผลิตขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง จะกำหนดให้มีระบบงานเพียง 3 ระบบย่อยเท่านั้น เพราะมุ่งเน้นให้มีการทำงานบำรุงรักษาในกลุ่มกิจกรรมงานบำรุงรักษาตามแผนเป็นหลัก ส่วนระบบงานอื่นๆ นอกเหนือจากนี้ จะขาดความเข้มแข็งและความชัดเจนของระบบงาน ถึงกระนั้นก็ดีระบบงานย่อยทั้ง 3 ระบบ จะขาดการพัฒนาศักยภาพให้มีความเข้มแข็งเพราะขาดความสมบูรณ์ เพียงแต่ทำงานไปด้วยความคุ้นเคยที่เป็นมาแต่อดีตเป็นหลัก การปรับเปลี่ยนด้านเทคโนโลยีและการจัดการจะเป็นไปได้ช้าและมีแรงต้านทานสูง ทั้งในระดับผู้บริหารและในระดับทำงานประจำวัน

การจัดเก็บข้อมูลประวัติการบำรุงรักษาซึ่งได้จากรายงานการทำงานบำรุงรักษาจะมีไม่ครบถ้วน เพราะขาดเป้าหมายของการเก็บประวัติที่ชัดเจน จึงไม่แปลกที่พบว่าการรายงานและวิเคราะห์ผลของบำรุงรักษาจะไม่สมบูรณ์ หรืออาจจะมีข้อดีอยู่บ้างที่มีสถิติทางเทคนิค เช่น ค่าระยะเวลาเฉลี่ยก่อนที่เครื่องจักรจะเสียหาย (Mean Time Between Failures; MTBF) ค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมเครื่องจักร (Mean Time To Repair: MTTR) เป็นต้น แต่รายงานข้อมูลที่สำคัญเพื่อปรับปรุงประสิทธิผลของงานจะขาดหายไปโดยเฉพาะข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายที่ขาดความถูกต้องแม่นยำ และไม่สามารถตรวจทานกับระบบบัญชีได้

การเพิ่มศักยภาพให้ระบบบริหารงานบำรุงรักษามีความเข้มแข็งและมีประสิทธิผลมากขึ้นจะต้องนำระบบย่อยอื่นๆ เข้ามารวมกันให้สมบูรณ์ขึ้น ซึ่งจะมีขั้นตอนของการพัฒนาระบบโดยการรวมระบบบริหารงานระหว่างหยุดเดินเครื่อง ระบบบริหารอะไหล่และจ้างเหมา ระบบรายงานและวิเคราะห์ดัชนี และระบบงบประมาณบำรุงรักษาตามลำดับ

ระบบบริหารงานบำรุงรักษาที่ดีควรจะกำหนดเป้าหมายและการจัดทำรายงานสรุปเพื่อการวิเคราะห์ดัชนีของแต่ละระบบย่อย ส่วนวิธีปฏิบัติของแต่ละระบบย่อยนั้นจะเกิดขึ้นได้เมื่อกำหนดเป้าหมายของระบบงานที่ชัดเจน

5.6.1 เป้าหมายและข้อสรุปของระบบงานย่อยแต่ละระบบ (สุพัฒน์, 2549)

1. ระบบข้อมูลบำรุงรักษา

❖ ควรกำหนดเป้าหมายของระบบข้อมูลบำรุงรักษา ดังนี้

- สร้างระบบแฟ้มประวัติของเครื่องจักร – อุปกรณ์ได้ครบถ้วน
- จัดทำข้อมูลประกอบการทำงานบำรุงรักษาตามแผนงาน ทั้งขณะเดินเครื่องและขณะหยุดเดินเครื่อง
- จัดทำข้อมูลประกอบแผนงานด้านอะไหล่ที่เป็นส่วนของด้านอุปสงค์ให้ได้ครบทุกประเภท
- สามารถส่งผ่านข้อมูลถึงระบบย่อยต่างๆ ด้วยความรวดเร็ว แม่นยำ

❖ ผลลัพธ์ที่เป็นข้อสรุปของระบบงานบำรุงรักษา

- การกำหนดระดับความสำคัญของเครื่องจักร – อุปกรณ์ให้ได้ครบ
- กำหนดกิจกรรมงานบำรุงรักษาตามแผนงานของเครื่องจักร – อุปกรณ์ได้เหมาะสมกับระดับความสำคัญ
- กำหนดประเภทอะไหล่ที่สอดคล้องกับกิจกรรมของงานบำรุงรักษาตามแผนงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- แฟ้มเอกสารและข้อมูลประกอบการทำงานบำรุงรักษา ที่จัดเก็บไว้สอดคล้องกับทะเบียนประวัติของเครื่องจักร – อุปกรณ์

2. ระบบงานบำรุงรักษาตามแผน

❖ ควรกำหนดเป้าหมายของระบบงานบำรุงรักษาตามแผน ดังนี้

- มีการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและการวางแผนการหยุดเครื่องจักรเพื่อให้เป็นมาตรฐานของโรงงานเอง
- กำหนดการกระจายงานให้พนักงานและปัจจัยการใช้งานขั้นต่ำสุดของทรัพยากรได้
- สามารถทบทวน ปรับปรุง แผนงานต่างๆ ได้ตามสภาพอายุการใช้งานของเครื่องจักร – อุปกรณ์

❖ ผลลัพธ์ที่เป็นข้อสรุปของระบบงานบำรุงรักษาตามแผน คือ

- ควบคุมงานบำรุงรักษานอกแผนงานให้ลดลงได้
- สามารถกำหนดสัดส่วนของงานบำรุงรักษาตามแผนงานต่องานบำรุงรักษานอกแผนงานได้
  - สัดส่วนของค่าจ้างพนักงานในการทำงานและเวลาทำงานของพนักงาน (Man-Hr)
  - สัดส่วนของค่าใช้จ่าย
- สามารถกำหนดปริมาณการใช้อะไหล่ของงานบำรุงรักษาตามแผนงานได้
- วางแผนการใช้กำลังคนกับงานบำรุงรักษาตามแผนงานได้

3. ระบบควบคุมงานบำรุงรักษา

❖ ควรกำหนดเป้าหมายของระบบควบคุมงานบำรุงรักษา ดังนี้

- มีขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสมกับสภาพการทำงานของโรงงานเอง
- สามารถควบคุมและติดตามสภาวะของงานทั้งงานบำรุงรักษาตามแผนงานและงานบำรุงรักษานอกแผนงานและงานที่ค้างได้
- กำหนดการทำรายงานและบันทึกข้อมูลการทำงานบำรุงรักษาอย่างชัดเจนเพียงพอที่จะนำไปจัดทำรายงานและการวิเคราะห์ผล
- บันทึกประวัติการทำงานบำรุงรักษาทุกๆ งาน และจัดเก็บในแฟ้มประวัติเครื่องจักร-อุปกรณ์ได้ครบถ้วน

- ทำให้เกิดการทำงานที่มีการวางแผนล่วงหน้าและประสานกับหน่วยงานข้างเคียงอย่างเป็นระบบ

❖ **ผลลัพธ์ที่เป็นข้อสรุปของระบบควบคุมงานบำรุงรักษา** คือ

- ให้รายงานสภาวะของงานค้างได้ทุกขณะ
- มีประวัติการทำงานบำรุงรักษาที่มีข้อมูลครบถ้วน
- นำข้อมูลไปจัดทำรายงานและวิเคราะห์ผลได้ถูกต้องแม่นยำ
- บันทึกค่าใช้จ่ายทางอ้อมจากงานบำรุงรักษาตามแผนงานได้ เช่น ค่าวัตถุดิบที่เสียหาย พลังงานและเชื้อเพลิงที่ใช้
- สามรถตรวจทานค่าใช้จ่ายที่แปรผัน (อะไหล่) และค่าใช้จ่ายคงที่กับระบบบัญชีได้อย่างสอดคล้องแม่นยำ

4.ระบบบริหารงานบำรุงรักษาระหว่างหยุดเดินเครื่องตามแผน

❖ ควรกำหนดเป้าหมายของระบบบริหารงานบำรุงรักษาระหว่างหยุดเดินเครื่องตามแผน ดังนี้

- จัดทำแผนงานและกำหนดการทำงานของแต่ละกิจกรรมให้เป็นไปตามลำดับขั้นตอน โดยไม่ขัดขวางกันเอง
- กำหนดรอบเวลาเริ่มต้นและแล้วเสร็จให้เหมาะสมกับปริมาณงาน
- กำหนดให้ทุกๆกลุ่มทำงานได้ครบถ้วนทุกรายการภายในกรอบเวลาที่จำกัดด้วยความปลอดภัย
- สามารถควบคุมค่าใช้จ่ายให้เป็นไปตามงบประมาณ
- มีการประสานงานระหว่างกลุ่มงานและหน่วยงาสนสนับสนุนอื่นๆอย่างเป็นระบบและสามารถปรับแผนงานได้ตามความจำเป็น

❖ ผลลัพธ์ที่เป็นข้อสรุปของงานบำรุงรักษาระหว่างหยุดเดินเครื่องตามแผน คือ

- สามารถบันทึกข้อมูลและค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาเครื่องจักร-อุปกรณ์แต่ละรายการได้ครบถ้วน
- ไม่สูญเสียสถิติด้านความปลอดภัย
- มีระบบจัดทำรายงานสรุปและกำหนดแนวทางเพื่อปรับปรุงการทำงานบำรุงรักษาระหว่างหยุดเดินเครื่องในโอกาสต่อไป

5.ระบบบริหารอะไหล่และจ้างเหมา

❖ ควรกำหนดเป้าหมายของระบบบริหารอะไหล่และจ้างเหมา ดังนี้

- จำแนกประเภทอะไหล่ และรายการอะไหล่แต่ละประเภทให้ครบถ้วน
- จัดทำแผนงานด้านอุปสงค์
  - กำหนดระดับคงคลังของอะไหล่สำรองคลัง
  - กำหนดแผนการจัดซื้ออะไหล่ตามแผนงานการหยุดเครื่องจักรเพื่อทำการซ่อม
  - คัดเลือกอะไหล่ที่สามารถหมุนเวียนซ่อมเองได้
- ทบทวนอะไหล่สำรองคลัง โดยควบคุมปริมาณการสำรองคลังให้พอดีกับการเบิกใช้ตามแผนงานบำรุงรักษาตามแผนงาน และมีสำรองไว้เพียงพอกับงานบำรุงรักษานอกแผนงาน
- กำหนดกรอบการจ้างเหมาและสร้างพันธมิตร
  - เงื่อนไขการจ้างเหมาและความรับผิดชอบต่อผลงาน
  - การบันทึกข้อมูลประวัติการบำรุงรักษาจากผู้รับเหมา
  - วิธีการควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยของการทำงาน

❖ ผลลัพธ์ที่เป็นข้อสรุปของระบบบริหารอะไหล่และจ้างเหมา คือ

- ปัจจัยการบริการอะไหล่ควรจะสูงกว่า 98% (ส่วนที่ไม่สามารถบริการได้ควรต่ำกว่า 2%)
- อัตราการเปลี่ยนคืนอะไหล่ควรจะสูงกว่า 50% ค่าดัชนีที่น่าพอใจควรประมาณ 100%
- สามารถทำการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของรายการอะไหล่สำรองคลัง ทั้งจำนวนรายการและมูลค่าอะไหล่ได้ต่อเนื่องทุกช่วงคาบเวลา
- รายงานสัดส่วนของอะไหล่ที่สำคัญต่ออะไหล่ที่ไม่สำคัญทั้งจำนวนรายการและมูลค่าอะไหล่
- ปริมาณการสั่งซื้อตรงทั้งจำนวนรายการและมูลค่าอะไหล่
- ค่าใช้จ่ายและผลลัพธ์ในการจ้างเหมา เปรียบเทียบการดำเนินการเอง

6.ระบบงบประมาณบำรุงรักษา

❖ ควรกำหนดเป้าหมายของระบบงบประมาณบำรุงรักษาดังนี้

- กำหนดหมวดหมู่ของค่าใช้จ่ายให้ตรงกับระบบบัญชี
- เชื่อมโยงการบันทึกค่าใช้จ่ายของงานบำรุงรักษาทุกๆ Work Order ให้สอดคล้องกับระบบบัญชีได้ถูกต้องแม่ยำ
- จัดทำงบประมาณ แบ่งตาม 4 กลุ่มกิจกรรมหลักได้
- กำหนดค่าอัตราค่าใช้จ่ายคงที่ของงานบำรุงรักษาได้
- ทบทวนและปรับงบประมาณเพื่อให้สอดคล้องกำลังผลิตสินค้าและควบคุมต้นทุนค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาได้

❖ ผลลัพธ์ที่เป็นข้อสรุปของระบบงบประมาณบำรุงรักษา คือ

- จัดทำรายงานเพื่อการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งส่วนที่คงที่และแปรผันของ 4 กลุ่มกิจกรรมหลักได้อย่างถูกต้องแม่นยำ
- แสดงผลของค่าปัจจัยการใช้ประโยชน์ได้จากรายงานค่าใช้จ่าย
- วิเคราะห์สัดส่วนค่าใช้จ่ายของงานบำรุงรักษาตามแผนงานและงานบำรุงรักษานอกแผนงานได้ระเอียดถึงระดับเครื่องจักร-อุปกรณ์
- ควบคุมต้นทุนค่าใช้จ่ายงานบำรุงรักษาต่อหน่วยผลิตของสินค้าได้

7.ระบบรายงานและวิเคราะห์ดัชนี

เป้าหมายของระบบงานนี้บางส่วนจะถูกกำหนดอยู่ในระบบงานย่อยอื่นๆ ที่กล่าวมาทั้งหมด การวิเคราะห์ดัชนีบำรุงรักษาเพื่อหาทางปรับปรุงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของงานให้ดีขึ้นอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเอาชนะปัญหาของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามอายุและสภาพการใช้งานอยู่ตลอดเวลา

เป้าหมายของระบบรายงานและวิเคราะห์ดัชนี ควรกำหนดไว้ดังนี้

- การวิเคราะห์ดัชนีบำรุงรักษาทางเทคนิค เช่น MTBF,MTTR
- การวิเคราะห์ดัชนีบำรุงรักษาทางด้านการจัดการ
- การวิเคราะห์ภาพรวมของการทำงานบำรุงรักษา เช่น
  - พื้นที่ในโรงงานที่เกิดปัญหามากที่สุด 10 พื้นที่

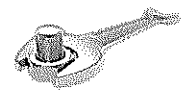
- พื้นที่ในโรงงานที่เกิดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษามากที่สุด 10 พื้นที่
- ปัจจัยการใช้ประโยชน์และกำหนดค่าอัตราค่าใช้จ่ายคงที่ของงานบำรุงรักษา
- ค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรเชิงรวม (Overall Equipment Effectiveness, OEE)
- งานบำรุงรักษาตามแผนงาน และงานบำรุงรักษานอกแผนงานทั้งเวลาการทำงานของพนักงาน (Man-Hr) และ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น (Cost)

- การวิเคราะห์ต้นทุนของการผลิต : สัดส่วนค่าบำรุงรักษา/หน่วยสินค้า
- การวิเคราะห์ต้นทุนในส่วนของ
  - ค่าอะไหล่
  - ยอดรวมอะไหล่สำรองคลังและค่าใช้จ่ายด้านพัสดุ จัดหาเพื่อจัดให้มีใช้จ่ายและการเตรียมความพร้อมตลอดเวลา

ผลลัพธ์ที่ควรได้

การเข้าใจถึงเป้าหมายและผลลัพธ์จากระบบงานย่อยทั้งหมดที่กล่าวถึงมานี้ จะเป็นแนวทางในการจัดวางระบบงานของแต่ละโรงงาน ซึ่งจะเป็นการชี้วัดความพร้อมและความสามารถของหน่วยงานบำรุงรักษา อันเป็นผลสืบเนื่องจากการจัดทำแผนแม่บทการบริหารงานบำรุงรักษา (Maintenance Management Master Plane: MMMP) และกำหนดให้เกิดระบบงานย่อยต่างๆขึ้นมา ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานบำรุงรักษาควรทำความเข้าใจในหลักการของระบบบริหารงานบำรุงรักษา ซึ่งเป็นการกำหนดวิธีปฏิบัติ (Procedural process) ให้เป็นผู้ปฏิบัติงานระดับต่างๆ ถือเป็นแนวทางที่จะทำงานร่วมกันโดยมีเป้าหมายเดียวกัน ถือเป็นอุดมการณ์ขององค์กรที่ผู้ปฏิบัติงานจะทำงานเป็นทีมเวิร์กที่มีประสิทธิภาพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



สรุปท้ายบท

บทนี้นำเสนอการวางแผนและการควบคุมกิจกรรมการบำรุงรักษาซึ่งได้รวบรวมแนวทางการควบคุมงานบำรุงรักษา อันได้แก่ การใช้ประโยชน์ของทรัพยากรการบำรุงรักษาที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพ และการควบคุมการใช้งานเครื่องจักรให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ซึ่งองค์ประกอบการบำรุงรักษาให้เกิดประสิทธิภาพได้แก่ ระบบการแจ้งเหตุความเสียหายการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าการแก้ปัญหาที่สาเหตุ และการเขียนรายงานความเสียหาย เนื่องจากการเก็บข้อมูลที่ละเอียดด้วยใบรายงานความเสียหายจะทำให้ช่างบำรุงรักษาสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการคำนวณระยะเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรจะเสียหายและการวางแผนการทำกิจกรรมการบำรุงรักษาให้มีความสำเร็จ นอกจากนั้นในบทนี้ยังได้เรียบเรียงวิธีการวางแผนการบำรุงรักษา ระบบวางแผนและควบคุมงานบำรุงรักษาซึ่งสามารถใช้ในการวางแผนการบำรุงรักษารายสัปดาห์ รายเดือน และรายปี จากการเก็บข้อมูลความเสียหาย การบันทึกประวัติเครื่องจักร ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างฝ่ายบำรุงรักษาและฝ่ายผลิต นอกจากนั้นในบทนี้ยังนำเสนอระบบบริหารการบำรุงรักษา ซึ่งประกอบด้วยระบบย่อย 7 ระบบ ได้แก่ ระบบข้อมูลบำรุงรักษา ระบบงานบำรุงรักษาตามแผน ระบบควบคุมงานบำรุงรักษา ระบบบริหารงานบำรุงรักษาระหว่างหยุดเดินเครื่องตามแผน ระบบบริหารอะไหล่และจ้างเหมา ระบบงบประมาณบำรุงรักษา ระบบรายงานและวิเคราะห์ดัชนี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงออกแบบใบแจ้งซ่อมเครื่องกลึง?
2. จงออกแบบตารางการเก็บข้อมูลรายงานความเสียหาย?
3. จงออกแบบบันทึกการใช้งานประจำเครื่องจักร?
4. จงออกแบบใบบันทึกการซ่อมของช่างประจำแผนกบำรุงรักษา?
5. เหตุใดจะต้องมีการเขียนรายงานความเสียหาย?
6. ผู้ใดในองค์กรที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินระบบบำรุงรักษาให้สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ?
7. ส่วนใดของแบบบันทันประวัติเครื่องจักรมีความสำคัญที่สุด เพราะเหตุใด?
8. แบบรายงานการซ่อมแตกต่างกับใบแจ้งซ่อมอย่างไร เพราะเหตุใด?
9. ระบบงานย่อยในการวางแผนการบำรุงรักษามีอะไรบ้าง?
10. ผลลัพธ์ของระบบควบคุมงานบำรุงรักษาคืออะไร?

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6

การตรวจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์
(Machine and Equipment Inspection)

วัตถุประสงค์

นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและความสามารถในเรื่องดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ และพยากรณ์เพื่อวางแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักร โดยใช้เทคนิคการตรวจสอบเครื่องจักรแบบต่างๆได้
2. เลือกเทคนิคที่เหมาะสม เพื่อการวิเคราะห์การเสื่อมสภาพเครื่องจักรได้
3. อธิบายเทคนิคการทดสอบแบบไม่ทำลายประเภทต่างๆได้
4. ประยุกต์การทดสอบประเภทต่างๆเพื่อใช้ในการวางแผนการซ่อมบำรุงได้

การวางแผนการซ่อมบำรุงให้มีประสิทธิภาพนั้นนอกจากจะต้องเก็บข้อมูลเพื่อคำนวณช่วงระยะเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรจะชำรุดแล้ว การตรวจสอบเครื่องจักรและอะไหล่ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องจักรเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะทำให้วิศวกร และช่างเทคนิคสามารถประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องจักรได้ ในบทนี้ได้รวบรวมเทคนิคการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ซึ่งประกอบด้วย การวิเคราะห์สารหล่อลื่น การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน การวิเคราะห์ทางเคมี การวิเคราะห์ไทรโบโลยี การวิเคราะห์ความร้อน และเทคนิคของอัตราซาวด์ นอกจากการยังได้รวบรวมเทคนิคการบำรุงรักษาด้วยการทดแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing: NDT)

6.1 เทคนิคการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive maintenance techniques)

การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ เป็นเทคโนโลยีการบำรุงรักษาแบบใหม่ ซึ่งจะช่วยลดความถี่การชำรุดของเครื่องจักร และระดับความรุนแรงในการชำรุด ดังนั้นจึงน่าจะพูดได้ว่าการที่จะทำให้การบำรุงรักษามีประสิทธิภาพสูงสุด จึงน่าจะใช้คำว่า PdM ซึ่งย่อมาจาก "Predictive maintenance" และสุดท้ายก็คือบรรจุลงไปในโปรแกรมของแผนการบำรุงรักษา(Planned maintenance)โดยที่การทำโปรแกรมการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ที่ดีควรจะสามารถ:

- คาดคะเนและวางแผนการได้ล่วงหน้าเป็นเวลาก่อนที่เครื่องจะชำรุด
- ลดโอกาสความน่าจะเป็นที่เกิดการชำรุด ให้ต่ำที่สุด
- มีเทคนิคโปรแกรม "การประกันคุณภาพ" ในส่วนของระบบที่ทำการบำรุงรักษามาประยุกต์ใช้

โดยทั่วไปแล้วการตรวจวิเคราะห์สัญญาณความสั่นสะเทือน (Vibration analysis) เป็นเครื่องมือที่ใช้กันโดยทั่วไปในโปรแกรมการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ โดยที่อาจจะเปรียบได้กับคนไข้ไปหาหมอ ซึ่งหมอจะใช้เฉพาะผลการเอกซ์เรย์ (X-RAY) เพียงอย่างเดียว มาทำการตรวจวินิจโรคโดยวิเคราะห์ร่วมกับผลจากหูฟัง (Stethoscope) ผลของการวิเคราะห์คลื่นการเต้นหัวใจ (EKG) เครื่องเอกซ์เรย์คอมพิวเตอร์ CAT (Computer-aided tomography) ผลของการวิเคราะห์โลหิต และเทคนิคอื่นๆ ที่มีอยู่ทั่วไปในทำนองเดียวกัน นอกจากการใช้การวิเคราะห์สัญญาณความสั่นสะเทือนแล้วก็ยังมีเทคโนโลยีอื่นๆ ที่สามารถนำมาใช้ได้ เพื่อประกอบการวิเคราะห์หรือวินิจฉัยให้ถูกต้องยิ่งขึ้น อุปกรณ์การตรวจวิเคราะห์สัญญาณความสั่นสะเทือนได้แก่

หูฟังอุตสาหกรรม (Stethoscope):เป็นวิธีการที่ง่าย และราคาถูก ใช้เพื่อทำการฟังเสียงที่เกิดขึ้นจากชิ้นส่วนเครื่องจักร ข้อเสียของวิธีการดังกล่าวนี้ คือ ไม่สามารถระบุค่าเชิง "ปริมาณ" ให้กับระดับเสียงที่ได้ยินได้ และเครื่องมือชนิดอื่นสามารถระบุช่วงการก่อตัวก่อนเกิดการชำรุดได้ล่วงหน้ากว่าวิธีนี้

สโตรโบสโคป (Strobe light): เป็นไฟกระพริบความเร็วสูงอย่างง่ายที่ทำให้มองเห็นเหมือนชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวหยุดนิ่งได้ (ในขณะที่จริงๆ หมุนทำงานอยู่) และสามารถทำให้สามารถตรวจสอบชิ้นส่วนดังกล่าวด้วยสายตาได้ ซึ่งเหมาะเป็นอย่างยิ่งต่อเครื่องจักรกลที่ทำงานต่อเนื่อง

เทคนิคการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์จำแนกได้ดังต่อไปนี้

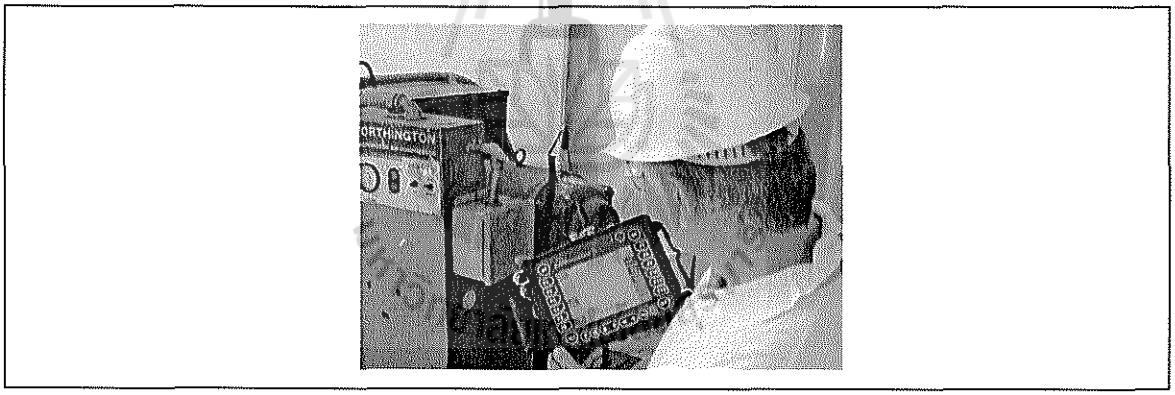
6.1.1 การวิเคราะห์สารหล่อลื่น (Lubrication analysis)

การวิเคราะห์สารหล่อลื่นเป็นการศึกษาถึงสภาพของอนุภาคเศษโลหะจากการสึกหรอ และสารปนเปื้อนในสารหล่อลื่น เช่น น้ำ ฝุ่นละออง เป็นต้น นอกจากนั้นยังศึกษาถึงคุณสมบัติด้านความหนืด ค่าผลรวมความเป็นกรดเพื่อนำมาประเมินสภาพของสารหล่อลื่นและเครื่องจักรกลเอง

6.1.2 การวิเคราะห์สัญญาณความสั่นสะเทือน (Vibration analysis)

การวิเคราะห์สัญญาณความสั่นสะเทือน : ใช้ในการติดตามสภาพของปัญหาขั้นพื้นฐาน เช่น การเสียสมดุล การเยื้องศูนย์ การหลุดหลวม การสึกหรอ หรือชำรุดของฟันเฟืองและตลับลูกปืนในการวัดค่าสัญญาณความสั่นสะเทือนนั้น มีจุดสำคัญที่ต้องทำการวัดอยู่หลายจุด ทั้งนี้แรงกระทำเนื่องจากแรงสั่นสะเทือนที่วัดจากตลับลูกปืนนั้น สามารถวัดได้ง่ายที่สุดที่เรือนตลับลูกปืนที่ใกล้กับเพลาที่สุด ลักษณะการวัดแรงสั่นสะเทือนโดยใช้เครื่องวัดการสั่นสะเทือน(Vibration meter)แสดงในรูปที่ 6.1 จุดที่เลือกในการทำการวัดนั้นต้องเป็นจุดที่มีโอกาสที่จะแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าสัญญาณความสั่นสะเทือนที่จะเกิดเมื่อมีการชำรุดอย่างน้อยต้องมีการวัดค่าสัญญาณความสั่นสะเทือนอย่างน้อย 2 ทิศทางคือ ในแนวแกนรัศมี (Axial &radial measurement) หรือในแนวตั้ง (Horizontal measurement) ด้วย

สำหรับแต่ละชิ้นส่วนของเครื่องจักร แหล่งที่มาของสัญญาณความสั่นสะเทือนมีอยู่ 3 แหล่งใหญ่ๆ คือ จากการเยื้องศูนย์ระหว่างชิ้นส่วนเครื่องจักร จากการเสียสมดุลของมวล และจากการหลุดหลวม โดยปกตินิยมวัดค่าในแนวราบ (Horizontal) ซึ่งขนานกับแกนเพลามากกว่าการวัดค่าในแนวตั้ง (Vertical)ซึ่งตั้งฉากกับแกนเพลาทำให้ค่ารับสัญญาณความสั่นสะเทือนแหล่งอื่นที่ค่าน้อยกว่าในกรณีของแนวตั้งฉาก

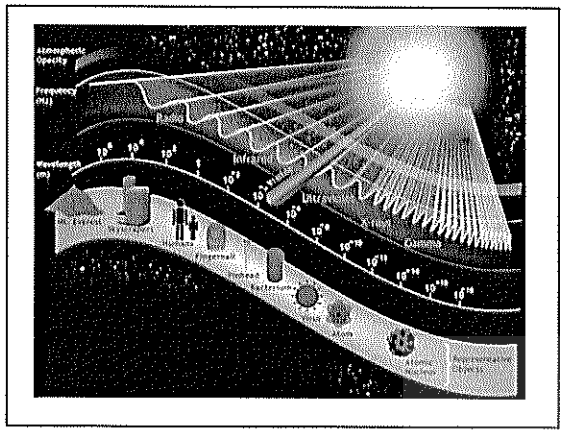


รูปที่ 6.1 แสดงการใช้เครื่องวัดการสั่นสะเทือน(Vibration meter) (http://pvactech.com/)

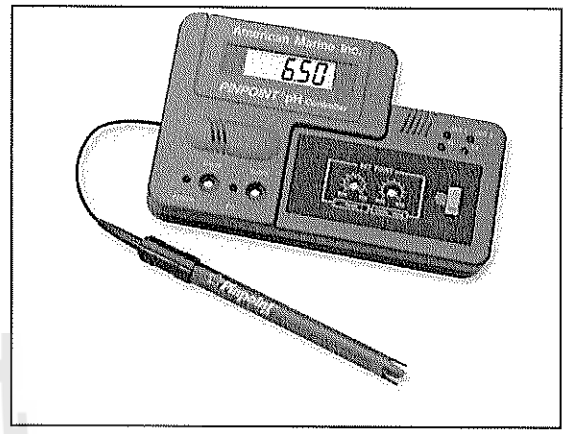
6.1.3 การวิเคราะห์ด้วยสารเคมี (Chemical Analysis)

การวิเคราะห์ด้วยสารเคมีเป็นการวิเคราะห์ที่สามารถใช้หาสภาพการใช้งานเครื่องจักร ซึ่งใช้การวิเคราะห์จากสารหล่อลื่น หรือน้ำมันที่ใช้กับเครื่องจักร วิธีการนี้ไม่เพียงแต่สามารถใช้ในการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องเติมหรือเปลี่ยนสารหล่อลื่นหรือน้ำมันหรือไม่ ยังสามารถนำสารหล่อลื่นหรือน้ำมันไปการวิเคราะห์สารปนเปื้อนหรือค่าpH ที่เปลี่ยนไปซึ่งสามารถแสดงถึงความบกพร่องที่เกิดขึ้นในเครื่องจักรได้ การวิเคราะห์สารปนเปื้อนสามารถวัดได้โดยใช้เทคนิคSpectrographic analysis ซึ่งสามารถวิเคราะห์สารปนเปื้อนจากการผ่านของแสงดัง

แสดงในรูปที่ 6.2 (ก)ส่วนการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สามารถใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง(ph monitor) ในการวิเคราะห์ ดังแสดงในรูปที่ 6.2(ข)



(ก)การวิเคราะห์ด้วย Spectrographic analysis (http://bareket-astro.com/)



(ข) เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง(ph monitor) (http://www.ecodepotsales.com/)

รูปที่ 6.2 การวิเคราะห์ด้วยสารเคมี

6.1.4 ไทรโบโลยี (Tribology)

เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยไทรโบโลยีเป็นวิเคราะห์ความเสียหายที่เกิดจากการเสียดสีที่เกิดขึ้นจากฝุ่นละอองกับผิวของเครื่องจักร หรือการสึกกร่อนจากการขูดขีดที่ไร้น้ำมันหล่อลื่น เช่น ที่ขูดขีดและสึกกร่อนของโซ่ หรือการสึกกร่อนที่เกิดขึ้นในลูกปืน (Bearing)

6.2 เทคนิคการบำรุงรักษาและทดสอบแบบไม่ทำลาย (Nondestructive testing and evaluation)

การตรวจแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing, NDT) เป็นการทดสอบความแข็งของวัสดุ การตรวจสอบการผุกร่อน การตรวจหาจุดบกพร่องของผิวหรือชิ้นงานภายใน การหาจุดบกพร่องบนผิวหรือภายในชิ้นงาน การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคด้วยเทคนิคการลอกลาย (Replicate technique)โดยไม่จำเป็นต้องตัดทำลายชิ้นงานทดสอบ สามารถนำกลับมาใช้งานได้อีก โรงงานอุตสาหกรรมเลือกใช้วิธี NDT โดยมีวัตถุประสงค์ คือ

1) ควบคุณภาพการผลิต (Fabrication quality control) เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นของผลิตภัณฑ์ ปรับปรุงเทคนิคการผลิต และลดต้นทุนในการผลิต

- ช่วยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์
- คัดเลือกและตรวจสอบชนิดของวัสดุที่ใช้ในกระบวนการผลิต
- พัฒนาและควบคุมกระบวนการผลิต
- ตรวจสอบคุณภาพกระบวนการอบชุบโลหะ (Heat treatment)

2) ใช้ในการบำรุงรักษาอุปกรณ์เครื่องจักรกล

- ตรวจหาความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity) หรือรอยบกพร่อง (Flaws) ของวัสดุ หรือแนวเชื่อม เช่น รอยแตกร้าว (Crack)แสลก (Slag) สิ่งปนเปื้อน (Inclusion) ตามด (Porosity)
- ตรวจสภาพของวัสดุ อุปกรณ์ เช่น ความหนาของชิ้นงานที่ลดลง เนื่องจากการกัดกร่อน รอยรั่ว เป็นต้น
- วัดความหนาแน่นของผิวเคลือบหรือปรับปรุงคุณภาพผิววัสดุ
- ตรวจหาโครงสร้างภายในของสิ่งก่อสร้างหรือค้นหาสิ่งของ
- ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงภายในโครงสร้างจุลภาค หรือการเกิดจุดบกพร่องในเนื้อวัสดุต่างๆ เช่น โลหะ เซรามิก หรือพลาสติก เป็นต้น และประเมินสมบัติทางกลและกายภาพที่เปลี่ยนแปลง
- หาชนิดและองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุ
- วัดค่าความเค้น (Stress)ที่เกิดขึ้นในวัสดุ

วิธี NDT นิยมใช้ตรวจสอบอุปกรณ์ที่ต้องการตรวจเช็คอย่างสม่ำเสมอ เช่น แนวเชื่อมของท่อแก๊ส เพลาและลูกปืนในเครื่องจักร ถังอัดความดัน หม้อต้มไอน้ำ ใบพัดเครื่องยนต์ ถังเก็บและจ่ายแก๊ส ชิ้นส่วนเครื่องบิน รางรถไฟ สายเคเบิล โครงสร้างเหล็กขนาดเล็กขนาดใหญ่ เช่น โครงสร้างอาคาร ป้ายโฆษณา สะพาน เป็นต้น ดังนั้น ถ้าอุปกรณ์เหล่านี้เสียหาย จะนำมาซึ่งความหายนะต่อชีวิตและทรัพย์สิน (กนิษฐ์, 2551)

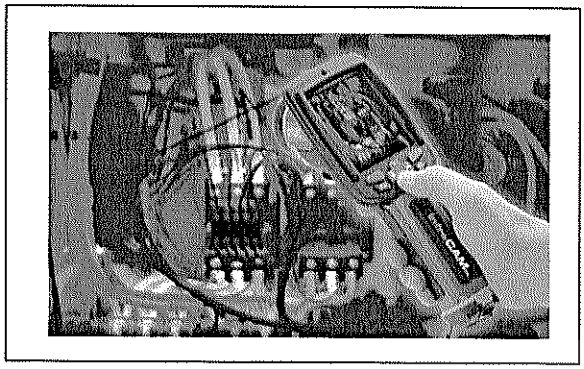
6.2.1 การตรวจสอบด้วยตาเปล่า (Visual testing: VT)

การตรวจสอบด้วยตาเปล่าเป็นวิธีตรวจสอบและประเมินโครงสร้างหรือชิ้นส่วนประกอบเบื้องต้น โดยตรวจสอบหาความไม่ต่อเนื่องบนผิวชิ้นงานด้วยตาเปล่า และอุปกรณ์ประกอบช่วยอื่นๆ เช่น แว่นขยาย กล้องอินฟาเรด กล้องถ่ายรูป เป็นต้น ถึงแม้ว่าวิธีการตรวจสอบด้วยตาเปล่าเป็นวิธีพื้นฐานราคาถูกที่สุดของการทดสอบแบบไม่ทำลายทั้งหมด แต่เป็นวิธีซึ่งผู้ตรวจสอบต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์มากที่สุด เนื่องจากผู้ทดสอบต้องสามารถวินิจฉัยสภาพของวัสดุได้โดยใช้ความรู้ด้านวัสดุศาสตร์ และหาสาเหตุหรือตั้งสมมติฐานของการเสียหายที่เกิดขึ้นได้ประสบการณ์ของผู้ตรวจสอบจึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่ง

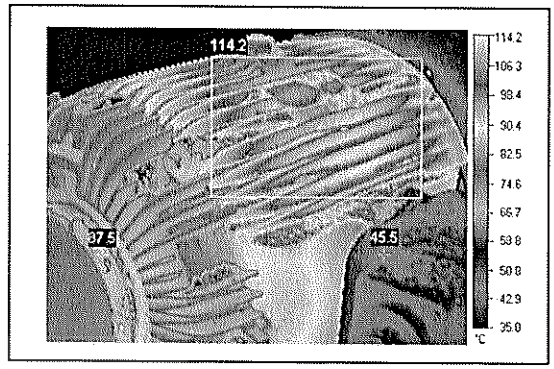
6.2.2 การตรวจสอบความร้อน (Thermography)

เทอร์โมกราฟฟี่เป็นการวิเคราะห์ที่พลังงานทางความร้อนในลักษณะเดียวกับการที่เราใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์อุปกรณ์ต่างๆ เพื่อประเมินค่าพลังงาน การทำการสแกนร่างกายคนเพื่อตรวจสอบจุดที่เป็นแหล่งของ

ความร้อนมนลักษณะเดียวกันนี้ จึงถูกนำมาใช้ในการตรวจเช็คความร้อนที่บริเวณขั้วต่อไฟฟ้า เพื่อตรวจเช็คหาการรั่วตามหลังคา หรือการเช็คสมรรถนะของฉนวนกันความร้อน เป็นต้นดังแสดงในรูปที่ 6.3



(ก)(http://www.presentingelectrical.co.uk/)

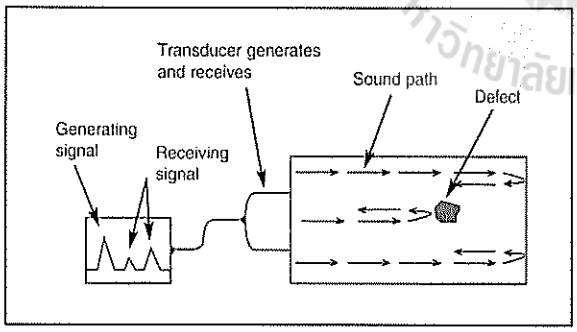


(ข)(http://nobleengineeringservices.com.au)

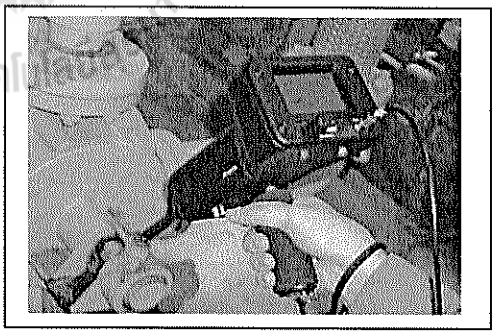
รูปที่ 6.3 แสดงการใช้งาน Thermograph ในการทดสอบเครื่องจักร

6.2.3 การตรวจสอบด้วยอุลตร้าซาวด์ (Ultrasound techniques: UT)

อุลตร้าซาวด์เป็นวิธีการหนึ่งที่นำไปประยุกต์ใช้ได้หลายทางที่กระทำกันโดยส่วนมาก ได้แก่ การใช้ในการตรวจเช็คความหนาแน่นของผนังและทำการสแกนดูรอยร้าวชำรุดภายในของเนื้อโลหะ เช่น รอยเชื่อม หัวใจของการเอาเทคนิคเหล่านี้มาใช้ คือ การที่สามารถทำการประเมินสภาพเครื่องจักร โดยที่ไม่ต้องมีการหยุดเครื่องจักรเพื่อทำการตรวจสอบเป็นการลดอัตราการเกิดการชำรุดของเครื่องจักรแบบฉุกเฉินลงได้ หลักการทำงานของคลื่นอุลตร้าซาวด์ และการใช้งานเครื่องอุลตร้าซาวด์ แสดงในรูปที่ 6.4



(ก) หลักการทำงานโดยใช้อุลตร้าซาวด์ (http://www.ndt-ed.org)

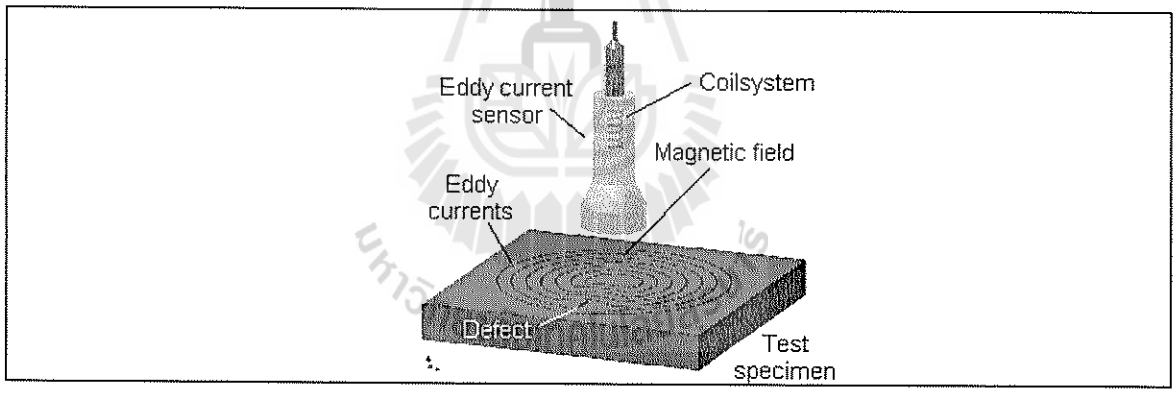


(ข) การใช้งานเครื่องอุลตร้าซาวด์ในการการตรวจจุดบกพร่องชิ้นงาน (http://www.reliableplant.com/)

รูปที่ 6.4 การตรวจสอบด้วยอุลตร้าซาวด์

6.2.4 การตรวจสอบแบบกระแสไหลวน (Eddy current testing: ET)

การตรวจสอบแบบกระแสไหลวน (Eddy current testing; ET) เป็นวิธีตรวจสอบโดยใช้หลักการเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไหลวน(Eddy current) ในชิ้นงานที่มีสมบัติเหนี่ยวนำไฟฟ้า(Conductive materials) โดยติดตั้งขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสลับ ใกล้กับผิวของชิ้นงานที่ตรวจสอบ สนามแม่เหล็กที่สร้างขึ้นโดยกระแสไฟฟ้าสลับในขดลวด (Coil's magnetic field) จะเหนี่ยวนำกระแสไหลวนขึ้นบนผิวชิ้นงาน และสนามแม่เหล็กของกระแสไหลวน (Eddy current's magnetic field) จะถูกสร้างขึ้น โดยมมีทิศทางที่ต้านกับสนามแม่เหล็กของขดลวด รอยบกพร่องของชิ้นงานจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดของสนามแม่เหล็กของขดลวด จะถูกนำมาวิเคราะห์หาจุดบกพร่องในชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 6.5 วิธีนี้สามารถตรวจหาจุดบกพร่องที่มีขนาดเล็กในเนื้อชิ้นงาน หรือบนพื้นผิวชิ้นงานที่มีรูปทรงซับซ้อนได้ แต่ชิ้นงานที่ทดสอบต้องสามารถเข้าถึงได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้วิเคราะห์ความหนาของชั้นเคลือบได้ด้วย อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย อุปกรณ์ตรวจสอบตำแหน่งบกพร่องโดยกระแสไหลวน(Eddy current flaw detector) หัวตรวจสอบ (probes) และแท่งสอบเทียบ (calibration test pieces)

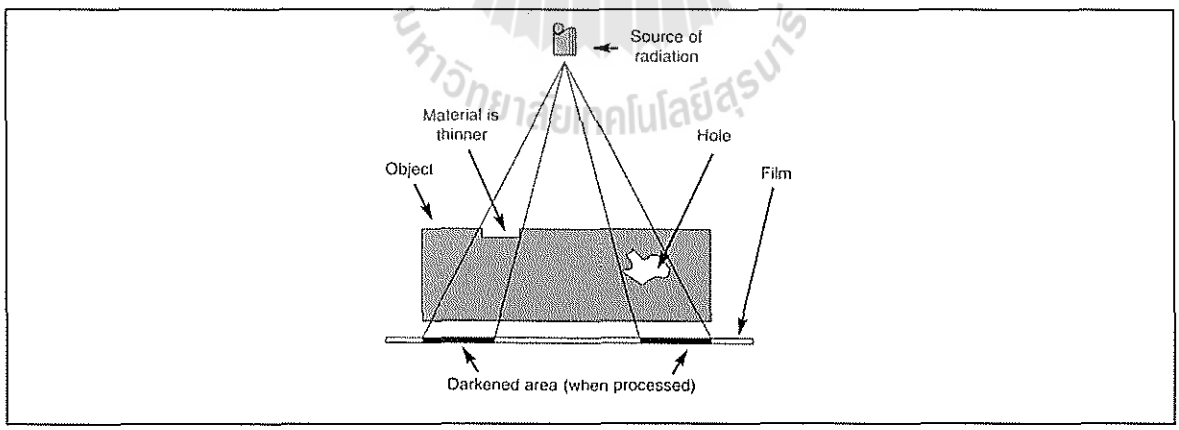


รูปที่ 6.5 ภาพจำลองการใช้การทดสอบแบบกระแสไหลวนในการหาจุดบกพร่อง (http://www.bam.de/)

6.2.5 การตรวจสอบด้านภาพถ่ายรังสี(Radiographic testing, RT)

การตรวจสอบด้านภาพถ่ายรังสี(Radiographic testing, RT) เป็นวิธีตรวจสอบหารอยบกพร่องภายในชิ้นงานโดยใช้รังสีเอกซ์ (X-ray) จากพลังงานไฟฟ้าหรือรังสีแกมมา(Gamma ray) จากธาตุกัมมันตภาพรังสี ฉายผ่านเนื้อวัสดุงาน และทำปฏิกิริยากับฟิล์มที่อยู่ด้านหลังตรงตำแหน่งของรอยบกพร่องที่แสดงบนฟิล์มมีความดำมากกว่าบริเวณอื่นที่มีความหนาเท่ากัน และในขณะเดียวกันบริเวณชิ้นงานที่บางจะมีความเข้มของฟิล์มสูงกว่าบริเวณชิ้นงานหนา เนื่องจากชิ้นงานบางดูดกลืนรังสีไว้น้อยกว่าชิ้นงานหนา จึงทำให้รังสีผ่านไปที่ฟิล์มได้มากกว่า ดังแสดงในรูปที่ 6. 6อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย เครื่องกำเนิดรังสี ฟิล์ม อุปกรณ์ล้าง และส่องดูฟิล์ม การถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์และรังสีแกมมา มีความแตกต่าง ดังเช่น เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์มีขนาดใหญ่กว่า และราคาสูงกว่าเครื่องกำเนิดรังสีแกมมา เครื่องกำเนิดแกรมมาไม่ต้องการกระแสไฟฟ้าและน้ำระบายความร้อน ทำให้เคลื่อนย้ายได้สะดวกกว่าเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ การถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ใช้เวลาฉายรังสีเพียง 2-3 นาที และปรับค่าพลังงานได้ ในขณะที่การถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมาใช้เวลานาน และไม่สามารถปรับค่ารังสีได้ ความคมชัดของฟิล์มที่ฉายด้วยรังสีแกมมา มีความคมชัดน้อยกว่าที่ฉายด้วยรังสีเอกซ์

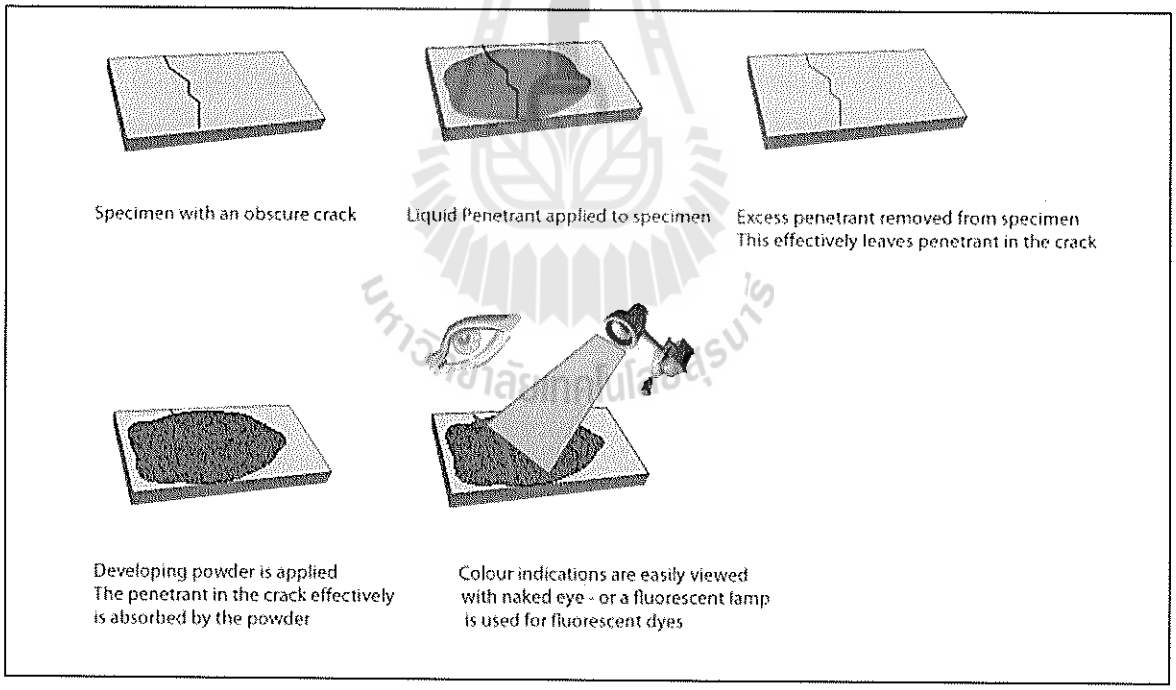
ข้อจำกัดของวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี คือ อันตรายจากรังสี ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้เรื่องการป้องกันอันตรายจากรังสีเป็นอย่างดี เพราะรังสีมีอันตรายต่อชีวิตถ้าหากป้องกันไม่ดีรังสีทำลายเซลล์สิ่งมีชีวิต หลักในการป้องกันรังสีมีอยู่ 3 ประการคือ (1) เวลาใช้เวลาในการทำงานกับรังสีให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (2) ระยะทางอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดรังสีให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เนื่องจากความเข้มของรังสีแปรผกผันกับระยะทางกำลังสอง ยิ่งอยู่ห่างยิ่งได้รับรังสีน้อยลง (3) เครื่องกำบังรังสี(Shielding) ในกรณีที่ไม่สามารถอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดรังสีได้มากนัก



รูปที่ 6.6 การตรวจสอบหาจุดบกพร่องในชิ้นงานโดยใช้การถ่ายภาพรังสี(http://www.ndt-ed.org/)

6.2.6 การตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม (Liquid Penetrant Testing: PT)

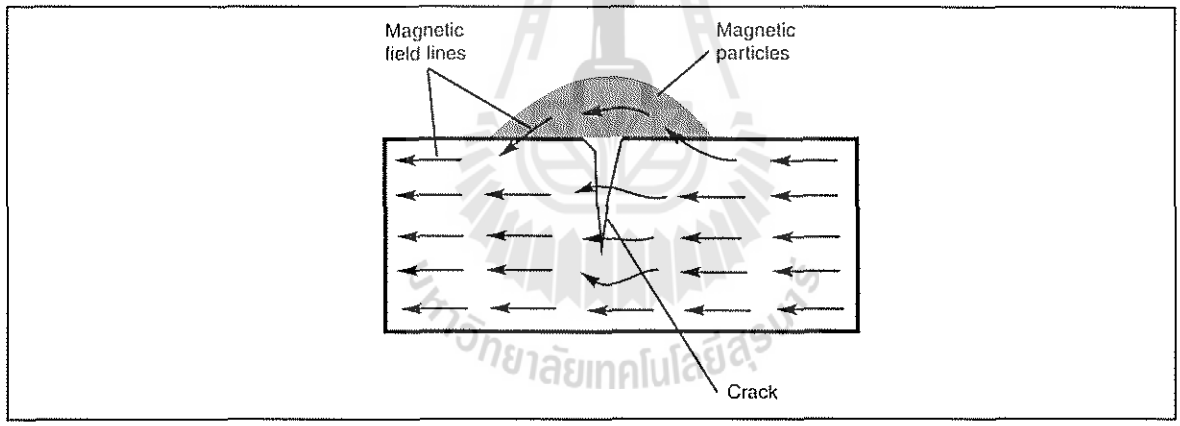
การตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม (Penetrant testing: PT) เป็นการตรวจสอบหาความบกพร่องบนผิวหน้าชิ้นงานโดยใช้สารแทรกซึม (Penetrant) ซึมผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุ หลังจากเช็ดสารแทรกซึมที่ผิวหน้าวัสดุออกไป สารแทรกซึมที่อยู่ในรอยบกพร่องที่ผิวชิ้นงานจะปรากฏขึ้นมา ทำให้ทราบตำแหน่งของรอยบกพร่อง เช่น รอยแตก และรูพรุน บนชิ้นงาน เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.7การตรวจสอบด้วยวิธีนี้สามารถใช้ตรวจสอบวัสดุได้หลายชนิด ทั้งโลหะและอโลหะ โดยไม่ต้องคำนึงถึงสมบัติทางกายภาพของวัสดุ แต่ข้อสำคัญวัสดุงานนั้นจะต้องไม่ดูดซึมของเหลวไม่มีเนื้อเป็นรูพรุน พื้นผิวที่ตรวจสอบต้องสะอาด และไม่ขรุขระมาก อุปกรณ์ที่ใช้ต้องประกอบด้วย น้ำยาล้าง (Solvent cleaner) สารแทรกซึมซึ่งแบ่งเป็นประเภท 1 หรือชนิดเรืองแสงและประเภทที่ 2 หรือชนิดย้อมสี สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Visible dye penetrant)น้ำยาเดลเวลล็อปเปอร์ (Developer)สำหรับเคลือบผิวชิ้นงานเพื่อดึงเอาสารแทรกซึมออกจากจุดบกพร่อง ซึ่งมีทั้งชนิดแห้ง เปียก และแบบมีน้ำผสม และหลอดไฟยูวี (UV) สำหรับส่องสารแทรกซึมชนิดเรืองแสง ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ ไม่สามารถบอกถึงข้อบกพร่องที่เกิดภายใต้ผิวของวัสดุได้ และต้องทำความสะอาดผิวชิ้นงานทดสอบก่อนการตรวจ



รูปที่ 6.7 การตรวจสอบหาจุดบกพร่องบนชิ้นงานด้วยการใช้สารแทรกซึม
(http://www.buffaloinspection.ca/)

6.2.7 การตรวจสอบด้วยอนุภาคแม่เหล็ก (Magnetic Particle Testing: MT)

การตรวจสอบด้วยอนุภาคแม่เหล็ก (Magnetic particle testing: MT)เป็นการตรวจสอบหารอยบกพร่องบนผิวและใต้ผิวตื้นๆ ของชิ้นงานที่เป็นสารแม่เหล็ก (Ferromagnetic)เช่น เหล็ก นิกเกิล โคบอลท์ เป็นต้น โดยทำชิ้นงานให้เป็นแม่เหล็ก (Magnetization) โดยการผ่านกระแสไฟฟ้าแรงดันต่ำเข้าไปในชิ้นงานทดสอบ สนามแม่เหล็กจะถูกสร้างขึ้นโดยมีทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า เมื่อโรยผงเหล็กลงบนผิวงาน ผงเหล็กจะเรียงตัวตามเส้นแรงแม่เหล็ก จะบ่งบอกถึงตำแหน่งของรอยบกพร่องบนผิว หรือใต้ผิวตื้นๆ ของชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 6.8 วัสดุที่ไม่เป็นสารแม่เหล็ก (Non-ferromagnetic) เช่น อะลูมิเนียมผสม แมกนีเซียมผสม ทองแดง และทองแดงผสมตะกั่ว ไทเทเนียม เป็นต้น ไม่สามรถตรวจสอบได้ด้วยวิธีนี้ อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วยเครื่องทำชิ้นงานให้เป็นแม่เหล็ก ที่มีทั้งแบบเคลื่อนย้ายไม่ได้ และแบบพกพา เช่น แม่เหล็กตัวยู (Magnetic yoke) ที่มีทั้งแบบแม่เหล็กถาวร และแม่เหล็กไฟฟ้า ผงเหล็ก (Magnetic particle) หรือหมึกแม่เหล็กสีดำ (Black magnetic ink) หลอดไฟ UV และเครื่องวัดเส้นแรงแม่เหล็ก (Flux indicator) ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ ใช้ได้เฉพาะชิ้นงานที่เป็นสารแม่เหล็ก ต้องทำความสะอาดชิ้นงานทุกครั้งก่อนการตรวจสอบ และบางครั้งต้องคลายอำนาจแม่เหล็กหลังการตรวจสอบ



รูปที่ 6.8 การตรวจสอบหาจุดบกพร่องบนชิ้นงานด้วยอนุภาคแม่เหล็ก (http://www.ndt-ed.org/)

ความสามารถในการตรวจสอบ NDT ของแต่ละเทคนิคสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 6.1

ตาราง 6.1 สรุปความสามารถในการตรวจสอบ NDT(กนิษฐ์, 2551)

		วิธี NDT					
		VT	PT	MT	ET	RT	UT
ความสามารถในการตรวจสอบ	รอยแตกร้าวที่ผิว	/*	/	/	/	/*	/
	รอยแตกร้าวภายใน					/*	/
	ความไม่หลอมติดกันของลวดเชื่อม(lack of fusion)					/*	/
	สแลกฝังใน/สิ่งปนเปื้อนในแนวเชื่อม(Slag/Inclusions)					/	/
	ตามด/รูพรุน(Porosity/Voids)	/				/	/
	การกัดกร่อน (Corrosion/Erosion)	/	/	/		/	/
ความสามารถในการบอกขนาดและตำแหน่ง	ตำแหน่งรอยบกพร่อง	/	/	/	/	/	/
	ความยาวรอยบกพร่อง				/	/	/
ตำแหน่ง	ความหนาของชิ้นงาน				/*		/
	ความหนาของผิวเคลือบ				/*	/	/
					/		/

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สรุปท้ายบท

ในบทนี้นำเสนอเทคนิคการตรวจสอบเครื่องจักรอุปกรณ์การซ่อมบำรุง เพื่อพยากรณ์ช่วงเวลาที่เครื่องจักรหรืออุปกรณ์จะเสียหายซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถนำไปวางแผนการซ่อมบำรุงต่อไปนี้ เทคนิคที่ใช้ในการพยากรณ์ความเสียหายของเครื่องจักรและอุปกรณ์สามารถวิเคราะห์ได้จากการสังเกตด้วยตาเปล่า การวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือน การวิเคราะห์ด้วยเคมี ซึ่งเป็นการวิเคราะห์การปนเปื้อนของสิ่งสกปรกในน้ำมันหล่อลื่นหรือจาระบีที่ใช้ในเครื่องจักร และการวิเคราะห์ไทรโบโลยีซึ่งเป็นการวิเคราะห์การสึกหรอเนื่องจากขูดขีดที่ได้กล่าวมาแล้วจากบทที่ 2 นอกจากการเทคนิคการพยากรณ์ความเสียหายดังกล่าวแล้ว ในบทนี้ยังนำเสนอวิธีการทดสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ในเครื่องจักรแบบไม่ทำลาย ประกอบด้วย 7 เทคนิคที่นิยมใช้ แต่ละเทคนิคมีความเหมาะสมในการใช้งานแตกต่างกันออกไป โดยอาจกล่าวโดยรวมได้ว่า ทุกเทคนิคของการทดสอบแบบไม่ทำลายสามารถใช้ในการตรวจสอบรอยแตกร้าวที่ผิวของชิ้นส่วนอุปกรณ์ได้ รวมถึงสามารถบอกขนาดและตำแหน่งของรอยบกพร่องที่เกิดขึ้นได้ และเทคนิคการตรวจสอบด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิคเป็นเทคนิคที่สามารถใช้ตรวจสอบความบกพร่องของชิ้นส่วนอุปกรณ์ได้ทุกประเภท ผลจากการศึกษาและเข้าใจในบทนี้จะนำไปสู่การรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่จะกล่าวในบทถัดไป (บทที่ 7) ได้เป็นอย่างดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. การตรวจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์มีความสำคัญต่อวิศวกรรมการบำรุงรักษาอย่างไร?

2. ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากการตรวจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์สามารถนำไปใช้สู่การบำรุงรักษาแบบใดได้บ้าง เพราะเหตุใด?

3. โรงงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีวิศวกรหรือช่างเทคนิคที่สามารถการตรวจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์หรือไม่ เพราะเหตุใด?

4. เทคนิคการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์แบบใดที่สามารถตรวจสอบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุด?

5. เทคนิคการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์แบบใดที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยการฟัง?

6. การตรวจสอบแบบไม่ทำลายมีวัตถุประสงค์อย่างไร?

7. เหตุใดการตรวจสอบแบบไม่ทำลายจึงได้รับความนิยม?

8. การตรวจสอบแบบไม่ทำลายเหมาะสำหรับใช้ในงานวิศวกรรมการบำรุงรักษาเพียงอย่างเดียวหรือไม่ ถ้าไม่สามารถนำไปใช้ในงานใดได้บ้าง?

9. เทคนิคการตรวจสอบแบบไม่ทำลายเทคนิคใด ที่สามารถตรวจสอบความผิดปกติทุกประเภทได้?

10. เทคนิคการตรวจสอบแบใดที่ไม่สามารถตรวจสอบการกัดกร่อนได้?

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน
(Preventive Maintenance)

วัตถุประสงค์

นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและความสามารถในเรื่องดังต่อไปนี้

1. อธิบาย ความสำคัญ และเป้าหมายของการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน
2. อธิบายวิธีการเก็บข้อมูล ความแม่นยำของเครื่องมือและการนำเสนอระบบที่มีความวิกฤติ ที่สำคัญต่อการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน
3. วิเคราะห์และวางแผนขั้นตอนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันได้

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นอีกระดับหนึ่งที่พัฒนาขึ้นมาจากการบำรุงรักษาเมื่อขัดข้อง เพื่อลดจำนวนและระดับความเสียหายของเครื่องจักรที่กำลังเดินเครื่องสายการผลิต การบำรุงรักษาเชิงป้องกันอาจจะสามารถเปรียบเทียบได้กับการตรวจเช็คสภาพร่างกายของมนุษย์เพื่อป้องกันโรคภัยไข้เจ็บ จึงจำเป็นต้องหาสาเหตุที่แท้จริงในการเกิดความเสียหายของเครื่องจักร ในบทนี้ได้รวบรวมการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การออกแบบตารางเก็บข้อมูลเพื่อนำมาประมวลผลการชำรุดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ การออกแบบการดำเนินการบำรุงเชิงป้องกันซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือจากพนักงานในสายการผลิตและช่างเทคนิคบำรุงรักษา ชนิดของการบันทึกการบำรุงแบบต่างๆที่สามารถนำมาใช้ให้เกิดประสิทธิภาพ และขั้นตอนการปฏิบัติการบำรุงรักษาด้วยตนเอง

7.1 การวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นการบำรุงรักษาอีกระดับหนึ่งที่พัฒนาขึ้นมาจากการบำรุงรักษาเมื่อขัดข้อง เนื่องจากไม่ต้องการให้เครื่องจักรเสียหายในขณะกำลังทำการผลิต โดยแบ่งออกเป็นการบำรุงรักษาประจำวัน การบำรุงรักษาตามคาบเวลา และการกำหนดเวลาหยุดซ่อม หรือเปลี่ยนก่อนที่จะเกิดการเสียหายของชิ้นส่วนสำคัญๆ

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเปรียบได้อย่างชัดเจนกับการดูแลรักษาร่างกายอย่างถูกสุขลักษณะ เพื่อให้มีสุขภาพแข็งแรง ไม่มีโรคภัยไข้เจ็บเบียดเบียน การดูแลรักษาร่างกายที่ถูกต้อง ประกอบไปด้วยการดูแลรักษาร่างกายประจำวัน เช่น การทำความสะอาดร่างกาย การรับประทานอาหารครบ 5 หมู่ การออกกำลังกายสม่ำเสมอ เป็นต้น แต่ถึงกระนั้นก็ไม่ได้หมายความว่า เราต้องไม่ไปพบแพทย์เพื่อตรวจร่างกายเลย เรายังคงต้องไปพบแพทย์เพื่อทำการตรวจเช็คร่างกายตามคาบเวลา เช่น การตรวจร่างกายประจำปี หลังจากทราบผลการตรวจเช็คก็ต้องทำการรักษาตั้งแต่เนิ่นๆ หรือการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการดำรงชีวิต ดังแสดงในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 ตารางเปรียบเทียบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันระหว่างคนและเครื่องจักร (ธานี, 2546)

คน		
ดูแลร่างกายประจำวัน	**ตรวจสอบตามคาบเวลา**	**การรักษาตั้งแต่เนิ่นๆ**
ทำความสะอาด	ตรวจร่างกายประจำปี	เปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภค
ทานอาหารถูกหลักอนามัย	ตรวจคลื่นหัวใจ	ดูแลร่างกายเป็นพิเศษ
ออกกำลังกาย	ตรวจคลื่นสมอง	ฯลฯ
ฯลฯ	ฯลฯ	
เครื่องจักร		
การบำรุงรักษาประจำวัน	**ตรวจสอบตามคาบเวลา**	**การรักษาตั้งแต่เนิ่นๆ**
ทำความสะอาด	ตรวจเช็คประจำเดือน	กำหนดเวลาเปลี่ยน
หล่อลื่น	ตรวจเช็คความเที่ยงตรง	กำหนดเวลาปรับปรุง
ขันแน่น	ตรวจเช็คใหญ่ประจำปี	เปลี่ยนลักษณะการใช้งาน
ฯลฯ	ฯลฯ	ฯลฯ

7.1.1 การบำรุงรักษาประจำวัน

การบำรุงรักษาประจำวันส่วนใหญ่จะเป็นหน้าที่ของผู้ใช้เครื่อง โดยทั่วไปก็จะประกอบไปด้วย การทำความสะอาด การตรวจสอบ การหล่อลื่น การปรับแต่ง และการเฝ้าสังเกตความผิดปกติของเครื่องจักรด้วยสัมผัสทั้งห้า เพื่อรายงานให้ฝ่ายซ่อมบำรุงทราบล่วงหน้า จะได้ทำการแก้ไขได้อย่างทันท่วงที

การบำรุงรักษาประจำวันแบ่งออกเป็นในช่วงก่อนใช้งาน ขณะใช้งาน และหลังใช้งาน โดยการบำรุงรักษาแต่ละจุดต้องมีการกำหนดวิธีการ วัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ และมาตรฐานการยอมรับดังแสดงในตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 ตารางแสดงตัวอย่างการบันทึกการบำรุงรักษาประจำวัน (ธานี, 2547)

บริเวณที่ต้องบำรุงรักษา	การบำรุงรักษา				อุปกรณ์
	ทำความสะอาด	หล่อลื่น	ตรวจสอบ	ปรับแต่ง	วิธีการและมาตรฐานการยอมรับ
ก่อนใช้งาน • ..... • ..... • ..... •					
หลังใช้งาน • ..... • ..... • ..... •					
ขณะใช้งาน • ..... • ..... • ..... •					

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7.1.2 การบำรุงรักษาตามคาบเวลา

การบำรุงรักษาตามคาบเวลาเป็นการบำรุงรักษาที่ละเอียดและล้ำลึกกว่าการบำรุงรักษาประจำวันที่ส่วนใหญ่จะเป็นเรื่องการทำความสะอาด หล่อลื่น ขันแน่น ปรับแต่ง เป็นต้น แต่ส่วนใหญ่เมื่อเป็นการบำรุงรักษาตามคาบเวลามักจะมีความเข้าใจกันว่า หมายถึงการบำรุงรักษาใหญ่ประจำปี ซึ่งไม่ถูกต้องเพราะบางชิ้นส่วนไม่สามารถรอถึง 1 ปี ได้

การบำรุงรักษาตามคาบเวลาต้องมีการแบ่งแยกว่าชิ้นส่วนใดบ้างที่ต้องทำทุกสัปดาห์ ชิ้นส่วนใดบ้างที่ต้องทำทุกๆ เดือน ชิ้นส่วนใดบ้างที่ต้องทำทุกสามเดือน ชิ้นส่วนใดบ้างที่ต้องทำทุกหกเดือน และชิ้นส่วนใดบ้างที่ทำเพียงปีละครั้งก็พอ นอกจากนั้นยังต้องกำหนดกิจกรรมที่จะทำในแต่ละช่วงเวลาด้วยดังแสดงในตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 ตารางแสดงตัวอย่างการวางแผนการบำรุงรักษาตามคาบเวลา (ธานี, 2547)

บริเวณที่ต้องบำรุงรักษา	การบำรุงรักษา				วิธีการ
	ทำความสะอาดล้ำลึก	เช็คความร่วมศูนย์	การระบายความร้อน	ความสั่นสะเทือน	
ทุกเดือน ● ..... ● ..... ●					
ทุกสามเดือน ● ..... ● ..... ●					
ทุกหกเดือน ● ..... ● ..... ●					
ทุกปี ● ..... ● ..... ●					

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7.1.3 การกำหนดเวลาหยุดซ่อมหรือเปลี่ยนก่อนที่จะเสียหาย

คงไม่คุ้มกันถ้าปล่อยให้ชิ้นส่วนสำคัญๆ เกิดความเสียหายในขณะกำลังทำการผลิตแล้วเครื่องจักรต้องหยุดนานๆ เพื่อแลกกับอายุการใช้งานที่เหลือเพียงเล็กน้อยของชิ้นส่วนเหล่านั้น ดังนั้นในจำนวนชิ้นส่วนสำคัญๆ ของเครื่องจักรนั้น ควรมีการกำหนดเวลาที่จะต้องทำการถอดออกมาซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ หรือตรวจเช็คสภาพความสมบูรณ์ต่างๆ หรือกำหนดเวลาที่ต้องการเปลี่ยนชิ้นส่วนนั้นๆ ไม่ว่าจะยังใช้ได้อยู่หรือไม่ก็ตาม

ทั้งนี้การกำหนดระยะเวลาดังกล่าวจะสามารถทำได้ก็ต่อเมื่อมีการเก็บข้อมูลความเสียหายของเครื่องจักรที่ผ่านมาในอดีต ถ้าหากเรากำหนดระยะเวลาในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนเร็วเกินไปเราก็จะไม่คุ้มในเรื่องของค่าอะไหล่ แนวคิดการกำหนดระยะเวลาในการกำหนดความเข้มข้นของการบำรุงรักษาและการกำหนดเวลาหยุดซ่อมหรือเปลี่ยนก่อนที่จะเสียหาย แสดงในตารางที่ 7.4

อย่างไรก็ตาม การเสื่อมสภาพของเครื่องจักรเกิดขึ้นได้ตามกาลเวลาที่ผ่านไป และเกิดขึ้นได้จากการรับภาระงาน ฉะนั้นการกำหนดระยะเวลา ยังสามารถกำหนดตามระยะเวลา (Time-base) และกำหนดตามการรับภาระงาน (Conditions-base)

ตารางที่ 7.4 ตารางแสดงตัวอย่างการกำหนดเวลาการหยุดซ่อมหรือเปลี่ยนอะไหล่ก่อนที่เสียหาย (ธานี, 2547)

ชิ้นส่วน	ตามระยะเวลา			ตามภาระงาน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1.....						
2.....						
3.....						
4.....						
5.....						
6.....						

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7.2 การดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

การบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องมีข้อเสียตรงที่เครื่องจักรจะเสียหายในขณะกำลังใช้งาน และหากไม่มีเครื่องสำรองก็จะเกิดความเสียหายต่อแผนการผลิตได้ จากนั้นจึงได้มีการพัฒนามาเป็นการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน แต่การบำรุงรักษาเชิงป้องกันก็ยังมีปัญหาอีกเนื่องจากบางครั้งตัวเครื่องจักรเองอาจจะไม่ช่วยอำนวยความสะดวกในการบำรุงรักษา ไม่ว่าจะเป็นการทำความสะอาด การตรวจเช็ค การปรับแต่ง หรือแม้แต่การใช้งาน

การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุงจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เครื่องจักรดูแลรักษาได้ง่าย ใช้งานได้ง่าย โดยการกำจัดจุดยากลำบาก กำจัดแหล่งกำเนิดปัญหา และป้องกันความผิดพลาด

7.2.1 การกำจัดจุดยากลำบาก

ลองพิจารณาสิ่งต่อไปนี้ว่าเป็นจุดยากลำบากที่มีอยู่ในตัวเครื่องจักรหรือไม่

- มืดมองไม่เห็น
- คับแคบ เครื่องมือเข้าไปไม่ถึง
- ปุ่มปรับค่าต่างๆ ไม่อยู่ในระดับสายตา
- ปุ่มต่างๆ เลอะเลือนลำบากในการอ่านค่า
- ไม่รู้ตำแหน่งที่ต้องหล่อลื่น

จะเห็นได้ว่าสิ่งต่างๆ ที่ยกตัวอย่างมานั้น เป็นความยากลำบากที่มีอยู่ในตัวเครื่องจักรทั้งสิ้น ซึ่งความยากลำบากนี้เองที่ทำให้พนักงานผู้ใช้เครื่อง และพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงลดความเข้มข้น หรือละเลยการบำรุงรักษาที่สม่ำเสมอและทั่วถึง ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมประสิทธิภาพของการบำรุงรักษา จุดยากลำบากควรถูกกำจัดให้หมดไป โดยการบันทึกข้อมูลเพื่อแก้ไข ดังแสดงในตารางที่ 7.5 อนึ่ง จุดยากลำบากต่างๆ สามารถได้เป็นจุดยากลำบากในการทำความสะอาด จุดยากลำบากในการหล่อลื่น จุดยากลำบากในการตรวจเช็ค และจุดยากลำบากในการปรับแต่ง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. *จุดยากลำบากในการทำความสะอาด*

จุดยากลำบากในการทำความสะอาดเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความสกปรกขึ้นกับเครื่องจักรจนในที่สุดจะส่งผลต่อคุณภาพงาน หรือมีโอกาสทำให้เครื่องจักรเสียได้ง่าย จุดยากลำบากในการทำความสะอาด เช่น ช่องแคบต่างๆของเครื่อง บริเวณใต้เครื่อง บริเวณที่มีฝาครอบ บริเวณที่อยู่ด้านใน เป็นต้น

2. *จุดยากลำบากในการหล่อลื่น*

จุดยากลำบากในการหล่อลื่นเป็นสาเหตุทำให้เกิดการละเลยต่อการหล่อลื่น การหล่อลื่นที่ไม่ทั่วถึง หรือการหล่อลื่นที่ไม่ถูกวิธี ใช้สารหล่อลื่นไม่ถูกชนิด จุดยากลำบากในการหล่อลื่น เช่น บริเวณที่ต้องหยอดน้ำมันไม่อยู่ในตำแหน่งที่เห็นชัดเจน มีการใช้สารหล่อลื่นหลายตัวแต่ไม่มีการแบ่งแยกให้ชัดเจน ไม่มีจุดสังเกตระดับการเติมน้ำมันหล่อลื่นที่อยู่ในเครื่องว่ายังมีสภาพดีอยู่หรือไม่ เป็นต้น

3. *จุดยากลำบากในการตรวจเช็ค*

จุดยากลำบากในการตรวจเช็คเป็นสาเหตุให้การตรวจเช็คไม่ทั่วถึง ตรวจเช็คไม่ได้ตามมาตรฐานหรืออาจตรวจเช็คไม่ถูกวิธี จุดยากลำบากในการตรวจเช็ค เช่น สเกลบอกค่าต่างๆ สกปรกหรือเลอะเลือน ไม่มีตัวบอกระดับตึงหย่อนของสายพาน ไม่มีสัญลักษณ์สัญลักษณ์ ของทิศทางการหมุนตามจุดต่างๆ มีจุดที่ต้องตรวจเช็คจำนวนหลายจุด เป็นต้น

4. *จุดยากลำบากในการปรับแต่ง*

จุดยากลำบากในการปรับแต่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการตั้งค่าต่างๆ อาจผิดพลาด เช่น ความรวดเร็วการตั้งระยะต่างๆ การปรับกระแสไฟ การปรับแรงดันลม การปรับอุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งความผิดพลาดจากการตั้งค่าเหล่านี้จะส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักร คุณภาพของงาน และอาจจะส่งผลต่อความปลอดภัยในการทำงาน จุดยากลำบากในการปรับแต่ง เช่น ไม่มีสเกลบอก ไม่มีการกำหนดค่ามาตรฐาน ตำแหน่งการปรับแต่งไม่สะดวกในที่คับแคบ เป็นต้น

ตารางที่ 7.5 ตารางแสดงตัวอย่างการบันทึกจุดยากลำบาก (ธานี, 2547)

จุดยากลำบาก	ลักษณะของจุดยากลำบาก				อธิบายความยากลำบาก
	1	2	3	4	
1.....					
2.....					
3.....					
4.....					
5.....					

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7.2.2 การกำจัดแหล่งกำเนิดปัญหา

แหล่งกำเนิดปัญหา คือ แหล่งที่ทำให้การแก้ปัญหาไม่รู้จักจบสิ้นหรือเป็นที่มาของปัญหาต่างๆ เช่น แหล่งที่มาของฝุ่นผงต่างๆ แหล่งที่มาของน้ำรั่วซึม แหล่งที่อาจทำให้การใช้งานไม่ปลอดภัย เป็นต้น หรืออาจจะกล่าวได้ว่าการกำจัดแหล่งที่มาของปัญหาก็คือการแก้ปัญหาที่สาเหตุนั่นเอง

1. แหล่งกำเนิดความสกปรก

แหล่งที่ทำให้เกิดความสกปรกเป็นสาเหตุที่ทำให้เราต้องคอยทำความสะอาดอยู่ร่ำไป เช่น บริเวณที่เกิดการฟุ้งกระจาย บริเวณที่มีการรั่วซึมหรือหยดของน้ำมัน บริเวณที่มีวัสดุกองไม่เป็นระเบียบอยู่ หรือมีสิ่งต่างๆ ที่นำความสกปรกติดเข้ามา เช่น ผู้ปฏิบัติงาน วัตถุดิบ หรืออุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น

2. แหล่งกำเนิดความสั่นสะเทือน

แหล่งกำเนิดความสั่นสะเทือนเป็นต้นเหตุให้เครื่องจักรเกิดการหลวม ทำให้เครื่องจักรทำงานไม่เที่ยงตรง เกิดเสียงดัง เป็นมลพิษทางสิ่งแวดล้อม หรืออาจจะทำให้เกิดอันตรายได้ แหล่งกำเนิดความสั่นสะเทือน เช่น แท่นยึดมอเตอร์ต่างๆ ที่ไม่มีการตรวจเช็ค บริเวณที่เกิดการหมุนอย่างไม่ได้ศูนย์ บริเวณที่เกิดการแกว่ง บริเวณที่หมุนด้วยความเร็วสูงเกินไป เป็นต้น

3. แหล่งกำเนิดอุณหภูมิและเสียงที่ผิดปกติ

การที่เครื่องจักรในบางจุดมีอุณหภูมิสูงผิดปกติหรือมีเสียงดังผิดปกติ ถึงแม้เครื่องจักรนั้นจะยังสามารถใช้งานได้ แต่ก็เป็นสิ่งบอกเหตุว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้น จึงควรกำจัดหรือแก้ไขโดยเร็ว แหล่งกำเนิดอุณหภูมิและเสียงปกผิดปกติ เช่น บริเวณที่มีการขันแน่นเกินไป บริเวณที่หลวมเกินไป ขาดการหล่อลื่นหรือใช้สารหล่อลื่นไม่ถูกต้อง ระบบการหล่อเย็นที่ไม่มีประสิทธิภาพ มีฟันเฟืองชำรุด เป็นต้น

4. แหล่งกำเนิดอันตราย

แหล่งกำเนิดอันตรายที่สามารถพบเห็นได้อยู่ทั่วไปในโรงงานที่ไม่ตระหนักในเรื่องของความปลอดภัย เช่น เครื่องจักรไม่มีฝาครอบบริเวณที่มีการหมุนหรือเคลื่อนไหว ปลั๊กหรือสายไฟรั่วชำรุด สวิตช์ฉุกเฉินไม่อยู่ในตำแหน่งที่กดได้ทันที ไม่มีฉนวนหุ้มบริเวณที่มีความร้อน ไม่มียางหรือพลาสติกในบริเวณที่มีความแหลมคม เป็นต้น แหล่งกำเนิดอันตรายเหล่านี้ต้องค้นหาให้พบและกำจัดให้หมดไปเป็นอันดับแรก เพราะสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรกในการทำงาน คือ “ปลอดภัยไว้ก่อน”

7.2.3 การควบคุมด้วยการมองเห็นและการป้องกันความผิดพลาด

การควบคุมการมองเห็นเป็นการใช้สีสัญลักษณ์ต่างๆ เป็นตัวบอก เพื่อให้เกิดการตัดสินใจได้โดยง่ายและมีโอกาสผิดพลาดน้อย หลักของการควบคุมด้วยการมองเห็นที่เราสามารถพบเห็นได้อยู่ทั่วไป เช่น ป้ายสัญญาณจราจรต่างๆ สัญญาณไฟเขียว ไฟแดง ที่ทุกคนรู้อย่างเป็นสากลและปฏิบัติได้ตามสัญชาตญาณ

การป้องกันความผิดพลาดเป็นการออกแบบเครื่องมือหรืออุปกรณ์ติดตั้งเพิ่มเข้าไปในตัวเครื่องจักรเพื่อป้องกันการทำงานผิดพลาด เช่น ใส่ชิ้นงานผิด ใช้วัสดุผิด ใช้ชิ้นส่วนผิด การปล่อยให้ชิ้นงานเสียหลุดลอดออกไปเป็นต้น

จากการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง ถึงแม้จะทำเครื่องจักรให้ง่ายและสะดวกสบายต่อการใช้งานและการบำรุงรักษาเพียงใด แต่ก็ยังคงเสียเวลาในการบำรุงรักษาอยู่ดี ดังนั้นทางที่ดีที่สุดในอุดมคติ คือ ไม่ต้องมีการบำรุงรักษาเลย แต่ในทางปฏิบัติคงเป็นไปไม่ได้ ดังนั้นการป้องกันการบำรุงรักษาจึงเป็นการทำให้เครื่องจักรอยู่ในสภาพที่ไม่ต้องการการบำรุงรักษาให้มากที่สุด

7.2.4 กิจกรรมเพื่อการป้องกันการบำรุงรักษา

บ่อยครั้งที่เครื่องจักรไม่ได้ออกแบบมาเพื่อให้สามารถบำรุงรักษาได้ด้วยตัวของมันเอง แต่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ทางด้านกรรมวิธีการผลิตเป็นหลัก ทำให้เมื่อนำเครื่องจักรมาใช้งานจึงเป็นหน้าที่ของฝ่ายซ่อมบำรุงในการหาวิธีดูแลรักษาเครื่องจักร ไม่ว่าจะเป็นการหมั่นตรวจเช็ค การมีแผนรองรับหากเครื่องจักรเสียหาย รวมถึงการมีแผนบำรุงรักษาตามระยะเวลา หรือสภาพการใช้งาน ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวนั้นเป็นเรื่องที่จำเป็นและถูกต้อง หากมองในแง่มุมของความพยายามที่จะไม่ให้เครื่องจักรเสีย แต่บางครั้งก็เป็นการสิ้นเปลืองหากมองในมุมของชั่วโมงแรงงานที่ใช้ในการบำรุงรักษา หรือบางครั้งเครื่องจักรก็ยังคงเสียหายเนื่องจากความละเลย ความหลงลืม หรือจากการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องของพนักงานซ่อมบำรุง

ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว กิจกรรมหนึ่งในการบำรุงรักษาควรจะเป็นเรื่องของวิธีที่จะทำให้เครื่องจักรลดความต้องการในการบำรุงรักษาหรือไม่ต้องการเลย เพื่อลดจำนวนชั่วโมงแรงงานที่ใช้ในการบำรุงรักษา กิจกรรมดังกล่าวนั้น ก็คือ การป้องกันการบำรุงรักษา ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

1. พิจารณาความต้องการการบำรุงรักษาของเครื่องจักร

การป้องกันการบำรุงรักษาจะกระทำได้ก็ต่อเมื่อทราบว่าเครื่องจักรนั้นต้องการการบำรุงรักษาจุดสำคัญต่างๆ ตรงไหนบ้าง และต้องมีลักษณะอย่างไร มีความถี่แค่ไหน รวมถึงการพิจารณาความต้องการการบำรุงรักษาที่จะทำให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างเต็มที่ และพิจารณาการบำรุงรักษาที่จะทำให้เครื่องจักรใช้ประโยชนได้สูงสุด

2. การบำรุงรักษาต่างๆ ควรทำเพื่อสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

- ให้เครื่องจักรผลิตชิ้นงานคุณภาพ
- การบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มอัตราการใช้งานระยะยาว
- การบำรุงรักษาเพื่อปรับปรุงความสามารถในการปฏิบัติงานและเพิ่มความปลอดภัย

นอกจากการพิจารณาในประเด็นต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว ยังต้องมีการพิจารณาต่อไปอีกว่าหากไม่เป็นไปตามนั้นจะมีวิธีอะไรบ้างที่จะทำให้รับรู้ก่อนได้หรือไม่ในรูปของการแสดงผลด้วยอุปกรณ์ต่างๆ เช่น

- ด้วยชิ้นส่วนต่างๆ
- ด้วยอุปกรณ์เสริมที่ต้องติดตั้งเพิ่ม
- การใช้อุปกรณ์เดิมของเครื่องจักรกับอุปกรณ์เสริมร่วมกัน

การใช้อุปกรณ์ดังกล่าว ไม่ว่าจะติดมากับเครื่องจักรหรือติดตั้งเพิ่มเข้าไปก็ตาม ถ้ามองในมุมของผู้ใช้เครื่องหรือพนักงานซ่อมบำรุง อุปกรณ์ต่างๆ เหล่านั้นก็คือ อุปกรณ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน เพื่อให้

- ใช้งานได้ง่าย
- พบความผิดปกติได้ง่าย
- ป้องกันความผิดปกติได้ง่าย

7.2.5 การติดตั้งระบบป้องกันการบำรุงรักษา

หลังจากที่ทำการพิจารณาความต้องการการบำรุงรักษาของเครื่องจักรทั้งที่ทำเพื่อให้เครื่องจักรใช้งานได้เต็มที่ และให้เครื่องจักรใช้ประโยชน์สูงสุดในรูปของความน่าเชื่อถือ (Reliability) ความสามารถในการซ่อมบำรุง (Maintainability)การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Autonomous maintenance)ความสามารถในการใช้งาน (Operability) และความปลอดภัย (Safety) เพื่อนำมาหาวิธีการปรับปรุงหรือแก้ไขจุดที่ยังบกพร่องอยู่ ซึ่งบางครั้งอาจต้องมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ ออกแบบอุปกรณ์ใหม่ หรือการเปลี่ยนกรรมวิธีการผลิต รวมถึงการกำหนดมาตรฐานต่างๆ ใหม่ ไม่ว่าจะเป็นมาตรฐานความปลอดภัย มาตรฐานการปฏิบัติงาน หรือมาตรฐานการบำรุงรักษา เป็นต้น

ตัวอย่างที่ชัดเจนของการบำรุงรักษาที่เริ่มตั้งแต่การบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องไปจนถึงการป้องกันการบำรุงรักษา อย่างเช่น กรณีของการใช้แบตเตอรี่รถยนต์ กล่าวคือ ถ้าเราต้องการเพียงการบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องตลอดเวลาเราคงไม่ต้องไปทำอะไรกับแบตเตอรี่เลย ไม่ว่าจะเป็นการตรวจเช็คประจุหรือการเติมน้ำกลั่น รอเพียงแบตเตอรี่เสื่อมสภาพจึงทำการเปลี่ยนใหม่ แต่ถ้าทำเช่นนั้นแบตเตอรี่ก็จะมีอายุการใช้งานที่สั้นลงหรืออาจทำให้เกิดความเดือดร้อนหากแบตเตอรี่หมดในที่ที่ไม่มีผู้ให้ความช่วยเหลือ ดังนั้น จึงหันมาทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน นั่นก็คือ มั่นตรวจเช็คและเติมน้ำกลั่นอย่างสม่ำเสมอ พร้อมทั้งทำการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้เติมน้ำกลั่นได้ง่ายขึ้น เช่น การมีอุปกรณ์ช่วยเติม มีตัวบ่งชี้ระดับน้ำกลั่น (สูงสุด ต่ำสุด) ที่ชัดเจน ก็จะทำให้แบตเตอรี่มีอายุที่ยืนยาวขึ้น แต่ถึงกระนั้นคงจะสะดวกสบายขึ้น หากไม่ต้องมีการเติมน้ำกลั่น ไม่ต้องดูแล แต่มีแบตเตอรี่ที่มีอายุยืนยาวตามมาตรฐาน นั่นก็คือ การเปลี่ยนมาใช้การป้องกันการบำรุงรักษา โดยการเปลี่ยนมาใช้แบตเตอรี่ชนิดที่ไม่ต้องเติมน้ำกลั่นหรือแบตเตอรี่แห้งนั่นเอง

7.3 ชนิดของการบันทึกการบำรุงรักษาและวัตถุประสงค์

ชนิดของการบันทึกการบำรุงรักษามีหลากหลายขึ้นกับวัตถุประสงค์การใช้งาน ดังแสดงในตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 ชนิดของการบันทึกการบำรุงรักษา (ธานี, 2546)

	ชนิดของหน้าที่	ชื่อของรายงาน	เนื้อหา	วัตถุประสงค์การประยุกต์ใช้	ผู้รับผิดชอบ	หมายเหตุ
1	กิจกรรมเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์	แบบฟอร์มการตรวจสอบประจำวัน	การตรวจสอบภายนอก เมื่อเดินเครื่องใช้งานประจำวันแล้วตรวจสอบดูว่ามีสิ่งผิดปกติหรือไม่	จัดการกับบริเวณที่มีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นหรือติดต่อกับผู้ควบคุมหรือฝ่ายบำรุงรักษา	พนักงานในสายงาน	การบันทึกผลการหล่อลื่นนั้นบันทึกรวมไปด้วยกันได้
2		ตารางบันทึกเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่น	บันทึกการเติมน้ำมันหล่อลื่น ณ จุดที่จำเป็นขณะเดินเครื่องหรือการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นที่เสื่อมสภาพ	ปรับปรุงวิธีการหล่อลื่นหรือควบคุมน้ำมันหล่อลื่น	พนักงานในสายงาน	
3	กิจกรรมวัดการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์	บันทึกการตรวจวัดตามช่วงเวลา	ตรวจวัดการเสื่อมสภาพการสึกหรอแล้วบันทึกไว้วิเคราะห์ตามที่จำเป็น	ผลการตรวจวัดถ้าถึงขีดจำกัดแล้ว ทำให้การซ่อมแซมปรับแต่ง	ฝ่ายบำรุงรักษา	ค่าขีดจำกัดนั้นระบุไว้ในมาตรฐานการตรวจวัด
4	กิจกรรมแก้ไขการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์	รายงานการบำรุงรักษา	บันทึกรายละเอียดในการซ่อมแซมเหตุขัดข้องหรือการปรับแต่งตามแผนการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง	เก็บสถิติการขัดข้องแล้วกำหนดอุปกรณ์สำคัญที่ต้องควบคุมและหัวข้อที่จะควบคุมหาสาเหตุการขัดข้องจากสภาพขัดข้องแล้วกำหนดมาตรการไม่ให้เกิดซ้ำอีก	ฝ่ายบำรุงรักษา	

	ชนิดของหน้าที่	ชื่อของรายงาน	เนื้อหา	วัตถุประสงค์การประยุกต์ใช้	ผู้รับผิดชอบ	หมายเหตุ
5	กิจกรรมแก้ไขการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์	บันทึกการรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง	บันทึกแผนการบำรุงรักษาแก้ไขเชิงปรับปรุงการดำเนินงานและผลที่เกิด	ทำวิธีการใหม่ๆ ให้เป็นวิธีมาตรฐาน แก้ไขรูปแบบแปลนเดิม ใช้งานการบำรุงรักษาที่ทำไปเป็นเอกสารข้อมูลเพื่อศึกษา	ฝ่ายบำรุงรักษา ฝ่ายออกแบบ หรือพนักงาน	ควรทำกับอุปกรณ์ที่เป็นชนิดที่คล้ายกันด้วย
6		ตารางบันทึกการวิเคราะห์ MTBF	บันทึกการบำรุงรักษาต่างๆ เช่น การแก้ไขเหตุขัดข้องกะทันหัน การเปลี่ยนมันหล่อลื่น การปรับแต่งตามช่วงเวลา เป็นต้น	ปรับปรุงการขยายช่วงเวลาก่อนการบำรุงรักษา เพื่อการปรับปรุงให้การจัดการต่างๆ เป็นไปแบบมีประสิทธิภาพ	พนักงานในสายงาน ฝ่ายบำรุงรักษา หรือพนักงานประจำ เป็นต้น	
7	บันทึกตลอดช่วงอายุอุปกรณ์	สมุดคู่มือประจำเครื่องอุปกรณ์	บันทึกการซ่อมแซมเหตุขัดข้องครั้งใหญ่ การปรับแต่งตามช่วงเวลา เนื้อหาการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุงหรือค่าใช้จ่าย เป็นต้น	เพื่อการตัดสินใจในการเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่จากต้นทุนตลอดอายุอุปกรณ์ข้อมูลการตัดสินใจในการลงทุนอุปกรณ์	ฝ่ายบำรุงรักษา หรือพนักงาน	

	ชนิดของหน้าที่	ชื่อของรายงาน	เนื้อหา	วัตถุประสงค์การประยุกต์ใช้	ผู้รับผิดชอบ	หมายเหตุ
8	การควบคุมงบประมาณการบำรุงรักษา	บันทึกค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษา	รวบรวมค่าใช้จ่ายจริงของอุปกรณ์แต่ละเครื่อง ได้แก่ ค่าแรงการบำรุงรักษา ค่าวัสดุ ค่าใช้จ่ายที่สั่งทำภายนอก เป็นต้น	การควบคุมต้นทุนการบำรุงรักษาเพื่อสร้างมาตรการแก้ไขจากข้อมลที่รวบรวม จุดสำคัญในการลดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษา	ฝ่ายบำรุงรักษาพัสดุ ฝ่ายจัดซื้อหรือพนักงาน	ฝ่ายบัญชีก็รวบรวมข้อมูลนี้เช่นเดียวกัน

7.4 ขั้นตอนการปฏิบัติการบำรุงรักษาด้วยตนเอง

ในการที่จะทำให้การบำรุงรักษาด้วยตนเองบรรลุผลสำเร็จตามขั้นตอนที่กล่าวไว้นั้นจำเป็นต้องมีแนวทางในการปฏิบัติดังแสดงในตารางที่ 7.7 และ 7.8 ดังนี้ (ธานี, 2546)

1) การประชุมแนะนำ

ก่อนที่จะดำเนินการตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ของการบำรุงรักษาด้วยตนเอง ควรจะมีการประชุมหรือแนะนำอย่างเป็นทางการ เพื่อแนะนำเกี่ยวกับเนื้อหา แนวทางของการบำรุงรักษาแบบทวีผล(TPM)ตลอดจนบทบาทของกิจกรรมการบำรุงรักษาด้วยตนเอง ให้แก่ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย

2) การร่วมมือระหว่างหน่วยงาน

หน้าที่การบำรุงรักษาด้วยตนเองนั้น นอกจากจะเป็นฝ่ายปฏิบัติงานหรือพนักงานฝ่ายผลิตแล้ว ยังต้องอาศัยความร่วมมือช่วยเหลือจากฝ่ายบำรุงรักษา ฝ่ายออกแบบและเทคนิคการผลิต หรือแม้กระทั่งฝ่ายบุคคล ฝ่ายธุรการ ตลอดจนฝ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องอีกด้วย เพราะฉะนั้นสิ่งหนึ่งที่จะขาดเสียมิได้ก็คือ การประชุมหรือปรึกษาหารือระหว่างฝ่ายจัดการ (ผู้จัดการฝ่าย ผู้จัดการแผนก) เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น

3) การร่วมกลุ่มกิจกรรม

โดยจัดตั้งให้มีโครงสร้างกิจกรรมกลุ่มย่อยแบบซ้อนขึ้น ซึ่งพนักงานทุกคนเข้ามามีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ระบบโครงสร้างกลุ่มย่อยแบบซ้อน เป็นระบบที่มีการแต่งตั้งผู้นำกลุ่มขึ้นมาตามสายงานของแต่ละองค์กร ตัวอย่างเช่น การจัดตั้งกลุ่มทำงานย่อย(TPMcircle) โดยมีหัวหน้างานเป็นศูนย์กลาง มีการแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยและกลุ่มเล็กๆ ในกรณีที่สมาชิกในกลุ่ม (Circle member) มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยกำหนดให้จำนวนสมาชิกแต่ละกลุ่มเหลือเพียงกลุ่มละ 5-6 คน และผู้นำหรือหัวหน้ากลุ่มแต่ละกลุ่มก็เป็นสมาชิกของกลุ่มซึ่งมีอาจที่สูงกว่าตามสายงานขององค์กร เช่น หัวหน้าแผนกจะเป็นสมาชิกของกลุ่มที่มีหัวหน้าส่วนเป็นผู้นำกลุ่ม หัวหน้ากลุ่มจะเป็นสมาชิกของกลุ่มที่มีผู้จัดการแผนกเป็นผู้นำกลุ่ม ผู้จัดการแผนกก็จะเป็นสมาชิกของกลุ่มที่มีผู้จัดการโรงงานเป็นผู้นำกลุ่มและท้ายสุดผู้จัดการโรงงานก็จะเป็นสมาชิกของกรรมการส่งเสริมกิจกรรม TPM ขององค์กรหรือหน่วยงานดังนี้เป็นต้น

การแบ่งกลุ่มกิจกรรมตามสายงานหรือความรับผิดชอบในองค์กรตามที่กล่าวมานี้ เรียกว่า “ระบบโครงสร้างกิจกรรมกลุ่มย่อยแบบซ้อนซึ่งพนักงานทุกคนมีส่วนร่วม” ซึ่งการแบ่งกลุ่มสมาชิกอย่างเป็นขั้นตอนนี้ก็จะเป็นการเชื่อมความเข้าใจอันดีซึ่งกันและกันระหว่างหัวหน้าและผู้ที่อยู่ใต้บังคับบัญชา

ในการส่งเสริมการทำ TPM ขององค์กรนั้น ควรจะมีการจัดตั้งสำนักงานพร้อมทั้งแต่งตั้งกรรมการส่งเสริมกิจกรรมขึ้นมา หรือในกรณีที่จำเป็น ก็อาจมีการจัดตั้งกรรมการผู้เชี่ยวชาญ เพื่อคอยให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการดำเนินกิจกรรมของกลุ่มขึ้นมา

4) สร้างสำนึกของงาน

มีการสร้างสำนึกให้เกิดแก่พนักงานว่ากิจกรรมทุกอย่างในการบำรุงรักษาด้วยตนเองคืองานหรือหน้าที่ของตัวเอง (ไม่ใช่เป็นเพียงกิจกรรมอิสระนอกเวลางานที่ใครจะร่วมหรือไม่ร่วมก็ได้) ส่วนใหญ่แล้วหัวหน้าหรือผู้จัดการที่เกี่ยวข้องมักจะคิดกันว่า “การบำรุงรักษาด้วยตนเองเป็นกิจกรรมที่ต้องควบคุมและจัดการด้วยตนเอง ไม่เกี่ยวกับหน้าที่หรือการงานที่ทำอยู่เป็นประจำ ควรปล่อยให้จัดกันเองโดยที่หัวหน้าไม่ต้องเอ่ยปาก” ซึ่งเป็นความเข้าใจผิดอย่างร้ายแรง ถ้าหากหัวหน้าหรือผู้จัดการปล่อยปละละเลยเพียงเพราะคำว่า “จัดการด้วยตนเอง” แล้ว การบรรลุเป้าหมายของการทำกิจกรรมก็จะเป็นไปไม่ได้เลย

กิจกรรมการบำรุงรักษาด้วยตนเองก็คือการตรวจดูแล ลงมือตรวจซ่อมเครื่องจักรอุปกรณ์ อันเป็นการบำรุงรักษาที่ต้องทำกันอยู่แล้วเป็นประจำทุกวัน เพื่อสนองนโยบายหรือบรรลุเป้าหมายขององค์กร กล่าวอีกนัยหนึ่ง การบำรุงรักษาด้วยตนเองก็คืองานในหน้าที่นั่นเอง

สภาพแวดล้อม ความรู้ ความสามารถ ตลอดจนความกระตือรือร้นของทุกคนนับเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำเนินกิจกรรมการบำรุงรักษาด้วยตนเอง บทบาทของฝ่ายเบื้องบนหรือหัวหน้าจึงสำคัญอย่างยิ่ง ที่จะต้องพยายามอย่างมากในการเสริมสร้างปัจจัย สภาพแวดล้อม และการกระตุ้นขวัญและกำลังใจของลูกน้อง

5) มีการปฏิบัติ

ไม่ติดกับรูปแบบหรือหลักการเพียงอย่างเดียว ควรเน้นหนักอยู่ที่การปฏิบัติและเรียนรู้จากประสบการณ์

6) การฝึกอบรม

ควรจัดให้มีการฝึกอบรมอย่างจริงจังตามขั้นตอน เพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

7) กำหนดเป้าหมาย

ควรจัดให้มีการตั้งหัวข้อหรือกำหนดเป้าหมายที่จะทำกิจกรรมในแต่ละขั้นตอน มีการวางแผนดำเนินการเพื่อที่จะให้บรรลุผลตามที่ได้กำหนดไว้

8) การควบคุมและจัดการด้วยตนเอง

การกำหนดเนื้อหากิจกรรมที่ต้องทำในกลุ่ม อาทิเช่น การรักษาความสะอาด กรเติมน้ำมัน การตรวจสอบการเปลี่ยนชิ้นส่วน ควรจะทำโดยสมาชิกในกลุ่มเอง เพื่อเป็นการฝึกหัดในด้านการดูแลจัดการด้วยตนเอง (ควรมีการฝึกอบรมเพื่อเพิ่มความสามารถเกี่ยวกับวิธีการกำหนดเนื้อหากิจกรรม)

9) การตรวจสอบ

เจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบหรือเกี่ยวข้อง ต้องตรวจสอบและประเมินผลการทำกิจกรรมทุกขั้นตอนโดยศึกษาถึงสภาพการณ์ และทำความเข้าใจถึงปัญหาที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นสภาพของกิจกรรมหรือเครื่องจักรอุปกรณ์ พร้อมกับหาแนวทางในการแก้ไขและคำแนะนำ ตลอดจนจัดให้มีการประเมินผลเพื่อตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน

จุดประสงค์ของการตรวจสอบด้านการบำรุงรักษาด้วยตนเอง ก็เพื่อการคอยติดตามว่าผลของการทำกิจกรรมการบำรุงรักษาบรรลุผลตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ในตอนแรกหรือไม่ ในฐานะที่ปรึกษาหรือผู้แนะนำ (อาจเป็นผู้จัดการฝ่ายหรือผู้จัดการแผนก) ควรมีการตรวจสอบและติดตามผลการดำเนินกิจกรรม การศึกษาและรับฟังถึงปัญหาที่กลุ่มกิจกรรมแต่ละกลุ่มประสบอยู่ คอยให้คำแนะนำและปรึกษาถึงวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น เป็นผู้ประสานงานในการดำเนินกิจกรรมระหว่างกลุ่ม (จากโครงสร้างกลุ่มกิจกรรมแบบซ้อนที่ได้แบ่งไว้)

ดังนั้น บทบาทหรือหน้าที่ของผู้ที่ตรวจสอบนั้น ไม่ได้จำกัดอยู่ที่การรับฟังปัญหาที่เกิดขึ้นในกลุ่มกิจกรรมเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมไปถึงการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหา ตลอดจนเสนอวิธีแก้ปัญหาให้เห็นอย่างชัดเจนอีกด้วย

10) การเลือกตัวอย่าง

ควรจัดให้มีการยกตัวอย่างการทำงานไม่ว่าจะเป็นด้านเครื่องจักอุปกรณ์หรือกลุ่มกิจกรรม โดยชี้ให้เห็นถึงวิธีการ ปัญหา ตลอดจนผลการดำเนินการ เพื่อเป็นการส่งเสริมความเข้าใจในการทำกิจกรรม

11) ดำเนินการตรวจซ่อมอย่างฉับไว

ควรจัดให้มีการปรับปรุงแก้ไขเหตุขัดข้องหรือข้อเสียที่ค้นพบจากการทำกิจกรรมบำรุงรักษาด้วยตนเองอย่างฉับไว

ส่วนใหญ่แล้ว หน้าที่ทางด้านการปรับปรุงแก้ไขนั้นมักจะเป็นของฝ่ายบำรุงรักษา ซึ่งโดยปกติมักจะมีงานประจำที่ยุ่งอยู่แล้ว แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อกลุ่มที่ทำการบำรุงรักษาด้วยตนเองค้นพบว่ามีเหตุขัดข้องเกิดขึ้น ฝ่ายบำรุงรักษาก็ยังควรที่จะจัดเวลามาแก้ไขปัญหาที่ได้รับร้องเรียนให้เร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ไม่ควรปล่อยทิ้งไว้ มิเช่นนั้นแล้วก็จะไม่เกิดผลดีต่อการทำกิจกรรมบำรุงรักษาด้วยตนเองและทำให้การทำกิจกรรมล้มเหลวไปในที่สุด

ดังนั้น ฝ่ายบำรุงรักษาจึงควรจะต้องมีการวางแผนด้านกำลังคน เวลา ไม่ว่าจะต้องมีการทำงานนอกเวลาหรือการจ้างผู้รับเหมา เพื่อที่จะคอยขจัดและแก้ไขปัญหาที่พบให้หมดไปอย่างฉับไว ซึ่งการทำเช่นนี้ก็เท่ากับเป็นการให้ความร่วมมือและสนับสนุนกิจกรรมการบำรุงรักษาด้วยตนเอง

12) การดำเนินการอย่างจริงจัง

สิ่งที่สำคัญที่สุดก็คือการดำเนินการปฏิบัติอย่างจริงจังทุกขั้นตอน เพราะว่าการดำเนินการแบบครึ่งๆ กลางๆ หรือรีบทำให้สำเร็จในแต่ละขั้นตอนนั้น ผลที่ได้รับจะเป็นเพียงรูปแบบการทำเท่านั้น ท้ายที่สุดก็จะไม่ได้ความรู้หรือประสบการณ์อะไรติดตัวเลย

ตารางที่ 7.7 ตารางแสดงขั้นตอนการปฏิบัติการบำรุงรักษาด้วยตัวเอง(ธานี, 2546)

ขั้นตอน	ชื่อ	เนื้อหากิจกรรม
ขั้นที่ 1	ทำความสะอาดขั้นต้น	กำจัดขยะ ฝุ่นและสิ่งเปรอะเปื้อนออกจากตัวเครื่องจักรให้หมดสิ้น เติมน้ำมัน ขันกวดน็อตให้แน่นและค้นหาจุดบกพร่องและทำให้กลับไปสู่สภาพเดิม
ขั้นที่ 2	มาตรการเกี่ยวกับสาเหตุและจุดที่มีปัญหา	กำจัดแหล่งที่เกิดขยะ ฝุ่น รอยเปื้อน ป้องกันการกระเด็น ปรับปรุงที่ทำความสะอาดหรือเติมน้ำมันได้ยากและวางแผนลดเวลาทำความสะอาดและเติมน้ำมันหล่อลื่น
ขั้นที่ 3	กำหนดมาตรฐานการทำความสะอาด	จัดทำมาตรฐานในการทำงานเพื่อให้สามารถทำความสะอาด เติมน้ำมัน ขันกวดน็อตให้แน่นได้ในเวลาอันสั้น และต่อเนื่อง จำเป็นต้องกำหนดให้ทำให้ทันในช่วงเวลาตรวจสอบประจำวันและการซ่อมตามกำหนดเวลา

ขั้นตอน	ชื่อ	เนื้อหากิจกรรม
ขั้นที่ 4	การตรวจสอบทั่วๆไป	ฝึกอบรมเทคนิคการตรวจสอบตามคู่มือการตรวจสอบ ค้นหาข้อบกพร่องเล็กๆ น้อยๆ ที่เกิดขึ้นและปฏิบัติงานจริงในการตรวจซ่อมและแก้ไข
ขั้นที่ 5	การตรวจสอบด้วยตนเอง	จัดทำ Check sheet การตรวจสอบด้วยตนเอง และปฏิบัติตาม
ขั้นที่ 6	ความเป็นระเบียบเรียบร้อย	จัดทำมาตรฐานหัวข้อการควบคุมดูแลสถานที่ทำงานทุกแห่งและวางแผนให้เป็นระบบที่สมบูรณ์ เช่น - มาตรฐานการตรวจสอบ ทำความสะอาด เติมน้ำมัน - มาตรฐานการขนย้ายวัสดุในที่ทำงาน - สร้างมาตรฐานการบันทึกข้อมูล - มาตรฐานการควบคุมแม่แบบและเครื่องมือ
ขั้นที่ 7	ควบคุมอย่างจริงจัง	ดำเนินการตามแนวนโยบายของบริษัท ตั้งเป้าหมายและดำเนินการแก้ไขปรับปรุงอยู่เสมอ วิเคราะห์และทำบันทึก MTBF เพื่อใช้ในการปรับปรุงครั้งต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 7.8 ขั้นตอนการปฏิบัติการบำรุงรักษาด้วยตนเอง (วิธีการส่งเสริมกิจกรรมกลุ่มย่อย) (ธานี, 2546)

ขั้นตอน	ชื่อ	เนื้อหากิจกรรม	เป้าหมายทางด้าน เครื่องจักรอุปกรณ์	เป้าหมายทางด้าน ทรัพยากรบุคคล	การแนะนำและช่วยเหลือจาก ระดับบริหารและพนักงาน
ขั้นที่ 3	สร้างมาตรฐานการทำความสะอาด	-จัดทำมาตรฐานในการทำงาน เพื่อให้สามารถทำความสะอาดเติมน้ำมัน, ขันน็อตให้แน่นในเวลาอันสั้นและทำอย่างต่อเนื่อง (จำเป็นต้องกำหนดให้ทำได้ในช่วงเวลาการตรวจสอบประจำวันและการซ่อมตามกำหนดเวลา)	-วางแผนให้สามารถทำความสะอาด, หยอดน้ำมันและการขันน็อตให้แน่น ซึ่งเป็นเงื่อนไขเบื้องต้น 3 ประการ (กิจกรรมป้องกันการเสื่อมสภาพ)ของการบำรุงรักษาและให้ปฏิบัติได้อย่างต่อเนื่อง	-จัดให้มีการทำมาตรฐานของตนเองขึ้นและให้ปฏิบัติตามมาตรฐานนั้นให้เรียนรู้ความสำคัญ (การควบคุมคืออะไร) ของการปฏิบัติตามสั่งเหล่านั้น -ให้แต่ละคนมีจิตสำนึกเกี่ยวกับบทบาทของตน (การทำงานเป็นทีม)	-ให้ข้อคิดเห็นและแนวทางการสร้างแบบฟอร์มการรักษาความสะอาดและการกรอกแบบฟอร์มนั้น -สอนให้รู้ความหมายว่า “การทำความสะอาดเป็นการตรวจซ่อมอย่างหนึ่ง
ขั้นที่ 4	การตรวจสอบทั่วไป	ให้การศึกษาอบรมเทคนิคการตรวจสอบตามคู่มือการตรวจสอบ และค้นหาข้อบกพร่องเล็กๆ น้อยๆ ให้พบและซ่อมแก้ไขจากการปฏิบัติการตรวจสอบจริง	-ทำการตรวจสอบทั่วไปด้วยสายตา สำหรับชิ้นส่วนหลักของเครื่องจักร ฟื้นฟูจากการเสื่อมสภาพและเพิ่มความเชื่อถือได้ -จัดให้มีเบอร์ชิ้นส่วนแผ่นป้ายแยกประเภทตามสี, thermo tape, gauge, indicator เป็นต้น เพื่อให้เป็นเครื่องจักรที่สามารถตรวจสอบได้ง่าย	-ให้เรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของเครื่องจักร, หน้าที่การทำงานและมาตรฐานการพิจารณาตัดสินใจด้วยการศึกษาฝึกอบรม การตรวจซ่อมจริงเพื่อให้มีฝีมือในการตรวจซ่อม -.ให้ฝึกวิธีการแก้ปัญหาข้อขัดข้องอย่างง่ายๆ -สอนความเป็นผู้นำให้แก่หัวหน้าและสอนผู้ร่วมทีมให้เรียนรู้วิธีการทำงานของลูกทีม -รวบรวมข้อมูลการตรวจสอบและศึกษาใช้ประโยชน์จากข้อมูลนั้น	-จัดทำคู่มือการตรวจซ่อมและให้การศึกษาฝึกอบรมการตรวจสอบแก่หัวหน้า -จัดทำแผนการตรวจสอบ --สอนวิธีการแก้ปัญหาอย่างง่ายได้ -จัดให้มีการตรวจสอบได้ง่าย (การควบคุมด้วยตา) -แนะนำการรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ -ให้หัวหน้าเข้าร่วมในการวางแผนการซ่อมบำรุงรักษา

ขั้นตอน	ชื่อ	เนื้อหากิจกรรม	เป้าหมายทางด้านเครื่องจักรอุปกรณ์	เป้าหมายทางด้านทรัพยากรบุคคล	การแนะนำและช่วยเหลือจากระดับบริหารและพนักงาน
ขั้นที่ 5	การตรวจสอบด้วยตัวเอง	จัดทำแบบฟอร์มการตรวจสอบ(Check sheet) การตรวจสอบด้วยตนเองและดำเนินการ	-รักษาสภาพการฟื้นจากการเสื่อมแล้ว ให้ได้ด้วยการตรวจสอบทั่วไป	-สร้างผู้ควบคุมใหม่ๆ ที่สามารถทำได้เองด้วยการแบบฟอร์มการตรวจสอบ(Check sheet)การตรวจสอบเองประจำวัน และการตรวจสอบการกำหนดเวลา โดยอาศัยข้อมูลและคู่มือการตรวจสอบ -ให้เห็นความสำคัญของการจดบันทึกข้อมูลตามเวลาและกลุ่ม	-ให้ข้อคิดเกี่ยวกับจุดสำคัญที่ต้องการตรวจสอบและช่วงเวลาการตรวจสอบโดยวิธีสังเกตจากข้อมูล -ให้ข้อคิดเกี่ยวกับแบบฟอร์มการตรวจสอบ(Check sheet)และวิธีการกรอก -ให้มีการทำการบำรุงเชิงป้องกันอย่างมืออาชีพ โดยอาศัยปฏิทินการซ่อมบำรุง -การถอดซ่อมและมาตรฐานการควบคุมความเที่ยงตรง
ขั้นที่ 6	ความเป็นระเบียบเรียบร้อย ความสะอาด	-จัดทำมาตรฐานหัวข้อควบคุมดูแลสถานที่ทำงานทุกชนิด และวางแผนให้เป็นระบบที่สมบูรณ์ -มาตรฐานการตรวจสอบทำความสะอาด เติมน้ำมัน -มาตรฐานการขนย้ายวัสดุในที่ทำงาน -ทำมาตรฐานของการบันทึกข้อมูล -มาตรฐานการควบคุมแม่แบบและเครื่องมือ	-วางแผนเพิ่มประสิทธิภาพการทำความสะอาด การตรวจสอบการเติมน้ำมัน โดยจัดให้มีการควบคุมดูแลด้วยตา -ศึกษาข้อมูล เหตุขัดข้อง หรือการเสียหายอย่างถ่องแท้ เพื่อหาจุดที่จะปรับปรุง	-ขยายขอบข่ายการควบคุมด้วยตนเองด้วยการทำมาตรฐานของหัวข้อการควบคุมทุกชนิด -ด้วยการเรียนรู้จากการทำเป็นมาตรฐานและข้อมูล ให้รู้ถึงความสำคัญของการปรับปรุงตามมาตรฐานเหล่านั้น -ให้รู้ถึงหน้าที่พื้นฐานของผู้ควบคุม	-ช่วยเหลือทางด้านเทคนิคในการทำมาตรฐานเพื่อตอบสนองคำร้องขอของฝ่ายหรือกิจกรรมกลุ่มย่อย

ขั้นตอน	ชื่อ	เนื้อหากิจกรรม	เป้าหมายทางด้านเครื่องจักรอุปกรณ์	เป้าหมายทางด้านทรัพยากรบุคคล	การแนะนำและช่วยเหลือจากระดับบริหารและพนักงาน
ขั้นที่ 7	ควบคุมโดยมีเป้าหมายอย่างจริงจัง	ดำเนินการตามแนวนโยบายของบริษัทจัดตั้งเป้าหมายและทำกิจกรรม แก้ไขปรับปรุงอยู่เสมอ วิเคราะห์และทำบันทึก MTFB อย่างจริงจัง เพื่อการปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์	- ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทุกชนิดเพื่อสามารถเพิ่มความเชื่อถือได้ การซ่อมได้ง่าย และเดินเครื่องได้สะดวก จากการแก้ไขปรับปรุงเครื่องจักรโดยตรง -ศึกษาจุดอ่อนของเครื่องจักรโดยอาศัยข้อมูลและดำเนินการปรับปรุงอย่างจริงจัง พร้อมกับวางแผนยืดอายุเครื่องจักรและช่วงเวลาการตรวจสอบ	-วางแผนเพิ่มจิตสำนึกเกี่ยวกับเป้าหมาย และให้มีจิตสำนึกเกี่ยวกับต้นทุนที่รวมถึงค่าซ่อมบำรุงด้วย -ให้มีทักษะที่จะซ่อมเล็กๆ น้อยๆ ได้โดยการฝึกอบรมเทคนิคการซ่อม -ให้เรียนเกี่ยวกับการจดบันทึกข้อมูลการวิเคราะห์และเทคนิคการแก้ไขปรับปรุง	-ช่วยเหลือทางด้านเทคนิคเพื่อการปรับปรุงแก้ไขเครื่องจักรอุปกรณ์ -ฝึกฝนเทคนิคการซ่อม -ให้เข้าร่วมในการพิจารณาแก้ไขปรับปรุงเครื่องจักรและส่งเสริมการแก้ไขปรับปรุงไปพร้อมๆกับกิจกรรมกลุ่ม -ทำมาตรฐานของเนื้อหาการปรับปรุง

สรุปท้ายบท

บทนี้นำเสนอการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งจะต้องเริ่มดำเนินการตั้งแต่การวางแผนการบำรุงรักษาประจำวันเพื่อเป็นการปลูกฝังวิธีการบำรุงรักษาด้วยตนเอง และนำไปสู่การวางแผนการบำรุงรักษาตามคาบเวลาซึ่งจะต้องมีการกำหนดกิจกรรมที่เหมาะสมตามคาบเวลาการบำรุงรักษา รวมไปถึงการกำหนดช่วงเวลาการหยุดซ่อมหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ก่อนที่เครื่องจักรจะเสียหาย ซึ่งช่วงเวลาที่เหมาะสมจะได้มาจากการบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยระยะเวลาระหว่างการเสียหาย (MTBF) และการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียหายซึ่งได้นำเสนอในบทที่ 3

นอกจากการวางแผนข้างต้นแล้ว บทนี้ยังได้รวบรวมขั้นตอนการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน อันได้แก่ การกำจัดจุดยากลำบากในการบำรุงรักษา การกำจัดแหล่งกำเนิดปัญหา ซึ่งทั้งสองจุดนี้จะกลายเป็นแหล่งสะสมปัญหาในการบำรุงรักษาต่อไป รวมถึงการควบคุมกิจกรรมด้วยการมองเห็นและการป้องกันความผิดพลาด กิจกรรมเพื่อการป้องกันการบำรุงรักษาการติดตั้งระบบป้องกันการบำรุงรักษา ซึ่งจะนำไปสู่การวางแนวปฏิบัติที่สามารถดำเนินการได้จริง รวมถึงการนำเสนอชนิดของการบันทึกการบำรุงรักษาและวัตถุประสงค์ของการบันทึกเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อบำรุงการบำรุงรักษาให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นส่วนที่ส่งเสริมทำให้เกิดกิจกรรมการบำรุงรักษาแบบทวีผล (บทที่ 8) ที่ประสบผลสำเร็จมากยิ่งขึ้น ดังจะได้กล่าวในบทถัดไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงกำหนดระยะเวลาการบำรุงรักษาตามคาบเวลาของเครื่องกลึง และเครื่อง CNC และวิเคราะห์ว่าระยะเวลาควรจะเท่ากันหรือไม่ อย่างไร?

2. จงออกแบบตารางการวางแผนการบำรุงรักษาประจำวันของเครื่องกลึง?

3. จงอภิปรายว่าพนักงานที่ปฏิบัติงานในสายการผลิตควรมีส่วนร่วมในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันหรือไม่ อย่างไร?

4. จุดยากลำบากหมายถึงอะไร เหตุใดวิศวกรต้องให้ความสำคัญในการบำรุงเชิงป้องกัน?

5. จงระบุแหล่งกำเนิดปัญหาของเครื่องเจาะมีแหล่งใดบ้าง เพราะเหตุใด?

6. การบำรุงรักษาด้วยตนเองเป็นหน้าที่ของใครหรือฝ่ายใด เพราะเหตุใด?

7. การบำรุงรักษาด้วยตนเองมีความจำเป็นต่อการบำรุงรักษาเชิงป้องกันอย่างไร?

8. ขั้นตอนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมีอะไรบ้าง?

9. การดำเนินงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้ได้ประสบผลสำเร็จต้องอาศัยความร่วมมือจากใครในองค์กร?

10. หากองค์กรหนึ่งไม่มีหน่วยงานบำรุงรักษาแล้ว สามารถดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาเชิงป้องกันได้หรือไม่ เพราะเหตุใด?

8

การบำรุงรักษาแบบทวีผล
(Total Productive Maintenance)

วัตถุประสงค์

นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและความสามารถในเรื่องดังต่อไปนี้

1. อธิบายขั้นตอนที่จำเป็นเพื่อจัดการวางแผนการซ่อมบำรุงแบบทวีผลอย่างมีประสิทธิภาพได้
2. ระบุกิจกรรมพื้นฐานและกระบวนการบำรุงรักษาแบบทวีผล (Total Productive Maintenance: TMP)ได้
3. เปรียบเทียบ TPM กับแนวทางการผลิตแบบต่างๆได้
4. ระบุและวิเคราะห์ 8 เสาหลักของ TPMได้
5. จำแนกและหาแนวทางแก้ไขความสูญเสียทั้ง 6 ประการ
6. คำนวณค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรเชิงรวม (Overall Equipment Effectiveness, OEE)ได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ในทางเทคนิคแล้ว การบำรุงรักษาทวีผลไม่ใช่รูปแบบการบำรุงรักษาด้วยตัวของมันเอง แต่เป็นการรวบรวมเอาการบำรุงรักษาแบบต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน ได้แก่ การบำรุงรักษาเมื่อขัดข้อง การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง และการป้องกันการบำรุงรักษา ทั้งนี้เพื่อให้เกิดผลมากขึ้นในการเตรียมความพร้อม การป้องกัน การปรับปรุง และการออกแบบเพื่อหลีกเลี่ยง การบำรุงรักษา ดังชื่อที่ว่า "ทวีผล"ในบทนี้ได้รวบรวม แนวคิดการบำรุงรักษาแบบทวีผล (Total Productive Maintenance: TMP) การบำรุงรักษาแบบทวีผลกับแนวทางการจัดการรูปแบบต่างๆ การดำเนินการการบำรุงรักษาแบบทวีผล ความสูญเสียในระบบ TPM การคำนวณประสิทธิผลของเครื่องจักรเชิงรวม (Overall Equipment Effectiveness: OEE)

8.1 ความหมายของการบำรุงรักษาแบบทวีผล (Total Production Maintenance: TPM)

การบำรุงรักษาแบบทวีผล หมายถึง การบำรุงรักษาที่ทำให้เกิดผลผลิตที่สูงขึ้น ซึ่งจะมีการปฏิบัติและจัดการโดยพนักงานทั้งหมดในองค์กรร่วมกันจัดทำเป็นกิจกรรมกลุ่มเล็กๆซึ่งทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ต้องการปรับปรุง โดยเริ่มจากพนักงานฝ่ายผลิต (Line operator) จนกระทั่งถึงระดับผู้บริหาร (Top management)

ในปี 1971 สถาบันแห่งการบำรุงรักษาโรงงานของญี่ปุ่น (Japan Institute of Plant Maintenance) ได้ให้ความหมายของ TPM ณ เวลานั้น TPM ยังเป็นการพัฒนาขึ้นมาเพื่อส่วนการผลิต ดังนั้นความหมายของ TPM ในที่นี้จึงเป็นของ TPM ในส่วนการผลิตอย่างไรก็ตามการพัฒนาของ TPM ได้มีมาอย่างต่อเนื่องทำให้ทราบว่าถึงแม้ว่าจะทำให้การผลิตมีประสิทธิภาพสูงสุด ก็ยังไม่ใช่ประสิทธิภาพสูงสุดของบริษัท ดังนั้นการพยายามเพิ่มประสิทธิภาพตามแนวทาง TPM ในส่วนผลิตอย่างเดียวคงไม่พอ ต้องให้ทุกฝ่ายนอกเหนือจากส่วนผลิต เช่น ฝ่ายขาย ฝ่ายบริหารเข้ามาร่วมด้วย ทำให้ความหมายของ TPM เปลี่ยนเป็นความหมาย TPM ทั่วทั้งบริษัท

ความหมายของ TPM ในส่วนการผลิต (ธานี, 2546)

1. TPM คือ ระบบการบำรุงรักษาที่ทำให้เครื่องจักรอุปกรณ์เกิดประสิทธิภาพสูงสุด
2. TPM คือ การประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อให้สามารถใช้เครื่องจักรได้ตลอดอายุการใช้งาน
3. TPM คือ ระบบการบำรุงรักษาของทุกคนที่มีส่วนได้ส่วนเสียกับเครื่องจักรอุปกรณ์ ได้แก่ผู้วางแผนการผลิต ผู้ใช้เครื่อง และฝ่ายซ่อมบำรุง
4. TPM คือ ระบบการบำรุงรักษาที่อยู่บนพื้นฐานของการมีส่วนร่วมตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงจนถึงผู้ใช้เครื่อง
5.TPM คือ การทำให้ทุกคนเข้ามามีส่วนร่วมในการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในลักษณะเป็นกลุ่มย่อยหลายกลุ่ม

ความหมายของ TPM ทั่วทั้งองค์การ (ธานี, 2546)

1. TPM คือ ระบบการบำรุงรักษาที่ส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือของทุกฝ่าย โดยมีความมุ่งมั่นว่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบการผลิตต้องสูงสุด
2. TPM คือ การทำให้เกิดระบบป้องกันเพื่อไม่ให้มีความสูญเสีย (Losses) เกิดขึ้นกับเครื่องจักรและผลิตภัณฑ์ ซึ่งทั้งนี้ต้องทำให้เกิด “อุบัติเหตุเป็นศูนย์” “ของเสียเป็นศูนย์” และ “เครื่องเสียเป็นศูนย์”
3. TPM คือ การให้ฝ่ายผลิต ฝ่ายพัฒนา ฝ่ายบริหาร ฝ่ายขาย มาร่วมกันในการพัฒนาประสิทธิภาพโดยรวมของระบบการผลิต
4. TPM คือ ระบบการบำรุงรักษาที่อยู่บนพื้นฐานของการมีส่วนร่วมตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงจนถึงผู้ใช้เครื่อง
5. TPM คือ การทำให้เกิดความสูญเสียเป็นศูนย์โดยผ่านกิจกรรมกลุ่มย่อยที่ทุกกลุ่มมีภาระงานที่คาบเกี่ยวกัน

❖ **เป้าหมายของ TPM**

ในระบบ TPM นั้นจะมีเป้าหมายอยู่ 5 ประการ ดังต่อไปนี้

1.การทำให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยการปรับให้ทุกหน้าที่การทำงานมีประสิทธิภาพสูงสุด

2.พัฒนาระบบการบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งานของอุปกรณ์โดยทำการพัฒนาตลอดเวลา

3.มีการเข้าร่วมในการบริหารและจัดการ โดยทุกแผนกในการวางแผน การออกแบบ การใช้งานและการบำรุงรักษา

4.พนักงานทั้งหมดมีส่วนร่วมในการบริการ

5.ส่งเสริม TPM โดนใช้กลุ่มย่อยขนาดเล็กในการสนับสนุน

ในความหมายของคำว่า "ทั้งหมด" (Total) จาก TPM นั้น จะมีความหมายหลักอยู่ 3 ประการ ดังต่อไปนี้

1.ประสิทธิผลทั้งหมด (Total effectiveness) หมายถึง การทำให้ได้ประสิทธิภาพในทางธุรกิจ ตัวอย่างเช่น ผลิตสินค้าได้จำนวนมากขึ้น ผลกำไรต่อหน่วยมากขึ้น เป็นต้น

2.การทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันทั้งหมด (Total PM) หมายถึง การทำกิจกรรม PM ทั้งหมด

3.การมีส่วนร่วมกันทั้งหมด (Total participation) หมายถึง หนักงานและแผนกต่างๆ ทั้งหมด ได้มีส่วนร่วมในการบำรุงรักษาด้วยตัวเอง (Autonomous maintenance)

❖ **การทำให้เครื่องจักรมีประสิทธิผลสูงสุด**

โดยเป้าหมายของกิจกรรมในทุกๆ โรงงานทั้งหมดคือ การเพิ่มผลผลิตให้สูงเท่าที่จะเป็นไปได้โดยการลดวัตถุดิบให้น้อยที่สุด และเพิ่มผลผลิตให้มากที่สุดโดยผลผลิตไม่รวมแค่การเพิ่มผลผลิตสูงสุดเพียงอย่างเดียว ยังจะรวมไปถึงการได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีมีค่าใช้จ่ายต่ำความตรงต่อเวลาการปรับปรุงความปลอดภัยและชีวอนามัยทำให้ขวัญกำลังใจของพนักงานสูงขึ้น และมีความพอใจใน

❖ **การกำหนดให้TPM เป็นนโยบายพื้นฐานของบริษัท**

TPM เป็นการรวมของเป้าหมายทั้งหมดจากผู้บริหารสูงสุดลงมาถึงระดับพนักงาน โดยผู้บริหารจะเป็นผู้ประสานงานและสร้างนโยบายพื้นฐานขึ้นมา โดยมีพนักงานทุกระดับเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมขนาดเล็กในการบริหารจัดการ นอกจากนั้นเป้าหมายที่สร้างขึ้นมานั้น พนักงานต้องเข้าใจและสามารถนำไปปฏิบัติตามกลุ่มย่อยต่างๆได้

❖ **โครงสร้างในการสนับสนุน TPM**

เป้าหมายที่แท้จริงของ TPM คือ การมีส่วนร่วมของพนักงานทุกคนตั้งแต่ระดับผู้บริหารลงมาจนถึงผู้ปฏิบัติการ ในกิจกรรม TPM ควรมีการจัดตั้งทีมงานที่จะดำเนินการ TPM ในแต่ละส่วนของบริษัท หรือ

คณะกรรมการที่เข้ามาช่วยผลักดันและบริหารกลุ่มย่อยต่างๆ เพื่อทำการบริหารกิจกรรม TPM แล้วทำการดำเนินกิจกรรม TPM อย่างเป็นระบบแต่ละส่วนต่างๆ ตามแผนงานกิจกรรม TPM ที่ได้วางไว้

❖ **ภาพรวมของโปรแกรมการพัฒนา TPM**

ภาพรวมของโปรแกรมการพัฒนา TPM จะแบ่งเป็น 5 เป้าหมาย โดยแต่ละเป้าหมายจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.การปรับปรุงเครื่องจักรให้มีประสิทธิผล (Improving equipment effectiveness) จากรูปอยู่ในขั้นตอนที่ 2 และ 3 โดยเป้าหมายนี้จะถูกแบ่งเป็นหลายทีม ซึ่งประกอบไปด้วยพนักงานฝ่ายวิศวกรรมฝ่ายซ่อมบำรุงและหัวหน้าฝ่ายผลิต เข้ามาร่วมกันและตั้งเป้าหมายไว้ประมาณ 3 เดือน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และหาสืบสวน โดยมีเป้าหมายในด้านการลดหนึ่งในการสูญเสียหลักของเครื่องจักร 6 แบบ (One of six big losses) ซึ่งหัวข้อนี้จะกล่าวถึงในบทถัดไปและเมื่อผลของเป้าหมายนี้ประสบความสำเร็จก็จะทำการขยายไปยังส่วนอื่นๆ กับเครื่องจักรที่ใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกัน เป็นต้น แล้วดำเนินการวางแผนและปฏิบัติต่อเนื่องไป

2.การซ่อมบำรุงได้ด้วยตัวเองโดยพนักงานฝ่ายผลิต (Autonomous maintenance by operators) โดยเป้าหมายนี้จะให้พนักงานในส่วนการผลิตเข้ามามีส่วนร่วมในการบำรุงรักษาเครื่องจักรของตัวเอง โดยการทำความสะอาด ตรวจสอบ การหล่อลื่น และบางครั้งสามารถซ่อมงานเล็กๆ น้อยๆ ด้วยตัวเอง เช่น การขันนอตที่หลวม จัดระเบียบสายไฟที่ห้อยระโยงระยางค์ เป็นต้น เช่น ในประเทศญี่ปุ่นเป้าหมายนี้อาจรวมไปถึงกิจกรรม 5 ส ที่เรารู้จักดี คือ สะอาด (Cleanliness) สะดวก (Tidiness) สะสาง (Organization) สร้างนิสัย (Discipline) และสุขอนามัย (Purity) โดยพนักงานฝ่ายผลิตจะเป็นผู้ดำเนินการทั้งหมด

3.แผนการบำรุงรักษา (Planned maintenance) โดยเป้าหมายนี้ทางฝ่ายซ่อมบำรุงจะเป็นผู้ร่วมหลัก ในการกำหนดแผนงานและกำหนดบุคคลรับผิดชอบเป้าหมายนี้ โดยจะต้องเป็นการกำจัดหรือแก้ไขปัญหาเครื่องเสื่อมอันเนื่องมาจากการซ่อมบำรุงได้ด้วยตัวเองของทีมพนักงานฝ่ายผลิตไม่เพียงพอหรือไม่ถูกวิธี เป็นต้น นอกจากนั้นจะต้องทำการแจ้งแก่ฝ่ายผลิตถึงสภาพเครื่องจักรด้วย และเพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาลดน้อยลง เทคนิคการวินิจฉัยปัญหา ควรนำมาใช้ในการตรวจวัดสภาพของเครื่องจักร

4.การฝึกอบรมเพื่อปรับปรุงทักษะการผลิตและซ่อมบำรุง (Training to improve operating and maintenance skills) โดยเป้าหมายนี้จะเป็นหัวใจหลักในการพัฒนาระบบ TPM ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากระบบ TPM ต้องการการสนับสนุนจากพนักงานทุกๆฝ่ายและทุกๆคน พร้อมด้วยทักษะที่ดี เพื่อเป็นสิ่งสำคัญในการนำสู่เป้าหมายที่วางไว้

5.การบริหารเครื่องจักรแต่เนิ่นๆ (Early equipment management) จะเป็นการป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นระหว่างที่เริ่มเดินเครื่องจักร อันได้แก่ การออกแบบและติดตั้งเครื่องจักร (Design/Installation stage) ส่วนด้านขวาจะเป็นส่วนของจะเป็นส่วนของการผลิตและซ่อมบำรุง (Operation/Maintenance stage) ซึ่งวงจร

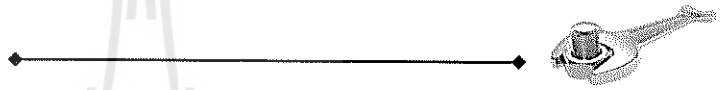
ของชีวิตจะเริ่มจากการออกแบบ เพื่อลดการซ่อมบำรุงให้น้อยเท่าที่จะเป็นไปได้ จากนั้นเครื่องจักรก็จะถูกประกอบติดตั้งและทดสอบก่อนจะใส่เป็นการเดินเครื่องจักรที่ปกติ เมื่อเริ่มต้นเครื่องจักรมีปัญหาผิดปกติขึ้นมา ข้อมูลในการผลิตจะถูกป้อนกลับไปยังส่วนของซ่อมบำรุงที่ไม่มีการออกแบบ (Maintenance free design) โดยข้อมูลจะถูกใช้ในการออกแบบใหม่ในอนาคต ในระหว่างการทำงานของส่วนการผลิตและซ่อมบำรุงนั้น เครื่องจักรจะถูกตรวจเช็คตามแผนงาน ซ่อมแซม ดัดแปลงแก้ไขหรือเปลี่ยนอะไหล่บางตัว เป็นต้น โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกบันทึกและเก็บไว้เป็นข้อมูลในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันต่อไป

จากข้อมูลเหล่านี้จะถูกย้อนกลับไปใช้ในการปรับปรุง 3 ประการ คือ

1.ปรับปรุงระบบซ่อมบำรุงรักษาได้ในขณะที่ใช้

2.ปรับปรุงระบบงานซ่อมบำรุงรักษา

3.ทำให้การบำรุงรักษาเครื่องจักรใหม่มีความสะดวกและง่ายต่อการออกแบบ



8.2 แนวคิดการบำรุงรักษาแบบทวีผล

8.2.1 ความจำเป็นในการบำรุงรักษาทวีผล

วิวัฒนาการในการบำรุงรักษาตั้งแต่การบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องมาจนถึงการบำรุงรักษาทวีผลยังไม่มีการบำรุงรักษารูปแบบใดที่สามารถใช้ได้โดยลำพังเพียงอย่างเดียว กล่าวคือ การบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องก็ไม่สามารถใช้ได้กับกระบวนการผลิตที่ไม่มีเครื่องจักรสำรอง และไม่สามารถใช้ได้กับกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง จึงต้องมีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าเครื่องจะไม่มีโอกาสเสียอีกเลย อย่างไรก็ทิ้งการบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องไม่ได้

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันนอกจากจะต้องมีการบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องเพื่อเป็นการเตรียมพร้อมแล้ว ยังต้องมีการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุงเพื่อความสะดวกในการบำรุงรักษา แต่ถึงจะปรับปรุงเครื่องจักรจนใช้งานได้สะดวกเพียงใดก็ยังคงต้องใช้เวลาในการบำรุงรักษา ในที่สุดก็มีการป้องกันการบำรุงรักษาตามมาเพื่อหาทางทำให้เครื่องจักรไม่ต้องการการบำรุงรักษาหรือต้องการน้อยที่สุด

สาเหตุที่TPM มีความจำเป็นที่เห็นได้ชัดที่สุดก็คือ การบำรุงรักษาแบบดั้งเดิมที่เราพบเห็นกันอยู่ไม่ประสบความสำเร็จ ซึ่งมีสาเหตุโดยรวมมาจากระบบในการบำรุงรักษาที่ไม่มีการวัดผลและการวางแผน และอีกสาเหตุหนึ่งก็คือ ทัศนคติของคนที่มีต่อการบำรุงรักษาดังนั้นการดำเนินการTPM คือ เพื่อพัฒนาเครื่องจักร อุปกรณ์ พัฒนาคน และพัฒนาองค์การ

1. การพัฒนาเครื่องจักรอุปกรณ์

การพัฒนาเครื่องจักรอุปกรณ์ ก็คือ การระดมให้ทุกคนมีส่วนร่วมเพื่อก่อให้เกิด

1. ประสิทธิผลสูงสุดของเครื่องจักรอุปกรณ์ (Equipment effectiveness)
2. ความไว้วางใจได้ในตัวเครื่องจักร (Reliability)
3. คุณภาพของชิ้นงาน (Product quality)
4. การเพิ่มผลผลิตของเครื่องจักร (Machine productivity)
5. ความสามารถในการใช้เครื่องจักรให้ได้ตลอดอายุการใช้งาน (Total service life)

2. การพัฒนาคน

การพัฒนาคน คือ การให้ฝ่ายต่างๆ สามารถรับผิดชอบงานของตนเองใน TPM ได้ ดังต่อไปนี้

1. ผู้ใช้เครื่องสามารถบำรุงรักษาเครื่องจักรด้วยตนเอง
2. ฝ่ายผลิตสามารถลดความสูญเสียที่เกิดจากเครื่องจักรได้
3. ฝ่ายซ่อมบำรุงสามารถบำรุงรักษาเครื่องจักรตามแผนได้
4. ฝ่ายออกแบบวิจัยและพัฒนา มีการออกแบบ วิจัย และพัฒนาสิ่งต่างๆ โดยคำนึงถึงการบำรุงรักษาตั้งแต่แรก
5. ทุกคนสามารถทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพในลักษณะของกิจกรรมกลุ่มย่อย

3. การพัฒนาองค์การ

จากการพัฒนาเครื่องจักรอุปกรณ์และพัฒนาคนดังกล่าว ทำให้เกิดการพัฒนาองค์การในรูปของ

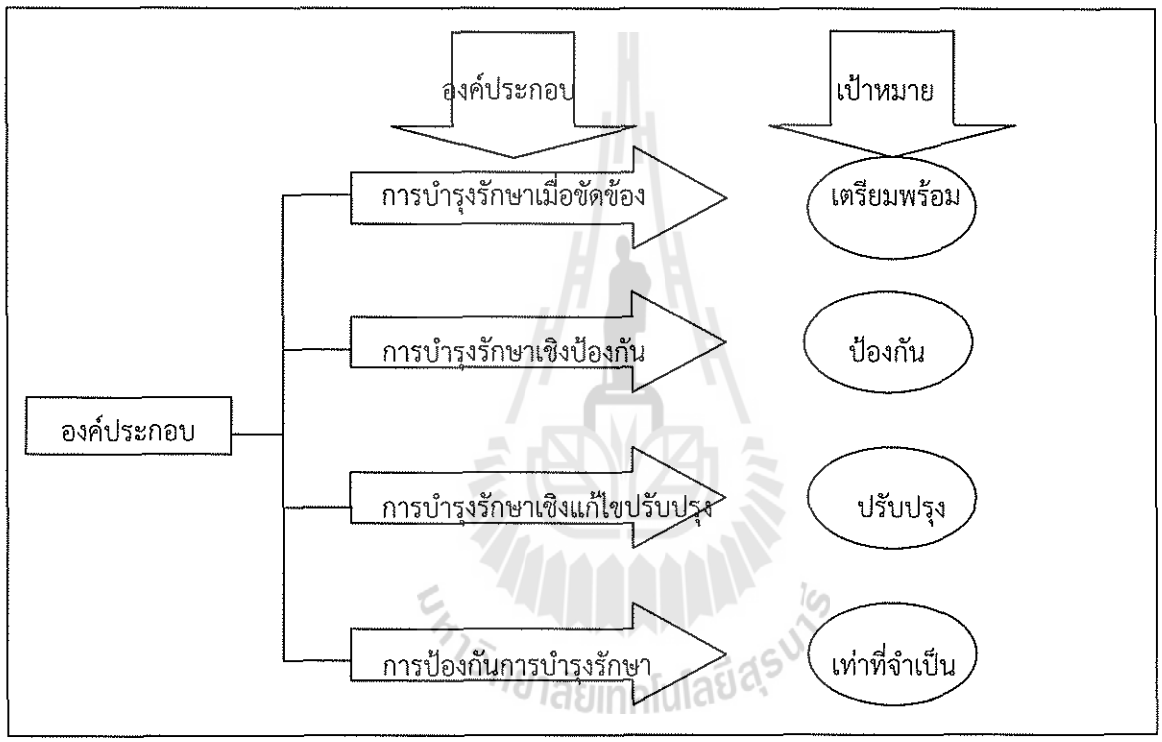
1. การปรับปรุงการเพิ่มผลผลิต
2. การปรับปรุงคุณภาพ
3. การลดต้นทุน
4. การส่งมอบที่ตรงเวลา
5. ความปลอดภัย
6. ขวัญกำลังใจของพนักงาน
7. การรักษาสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

8.2.2 องค์ประกอบของการบำรุงรักษาทวีผล

การบำรุงรักษาทวีผลประกอบด้วย การบำรุงรักษาเมื่อขัดข้อง เพื่อความพร้อมหากเครื่องจักรเสียหาย การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อมิให้เครื่องเกิดเสียหายในขณะกำลังทำการผลิต การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้เครื่องจักรใช้งานง่าย และการป้องกันการบำรุงรักษาเพื่อให้ลดเวลาที่ต้องใช้ในการบำรุงรักษา

ดังนั้น การบำรุงรักษาทวีผล คือ การบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่มีความพร้อมหากเครื่องจักรเกิดเสียหาย ในขณะเดียวกันก็มีการศึกษาวิเคราะห์เพื่อหาวิธีทำให้เครื่องจักรใช้งานง่าย ดูแลง่าย ซ่อมแซมง่าย และต้องการการดูแลรักษาน้อยลง



รูปที่ 8.1 องค์ประกอบในการบำรุงรักษาทวีผลและเป้าหมาย (ธานี, 2547)

8.3 การเปรียบเทียบ TPM กับแนวทางการผลิตแบบต่างๆ

8.3.1 JIT และ TPM

JIT ย่อมาจาก "Just-in-Time" หมายถึงทันเวลาพอดี ซึ่งเป็นปรัชญาการบริหารการผลิตที่พัฒนาขึ้นมาโดยบริษัท โตโยต้า ประเทศญี่ปุ่น เพื่อให้ปราศจากความสูญเสียต่างๆ (Wastes) ที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต อันเนื่องมาจากการผลิตในปริมาณที่ไม่พอดี เวลาที่ไม่พอดี ในขณะที่ TPM ทำขึ้นเพื่อขจัดความสูญเสียจากการใช้เครื่องจักรอุปกรณ์การเปรียบเทียบ JIT และ TPM แสดงในตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 การเปรียบเทียบ JIT และ TPM (ธานี, 2546)

ประเด็น	JIT	TPM
การบริหารการผลิต	ใช้เทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการเป็นหลัก	ใช้ในการบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม
การกำจัดความสูญเสีย	• กำจัดความสูญเสียจากปริมาณการผลิต • กำจัดความสูญเสียจากการเก็บสต๊อก • กำจัดความสูญเสียจากการขนส่ง • กำจัดความสูญเสียจากการรอคอย • กำจัดความสูญเสียจากงานค้างในกระบวนการ • กำจัดความสูญเสียจากวิธีการทำงาน • กำจัดความสูญเสียจากของเสีย	• กำจัดการขัดข้องของเครื่องจักร • ลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักร • ลดเวลาการทดลองเดินเครื่อง • กำจัดการเดินตัวเปล่าของเครื่องจักร • รักษาความเร็วในการเดินเครื่อง • กำจัดการผลิตของเสียของเครื่องจักร
การป้องกันความผิดพลาด	• ป้องกันความผิดพลาดอันเนื่องมาจากความไม่เอาใจใส่ • ป้องกันโดยใช้ระบบมากกว่าใช้วิธีปฏิบัติงาน	• การป้องกันการบำรุงรักษา(MP) • การบำรุงเชิงป้องกัน(PM) • การบำรุงเชิงแก้ไขปรับปรุง(CM)

ประเด็น	JIT	TPM
การควบคุมด้วยการมองเห็น	• การใช้ระบบป้ายสัญลักษณ์ (Kanban) • การใช้ระบบสัญญาณและป้ายในการควบคุม	• ปุ่มรับต่างๆ เห็นชัดเจน ตัดสินใจง่าย ใช้สี สัญลักษณ์ รูปภาพ และอื่นๆ เพื่อให้สังเกตการณ์ทำงานของเครื่องจักรได้ง่าย • บอร์ดแสดงกิจกรรม TPM
การมีส่วนร่วมและความคาดหวังในตัวพนักงาน	• ทำงานได้หลายอย่าง หลายหน้าที่ • เป็นส่วนหนึ่งของระบบการผลิต • เน้นที่ชิ้นงานสำเร็จ	• การบำรุงรักษาเครื่องจักรของตนเอง • เน้นอุบัติเหตุเป็นศูนย์ เครื่องเสียเป็นศูนย์ และของเสียเป็นศูนย์ • ผูกพันกับเครื่องจักร

8.3.2 TQC และ TPM

TQC ย่อมาจาก “Total Quality Control” หมายถึง การบริหารคุณภาพทั่วทั้งองค์การ ซึ่งเป็นปรัชญาการบริหารที่เน้นคุณภาพโดยผ่านกิจกรรมกลุ่มย่อยที่รู้จักกันดีในนาม QCC (Quality Control Circle) การเปรียบเทียบ TQM และTPMแสดงในตารางที่ 8.2

ตารางที่ 8.2การเปรียบเทียบTQM และTPM(ธานี, 2546)

ประเด็น	TQC	TPM
จุดประสงค์	ปรับปรุงสถานประกอบการในเชิงโครงสร้างทั่วทั้งองค์กร (เพื่อความสำเร็จทางธุรกิจภายใต้ความพึงพอใจของพนักงาน)	เหมือน TQC
วัตถุประสงค์ของการบริหาร	บริหารคุณภาพ (โดยเฉพาะคุณภาพในผลิตภัณฑ์	บริหารเครื่องจักรอุปกรณ์ (โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต)
ความหมายของคำว่า “บรรลุเป้าหมาย”	มีระบบที่มั่นใจได้ว่า ผลิตภัณฑ์จะมีคุณภาพ (เน้นระบบมากกว่าอุปกรณ์)	มีสภาพเครื่องจักรที่มั่นใจได้ว่าอยู่ในสภาพที่ดีอยู่ตลอดเวลา (เน้นอุปกรณ์มากกว่าระบบ)
กิจกรรมกลุ่มย่อย	เป็นกลุ่มอาสาสมัคร	เป็นกลุ่มที่ได้รับมอบหมายตามความเหมาะสม
เป้าหมายสูงสุด	PPM (Part per Million) ของเสียหนึ่งในล้าน	ของเสียเป็นศูนย์ เครื่องเสียเป็นศูนย์ อุบัติเหตุเป็นศูนย์

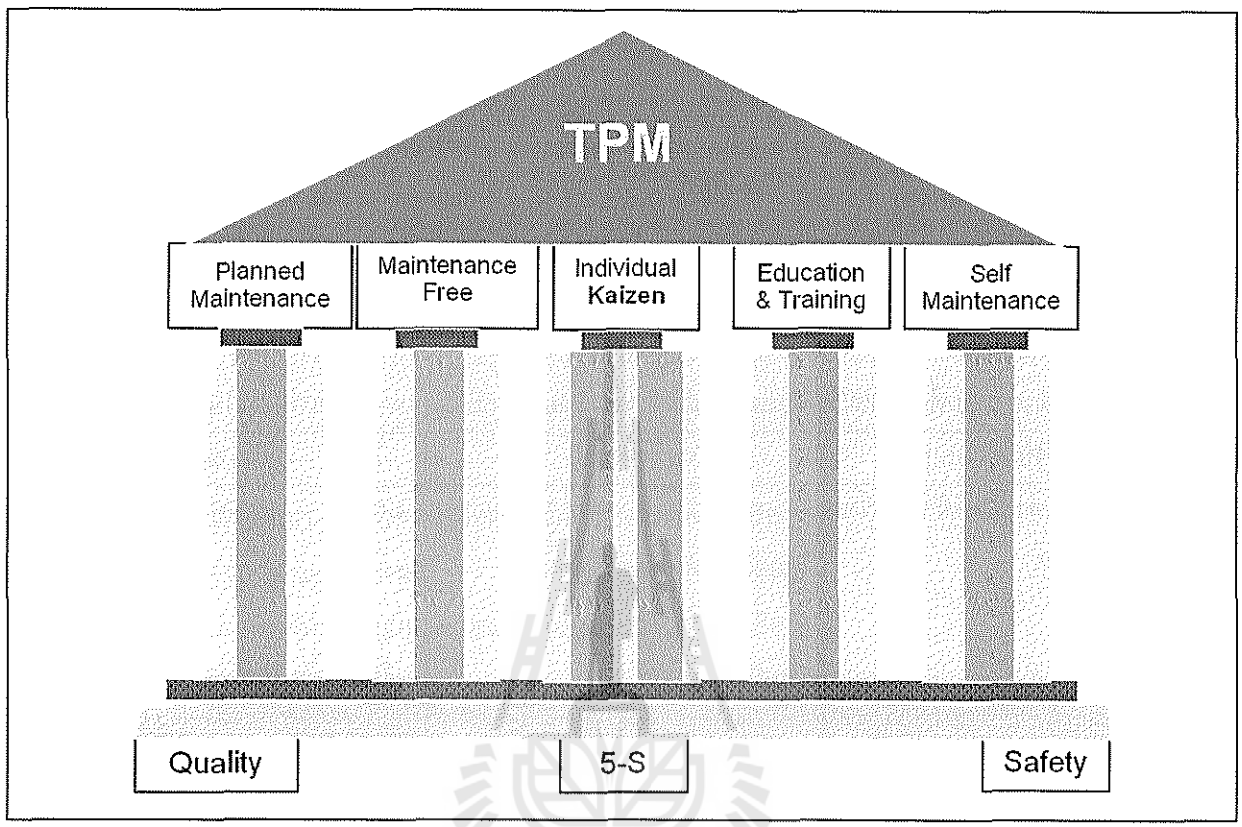
8.3.3 PM กับ TPM

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance; PM) เกิดขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกาและเข้าญี่ปุ่นครั้งแรกเมื่อ ค.ศ.1950 และในช่วง 10 ปีหลังจากนั้น ญี่ปุ่นได้มีการเรียนรู้ระบบการบำรุงรักษาอีกมากมายจากสหรัฐอเมริกาไม่ว่าจะเป็น Corrective Maintenance (CM) หรือการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง Maintenance Prevention (PM) หรือการบำรุงรักษาทวีผล และจากมุมมองทางด้านบริหารแบบญี่ปุ่นที่เน้นการมีส่วนร่วมของทุกคนประกอบกับประสบการณ์การใช้ PM ตามแนวคิดของอเมริกา ทำให้ PMได้พัฒนามาเป็น TPM ซึ่งหมายถึงการบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วมนั่นเอง ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า TPM มีที่มาจากอุตสาหกรรมในประเทศญี่ปุ่น ถึงแม้ว่า TPM จะพัฒนาขึ้นจากการบริหารที่มีเอลักษณ์เฉพาะแบบญี่ปุ่น ที่ทำให้ทั่วทั้งบริษัทเข้ามามีส่วนร่วมในการบำรุงรักษา แต่แน่นนอนว่าเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมซ่อมบำรุงก็ยังอยู่บนพื้นฐานของอเมริกา แล้วอะไรบ้างที่แตกต่างกันระหว่าง PM ดั้งเดิมของสหรัฐอเมริกากับ TPM ที่เป็นการพัฒนาของประเทศญี่ปุ่น การเปรียบเทียบ PM ของอเมริกาและ TPM ของญี่ปุ่น แสดงในตารางที่ 8.3

ตารางที่ 8.3 การเปรียบเทียบ PM ของอเมริกาและ TPM ของญี่ปุ่น (ธานี, 2546)

ประเด็น	PM ของอเมริกา	TPM ของญี่ปุ่น
1	ให้ความสำคัญกับวิศวกรซ่อมบำรุง ดังนั้นจึงค้นหาวิธีที่จะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์สูงสุดเฉพาะอัตราเดินเครื่อง โดยไม่ได้สนใจที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของทั้งกระบวนการผลิตที่มีผลมาจากคุณภาพและวิธีการทำงานด้วย	ให้ความสำคัญกับทุกคนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต โดยไม่เน้นอัตราการเดินเครื่องเพียงงอย่างเดียว แต่เน้นประสิทธิภาพโดยรวมของทั้งกระบวนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นกรรมวิธีการผลิต วิธีการทำงาน และคุณภาพในการทำงาน
2	พนักงานผู้เครื่องได้รับการมอบหมายให้ทำการผลิตเพียงอย่างเดียว ในขณะที่งานซ่อมบำรุงทั้งหมดทั้งการบำรุงรักษาประจำวันการตรวจสอบและการซ่อมบำรุงอยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของฝ่ายซ่อมบำรุง	นอกจากทำกรผลิตแล้วนั้น พนักงานผู้ใช้เครื่องต้องทำการบำรุงรักษาเครื่องจักรด้วยตนเองในส่วนที่เป็นการบำรุงรักษาประจำวัน เช่น ทำความสะอาด หล่อลื่น ขันแน่น ตรวจสอบ ฯลฯ นอกเหนือจากนั้น เช่น การตรวจสอบใหญ่ การซ่อม ให้เป็นหน้าที่ของช่างซ่อมบำรุงผู้เชี่ยวชาญ
3	ไม่มีการทำงานในลักษณะกิจกรรมกลุ่มย่อย (Small-group activity) ที่ทุกคนต้องเป็นสมาชิกไม่กลุ่มใดก็กลุ่มหนึ่ง	ทุกคนเป็นสมาชิกในกลุ่มย่อยไม่กลุ่มใดก็กลุ่มหนึ่ง โดยมีการแบ่งกลุ่มย่อยออกเป็นระดับบริหาร ระดับหัวหน้างาน และระดับปฏิบัติการ โดยแต่ละกลุ่มจะมีภาระงานที่คาบเกี่ยวกันอยู่ (Overlapping)

8.4 แปดเสาหลักของ TPM



รูปที่ 8.2 แปดเสาหลักของ TPM (Mobley, 2004)

แปดเสาหลักของ TPM ดังแสดงในรูปที่ 8.2 มีรายละเอียดดังนี้

1. การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Individual improvement)
2. การปรับปรุงรักษาด้วยตนเอง (Autonomous maintenance/ Self maintenance)
3. การบำรุงรักษาตามแผน (Planned maintenance)
4. การพัฒนาทักษะการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา (Operation and maintenance development)
5. การคำนึงถึงการบำรุงรักษาตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ (Initial phase management)
6. ระบบการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ (Quality maintenance)
7. ระบบการทำงานของฝ่ายบริหารที่ตระหนักถึงประสิทธิภาพการผลิตหรือเรียกว่า TPM ในสำนักงาน (TPM in office)
8. ระบบชีวอนามัย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อมภายในโรงงาน (Safety, hygiene and working environment)

ในเสาหลักที่ 1, 2 และ 3 เป็นเสาหลักที่ดำเนินการให้เกิด TPM ในส่วนผลิต โดยก่อนเริ่มดำเนินการและขณะดำเนินการต้องมีการฝึกอบรมและพัฒนาทักษะอยู่ตลอดเวลา ซึ่งถือเป็นหน้าที่ในเสาหลักที่ 4 ส่วนเสาหลักที่ 5 ถือเป็นขั้นสูงของ TPM ในส่วนผลิต เนื่องจากเป็นการปลูกฝังในส่วนการบำรุงรักษาให้ติดไปกับตัวเครื่องจักร อุปกรณ์ วัตถุดิบ กรรมวิธีการผลิต วิธีการทำงาน รวมถึงการออกแบบและวางผังโรงงานหรือกระบวนการ สำหรับเสาหลักที่ 6, 7 และ 8 เป็นเสาหลักที่ดำเนินการเพื่อขยาย TPM จากส่วนผลิตไปสู่ TPM ทั่วทั้งองค์การ

แม้ว่ากิจกรรมส่วนใหญ่ของ TPM จะต้องปฏิบัติโดยฝ่ายผลิตและฝ่ายซ่อมบำรุง แต่ก็เป็นความคิดที่ผิดถ้าจะให้ทั้งสองฝ่ายดังกล่าวทำกิจกรรมทั้งหมด เสาหลักของ TPM ควรจะมีการดำเนินการในลักษณะของกิจกรรมกลุ่มย่อยที่มีสวามชิกมาจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องตามลักษณะของเสาหลักนั้นๆ

ตารางที่ 8.4 เสาหลักที่ 1 การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Individual improvement) (ธานี, 2546)

ผู้รับผิดชอบ	เป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
ผู้จัดการและหัวหน้างานในสายการผลิต	● ปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตให้อยู่ในระดับสูงสุดอยู่เสมอ ●เครื่องจักรเสียเป็นศูนย์และของเสียเป็นศูนย์	●กำจัดความสูญเสีย ●คำนวณค่า OEE ของแต่ละสายการผลิตหรือของแต่ละผลิตภัณฑ์พร้อมทั้งทำการตั้งเป้าหมาย ●วิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้ OEE ต่ำ ●ทำหารวิเคราะห์ด้วยหลัก P-M เพื่อกำจัดความเสียหายแบบเรื้อรัง ●เฝ้าติดตามว่า แต่ละช่วงเวลาเครื่องจักรควรจะได้รับการปรับปรุงอย่างไร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 8.5 เสาหลักที่ 2 การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Autonomous maintenance) (ธานี, 2546)

ผู้รับผิดชอบ	เป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
ผู้ใช้เครื่องและหัวหน้างานในสายการผลิต	●ผู้ใช้เครื่องต้องมีความรู้ความเข้าใจในกลไกของเครื่อง ●ผู้ใช้เครื่องสามารถบำรุงรักษาเครื่องจักรได้ด้วยตนเอง	ปฏิบัติตาม 7 ขั้นตอนของการบำรุงรักษาด้วยตนเอง 1.การทำความสะอาดแบบตรวจสอบ 2.การกำจัดจุดยากลำบากและแหล่งกำเนิดปัญหา 3.การจัดทำมาตรฐานการบำรุงรักษาด้วยตนเองเบื้องต้น 4.การตรวจสอบโดยรวม 5.การตรวจสอบด้วยตนเอง 6.การจัดทำเป็นมาตรฐาน 7.การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 8.6 เสาหลักที่ 3 การบำรุงรักษาตามแผน (Planned maintenance) (ธานี, 2546)

ผู้รับผิดชอบ	เป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
ผู้จัดการและหัวหน้างานในฝ่ายซ่อมบำรุง	●เพิ่มประสิทธิภาพของงานซ่อมบำรุง เพื่อไม่ให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิต	●จัดทำแผนการบำรุงรักษาประจำวัน ●จัดแผนการบำรุงรักษาตามระยะเวลา ●จัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ●ยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร ●ควบคุมการเปลี่ยนชิ้นส่วนตามคาบเวลาที่กำหนด ●วิเคราะห์ความเสียหายที่เกิดขึ้นและหาทางป้องกัน ●ควบคุมการหล่อลื่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 8.7 เสาหลักที่ 4 การพัฒนาทักษะการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา (Operation and maintenance development) (ธานี, 2546)

ผู้รับผิดชอบ	เป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
ผู้ใช้เครื่องและพนักงานซ่อมบำรุง	●ยกระดับความสามารถในทางเทคนิคของผู้ใช้เครื่องและช่างซ่อมบำรุง	ฝึกอบรมในหัวข้อต่อไปนี้ ●การบำรุงรักษาเบื้องต้น ●การขันแน่นและการปรับแต่ง ●การใช้งานของเครื่อง ●การบำรุงรักษาแบริ่ง ●การบำรุงรักษาระบบส่งกำลัง ●การบำรุงรักษาระบบไฮดรอลิกส์ และระบบนิวเมติกส์ ●การบำรุงรักษาระบบควบคุมด้วยไฟฟ้า

ตารางที่ 8.8 เสาหลักที่ 5 การคำนึงถึงการบำรุงรักษาตั้งแต่ขั้นการออกแบบ (Initial phase management)(ธานี, 2546)

ผู้รับผิดชอบ	เป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
●ผู้จัดการฝ่ายวิจัยและพัฒนา ●วิศวกรรมการผลิต ●วิศวกรซ่อมบำรุง	●พัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ให้ดีขึ้น ●ออกแบบอุปกรณ์เครื่องไม้เครื่องมือให้ใช้งานได้เร็วขึ้น ●ผลิตภัณฑ์ใหม่และเครื่องจักรใหม่ต้องบำรุงรักษาได้ง่าย	●ตั้งเป้าหมายของการออกแบบและพัฒนา ●ออกแบบโดยการคำนึงถึงเครื่องจักรที่ต้อง - ทำการผลิตได้ง่าย - คุณภาพคงที่ - ใช้ง่าย - บำรุงรักษาได้ง่าย - มีความน่าเชื่อถือ ●ศึกษาค่าใช้จ่ายตลอดอายุการทำงาน ●ทบทวนแบบของผลิตภัณฑ์และเครื่องจักรอยู่เสมอ

ตารางที่ 8.9 เสาหลักที่ 6 ระบบการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ (Quality maintenance) (ธานี, 2546)

ผู้รับผิดชอบ	เป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
●ผู้จัดการฝ่ายประกันคุณภาพ ●วิศวกรการผลิต ●หัวหน้าสายการผลิต	●เครื่องจักรต้องไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย หรือ “การผลิตของเสียเป็นศูนย์”	●ทบทวนมาตรฐานคุณภาพและข้อกำหนดทางเทคนิคที่ทำไว้กับลูกค้า ●ประกันคุณภาพทุกขั้นตอนไม่ว่าจะเป็นกระบวนการ วัตถุดิบ พลังงาน อุปกรณ์หรือวิธีการ ●หาสาเหตุที่ทำให้คุณภาพเกิดความผิดปกติ ●จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบในจุดต่างๆ ของเครื่องที่มีผลต่อคุณภาพ

ตารางที่ 8.10 เสาหลักที่ 7 ระบบการทำงานของฝ่ายบริหารที่ตระหนักถึงประสิทธิภาพการผลิตหรือเรียกว่า TPM ในสำนักงาน (TPM in office) (ธานี, 2546)

ผู้รับผิดชอบ	เป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
●ผู้จัดการและพนักงานในฝ่ายขายและฝ่ายบริหาร	●กำจัดความสูญเสียที่เกิดจากการประสานงานระหว่างฝ่าย ●จัดทำงานบริการด้ายธุรการให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ●สนับสนุนและอำนวยความสะดวกให้กับฝ่ายผลิต	การบำรุงรักษาด้วยตนเองในสำนักงาน 1.ทำความสะอาดเครื่องใช้อุปกรณ์สำนักงาน 2.พัฒนากระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพ 3.จัดทำเป็นมาตรฐาน 4.ปรับทัศนคติว่า “ต้องทำทุกย่างที่ฝ่ายผลิตต้องการ” การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง 1.ลดเวาลางานด้านบัญชี 2.ปรับปรุงระบบการจัดส่ง 3.ปรับปรุงระบบจัดซื้อและจัดจ้าง

ตารางที่ 8.11 เสาหลักที่ 8 ระบบชีวอนามัย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อมภายในโรงงาน (Safety, hygiene and working environment) (ธานี, 2546)

ผู้รับผิดชอบ	เป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
●คณะกรรมการมาตรฐานแรงงานของโรงงาน ●เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย	●อุบัติเหตุเป็นศูนย์ ●พัฒนาคุณภาพชีวิตในการทำงานและความปลอดภัยในโรงงาน	●เก็บข้อมูลและจัดทำสถิติการเกิดอุบัติเหตุ ●วิเคราะห์การปฏิบัติงานเพื่อหาขั้นตอนที่อาจเกิดอันตราย ●ขจัดมลภาวะในสถานที่ทำงาน ●วัดอัตราการอนุรักษ์พลังงาน ●ส่งเสริมให้พนักงานมีสุขภาพที่ดีด้วยกิจกรรมต่างๆ ●สร้างบรรยากาศที่น่าทำงาน

8.5 ความสูญเสียหลักในระบบ TPM (Major losses in TPM system)

8.5.1 ความสูญเสียแบบเรื้อรัง (Chronic losses)

ความสูญเสียแบบเรื้อรังเกิดมาจากสาเหตุของความบกพร่องที่ซ่อนเร้นภายในเครื่องจักร ภายในอุปกรณ์และวิธีการปฏิบัติงานรวมถึงวิธีการในการดำเนินงาน ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของความสูญเสียชนิดนี้ (สุพัฒน์และคณะ, 2549)

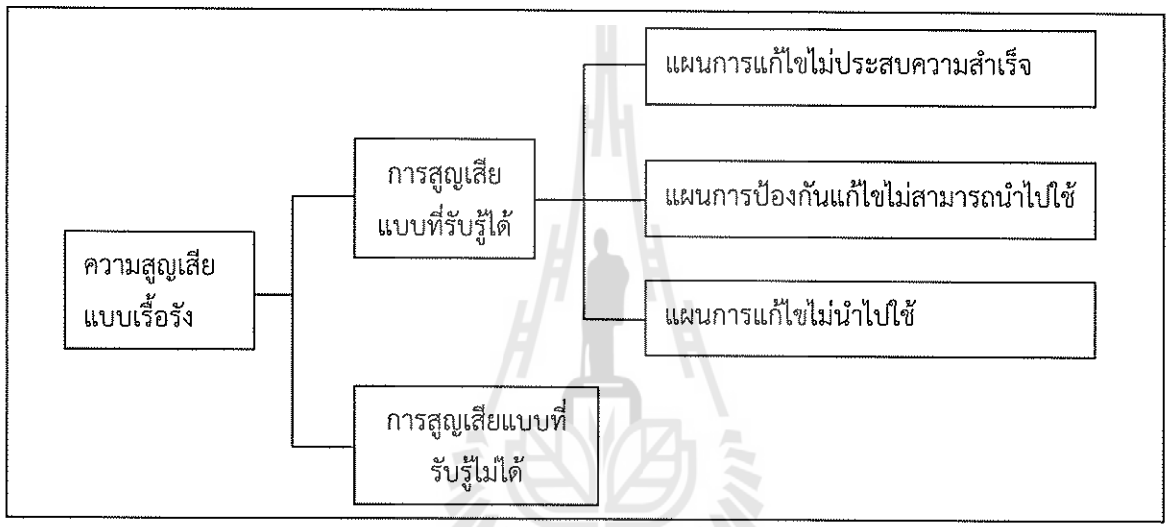
❖ **ลักษณะของความสูญเสียแบบเรื้อรัง (Characteristics of chronic losses)**

เพื่อที่จะทำการลดความสูญเสียชนิดนี้ จะต้องมีความเข้าใจถึงสาเหตุของความสูญเสียชนิดนี้ทั้งหมดเสียก่อนแล้วเริ่มทำการสืบหาข้อเท็จจริง โดยรวบรวมข้อมูลให้เพียงพอ มิฉะนั้นสาเหตุเหล่านี้จะไม่สามารถชี้ชัดได้ ส่วนใหญ่สาเหตุจะค่อนข้างซับซ้อนและความสูญเสียแบบเรื้อรังมักเกิดจากสาเหตุหลายสาเหตุมารวมกัน ดังนั้น ถ้าเราไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัดแล้ว ปัญหาของความสูญเสียนี้จะยังเกิดขึ้นต่อไป แนวทางแก้ไขปัญหาที่มีประสิทธิผลนั้นควรเริ่มพิจารณาจากสาเหตุลักษณะต่างๆ ของความสูญเสียแบบเรื้อรัง

นอกจากนั้นไม่ควรมีการวางแผนที่จะแก้ไขก่อนที่จะมีการสืบสวนหาสาเหตุที่แท้จริง ซึ่งจะเป็นการแก้ไขที่เสียทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย และไม่ควรที่จะละเลยสาเหตุที่อาจเป็นไปได้ (Possible causes) โดยนำมาพิจารณาและจัดลำดับในการพิจารณาแก้ไขต่อไป

❖ **สาเหตุการเกิดความสูญเสียแบบเรื้อรัง**

จากรูปที่ 8.3 แสดงถึงพื้นฐานของความสูญเสียแบบเรื้อรังโดยจากรูปจะสามารถแบ่งพื้นฐานของความสูญเสียนี้แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ



รูปที่ 8.3 แสดงพื้นฐานของความสูญเสียแบบเรื้อรัง

1. การสูญเสียแบบที่รับรู้แต่ทำให้เกิดความสูญเสียแบบเรื้อรัง เนื่องจาก
   1.1 แผนการแก้ไขไม่ประสบความสำเร็จซึ่งส่วนใหญ่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการพิจารณาสืบหาข้อเท็จจริงไม่เพียงพอ และมีข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง เป็นต้น
   1.2 แผนการป้องกันแก้ไขไม่สามารถนำไปใช้ซึ่งในกรณีนี้จะพบว่ามีการตรวจวัดและพิจารณาออกมาว่าอะไรเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องแก้ไข แต่ไม่มีเวลาที่จะปฏิบัติการหรือเป็นแค่แผนการแก้ไขแบบลอยๆ ไม่มีใครเป็นผู้รับผิดชอบในการดำเนินการ
   1.3 แผนการแก้ไขไม่นำไปใช้ซึ่งในกรณีนี้จะพบว่าแผนทุกอย่างสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ แต่ไม่ทราบขอบเขตของปัญหาหรืออีกนัยหนึ่งคือขอบเขตของความสูญเสียแบบเรื้อรังไม่ชัดเจน

1.4 ความสูญเสียแบบที่ไม่รู้ ซึ่งสาเหตุจะหาไม่ค่อยเจอหรือแอบแฝงอยู่ภายในการทำงานโดยปกติทั่วไป ซึ่งส่วนใหญ่จะเจอในลักษณะหยุดชั่วครั้งชั่วคราว (Minor stoppage) เช่น การเกิดภาระเกินชั่วคราว (Temporary overload) ความเร็วในการผลิตลดลง (Reduced speed) การต้องการทำการผลิตสินค้าใหม่ (Rework) และการสูญเสียในการเริ่มเดินเครื่อง (Startup) เป็นต้น

❖ **สาเหตุที่ความสูญเสียแบบเรื้อรังถูกละเลย**

สาเหตุ 5 ประการ ที่ทำให้ความสูญเสียแบบเรื้อรังถูกละเลยในการแก้ไข มีดังต่อไปนี้ (สุพร และธีรพร, 2550)

1. ไม่ทราบสาเหตุที่แท้จริงซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดจากข้อมูลในการสืบหาข้อเท็จจริงไม่เพียงพอ ทั้งในด้านการผลิตและด้านวิศวกรรมทำให้ไม่สามารถทราบสาเหตุที่แท้จริงของความสูญเสียแบบเรื้อรังที่เกิดขึ้น อาจเกิดจากความร่วมมือระหว่างฝ่ายผลิตและฝ่ายซ่อมบำรุงไม่ดีพอ ทำให้ข้อมูลที่ควรจะได้รับกลับไม่ได้ หรือต่างฝ่ายต่างโยนภาระหน้าที่ให้แก่กัน เป็นต้น

2. ทราบสาเหตุแต่การปฏิบัติไม่มีประสิทธิภาพเนื่องจากความสูญเสียแบบเรื้อรัง อาจมีปัจจัยหลายอย่างผสมกัน ดังนั้น การแก้ไขปัญหาที่เกิดจากปัจจัยเดียว จึงไม่เพียงพอหรือทำให้ผลของการแก้ไขไม่ดีพอ นอกจากนั้นความเข้าใจปัญหาอาจยังไม่เพียงพอที่จะมองทะลุปัญหาได้

3. การแก้ปัญหาไม่สำเร็จ บางครั้งแผนการแก้ปัญหานั้นดี แต่ผลที่ได้รับกลับน่าผิดหวัง เนื่องจากอาจมีการดำเนินงานผิดขั้นตอนหรือไม่ครบถ้วนตามแผนที่วางเอาไว้

4. แก้ไขตามอาการ โดยบ่อยครั้งที่แผนการผลิตสินค้าและกำหนดส่งสินค้าค่อนข้างแน่น ทำให้เวลาในการเข้าไปแก้ไขปัญหาไม่เพียงพอซึ่งอาจทำให้จำเป็นต้องแก้ไขเฉพาะบางอาการของปัญหาเท่านั้น ไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ทั้งหมด

5. การวินิจฉัยผิดพลาด โดยแบ่งได้ 2 กรณี คือ

5.1 ประเมินปัญหาต่ำไป เนื่องจากบางปัญหาเมื่อเวลาเข้าดำเนินการแก้ไขแล้วจะพบอุปสรรคมากมาย ซึ่งในขั้นตอนการวางแผนแก้ไขไม่ได้พิจารณามาก่อน เช่น บางครั้งเมื่อถอดอุปกรณ์อะไหล่บางตัวอาจพบว่ามีสภาพการใช้งานแย่มากจนต้องทำการเปลี่ยนใหม่ แต่ในแผนไม่ได้ระบุไว้ ซึ่งมีผลทำให้ค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้มากกว่าที่ประมาณการณ์ไว้ เป็นต้น

5.2 การสันนิฐานไม่ถูกต้อง โดยลักษณะจะคล้ายๆ กับข้อ 5.1 แต่ความเข้าใจในปัญหาบางอย่างยังไม่ชัดเจน หรือความชำนาญในเครื่องจักรนั้นๆ ไม่เพียงพอ เป็นต้น

❖ **การลดและขจัดความสูญเสียแบบเรื้อรัง**

ความสูญเสียแบบเรื้อรังสามารถทำการลดและขจัดให้หมดสิ้น โดยเพิ่มความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร รวมถึงการฟื้นฟูเครื่องจักรให้กลับคืนสู่สภาพเดิมและการใช้งานให้ได้ประโยชน์สูงสุด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความน่าเชื่อถือของเครื่อง คือ ความสามารถของเครื่องจักรนั้นๆ ที่ทำงานได้ตามต้องการภายใต้สภาพการทำงานและเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยทั่วไปล้วนเมื่อความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรต่ำลง สาเหตุหลักๆส่วนใหญ่มักมาจากความสูญเสียแบบเรื้อรังที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่ปัญหาเรื่องสินค้ามีตำหนิหรือบกพร่อง รวมถึงเกิดความเสียหายขึ้นกับเครื่องจักร โดยมีปัจจัยของความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรสามารถแบ่งออกเป็น 5 ประการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 ความน่าเชื่อถือของการประกอบสร้าง เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในตอนเริ่มต้นของการประกอบเครื่องจักร โดยจะต้องมีส่วนประกอบต่างๆ ที่ถูกต้องตามขนาดและรูปร่างข้อกำหนด และมีการประกอบอย่างถูกต้องตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้

1.2 ความน่าเชื่อถือของการติดตั้ง เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการติดตั้งเครื่องจักร โดยจะพิจารณาถึงโครงสร้างพื้นฐานที่รองรับนั้น ระดับความเอียงของพื้นฐานรองรับ ความสั่นสะเทือน และเทคนิคมาตรฐานที่ใช้ในการติดตั้ง

1.3 ความเชื่อถือของการออกแบบ เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการออกแบบเครื่องจักร โดยรวมไปถึงจิ๊กและฟิกเจอร์ (Jig and fixture) ที่ใช้อายุการใช้งานของชิ้นส่วนที่นำมาใช้งานและอุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้และมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ

1.4 ความน่าเชื่อถือของการใช้งาน เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนการดำเนินการลำดับการทำงานมาตรฐานการใช้งาน รวมถึงความชำนาญของผู้ใช้งาน

1.5 ความเชื่อถือของการบำรุงรักษา เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการบำรุงรักษาต่างๆ เช่น เวลาในการทำ PM อะไหล่ที่ใช้มาตรฐานการบำรุงรักษา รวมไปถึงงานซ่อมแซมต่างๆ ที่ถูกต้องตามมาตรฐาน

2. การฟื้นฟูเครื่องจักรให้กลับมาสู่สภาพเดิม หมายถึง การนำสภาพเครื่องจักรในปัจจุบันกลับมาสู่สภาพเดิมตอนเริ่มใช้งานใหม่ หรือให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนด แนวทางการฟื้นฟูเครื่องจักร

แนวทางของการฟื้นฟูเครื่องจักรให้กลับมาสู่สภาพเดิมสามารถพิจารณาในเรื่องที่จะทำให้เครื่องจักรอยู่ในสภาพหน้าที่การทำงานที่ถูกต้อง ซึ่งจะพิจารณาจากส่วนประกอบย่อยต่างๆ เช่น กรรมวิธีในการค้นหาและแนวทางการฟื้นฟูอย่างถูกต้อง

ในกรรมวิธีในการค้นหานั้น มีปัจจัยที่มีส่วนในการสนับสนุน เช่น การทำความสะอาด (Cleaning)การวัด (Measuring) วิธีการตรวจสอบ (Inspection method) วิธีการวัด (Measurement method) และวิธีการคาดการณ์ (Predictive method) เป็นต้น ส่วนแนวทางในการฟื้นฟูอย่างถูกต้องนั้น ควรพิจารณาในเรื่องการดัดแปลงแก้ไข เป็นต้น

3. การใช้งานให้ได้ดีสูงสุด หมายถึง การใช้งานเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตได้อย่างเต็มที่ในทุกหน้าที่การทำงานของเครื่องจักร โดยมีวิธีการบำรุงรักษาอย่างดีเข้ามาสนับสนุน

จากรูปจะพบว่า การใช้งานเครื่องจักรให้ได้คุณภาพสูงสุดนั้น ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในสภาวะใดของเครื่องจักรที่ต้องการการบำรุงรักษาฟังก์ชันอย่างดี และสมรรถนะของเครื่องจักร ซึ่งมีองค์ประกอบหลักที่มาเกี่ยวข้องในเรื่องของความจำเป็นกับความต้องการ โดยต้องนำพิจารณาว่าอย่างไหนจะเหมาะสมในสถานการณ์นั้นๆ

❖ **การวิเคราะห์แบบ P-M**

การวิเคราะห์แบบ P-M เป็นเทคนิคอย่างหนึ่งในการพัฒนา เพื่อสนับสนุนระบบในการขจัดปัญหาของการสูญเสียแบบเรื้อรัง ซึ่งจะมีประสิทธิภาพมากกว่าเทคนิคที่ใช้กันทั่วไป โดยเทคนิคนี้จะมีขั้นตอนในการปฏิบัติเรียงตามลำดับดังต่อไปนี้

1.ไขปัญหาให้แน่ชัดโดยการพิจารณาสืบหาข้อเท็จจริงและเปรียบเทียบปัญหาที่เกิดขึ้น รวมถึงเงื่อนไขต่างๆ แล้วพิจารณาตัดสินใจในการปฏิบัติการ

2.ถ่ายทอดปัญหาที่วิเคราะห์ทางกายภาพ โดยปัญหาที่ถูกวิเคราะห์แล้วจะแดงถึงผลของปัญหาที่แท้จริง นอกจากนั้นขั้นตอนและระบบการสืบสวนต้องแน่ใจว่าปัญหาไม่ได้ถูกมองข้าม

3.จัดทุกสภาวะเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับปัญหาลงเป็นรายการ เพื่อใช้ในการพิจารณาจัดลำดับในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว

4.ประเมินเครื่องจักร วัสดุและวิธีการ โดยพิจารณาจากขั้นตอนที่ 3 แต่ละรายการ แล้วทำการประเมินปัจจัยที่เป็นไปได้ที่มีอิทธิพลต่อสภาวะของเครื่องจักร ซึ่งจะต้องชัดเจนและมีขอบเขต

5.วางแผนสืบสวน โดยการวางแผนต้องมีขอบเขตแนวทางที่ถูกต้องในแต่ละปัจจัย โดนการตัดสินใจว่าจะวัดอะไร ใช้วิธีการวัดอย่างไร แล้วถึงทำการเลือกแผน

6.สืบสวนความผิดปกติ จากขั้นตอนที่ 5 เมื่อได้แผนแล้วเริ่มดำเนินการสืบสวน

7.แปลงเป็นแผนในการปรับปรุง ในการสืบสวนนั้นสามารถนำกลยุทธ์หรือเทคนิคต่างๆ มาใช้ในการสืบหาสาเหตุโดยละเอียด

8.5.2 ความสูญเสียใหญ่ 6 ประการ (Six big losses)

ในส่วนนี้จะเป็นการทบทวนการปรับปรุงกิจกรรมของงาน TPM เพื่อมุ่งเป้าไปยังการขจัดความสูญเสียแบบต่างๆ โดยจะมีรายละเอียดของวิธีการและเทคนิคที่ใช้กับความสูญเสียแต่ละแบบซึ่งมีความคล้ายคลึงหรือแตกต่างกันบ้าง เป็นต้น

1.ความสูญเสียของเครื่องจักรขัดข้องเสียหาย (Breakdowns losses)

โดยทั่วไปสามารถแบ่งชนิดของเครื่องจักรขัดข้องได้เป็น 2 แบบ คือ

- แบบเสียหาย (Loss-breakdown) หมายถึง การสูญเสียเนื่องจากเครื่องจักรขัดข้องอย่างทันที่ทันใด จนกระทั่งเครื่องจักรหยุดทำงานเลย
- แบบเสื่อมสภาพลง (Reduction-breakdown) หมายถึง การเสื่อมสภาพของเครื่องจักรโดยเครื่องจักรยังสามารถทำงานได้ตามปกติ แต่ต้องใช้เวลานานมากในการปรับแต่งเครื่องจักร นอกจากนั้นยังอาจมีความสูญเสียในด้านสินค้ามีตำหนิ หรือต้องทำการผลิตสินค้าใหม่ เป็นต้น

นอกจากนั้นสาเหตุหลักๆ ของเครื่องจักรขัดข้องมาจากความบกพร่องที่ซ่อนเร้น (Hidden defects) อยู่ในเครื่องจักร ซึ่งส่วนใหญ่จะแบบเรื้อรัง ซึ่งพนักงานส่วนใหญ่จะเห็นว่าทำงานปกติอยู่ โดยข้อบกพร่องเหล่านี้จะถูกซ่อนเร้นจาการ

- ตรวจสอบและวิเคราะห์ที่ไม่ได้มาตรฐาน
- ข้อมูลภาพและการประกอบเครื่องซับซ้อน และไม่มีความละเอียดเพียงพอ
- สำหรับการตรวจสอบ
- เครื่องจักรสกปรกและมีฝุ่นละอองปกปิด
- ปัญหาที่เกิดขึ้นถูกมองข้ามและละเลย

ดังนั้น ในการที่ขจัดความสูญเสียชนิดนี้ควรจะต้องแก้ไขที่ต้นเหตุ คือ การข้อบกพร่องโดยการหาสาเหตุที่แท้จริงแล้วนำเอาออกมาวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไข โดยมี 5 แนวทางในการขจัดข้อบกพร่อง ดังต่อไปนี้

1. การบำรุงรักษาเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพปกติ ซึ่งมีปัจจัยหลักอยู่ 3 ประการ คือ

(1) การทำความสะอาด (Cleaning) โดยการทำให้เครื่องจักรปราศจากฝุ่นละออง ความสกปรกที่ปิดบังและสิ่งที่ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง การอุดตัน การรั่วไหล โดยการทำความสะอาดนั้นอาจต้องการเครื่องมือบางชนิดช่วยให้ความสกปรกหมดสิ้นไปได้ดีกว่าการใช้เครื่องมือธรรมดาที่ไม่สามารถขอกซอนไปได้ทั่วถึง นอกจากนั้นควรมีการอบรมพนักงานถึงวิธีการและข้อกำหนดต่างๆ ในการทำความสะอาดเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูง

(2) การหล่อลื่น (Lubrication) โดยเครื่องจักรจะไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าขาดการหล่อลื่นที่ถูกต้องในหลายๆ โรงงาน จะพบว่าในถังบรรจุน้ำมันหล่อลื่นไม่เต็ม สกปรก และมีโคลนอยู่ภายในถัง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้การหล่อลื่นอุดตัน หรือรั่วซึม เป็นต้น นอกจากนั้นการละเลยในการหล่อลื่นจะเป็นสาเหตุทำให้เครื่องจักรเสียและเกิดการสูญเสียได้หลายรูปแบบ จากรูปที่ 5-7 จะแสดงถึงโรงงานแห่งหนึ่งซึ่งมีการหล่อลื่นที่ไม่ได้ทำให้เครื่องจักรเสียบ่อยๆ ในตอนต้น ต่อไปได้มีการปรับปรุงในเรื่องการหล่อลื่นทำให้ปริมาณที่เครื่องจักรเสียหายลดลงอย่างมาก

(3) การขันนอต (Bolting) หรือการยึดนอตในส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรให้แน่นตลอดเวลาเพื่อมั่นใจได้ว่าส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรไม่หลวมเกิดความสั่นคลอน หรือหลุดออก ซึ่งเป็นสาเหตุโดยตรงของความสูญเสียแบบเครื่องจักรขัดข้อง อาทิ นอตของลิมิตสวิตซ์ที่ยึดหลุดออกมา ทำให้ลิมิตสวิตซ์ขยับไม่ได้ตำแหน่ง ทำให้ระบบการทำงานข้ามขั้นตอนส่งผลให้เครื่องจักรหยุดการทำงาน เป็นต้น

2. การบำรุงรักษาสภาวะการทำงาน หรือการบำรุงรักษาให้สภาพหน้าที่การทำงานของเครื่องจักรเป็นปกติ ตัวอย่างเช่น โรงงานแห่งหนึ่งเครื่องจักรทำงานต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งแสดงว่าข้อบกพร่องหนึ่งหรือสองอย่างเกิดขึ้น หรือสภาพฟังก์ชันของเครื่องจักรไม่ทำงาน เพื่อทำการขจัดปัญหาดังกล่าว ควรมีการสร้างมาตรฐานการเดินเครื่องจักรเสียใหม่ รวมถึงใช้ชีวิธีการบำรุงรักษาอย่างถูกต้อง เป็นต้น

3. การฟื้นฟูสภาพเครื่องจักร โดยการตรวจสอบและวิเคราะห์ว่าส่วนใดของเครื่องจักรเสื่อมไม่อยู่ในสภาพเดิม แล้วทำการฟื้นฟูใหม่ โดยแจ้งทำการซ่อมแซม เปลี่ยนอะไหล่หรือทำแก้ไขดัดแปลง เป็นต้น จนส่วนนั้นกลับมาสู่สภาพปกติ เพื่อให้การฟื้นฟูสภาพเป็นไปอย่างถูกต้องควรมีมาตรฐาน วิธีการตรวจสอบ วิธีการแก้ไขรองรับพร้อมๆ กับเทคนิคในการคาดการณ์สภาวะเครื่องจักรในอนาคตด้วย รวมถึงทักษะและประสบการณ์ของผู้ซ่อมแซมฟื้นฟูในการดำเนินงาน

4. การแก้ไขจุดด้อยของการออกแบบ เนื่องจากในบาสงครั้งผู้ผลิตเครื่องจักรทำการออกแบบเครื่องจักรที่ไม่สามารถครอบคลุมการมใช้งานของผู้ใช้ได้ทั้งหมด หรือเครื่องจักรที่ออกแบบมาอาจไม่เหมาะสมกับสภาพดิน ฟ้า อากาศ ในประเทศผู้ใช้งานในลักษณะคนยุโรปเป็นผู้ผลิตคนเอเชียเป็นผู้ใช้ หรือขนาดรูปร่างของเครื่องจักรไม่เหมาะสม เป็นต้น ดังนั้น บางครั้งการทำงานอาจเกิดความยุ่งยากและลำบากในการปรับแต่งเครื่องจักร เพื่อเป็นการขจัดข้อบกพร่องนี้ ควรมีการมุ่งเน้นในแผนการปรับปรุงตามขั้นตอนต่อไปนี้

- ทำความเข้าใจในขั้นตอนหน้าที่การทำงานก่อนและหลังของเครื่องจักรขัดข้อง
- ยืนยันจุดที่เป็นจุดด้อยในด้านโครงสร้าง หรือหน้าที่การทำงานของเครื่องจักรรวมไปถึงสภาพการบำรุงรักษา การทำงาน การผลิต และสภาพการเสื่อมของเครื่องจักร
- ทำการแก้ไขปัญหาแต่ละจุด
- ค้นหาสาเหตุของจุดด้อยที่มาจากการออกแบบหรือจุดด้อยของเครื่องจักร
- วางแผนในการปรับปรุง
- ดำเนินการตามแผน
- ตรวจติดตามและประเมินผล

5. การปรับปรุงทักษะการทำงานและการบำรุงรักษา โดยส่วนใหญ่การที่เครื่องจักรขัดข้องมักจะมาจากการที่พนักงานซ่อมมีทักษะไม่เพียงพอในการแก้ปัญหาให้ถูกจุด หรือเด็ดขาด รวมถึงเกิดความผิดพลาดในการ

ทำงานของมนุษย์ดังนั้น เพื่อให้ปัญหาเหล่านี้ลดน้อยลงมากที่สุด สามารถทำได้โดยการให้การศึกษาและให้การฝึกอบรมกับพนักงาน ซึ่งจะให้ผลคือ เป็นการปรับปรุงทักษะและปรับปรุงความเข้าใจในงานสำหรับพนักงาน

จาก 5 แนวทางที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่า มีอยู่เพียง 2 ฝ่ายที่ต้องทำงานร่วมกันในการแก้ไขและขจัดข้อบกพร่อง คือ ฝ่ายผลิต และฝ่ายซ่อมบำรุง โดยแต่ละฝ่ายจะมีบทบาทหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกัน

2. ความสูญเสียของการปรับตั้งและการปรับแต่ง (Setup and adjustment losses)

โดยทั่วไปแล้วเวลาที่ใช้ในการปรับแต่งจะประมาณครึ่งหนึ่งของเวลาปรับตั้งและปรับแต่งรวมกัน ซึ่งการปรับแต่งแล้วส่วนใหญ่ไม่มีการเรียนรู้อย่างถูกต้องและเป็นผลทำให้การปรับแต่งใช้เวลานานมาก

การปรับตั้งนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

- การปรับตั้งภายนอก (External setup) โดยการปรับตั้งชนิดนี้จะทำการเมื่อเครื่องจักรกำลังเดินเครื่องอยู่ โดนรวมถึงการเตรียมจิ๊ก ฟิกเจอร์ ดาย เครื่องมือในการเตรียมย้ายและประกอบ โดยวิธีนี้สามารถดำเนินการล่วงหน้า ซึ่งจะเป็นการประหยัดเวลาในการเตรียมการ
- การปรับตั้งภายใน (Internal setup) โดยการปรับตั้งชนิดนี้จะทำเมื่อเครื่องจักรหยุดเดินเครื่อง เช่น การเปลี่ยนดายและจิ๊ก การตั้งเซนเตอร์ โดยเวลาสูญเสียนี้สามารถลดลงได้ถ้ามีการเตรียมงานก่อนการหยุดเครื่องจักรในด้านอะไหล่เครื่องมือและกำลังคน

โดยการปรับตั้งแบบภายนอกจะมีกลยุทธ์ในการปรับปรุงอยู่ 2 ประการ คือ

1. การเตรียมการโดยทั่วไป ได้แก่ การเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ ตำแหน่ง สถานที่ การจัดแผนกองค์กร และการเตรียมแผนในการปฏิบัติงาน เป็นต้น

2. การเตรียมการส่วนประกอบที่จะใช้ในงานโดยตรง ได้แก่ การเช็กจิ๊ก การวัดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การอุ่นเครื่องของแม่พิมพ์ การเตรียมการเซตและการปรับตั้งภายใน เป็นต้น

ในส่วนของการปรับตั้งภายใน จะมีกลยุทธ์ในการปรับปรุงอยู่ 3 ประการ คือ

1. ในส่วนของการทำงานโดยกลยุทธ์ย่อยๆ มากมายในการปรับปรุง อาทิ การจัดทำกรรมวิธีการปฏิบัติให้เป็นมาตรฐาน การจัดสรรแรงงาน การประเมินประสิทธิภาพของงาน การทำงานแบบคู่ขนาน การทำงานแบบง่าย จำนวนคนต่องาน การประกอบอย่างง่ายและการขจัดสิ่งที่ไม่ใช้ออกไป เป็นต้น

2. ในส่วนของแม่พิมพ์และจิ๊กโดยมีกลยุทธ์ย่อยๆ มากมายเช่นกันในการปรับปรุงวิธีการยึดจับ การลดจำนวนตัวยึดจับ รูปร่างขนาดที่ปรับปรุง การใช้จิ๊กส่วนกลาง การสร้างแม่พิมพ์และจิ๊กเป็นมาตรฐาน ใช้จิ๊กและ

แม่พิมพ์แบบทั่วไป ใช้ตัวน้ำหนักช่วยในการแยกระบบหน้าที่และวิธีการทำงานออกจากกัน และเป็นระบบที่สามารถใช้แทนกันได้ เป็นต้น

3. ในส่วนของการปรับแต่งสามารถประยุกต์ใช้กลยุทธ์ต่างๆ มาปรับปรุง อาทิ ความแม่นยำของจิ๊กและอุปกรณ์ ตั้งค่าผิวหน้าอ้างอิง กรรมวิธีการวัด กรรมวิธีปรับแต่งแบบง่ายๆ การเลือกใช้ การนำมาตรฐานมาใช้และการใช้เกจวัด เป็นต้น

ในการปรับแต่งนั้นจะประกอบไปด้วยจุดประสงค์พื้นฐาน 5 ประการ คือ

1. การกำหนดตำแหน่ง (Positioning) ในแกน X, Y, Z

2. การกำหนดศูนย์กลาง (Centering) เช่น ศูนย์กลางของการตัดชิ้นงาน เป็นต้น

3. การวัด (Measuring) โดยการปรับแต่งความลึกของการตัดต่อขนาดที่ออกแบบไว้ เป็นต้น

4. เวลาที่ใช้ (Timing) เป็นการปรับเวลาที่ฟังก์ชันของเครื่องจักรต่างๆ

5.การทำให้สมดุล (Balance) เช่น การปรับความดันและความแข็งของสปริง เป็นต้น

สาเหตุหลักทำให้เกิดการสูญเสียเวลาในการปรับแต่งนั้นมี 6 ประการ คือ

1. การสะสมของค่าผิดพลาด (Accumulation of errors) โดยเมื่อวัดค่าความแม่นยำลดลงและไม่มีการตรวจสอบที่ดี พอค่าผิดพลาดก็จะเกิดและสะสมขึ้นเรื่อยๆ

2. ขาดความแข็งแกร่ง (Lack of rigidity) โดยเมื่อมีการเดินเครื่อง บางส่วนของเครื่องจักรเริ่มขาดความเสถียรและเริ่มสั่นคลอน

3. ไม่มีมาตรฐานรองรับ (Lack of standards) ในการปรับแต่ง หรือเครื่องมือที่ใช้ไม่มีมาตรฐานสำหรับการใช้งาน เป็นต้น

4. ขาดวิธีการวัดที่ดี (Lack of measuring method) ไม่มีระบบการวัดที่ได้มาตรฐาน

5. วิธีการทำงานไม่ถูกต้อง (Improper work methods) บางครั้งวิธีการปฏิบัติไม่ชัดเจน ทำให้ความเข้าใจในการทำงานไม่ถูกต้องและไม่มีความเหมาะสม

3.ความสูญเสียขอการเดินเครื่องเปล่าและหยุดเล็กๆ น้อยๆ (Idling and minor stoppages losses)

โดยนิยามของความสูญเสียชนิดนี้ดังต่อไปนี้

- หยุดเนื่องจากภาระเกินกำหนดมักพบบ่อยๆ ในระบบแบบอัตโนมัติและระบบงานประกอบชิ้นงาน เป็นต้น
- หยุดเนื่องจากสภาพสินค้าผิดปกติมักพบบ่อยๆ ในเหตุการณ์ที่เซนเซอร์เกิดการทริปและทำให้เครื่องจักรหยุดทำงาน เป็นต้น

- การเดินเครื่องเปล่าเมื่อระบบการไหลของสินค้าหยุดลงแต่เครื่องจักรยังคงเดินเครื่องต่อไป หรือการเดินเครื่องเพื่ออุ่นเครื่องก่อนเริ่มการผลิตสินค้าจริง เป็นต้น

โดยทั่วไปแล้วปัญหาของความสูญเสียทั้งสองชนิดนี้ ไม่มีการวัดผลที่เพียงพอรวมถึงการแก้ไขปัญหาให้หมดไป หรือการสืบสวนเพื่อแก้ไขปัญหาของความสูญเสียทั้งสองชนิดนี้ยังไม่มีการวัดผลที่เพียงพอ รวมถึงการแก้ปัญหาให้หมดไป เนื่องจากความสูญเสียไม่มาก ซึ่งขึ้นอยู่กับเป้าหมายของแต่ละโรงงานเป็นอย่างไร ในการที่จะลดหรือกำจัดให้หมดไป อย่างไรก็ตาม ยังมีกลยุทธ์ที่ใช้ในการลดการสูญเสียดังต่อไปนี้

- การแก้ไขข้อบกพร่องในส่วนชิ้นงานและจิ๊ก

โดยข้อบกพร่องส่วนนี้จะอยู่ในชิ้นส่วนภายนอกและรูปร่างของชิ้นงานเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม ควรทำการตรวจหาและแก้ไขข้อบกพร่องที่พบโดยดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. รับรู้ปัญหาที่พบ
2. เปิดเผยปัญหาที่ซ่อนเร้น
3. สืบสวนหาปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง

4.ความสูญเสียของการลดความเร็วในการผลิต (Reducing speed losses)

ซึ่งความสูญเสียชนิดนี้สามารถป้องกันได้ โดยทำให้เครื่องจักรทำงานที่ความเร็วตามมาตรฐาน ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วเป็นไปได้ยาก แต่ถ้าทำได้แล้วจะทำให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงรวมได้มากขึ้น ดังนั้นควรมีการกำหนดความเร็วมาตรฐาน (Standard speed) ที่ใช้สำหรับผลิตสินค้าแต่ละชนิดขึ้นมา เพื่อนำมาใช้แทนความเร็วในการออกแบบเพื่อลดปัญหาการสูญชนิดนี้ ขั้นตอนเกี่ยวข้องในการลดการสูญเสียของการลดความเร็วในการผลิตได้แก่

- ประสบความสำเร็จที่ความเร็วมาตรฐานสำหรับสินค้าแต่ละชนิด
- เพิ่มความเร็วมาตรฐานสำหรับสินค้าแต่ละชนิด
- ประสบความสำเร็จในการผลิตสินค้าที่ความเร็วในการออกแบบ
- สูงกว่าความเร็วรอบในการออกแบบ

5. และ 6. ความสูญเสียของผลผลิตที่มีตำหนิและต้องผลิตสินค้าใหม่ รวมถึงความสูญเสียของการเริ่มเดินเครื่อง (Quality defects, rework and startup losses)

ซึ่งโดยรวมจะถูกเรียกว่า ความสูญเสียจากคุณภาพที่มีตำหนิแบบเรื้อรัง (Chronic quality defects) ซึ่งเป็นผลมาจากสาเหตุแตกต่างกันเป็นจำนวนมาก

จากภาพรวมของแต่ละสาเหตุของปัญหา สามารถนำกลยุทธ์มาทำการแก้ไขให้ลดน้อยลงหรือหมดไปได้ดังต่อไปนี้

- ฟื้นฟูเครื่องจักรโดยการบำรุง/ควบคุมสภาพการทำงานปัจจุบัน
- เปรียบเทียบกับมาตรฐานการทำงานในปัจจุบัน
- เข็กส่วนควบคุมและหน้าที่ของเครื่องจักร
- มีความรับผิดชอบร่วมกันในส่วนพนักงานและผู้จัดการ

การใช้แนวทางคู่ขนานโดยใช้แนวลงความเห็นส่วนใหญ่ร่วมกับแนวทางวิเคราะห์มาร่วมกันโดยแนวทางลงความเห็นชอบจะเริ่มจาหลักการในการสืบสวนตอนเริ่มต้นของหน้าที่การทำงานของเครื่องจักร ส่วนแนววิเคราะห์จะเริ่มจากจุดที่มีปัญหานำมาเริ่มสืบสวน โดยทั้ง 2 แนวทางจะมาบรรจบที่เป้าหมายเดียวกัน

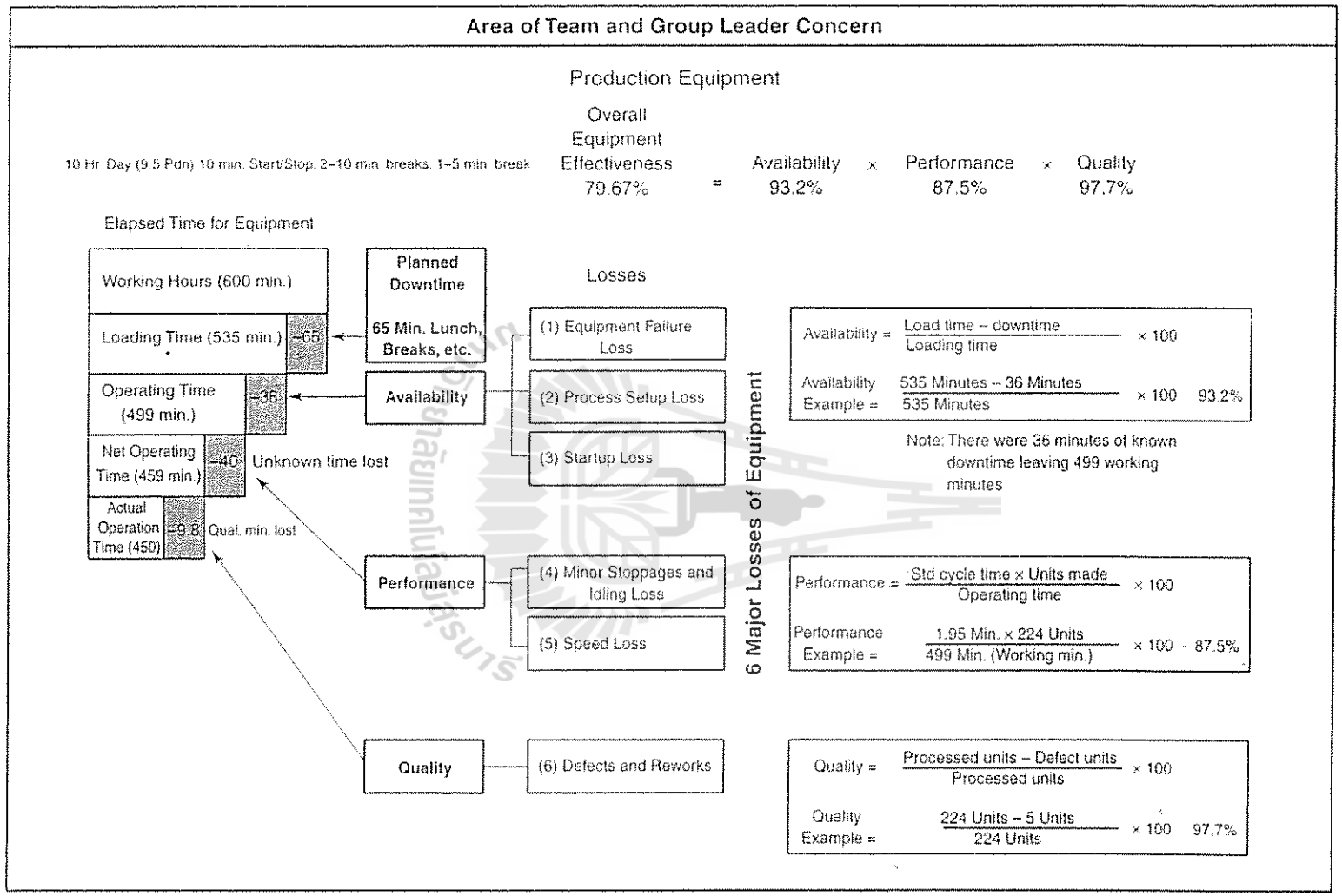
8.6 การคำนวณค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรเชิงรวม (Overall Equipment Effectiveness, OEE)

ค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรเชิงรวม (Overall Equipment Effectiveness, OEE) เป็นค่าดัชนีที่ใช้วัดปริมาณการทำงานและความเชื่อถือได้ของเครื่องจักรโดยรวมในการใช้งาน ณ เงื่อนไขการทำงานในปัจจุบันรวมถึงช่วงเวลาที่ผ่านมาการจำแนกเวลาการทำงาน ประสิทธิภาพการทำงาน และคุณภาพของสินค้าที่เครื่องจักรผลิตขึ้นสามารถ แสดงได้ในรูปที่ 8.4การคำนวณค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรเชิงรวมสามารถหาได้จากสมการ

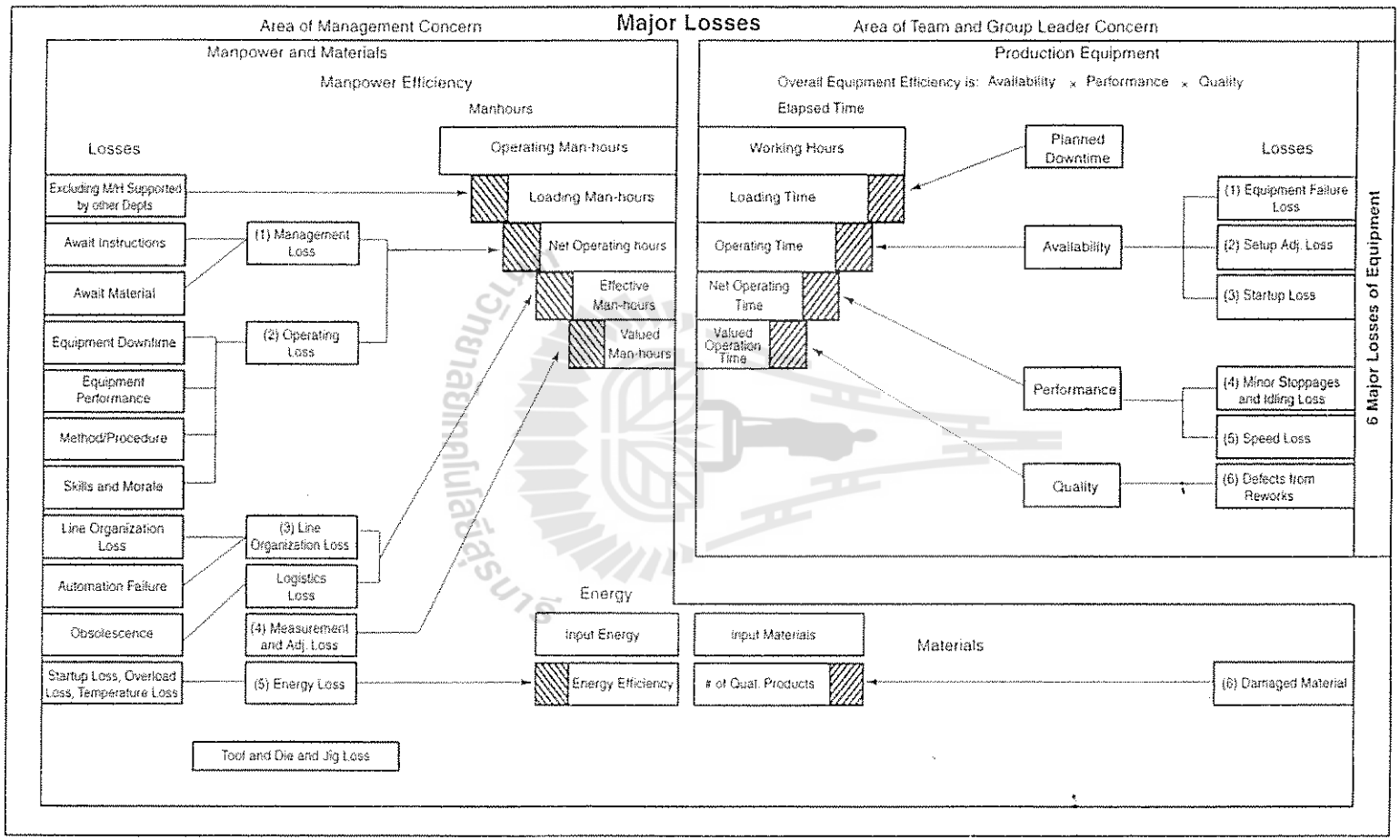
OEE = ค่าความพร้อม x ประสิทธิภาพ x คุณภาพ (8.1)

(OEE = Availability x Efficiency x Quality)

เครื่องจักรที่มีค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรเชิงรวมค่าสูงจะแสดงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรสูงกว่าเครื่องจักรที่มีค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรเชิงรวมค่าต่ำ ซึ่งในรูปที่ 8.5 แสดงความสูญเสียหลักที่เกิดขึ้นตลอดการทำงานของเครื่องจักร



รูปที่ 8.4 ผังการจำแนกเวลาการทำงาน ประสิทธิภาพการทำงาน และคุณภาพของสินค้า (Mobley R. K., 2004)



รูปที่ 8.5 ความสูญเสียหลักที่เกิดขึ้นตลอดการทำงานของเครื่องจักร (Mobley R. K., 2004)

ค่าความพร้อม (Availability)

ค่าความพร้อมของเครื่องจักรมักจะถูกอ้างจากการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักร โดยเป็นอัตราส่วนของระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงานจริง (Actual operation time) ต่อระยะเวลาที่เครื่องจักรสามารถใช้งานได้จริง (Net available time)

ค่าความพร้อม = ระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงานจริง / ระยะเวลาที่เครื่องจักรสามารถใช้งานได้จริง (8.2)

(Availability =Actual operation time / Net available time)

เมื่อ

ระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงานจริง (Actual operation time) = จำนวนชั่วโมงการทำงานทั้งหมด - จำนวนชั่วโมงที่เครื่องจักรไม่ได้ทำงาน (8.3)

ระยะเวลาที่เครื่องจักรสามารถใช้งานได้จริง (Net available time) = จำนวนชั่วโมงการทำงานทั้งหมด – จำนวนชั่วโมงที่วางแผนจะไม่ใช้งานเครื่องจักร (8.4)

ตัวอย่าง 8.1 การหาค่าความพร้อมของเครื่องจักร

กำหนดให้โรงงานวางแผนจะหยุดเครื่องจักรชั่วโมงครึ่ง(1.5 ชั่วโมง) ระหว่างเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง เพื่อทำการบำรุงรักษาเชิงป้องหรือเพื่อประชุมพนักงาน ถ้าระหว่างเครื่องจักรทำงานเกิดการหยุดเครื่องจักรนอกเหนือจากแผนงานให้เครื่องจักรหยุดเป็นจำนวนครึ่งชั่วโมง(0.5 ชั่วโมง)

วิธีทำ

* Actual operation time

ระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงานจริง = จำนวนชั่วโมงการทำงานทั้งหมด - จำนวนชั่วโมงที่เครื่องจักรไม่ได้ทำงาน

= 8 ชั่วโมงทำงาน – (1.5 ชั่วโมง(เครื่องจักรหยุดตามแผนงาน) + 0.5 ชั่วโมง (เครื่องจักรหยุดนอกเหนือจากแผนงาน))

= 6.0 ชั่วโมง

* Net available time

ระยะเวลาที่เครื่องจักรสามารถใช้งานได้จริง = จำนวนชั่วโมงการทำงานทั้งหมด - จำนวนชั่วโมงที่วางแผนจะไม่ใช้งานเครื่องจักร

= 8 ชั่วโมงทำงาน - 1.5 ชั่วโมง(เครื่องจักรหยุดตามแผนงาน)

= 6.5 ชั่วโมง

ดังนั้น ค่าความพร้อม = ระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงานจริง / ระยะเวลาที่เครื่องจักรสามารถใช้งานได้จริง
= 6.0 ชั่วโมง / 6.5 ชั่วโมง
= 92.3% #

<u>ค่าประสิทธิภาพ</u> (Efficiency)

ประสิทธิภาพเป็นค่าที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

ค่าประสิทธิภาพ (Efficiency) = เวลาที่ใช้ในการผลิตตามทฤษฎี / ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตจริง (8.5)

(**Efficiency**= Theoretical production time / Actual production time)

ตัวอย่าง 8.2 การหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องจักร

กำหนดให้โรงงานวางแผนที่จะใช้เครื่องจักรผลิตชิ้นงาน 6 ชั่วโมง/วัน(ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตจริง) เครื่องจักรนี้สามารถผลิตชิ้นงานได้ทฤษฎี 80 ชิ้น/ชั่วโมง ถ้าเครื่องจักรนี้ผลิตชิ้นงานได้จริง 400 ชิ้น/วัน จงหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องจักร

<u>วิธีทำ</u>

เครื่องจักรนี้สามารถผลิตชิ้นงานได้ทฤษฎี = 80 ชิ้น/ชั่วโมง
ดังนั้น รอบเวลาการผลิตชิ้นงานตามทฤษฎีคือ = 1/80 ชิ้น/ชั่วโมง = 0.0125 ชั่วโมง/ชิ้น

เครื่องจักรนี้ผลิตชิ้นงานได้จริง 400 ชิ้น/วัน
ดังนั้น เวลาที่เครื่องจักรนี้ใช้ผลิตชิ้นงาน = 0.0125 ชั่วโมง/ชิ้น * 400 ชิ้น/วัน = 5 ชั่วโมง/วัน

ค่าประสิทธิภาพ (Efficiency) = เวลาที่ใช้ในการผลิตตามทฤษฎี / ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตจริง
= 5ชั่วโมง/วัน / 6 ชั่วโมง/วัน
= 83.3% ##

<u>ค่าคุณภาพ</u> (Quality)

ค่าคุณภาพเป็นอัตราส่วนของจำนวนชิ้นงานที่ยอมรับได้ต่อจำนวนชิ้นงานที่ผลิตทั้งหมด

ค่าคุณภาพ (Quality) = จำนวนชิ้นงานที่ยอมรับ / จำนวนชิ้นงานที่ผลิตทั้งหมด (8.6)

ตัวอย่าง8.3 การคำนวณค่าคุณภาพ

กำหนดเครื่องจักรผลิตชิ้นงานได้ทั้งหมด 400 ชิ้น พบว่า 50 ชิ้นงานเป็นชิ้นงานที่ไม่มีคุณภาพตามที่ต้องการ ซึ่งจะต้องนำไปแก้ไขหรือกลายเป็นชิ้นงานที่ด้อยคุณภาพ จงหาค่าคุณภาพ

<u>วิธีทำ</u>

จำนวนชิ้นงานที่ยอมรับ = 400 ชิ้น – 50 ชิ้น =350 ชิ้น

ดังนั้น ค่าคุณภาพ (Quality)= จำนวนชิ้นงานที่ยอมรับ / จำนวนชิ้นงานที่ผลิตทั้งหมด

= 350 ชิ้น/ 400 ชิ้น

= 87.5% ##

ตัวอย่าง8.4 การค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรเชิงรวม

จากตัวอย่างที่ 8.1 – 8.3 จงคำนวณค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรเชิงรวม (OEE)

<u>วิธีทำ</u>

OEE = ค่าความพร้อม x ประสิทธิภาพ x คุณภาพ

= 92.3% x 83.3% x 87.5%

= 67.3 % ##

สรุปท้ายบท

บทนี้นำเสนอการบำรุงรักษาแบบทวีผล (TPM) ซึ่งได้มีรวบรวมการเปรียบเทียบแนวคิด TPM กับแนวคิดการบริหารการผลิตแบบต่างๆ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความเหมือนและความแตกต่างในแนวการปฏิบัติจริง การดำเนินกิจกรรม TPM นี้จะประสบสำเร็จได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ประการคือ การได้รับความสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูงซึ่งจะก่อให้การดำเนินการที่ยั่งยืน และความเข้าใจของระดับผู้ปฏิบัติการเพื่อก่อให้เกิดความร่วมมือร่วมใจในการดำเนินการ

การดำเนินกิจกรรม TPM นี้ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 8 ประการ ได้แก่ การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Individual improvement)การปรับปรุงรักษาด้วยตนเอง (Autonomous maintenance) การบำรุงรักษาตามแผน (Planned maintenance)การพัฒนาทักษะการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา (Operation and maintenance development) การคำนึงถึงการบำรุงรักษาตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ (Initial phase Management) ระบบการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ (Quality maintenance) ระบบการทำงานของฝ่ายบริหารที่ตระหนักถึงประสิทธิภาพการผลิตหรือเรียกว่า TPM ในสำนักงาน (TPM in office)ระบบชีวอนามัย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อมภายในโรงงาน (Safety, hygiene and working environment) ซึ่งการดำเนินการให้ครบทุกองค์ประกอบนั้นจะต้องใช้ระยะเวลาการดำเนินการที่ยาวนาน เพื่อให้ทุกองค์ประกอบหลักสำเร็จลุล่วง ดังนั้นการสนับสนุนของผู้บริหารและความร่วมมือในการดำเนินการของผู้ปฏิบัติการมีความสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งผลของการดำเนินการ TPM จะนำมาสู่การลดและกำจัดความสูญเสียที่เกิดในองค์กร อันได้แก่ ความสูญเสียแบบเรื้อรังที่ไม่สามารถแก้ไขได้ในระยะเวลาอันสั้น และความสูญเสียใหญ่ 6 ประการที่สามารถกำจัดได้เมื่อทราบสาเหตุที่ชัดเจน

นอกจากนั้นแล้วในบทนี้ได้นำเสนอวิธีการคำนวณค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรเชิงรวม(Overall Equipment Effectiveness, OEE)ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิที่ใช้ในการวัดผลความมีประสิทธิผลของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน ค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรเชิงรวมที่สูงแสดงถึงความมีประสิทธิภาพของเครื่องจักรในการผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพสูงเช่นกัน ดังนั้น การดำเนินกิจกรรม TPM ที่สัมฤทธิ์ผลจะนำมาสู่การเพิ่มประสิทธิผลของเครื่องจักรเชิงรวมที่สูงขึ้น ซึ่งผลจากการศึกษาในบทนี้จะนำไปสู่การวางแผนการจัดการหน่วยงานบำรุงรักษาเพื่อให้เกิดการทำงานที่มีประสิทธิภาพดังจะกล่าวในบทที่ 9 ต่อไป

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงนิยามการบำรุงรักษาแบบทวีผล (Total Productive Maintenance: TPM)?

2. บุคคลใดในองค์กรที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินการ TPM ให้ประสบผลสำเร็จ?

3. TPM มีความเชื่อมโยงเกี่ยวข้องอย่างไรกับ PM (Preventive Maintenance)?

4. TPMของอเมริกาแตกต่างอย่างไรกับ TPMของญี่ปุ่น?

5. กิจกรรมบำรุงรักษาด้วยตนเอง (AM) ควรจัดทำในขั้นตอนใดของกิจกรรม TPM?

6. กิจกรรม TPM มีผลอย่างไรต่อกำไรที่เกิดขึ้นในองค์กร?

7. ระบบ Just In Time (JIT) มีผลอย่างไรต่อการทำกิจกรรม TPM?

8. การดำเนินกิจกรรม TPM มีความจำเป็นต้องใช้วิธีทางแปดเสาหลักหรือไม่ เพราะเหตุใด?

9. ความสูญเสียเรื้อรังหมายถึงอะไร พร้อมยกตัวอย่าง?

10. ความสูญเสียใหญ่ 6 ประการ มีผลกระทบอย่างไรต่อการดำเนินกิจกรรม TPM?

11. ข้อมูลการทำงานของเครื่องจักรมีดังต่อไปนี้

จำนวนชั่วโมงการทำงาน	8	ชั่วโมงต่อวัน

ระหว่างการทำงานแต่ละวัน ฝ่ายบำรุงรักษาวางแผนการทำงานให้เครื่องจักรดังต่อไปนี้

เวลาในการ Start up เครื่องจักร	30	นาที
เวลาในการปรับแต่งเครื่องจักร	30	นาที
เวลาเปลี่ยนน้ำหล่อเย็น	15	นาที

ซึ่งในแต่ละวันเครื่องจักรอาจจะต้องหยุดการทำงานเนื่องจากสาเหตุที่ไม่คาดหมาย 20 นาทีเครื่องจักรผลิตชิ้นงานได้ดังต่อไปนี้

อัตราการผลิตชิ้นงาน	0.01	ชั่วโมง/ชิ้น
จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จริง	600	ชิ้น/วัน
จำนวนชิ้นงานเสียในแต่ละวัน	4 %	

จงหาค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรเชิงรวม (Overall Equipment Effectiveness, OEE)?

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9

การจัดการหน่วยงานบำรุงรักษา
(Maintenance Department Organization)

วัตถุประสงค์

นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและความสามารถในเรื่องดังต่อไปนี้

1. อธิบายโครงสร้างของหน่วยงานบำรุงรักษาได้
2. จำแนกและอธิบายความแตกต่างของการจัดการองค์กรบำรุงรักษาประเภทต่างๆได้
3. ระบุองค์ประกอบการพิจารณาการจัดการหน่วยงานบำรุงรักษาได้
4. อธิบายเป้าหมายของระบบงานย่อยแต่ละระบบ

หน่วยงานบำรุงรักษาเป็นหน่วยงานที่ต้องทำงานเชื่อมโยงกับแผนกผลิตอย่างใกล้ชิด เพื่อดูแลเครื่องจักรให้สามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และสามารถผลิตสินค้าที่มีคุณภาพได้ ซึ่งการจัดการหน่วยงานบำรุงรักษาของแต่ละองค์กรอาจสามารถจัดการได้หลากหลายรูปแบบขึ้นกับความเหมาะสมของระบบการทำงานของแต่ละองค์กร ในบทนี้ได้รวบรวม การจัดการหน่วยงานบำรุงรักษา การจัดการโครงสร้างภายในของหน่วยงานบำรุงรักษา และการกำหนดบทบาทหน้าที่ของหน่วยงานบำรุงรักษา

9.1 การจัดการหน่วยงานบำรุงรักษา

งานบำรุงรักษาในโรงงานอุตสาหกรรมจัดเป็นงานที่มีรายละเอียดและวัตถุประสงค์ของงานซึ่งสามารถแยกต่างจากงานอื่นได้ชัดเจน ส่วนใหญ่จะเป็นงานบริการหน่วยงานด้านการผลิตดังนั้นงานบำรุงรักษาที่ดีจะต้องมีการจัดองค์การให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของงาน

9.1.1 หน้าที่ของงานบำรุงรักษา

งานบำรุงรักษาในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วๆ ไป แล้ว อาจจำแนกออกได้เป็นงานด้านต่างๆ คือ

1. งานบำรุงรักษาด้านเครื่องกล หมายถึงงานบำรุงรักษาเครื่องจักรกลโดยทั่วๆ ไปที่ใช้กันอยู่ภายในโรงงาน
2. งานบำรุงรักษาด้านไฟฟ้า หมายถึงงานบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้าเป็นพลังงาน เช่น มอเตอร์ หม้อแปลงไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าในโรงงาน ลิฟต์ เป็นต้น
3. งานบำรุงรักษาอุปกรณ์ควบคุมและเครื่องวัด หมายถึง งานบำรุงรักษาอุปกรณ์ควบคุมและเครื่องวัดต่างๆ ทั้งที่เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และอุปกรณ์ทางเครื่องกล เช่น อุปกรณ์ไฮดรอลิก นิวแมติก เป็นต้น ตลอดจนเครื่องมือวัดต่างๆ เช่น มาตรวัดความดัน อุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้มีความสลับซับซ้อนมากกว่าเครื่องจักรธรรมดา เป็นลักษณะงานอีกด้านหนึ่งซึ่งต้องใช้วิธีการบำรุงรักษาและบุคลากรที่แตกต่างจาก 2 ประเภทแรก
4. งานบำรุงรักษาอาคารสถานที่ หมายถึงงานบำรุงรักษาด้านวิศวกรรมโยธาทั่วๆ ไป รวมถึงงานประปา ถนนภายในอาคาร แต่อาจไม่รวมถึงระบบไฟฟ้า ในบางองค์หรอาจจัดแยกเป็นงานบำรุงรักษาด้านไฟฟ้าก็ได้
5. งานด้านสาธารณูปโภค (Utility) นอกจากงานบำรุงรักษา 4 ประเภทข้างต้นแล้ว งานด้านการผลิตและควบคุมสาธารณูปโภคต่างๆ เช่น ไฟฟ้า ไอน้ำ น้ำประปา ลมยังถือว่าเป็นหน้าที่ด้านการบำรุงรักษาอีกอย่างหนึ่งด้วย

9.1.2 องค์ประกอบในการพิจารณาการจัดองค์กรการบำรุงรักษา

การจัดองค์การของงานบำรุงรักษามีหลักการพื้นฐานเช่นเดียวกับการจัดองค์การของงานด้านอื่นๆ เช่น การมอบหมายความรับผิดชอบ การรายงาน และควบคุมบังคับบัญชา เป็นต้น นอกจากนี้แล้วในการจัดองค์การงานบำรุงรักษามีองค์ประกอบที่ควรนำมาพิจารณาด้วยดังนี้คือ

1. ลักษณะของกระบวนการผลิต การบำรุงรักษาด้านใดด้านหนึ่งโดยเฉพาะ เช่นการบำรุงรักษาอาคาร การบำรุงรักษาด้านไฟฟ้า อาจมีส่วนสำคัญต่อการปฏิบัติงานทั้งหมดของหน่วยงาน อาจต้องจัดองค์การงานบำรุงรักษาโดยเน้นความสำคัญด้านนั้น เช่น กิจการโรงแรม ลิฟต์ และเครื่องปรับอากาศ เป็นสิ่งสำคัญสำหรับลูกค้า ดังนั้นการจัดองค์การจึงต้องให้ความสำคัญกับงานด้านนี้ อาจจะต้องมีหน่วยงานดำเนินการเอง แต่งานด้านการบำรุงรักษาบริเวณ เช่น งานสวน อาจจะจ้างผู้รับเหมารับช่วงจากภายนอกมาดำเนินการได้

2. ลักษณะปฏิบัติการผลิต ความต่อเนื่องในการปฏิบัติงานผลิตมีผลต่อการจัดองค์การงานบำรุงรักษาเช่นกัน ในลักษณะงานที่ทำงานไม่ต่อเนื่อง เช่น ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง สัปดาห์ละ 6 วัน ย่อมมีการจัดองค์การงานบำรุงแตกต่างจากงานที่ทำต่อเนื่อง เช่น งานผลิตที่ทำวันละ 3 กะๆ ละ 8ชั่วโมง ทุกวัน ซึ่งในงานต่อเนื่องจะต้องการจัดหน่วยงานบำรุงรักษาสำหรับงานบำรุงรักษาที่เกิดขึ้น นอกเหนือจากเวลาทำงานปกติในตอนกลางวันด้วยการบังคับบัญชาช่างบำรุงรักษาในกะกลางคืน อาจต้องให้ขึ้นกับฝ่ายผลิตเป็นผู้ดูแลก็ได้

3. สภาพพื้นที่บริเวณโรงงาน สำหรับโรงงานที่มีขนาดใหญ่ทำให้การติดต่อควบคุมงานบำรุงรักษาเป็นไปได้ยาก อาจต้องจัดองค์การแบบกระจายขึ้นกับฝ่ายผลิตตามพื้นที่ต่างๆ แทนที่จะขึ้นตรงต่อฝ่ายบำรุงรักษาสำรับในงานบำรุงรักษาบางประเภท

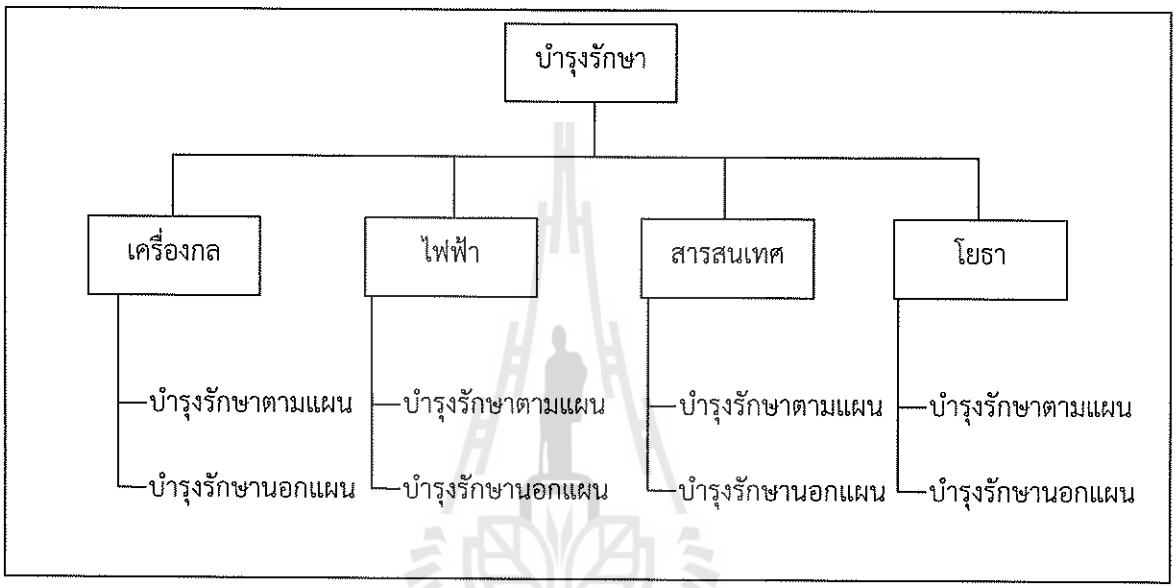
4. ภาระหน้าที่ของฝ่ายบำรุงรักษา งานของฝ่ายบำรุงรักษามิได้จำกัดขอบเขตเพียงแต่งานบำรุงรักษาเท่านั้น แต่อาจครอบคลุมไปถึงงานด้านวิศวกรรมอื่นๆ เช่น งานดัดแปลง เครื่องจักรอุปกรณ์ งานควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและไฟน้ำ งานควบคุมโรงซ่อม งานเกี่ยวกับบริการสาธารณูปโภคต่างๆ เช่นน้ำประปาภายในโรงงาน เป็นต้น ดังนั้นในบางส่วนงานบำรุงรักษาจึงมีการปฏิบัติงานเช่นเดียวกับการผลิต แต่เป็นการผลิตเพื่อสนองความต้องการของหน่วยงานต่างๆ ในโรงงานเท่านั้น

5. คลังพัสดุบำรุง พัสดุบำรุงรักษา พัสดุบำรุงรักษา เช่น อะไหล่ น้ำมันหล่อลื่น มีวิธีการควบคุมที่แตกต่างจากพัสดุที่ใช้ในการผลิต ในปัจจุบันนี้มีแนวโน้มในอุตสาหกรรมหลายประเภทที่จะมอบหมายงานด้านการควบคุมพัสดุบำรุงรักษานี้ให้อยู่ในการควบคุมดูแลของฝ่ายบำรุงรักษา แทนที่จะให้ขึ้นตรงกับคลังพัสดุกลางของโรงงาน

ในการจัดองค์การของงานบำรุงรักษาจึงต้องพิจารณาถึงหน้าที่ที่ต้องปฏิบัติในด้านต่างๆ ประกอบกับสภาวะด้านการผลิตอื่นๆ รวมกัน

9.2 การจัดการโครงสร้างภายในของหน่วยงานบำรุงรักษา

การจัดโครงสร้างภายในหน่วยงานบำรุงรักษาขององค์กรต่างๆ มักจะถือเอาการจัดแบ่งงานตามลักษณะของสายวิชาชีพทางด้านวิศวกรรมเป็นหลัก ปัจจุบันการจัดโครงสร้างเช่นนี้ก็ยังเป็นที่นิยมเป็นส่วนมาก(สุพัฒน์และคณะ, 2549)ดังแสดงในรูปที่ 9.1



รูปที่ 9.1 ผังโครงสร้างการจัดหน่วยงานบำรุงรักษาตามสายวิชาชีพ (สุพัฒน์และคณะ, 2549)

โครงสร้างดังกล่าวนี้มีความเหมาะสมและจุดเด่น หากพิจารณาประเด็นเหล่านี้

- การจัดเตรียมบุคลากรทำได้ง่าย โดยพิจารณาจากพื้นฐานการศึกษาตามประเภทวิชาชีพเป็นหลัก
- การฝึกอบรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเชี่ยวชาญทางเทคนิคทำได้ง่าย
- การแก้ปัญหาของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน จะทำได้อย่างรวดเร็ว
- บุคลากรในหน่วยงานสามารถพัฒนาตนเองเป็นผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน

ในทางตรงกันข้าม หากพิจารณาถึงจุดด้อยของการจัดโครงสร้างเช่นนี้ จะพบว่า

- การประสานงานระหว่างกลุ่มงานภายใน มักจะมีปัญหาเกี่ยวกับขอบเขตความรับผิดชอบ อาจเกิดการเกี่ยงงานกันเอง

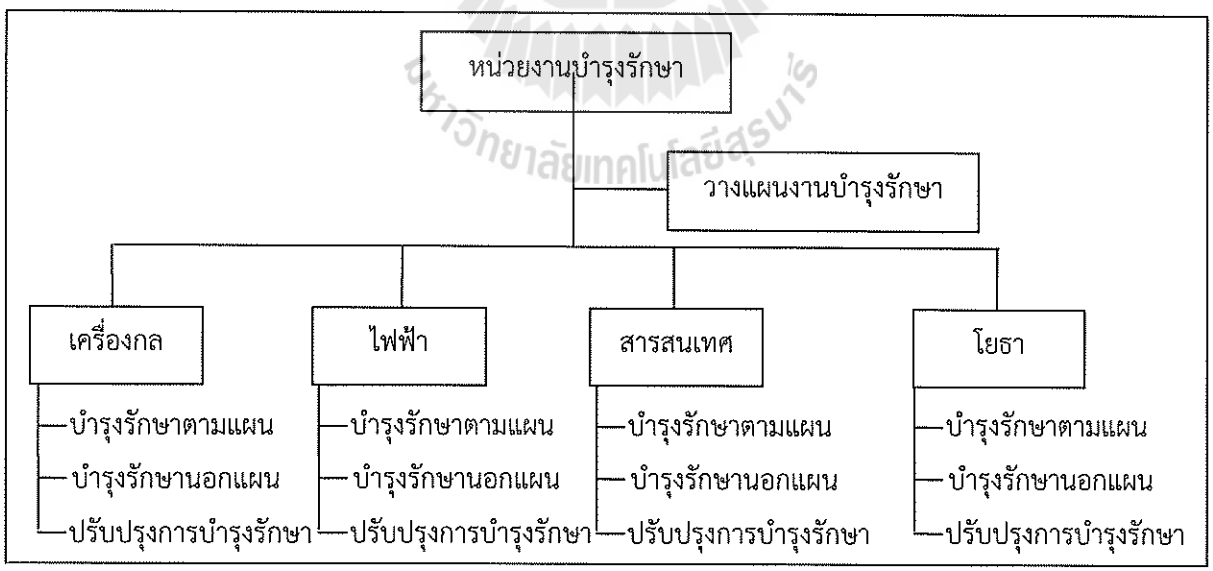
- หากปัญหาที่เกิดขึ้นมีความซับซ้อน แต่ละกลุ่มงานจะไม่สามารถแก้ปัญหาได้เอง ต้องรอให้กลุ่มงานอื่นเข้ามารวมแก้ไขปัญหาด้วย
- การพัฒนาระบบการทำงานของแต่กลุ่มงานจะมากเท่ากัน ขึ้นอยู่กับทัศนคติของหัวหน้ากลุ่มและสไตล์การทำงานที่แตกต่างกันไป
- มักจะเป็นปัญหาที่เกี่ยวกับการควบคุมวินัยในการทำงาน ขาดการดูแลด้านอัตราการใช้งานของพนักงานในแต่ละหน่วยงาน
- มีการสะสมทรัพย์สินเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานมากเกินความจำเป็นซึ่งได้แก่

  - มีการจัดหาเครื่องมือตรวจสอบ ชุดเครื่องมือในการทำงาน โดยขาดการพิจารณาถึงอัตราการใช้งาน (Utilization) การแบ่งปันและการสรรหาด้วยวิธีการอื่นๆ ที่คุ้มค่ากว่า
  - มีการตั้งอะไหล่สำรองคลังไว้มากเกินความจำเป็น โดยขาดการจัดการที่ดี

- เกิดค่าใช้จ่ายแฝงในการทำงาน ซึ่งขาดการควบคุมดูแล เช่น

  - มีกำลังคนมาก โดยตั้งกำลังคนไว้เผื่อช่วงที่มีปริมาณสูงสุด ซึ่งปีหนึ่งจะเกิดขึ้นเพียง 1-2 เดือน
  - ค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เกิดจากการครอบครองทรัพย์สินมีมูลค่าสูง แต่ใช้ประโยชน์ได้ไม่คุ้มค่า

ต่อมาเมื่อเกิดการพัฒนาระบบบริหารงานบำรุงรักษา ได้มีการปรับโครงสร้างภายในของหน่วยงานบำรุงรักษา โดยการตั้งหน่วยงานกลางขึ้นทำหน้าที่กำหนดแผนงาน และประสานงานภายในระหว่างกลุ่มงานบำรุงรักษาด้วยกันเอง ซึ่งเป็นการแก้ไขปัญหาที่เป็นจุดด้อยของหน่วยงานได้ในระดับหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 9.2



รูปที่ 9.2 ผังโครงสร้างหน่วยงานบำรุงรักษาที่มีหน่วยวางแผนงานบำรุงรักษาเพิ่มขึ้น สุพัฒน์และคณะ, 2549)

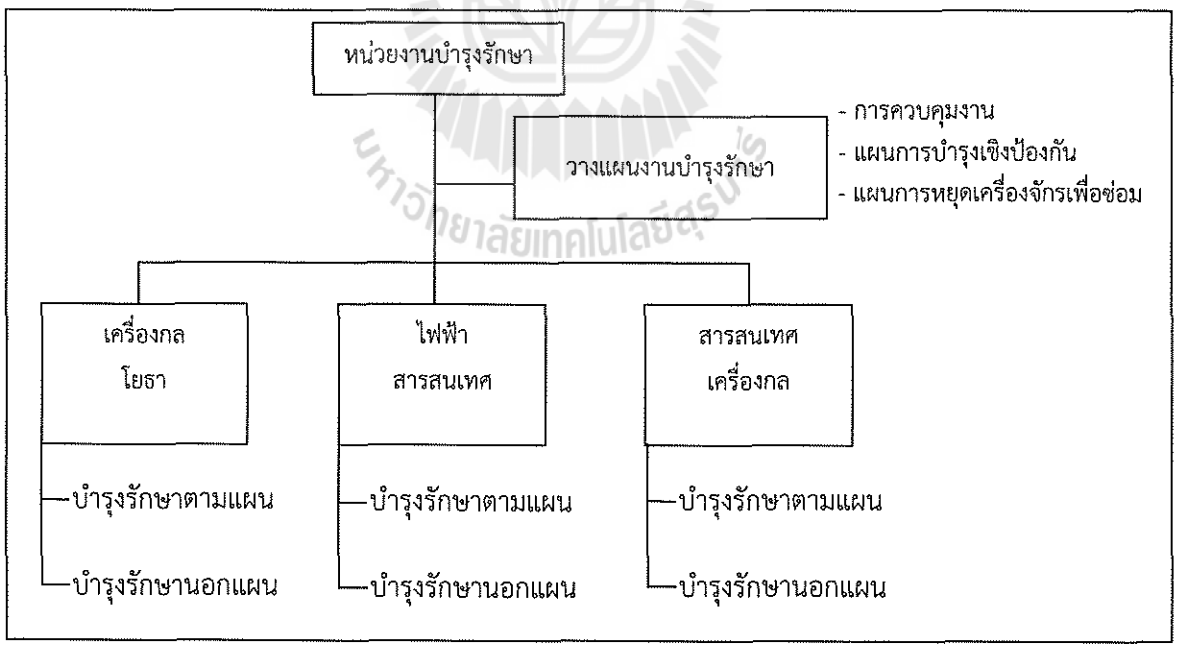
จุดเด่นของการปรับโครงสร้างใหม่ มีดังนี้

- การทำงานมีระบบแบบแผนที่ดี ประสิทธิภาพของงานสูงขึ้น
- การประสานงานภายในช่วยเหลือสนับสนุนกันและกันดีขึ้น
- กลุ่มงานวางแผนจะคัดเลือกจากบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถจากกลุ่มงานต่างๆมารวมกัน ทำให้การบริหารบุคลากรมีประสิทธิภาพขึ้น

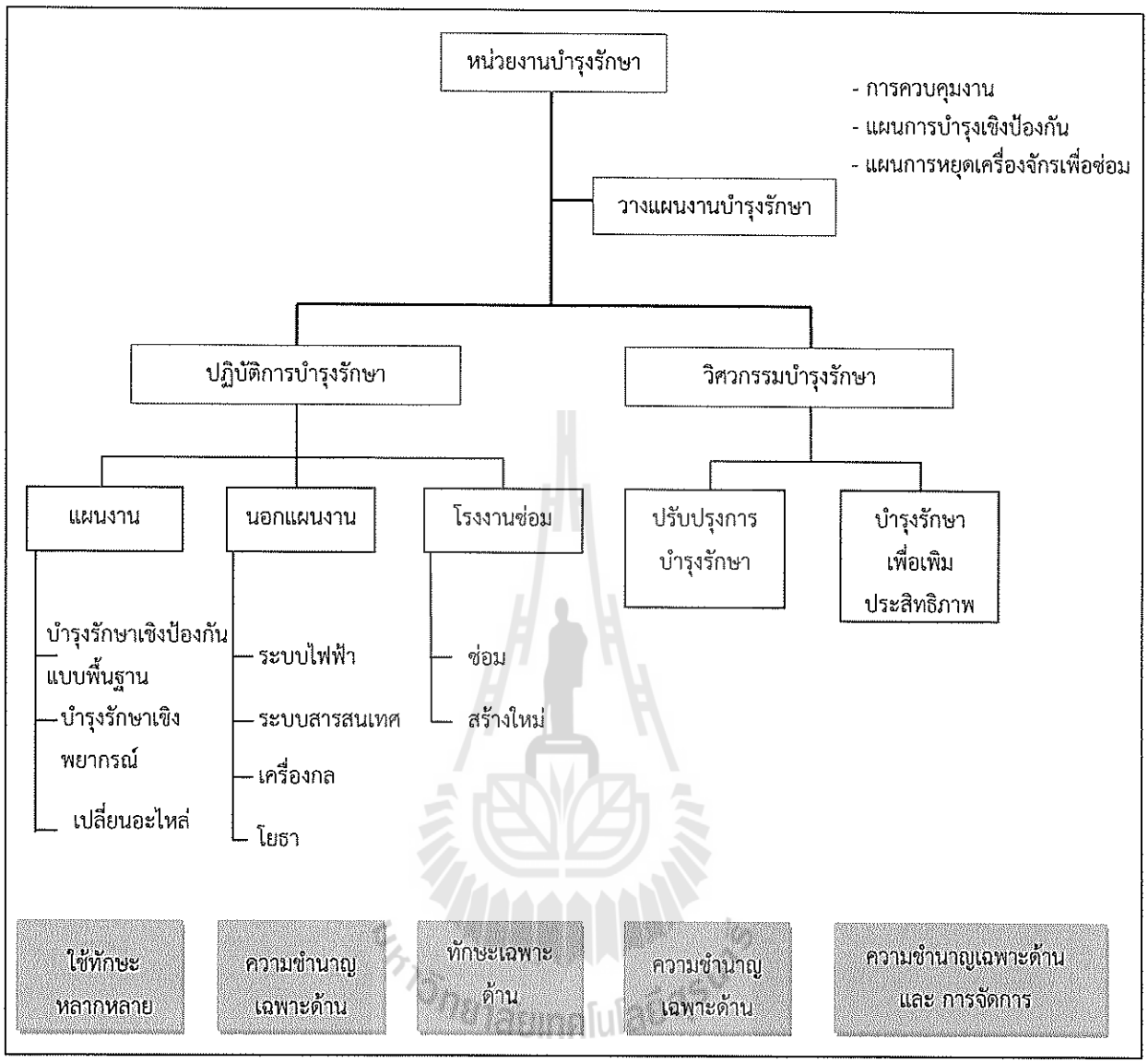
จุดด้อยของการปรับโครงสร้างใหม่ ดังนี้

- อัตราการใช้งานของบุคลากรและทรัพย์สินไม่เต็มที่
- วิธีการทำงานและทัศนคติของผู้ปฏิบัติงานระดับล่าง ยังไม่ได้รับการพัฒนาที่เพียงพอ
- การพัฒนาคุณภาพและประสิทธิภาพของงาน ยังไม่สามารถใช้ศักยภาพที่มีอยู่ได้อย่างเต็มที่เพราะขาดโครงสร้างของการทำงานของกลุ่มงาน IM และ ME ที่ชัดเจน

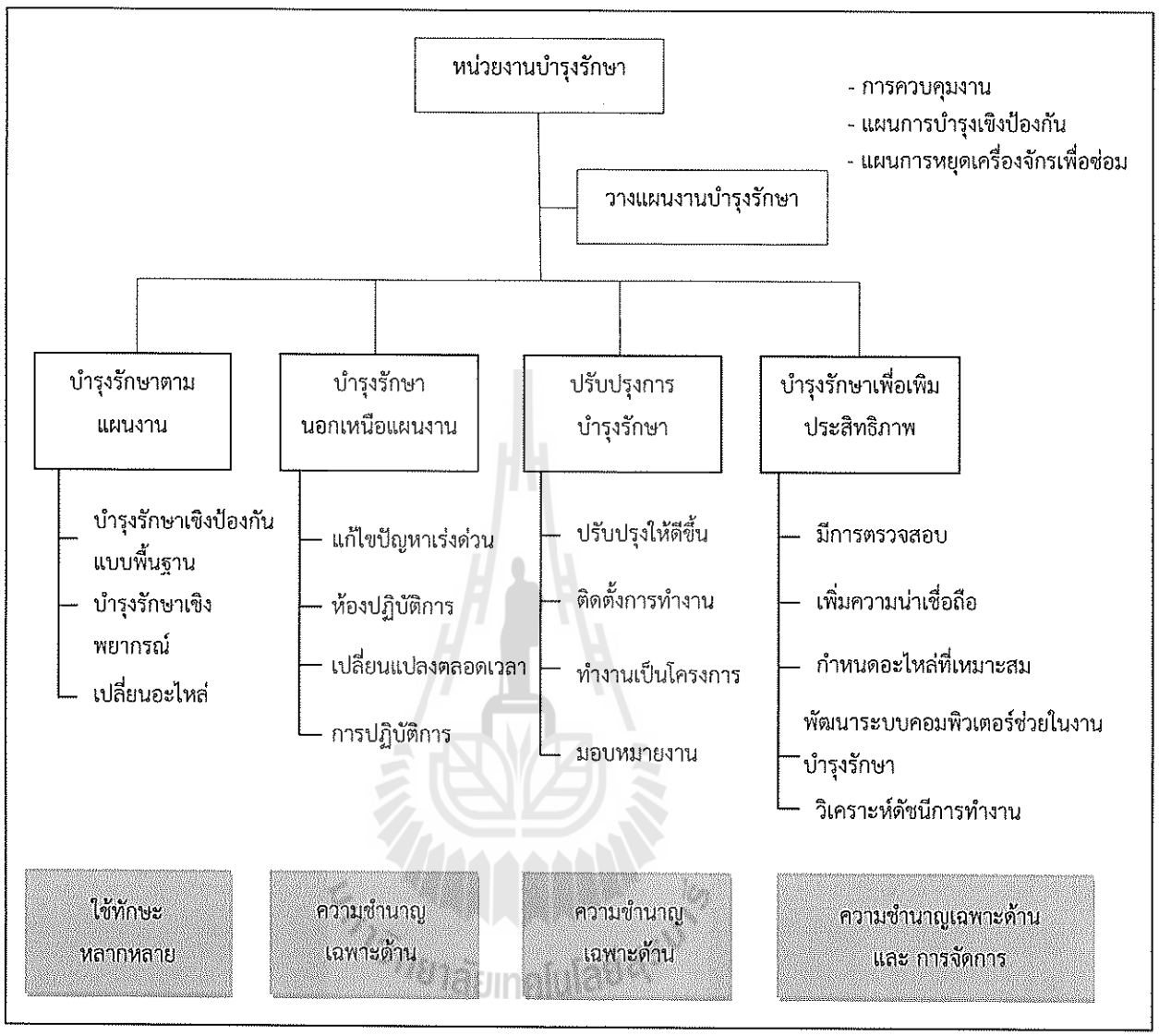
ปัจจุบันจะพบว่าโรงงานขนาดใหญ่หลายๆแห่ง ที่มีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีและระบบบริหารงานให้ทันสมัย ได้ปรับเปลี่ยนโครงสร้างของหน่วยงานบำรุงรักษาได้หลายแบบ ดังแสดงในรูปที่ 9.3, 9.4 และ 9.5



รูปที่ 9.3 ผังโครงสร้างหน่วยงานบำรุงรักษาที่มีการรวมกลุ่มงานด้วยกัน และเพิ่มกลุ่มงานด้านสารสนเทศและเครื่องกล (สุพัฒน์และคณะ, 2549)



รูปที่ 9.4 ผังโครงสร้างหน่วยบำรุงรักษาที่แบ่งกลุ่มงานตามลักษณะของกิจกรรม แต่ยังคงแยกกลุ่มปฏิบัติการและกลุ่มวิศวกรรมบำรุงรักษาออกจากกัน (สุพัฒน์และคณะ, 2549)

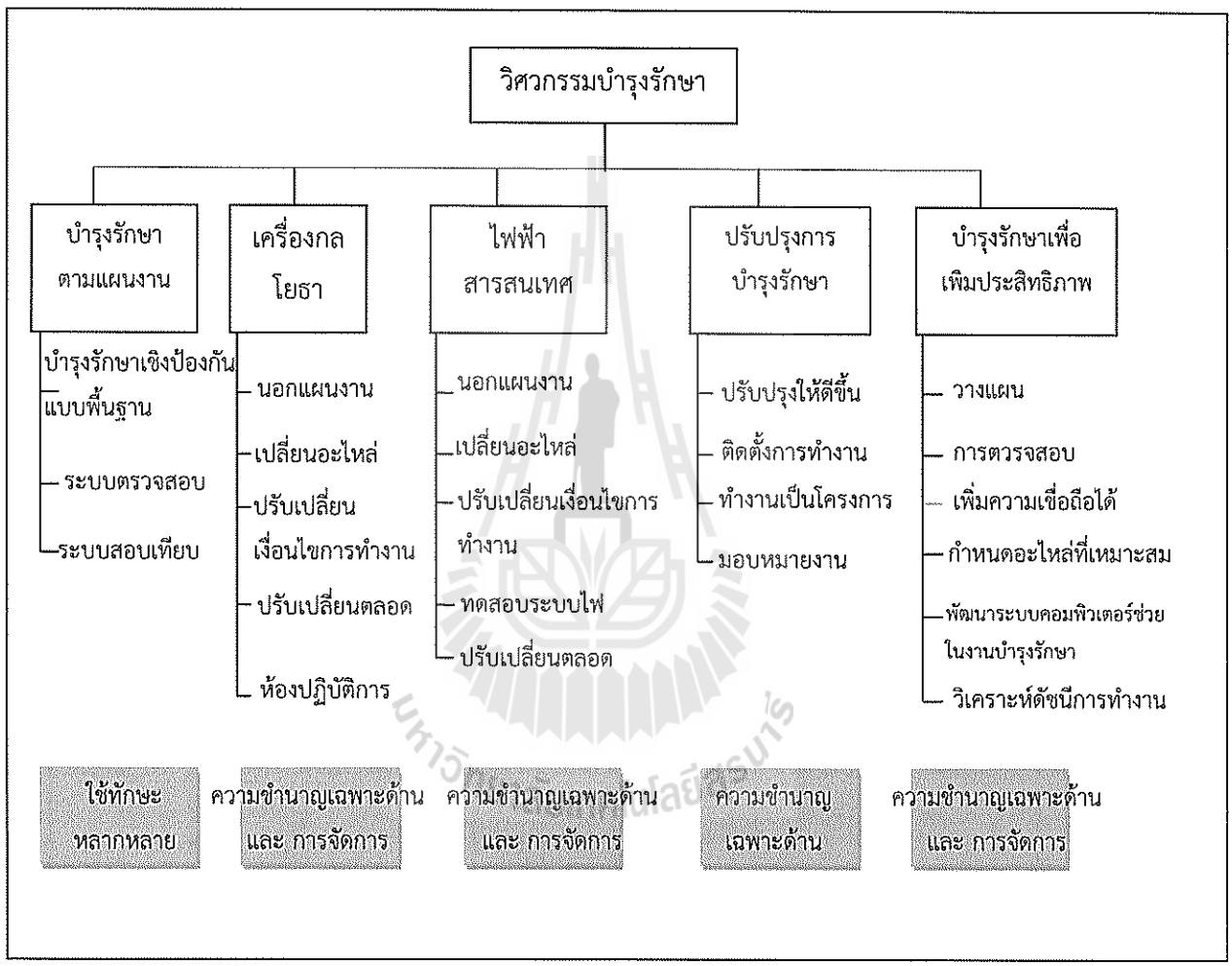


รูปที่ 9.5 ผังโครงสร้างหน่วยบำรุงรักษาที่แบ่งกลุ่มงานตามลักษณะของกิจกรรม (สุพัฒน์และคณะ, 2549)

การกำหนดโครงสร้างของหน่วยบำรุงรักษาจะไม่มีสูตรสำเร็จตายตัว ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักที่สำคัญบางประการดังแสดงในรูปที่ 9.6 ซึ่งเป็นตัวแปรให้การจัดโครงสร้างแตกต่างกันไป เช่น

- ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม และกำลังการผลิตของโรงงาน
- ความรู้ความสามารถของบุคลากรหน่วยงานบำรุงรักษา
- ข้อจำกัดด้านอัตรากำลังของหน่วยงานบำรุงรักษา

- การกำหนดรูปแบบของระบบบริหารงานบำรุงรักษา
- ข้อจำกัดในด้านการลงทุน นโยบายของผู้ถือหุ้นและผู้บริหารโรงงาน
- แผนการพัฒนาบุคลากร และแผนการขยายกำลังผลิต



รูปที่ 9.6 ผังโครงสร้างหน่วยงานบำรุงรักษาที่ผสมผสานระหว่างสายวิชาชีพและประเภทกิจกรรมบำรุงรักษา (สุพัฒน์และคณะ, 2549)

9.3 การกำหนดบทบาทหน้าที่ของหน่วยงานบำรุงรักษา

พิจารณาจากความพร้อมในการจัดตั้งหน่วยงานและลักษณะการทำงานเป็นหลัก ทั้งนี้การกำหนดบทบาทหน้าที่ของหน่วยงานบำรุงรักษา ยังขึ้นอยู่กับนโยบายการจัดการของผู้บริหารระดับสูงขององค์กร ผู้จัดการโรงงาน ตลอดจนผู้จัดการหน่วยงานบำรุงรักษาเอง ที่จะเล็งเห็นถึงการจัดเตรียมศักยภาพของหน่วยงานบำรุงรักษาให้อยู่ในระดับใด

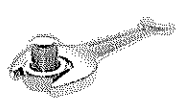
การกำหนดบทบาทหน้าที่ของหน่วยงานบำรุงรักษา ให้เป็น **ศูนย์ค่าใช้จ่าย (Cost Center)**หมายถึง การกำหนดขีดความสามารถและศักยภาพของหน่วยงาน ให้จำกัดอยู่ที่กลุ่มงานบำรุงรักษาตามแผนงาน และงานบำรุงรักษานอกแผนงาน โดยถือว่ากลุ่มงาน ปรับปรุงการบำรุงรักษาและบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเป็นเรื่องรองลงไป จะไม่เน้นการลงทุนเพิ่มเติม และพอใจในสถานภาพของหน่วยงานบำรุงรักษาที่ผลักดันในการทำงานบำรุงรักษาตามแผนงานให้เต็มที่ โครงสร้างของหน่วยงานบำรุงรักษาที่เป็นศูนย์ค่าใช้จ่ายนี้ จะเหมาะสมกับ

- ธุรกิจโรงงานอุตสาหกรรมประเภทการผลิตทั่วไป
- ธุรกิจบริการ เช่น การสื่อสารโทรคมนาคม การคมนาคม–ขนส่งอาคารพาณิชย์-โรงแรม ที่มีการลงทุนในทรัพย์สินต่ำกว่า 1,000 ล้านบาท

การกำหนดบทบาทหน้าที่ของหน่วยงานบำรุงรักษาให้เป็น **ศูนย์กำไร (Profit Center)**หมายถึง การมอบกำหนดให้หน่วยงานบำรุงรักษาร่วมรับผิดชอบต่อผลผลิตของโรงงาน และควบคุมต้นทุนการผลิตสินค้าของโรงงาน ซึ่งหมายความว่า หน่วยงานบำรุงรักษาจะต้องจัดเตรียมความพร้อมที่จะทำงานให้ครบ 4 กลุ่มงาน 16 ประเภทกิจกรรม มีการกำหนดวิธีการทำงานร่วมกับหน่วยผลิตอย่างเป็นระบบ และประสานงานเพื่อวางแผนการผลิตสินค้าและแผนงานหลักของหน่วยงานบำรุงรักษาร่วมกัน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ค่าดัชนีบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้องแม่นยำ การกำหนดให้หน่วยงานบำรุงรักษาเป็นศูนย์กำไรนี้ จะเหมาะสมกับ

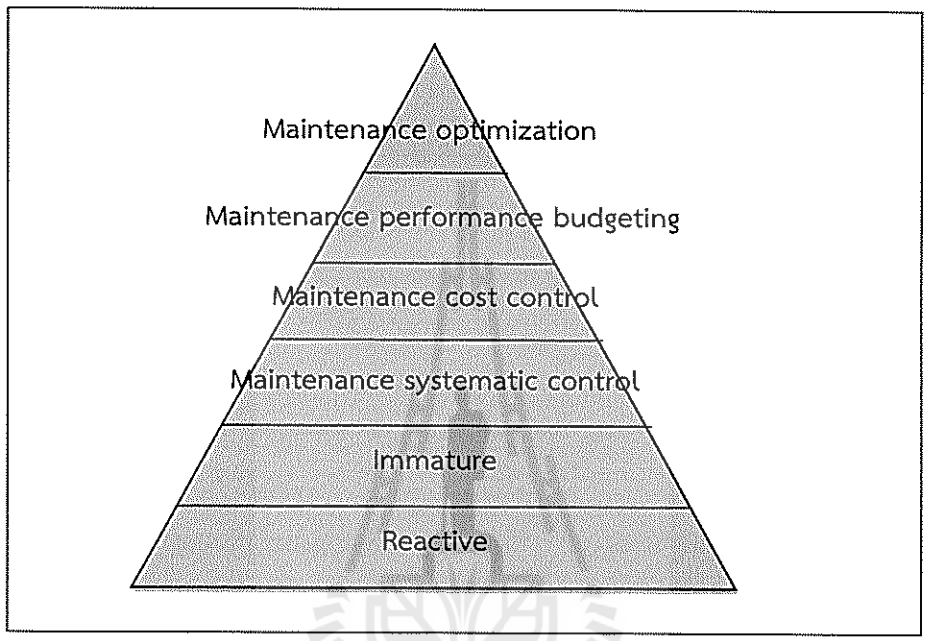
- ธุรกิจโรงงานอุตสาหกรรมประเภทกระบวนการผลิตต่อเนื่อง
- ธุรกิจประเภทอื่นๆ ที่มีการลงทุนในทรัพย์สินสูงเกิน 1,000 ล้านบาท

ถึงแม้จะกำหนดโครงสร้างของหน่วยงานบำรุงรักษาไว้เช่นใด สิ่งที่ต้องตระหนักและคำนึงถึงอยู่เสมอก็คือการกำหนดภาระหน้าที่ของหน่วยงานบำรุงรักษา ให้สามารถทำงานครอบคลุมลักษณะงานครบทั้ง 4 กลุ่มงาน 16 ประเภทกิจกรรม และการพัฒนาระบบบริหารงานบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยจัดทำ แผ่นแม่บทการบริหารงานบำรุงรักษา (Maintenance management plan) อย่างมีเป้าหมายเพื่อควบคุมต้นทุนการผลิตสินค้าและกำลังผลิตสินค้าของโรงงานที่ชัดเจน



9.4 สมรรถนะของหน่วยงานบำรุงรักษา (Maintenance performance)

เพื่อให้เข้าใจถึงระดับความสามารถทั้งด้านเทคนิคและการจัดการของหน่วยงานบำรุงรักษาจะจัดระดับที่บ่งชี้ถึงสมรรถนะ (ประสิทธิภาพและประสิทธิผล) ภาพจำลองที่แสดงถึงสมรรถนะของงานบำรุงรักษาจะอธิบายด้วยภาพพีระมิด ดังรูปที่ 9.7



รูปที่ 9.7 การจัดระดับสมรรถนะของหน่วยงานบำรุงรักษา (สุพัฒน์ และคณะ, 2549)

- **Reactive**ระดับเริ่มต้นทั่วๆไปของงานบำรุงรักษาที่มุ่งใช้ทีมงานเพื่อการซ่อมแซม และแก้ไขปัญหาเป็นหลัก
- **Immature**ระดับพื้นฐานของงานบำรุงรักษาที่จัดให้มีงานบำรุงรักษาตามแผนงาน เพื่อลดปัญหาของงานบำรุงรักษานอกแผนงานลง แต่ยังขาดความสมบูรณ์ของระบบงานอื่นๆ เพื่อสนับสนุนให้เกิดความเข้มแข็งของงานบำรุงรักษา
- **Maintenance systematic control**ระดับที่สามารถควบคุมงานบำรุงรักษาได้ โดยมีระบบงานที่เข้มแข็งและใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับกิจกรรมของงานบำรุงรักษาได้ครบถ้วน สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาของเครื่องจักร-อุปกรณ์ ที่เป็นปัญหาหลักของโรงงานได้

- Maintenance cost control ระดับที่สามารถรายงานค่าใช้จ่ายของงานบำรุงรักษาได้อย่างถูกต้องแม่นยำ สามารถเชื่อมโยงระบบงานทางบัญชีกับงานบำรุงรักษาเข้าด้วยกันอย่างสอดคล้องกับกิจกรรมและรายงานค่าใช้จ่ายงานบำรุงรักษาเชื่อถือได้ ตรงกับกิจกรรมของงาน
- Maintenance performance budgeting ระดับที่วิเคราะห์ค่าใช้จ่าย กำหนดเป้าหมายของผลผลิตและต้นทุนการผลิตสินค้าได้อย่างมีประสิทธิผล โดยอาศัยกลไกการบริหารงานและกำหนดค่าใช้จ่ายของกลุ่มกิจกรรมของงานบำรุงรักษาได้สอดคล้องกับแผนการผลิตสินค้า ทำให้ภาพรวมของการบริหารงบประมาณที่ส่งผลถึงการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนต่อหน่วยสินค้าได้
- Maintenance optimization ระดับความสามารถขั้นสูงสุดคือ การสร้างคุณค่าของงานเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุนและสร้างผลตอบแทนทางธุรกิจที่เหมาะสมที่สุด

สรุปท้ายบท

บทนี้นำเสนอการจัดการหน่วยงานบำรุงรักษาโดยการพิจารณาหน้าที่ของงานบำรุงรักษาและองค์ประกอบในการจัดเตรียมโครงสร้างของหน่วยงานบำรุงรักษา ซึ่งโครงสร้างของหน่วยงานบำรุงรักษาของแต่ละองค์กรอาจมีลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นกับ ลักษณะการประกอบการของแต่ละองค์ หน้าที่ขอบเขตความรับผิดชอบของหน่วยงานบำรุงรักษา และความสามารถในการดูแลเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ในองค์กรนั้นๆ โดยจะส่งผลสู่การกำหนดบทบาทหน้าที่ของหน่วยงานบำรุงรักษาในแต่ละองค์กรที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามในการวัดผลสมรรถนะการทำงานของหน่วยงานบำรุงรักษาสามารถอ้างอิงได้ด้วยปีระมิดการวัดผลดังแสดงในหัวข้อ 9.4 เพื่อก่อให้เกิดการกระตุ้นการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในบทถัดไป (บทที่ 10) จะกล่าวถึงหน้าที่ความรับผิดชอบในการจัดการวัสดุอะไหล่คงคลัง ซึ่งเป็นหนึ่งในความรับผิดชอบของหน่วยงานบำรุงรักษาไม่ว่าจะมีโครงสร้างแบบก็ตาม

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. หน่วยงานบำรุงรักษามีหน้าที่ด้านใดบ้าง?

2. โรงงานกำจัดขยะจำเป็นต้องมีหน่วยงานบำรุงรักษาหรือไม่ เพราะเหตุใด?

3. งานบำรุงรักษาอาคารสถานที่ จำเป็นต้องมีทุกโรงงานหรือไม่เพราะเหตุใด?

4. ในอุตสาหกรรมที่ใช้กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous process production) ควรโครงสร้างของหน่วยงานบำรุงรักษาอย่างไร และเราสามารถนำโครงสร้างนี้ไปใช้กับอุตสาหกรรมที่ใช้กระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Job shop production) ได้หรือไม่เพราะเหตุใด?

5. องค์กรที่ดำเนินธุรกิจแบบบริการ เช่น โรงแรม ห้างสรรพสินค้า ควรจัดโครงสร้างของหน่วยงานบำรุงรักษาอย่างไรเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด?

6. ข้อดีของการจัดโครงสร้างหน่วยงานบำรุงรักษาตามสายวิชาชีพ มีอะไรบ้าง?

7. จุดด้อยของการจัดโครงสร้างหน่วยบำรุงรักษาที่แบ่งกลุ่มงานตามลักษณะของกิจกรรม มีอะไรบ้าง?

8. สมรรถนะของหน่วยงานบำรุงรักษามีผลต่อองค์กรอย่างไร?

9. การกำหนดบทบาทของหน่วยงานบำรุงรักษาให้เป็นศูนย์ค่าใช้จ่าย (Cost center) แตกต่างอย่างไรกับการกำหนดบทบาทของหน่วยงานบำรุงรักษาให้เป็นศูนย์กำไร (Profit center)?

10. แนวโน้มการกำหนดบทบาทของหน่วยงานบำรุงรักษาในอนาคตควรเป็นแบบใด เพราะเหตุใด?

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

10

การจัดการวัสดุและอะไหล่
(Spare Part Planning)

วัตถุประสงค์

นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและความสามารถในเรื่องดังต่อไปนี้

1. ระบุหน้าที่ของแต่ละหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับอะไหล่คงคลังได้
2. จำแนกอะไหล่และระบุความสำคัญของอะไหล่แต่ละระดับได้
3. อธิบายหลักการขั้นพื้นฐานการกำหนดอะไหล่สำรองคงคลังได้

การจัดการวัสดุและอะไหล่เป็นอีกหนึ่งความรับผิดชอบโดยตรงของหน่วยงานบำรุงรักษา เนื่องจากหน่วยงานบำรุงรักษาเป็นผู้ใช้วัสดุอะไหล่โดยตรง จึงสามารถกำหนดปริมาณและคุณภาพของวัสดุและอะไหล่ที่ต้องการใช้ได้ รวมถึงหน่วยงานบำรุงรักษาจำเป็นจะต้องมีระบบการควบคุมเบิกจ่ายที่รัดกุมเพื่อควบคุมปริมาณการใช้งาน อีกทั้งยังเป็นหน่วยงานสำคัญที่สามารถช่วยวางแผนการลดต้นทุนการผลิตได้อีกด้วย ในบทนี้ได้รวมรวบบทบาทของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการจัดการวัสดุและอะไหล่ การจัดการวัสดุและอะไหล่และการกำหนดระดับของอะไหล่

10.1 บทบาทของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการบริหารจัดการวัสดุและอะไหล่

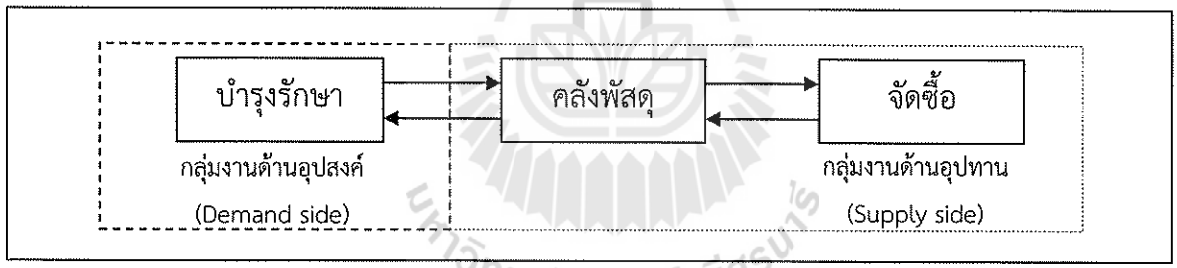
การจัดโครงสร้างของหน่วยงานในโรงงานโดยทั่วไปแล้ว หน่วยงานพัสดุที่รับผิดชอบดูแลเกี่ยวกับการจัดเตรียมอะไหล่และการจัดเก็บอะไหล่เพื่อใช้ในการบำรุงรักษานั้น จะเป็นหน่วยงานที่ไม่ขึ้นตรงกับหน่วยงานบำรุงรักษา ไม่ขึ้นตรงกับหน่วยงานธุรการ แต่มักจะรวมเอางานพัสดุและงานจัดซื้อเข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งมีการจัดหน่วยงานในบางโรงงานที่กำหนดให้คลังพัสดุด้านอะไหล่ขึ้นตรงกับหน่วยงานบำรุงรักษา เป็นการจัดที่พิจารณาจากค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาในโรงงานเป็นหลัก เพราะถือว่าค่าใช้จ่ายด้านอะไหล่และการจัดการด้านการ

ควบคุมดูแลอะไหล่ ควรรวมอยู่ในค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา ซึ่งถือว่าเป็นการพิจารณาที่ถูกหลักทางด้านงบประมาณและบัญชีค่าใช้จ่าย

วัตถุประสงค์การควบคุมอะไหล่

- ❖ เพื่อสนับสนุนการเพิ่มสรรถนะและความเชื่อมั่นในเครื่องจักร
- ❖ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าอะไหล่ที่สำคัญมีพร้อมอยู่เสมอ
- ❖ ลดจำนวนอะไหล่คงคลัง รวมถึงลดค่าใช้จ่ายโดยรวม

ในทำนองเดียวกันโรงงานส่วนใหญ่จะถือหลักปฏิบัติที่งานพัสดุ-จัดซื้อเป็นงานสนับสนุนที่ควรรวมอยู่กับหน่วยงานธุรการ โดยมองถึงความสัมพันธ์ของงานธุรการและเอกสารกำกับการทำงานเป็นเกณฑ์ ค่าใช้จ่ายของการบริหารคลังพัสดุจะจัดเป็นค่าใช้จ่ายในด้านการขายและบริหารไม่รวมอยู่กับค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา ไม่ว่าการจัดให้คลังพัสดุขึ้นตรงกับหน่วยงานใดก็ตาม ความสัมพันธ์ของงานบำรุงรักษากับงานคลังพัสดุถือว่าเป็นหน่วยงานที่ต้องใกล้ชิดกันมาก และการกำหนดรายการพัสดุถือว่าเป็นหน่วยงานที่ต้องใกล้ชิดกันมาก และการกำหนดรายการพัสดุด้านอะไหล่สำรองคลังยังถือว่าต้องอยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยงานบำรุงรักษาโดยตรง ดังแสดงในรูป 10.1



รูปที่ 10.1 ความสัมพันธ์ของหน่วยงานเกี่ยวกับการเบิกอะไหล่เพื่อใช้งานบำรุงรักษา

บทบาทหน้าที่ของแต่ละหน่วยงานที่สัมพันธ์กับอะไหล่สำรองคลัง

<u>หน่วยบำรุงรักษา</u>

หน่วยบำรุงรักษาจะเป็นผู้กำหนดข้อมูลของอะไหล่ ดังนี้

- กำหนดอัตราการใช้อะไหล่แต่ละรายการ (Spare part consumption rate)
- กำหนดระดับอะไหล่คงคลังจำนวนที่มากที่สุดและที่น้อยที่สุดของอะไหล่สำรองคลัง
- วางแผนการใช้อะไหล่สำหรับแผนงานหยุดเครื่องจักรเพื่อซ่อม

- จัดเตรียมข้อมูลของอะไหล่ที่จะสำรองคลังและไม่ต้องสำรองคลัง

<u>คลังพัสดุ</u>

คลังพัสดุจะมีหน้าที่ดังนี้

- ตรวจสอบใบเบิก ตัดยอดอะไหล่คงคลัง
- จัดทำใบเบิกซื้ออะไหล่ เมื่ออะไหล่หมดคลังหรือยอดคงคลังต่ำกว่าระดับต่ำสุด
- ร่วมกับหน่วยบำรุงรักษาจัดทำระดับอะไหล่คงคลัง
- บริหารรายการอะไหล่ โดยเฉพาะส่วนที่เป็น Common spare part

<u>หน่วยจัดซื้อ</u>

หน่วยงานจัดซื้อมีหน้าที่ ดังนี้

- กำหนดระยะเวลาการสั่งซื้อและส่งอะไหล่(Lead time)ของการจัดซื้ออะไหล่แต่ละรายการ
- กำหนดแหล่งซื้อและราคากลางของอะไหล่
- บริการการจัดซื้อ-จัดส่ง ทั้งอะไหล่สำรองคลังและจัดซื้องานตรงให้มีประสิทธิภาพและรวดเร็วทันการใช้งาน
- จัดทำสัญญาในลักษณะของการจัดการด้านอุปทาน(Supply management)เช่น สัญญาการจัดซื้อ

ผลที่ได้จาการกำหนดบทบาทหน้าที่ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับอะไหล่สำรองคลัง ทำให้พิจารณาในแง่ของการจัดการได้ ดังนี้

- **กลุ่มงานด้านอุปทาน(Supply side)** หมายถึง หน่วยพัสดุและหน่วยจัดซื้อที่ต้องสร้างระบบบริหารภายในของหน่วยงานให้มีประสิทธิภาพเพื่อให้บริการต่อหน่วยบำรุงรักษาให้ทันการเบิกใช้งาน ตลอดจนบริหารงานการจัดเก็บอะไหล่ รวมถึงข้อมูลยอดคงคลังและการวิเคราะห์ดัชนีของคลังอะไหล่ ได้อย่างสมบูรณ์ถูกต้องและแม่นยำ

- **กลุ่มงานด้านอุปสงค์(Demand side)** หมายถึง หน่วยงานบำรุงรักษาที่เป็นฝ่ายเรียกร้องให้มีอะไหล่สำรองคลัง เพื่อตอบสนองต่อแผนงานของงานบำรุงรักษาตามแผนงาน (Planned maintenance) และเพื่อใช้งานฉุกเฉินในกรณีงานบำรุงรักษานอกแผนงาน (Unplanned maintenance) ทั้งนี้หน่วยงานบำรุงรักษาจะต้องเป็นผู้กำหนดรายละเอียดรายการที่ต้องสำรองคลัง ตลอดจนข้อมูลทางเทคนิคของรายการสำรองคลังทุกๆรายการให้ชัดเจน จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่หน่วยงานบำรุงรักษาต้องเป็นผู้วางแผนด้านอะไหล่ให้เหมาะสม และไม่สร้างภาระให้ด้านอุปทานเกินความจำเป็น

10.2 การจัดการวัสดุและอะไหล่

การคัดเลือกเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่ต้องมีอะไหล่สำรองคลังมีลักษณะคล้ายคลึงกับการจัดทำแผนงานบำรุงรักษาตามแผนคือ การคัดเลือกเครื่องจักร-อุปกรณ์ โดยจะเน้นที่ความสำคัญของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 1 ระดับ 2 และระดับ 3 ตามลำดับ การคัดเลือกเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ต้องการให้มีอะไหล่สำรองคลัง ก็ต้องพิจารณาโดยใช้เกณฑ์เดียวกันคือ พิจารณากลุ่มเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 1 และระดับ 2 ก่อน แล้วจึงพิจารณาระดับ 3 ภายหลัง ทั้งนี้จะเห็นว่า เครื่องจักรอุปกรณ์ในระดับที่ 4 ถือว่าไม่มีความจำเป็นต้องมีอะไหล่สำรองคลัง เว้นแต่ว่าสามารถใช้อะไหล่ร่วมกับอุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 1 ระดับ 2 และระดับ 3 ซึ่งกำหนดให้มีการสำรองคลังไว้แล้ว

10.2.1 การกำหนดประเภทอะไหล่

1. Insurance spare partหมายถึง รายการอะไหล่ที่ต้องมีไว้ในคลังพัสดุเสมอ เพื่อไว้ใช้งานในกรณีฉุกเฉินเมื่อเครื่องจักร-อุปกรณ์เกิดการชำรุดเสียหายนอกแผนงาน เพื่อลดเวลาในการซ่อมเครื่องจักร-อุปกรณ์ให้สั้นที่สุด โดยหวังให้โรงงานมีความพร้อมในการผลิตสินค้าสูง การคงไว้ซึ่ง Insurance spare part จะเป็นการลงทุนด้านอะไหล่คงคลังซึ่งเป็นการลงทุนด้านอะไหล่สำรองคลังที่สูงมาก ผู้บริหารต้องพิจารณาตัดสินใจคัดเลือกเฉพาะรายการที่ใช้กับเครื่องจักร-อุปกรณ์ซึ่งมีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายสูง และใช้เวลาจัดหาอะไหล่ยาวนานเกิน 3 เดือน เมื่อเกิดข้อขัดข้องเสียหายจะเบิกมาใช้งานได้ทันที

ในบางกรณีที่ต้องประกันภัยโรงงาน บริษัทประกันภัยจะกำหนดเงื่อนไขเป็นการบังคับให้มีอะไหล่ของอุปกรณ์หลักบางรายการเก็บไว้ในคลัง เพื่อลดความเสียหายต่อเนื่องในกรณีฉุกเฉินที่ต้องหยุดโรงงานเนื่องจากปัญหาของเครื่องจักร-อุปกรณ์หลักนั้นๆ จึงเรียกอะไหล่ที่อยู่ในเกณฑ์การพิจาณาให้มีอยู่ในคลังอะไหล่ในทำนองเดียวกันนี้ได้ว่า “Insurance spare part”

อะไหล่ประเภท Insurance spare part บางรายการและเป็นส่วนมาก อาจจะไม่ถูกเบิกมาใช้งานเลย ซึ่งจะทำให้ยอดรายการสินค้าหยุดนิ่ง (Dead stock) สูง และในขณะเดียวกันมูลค่าของอะไหล่ประเภทนี้จะมีราคาสูงมากเช่นกัน

2. Necessary spare partหรือ Unique spare partหมายถึง รายการอะไหล่ของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 1 และระดับ 2 ที่มีความจำเป็นต้องมีไว้เช่นเดียวกับ Insurance spare part และมีโอกาสนำมาใช้กับแผนงานหยุดเครื่องจักรเพื่อซ่อม ซึ่งมีระยะเวลาการส่งอะไหล่ค่อนข้างนานมากกว่า 3 เดือนขึ้นไป และยังเป็นการประกันความพร้อมของระบบผลิตในกรณีที่มีงานบำรุงรักษานอกแผนงานเกิดขึ้นด้วย

3. Frequently used spare partหมายถึง รายการอะไหล่ที่มีอัตราการเบิกไปใช้งานเป็นประจำ ส่วนจะใช้กับงานเปลี่ยนอะไหล่เพื่อการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักร-อุปกรณ์ ที่มีความสำคัญระดับ 2 และระดับ 3 โดยมีโอกาสเบิกใช้งานบ่อยมากว่าปีละ 1 ครั้งขึ้นไป

4. Common spare part และ Interchangeable spare partหมายถึง รายการะไหล่ที่ใช้ร่วมกันกับเครื่องจักร-อุปกรณ์หลายๆตัว รวมถึงรายการที่เป็นของใช้สิ้นเปลือง (Consumable) และมีอัตราการเบิกจากคลังพัสดุสูงเพื่อใช้กับงานเปลี่ยนอะไหล่เพื่อการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและเผื่องานบำรุงรักษานอกแผนงานในกรณีฉุกเฉินได้

หากหน่วยงานบำรุงรักษาได้จัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันไว้แล้ว การจัดลำดับความจำเป็นของการมีอะไหล่สำรองคลังจะทำได้ง่ายขึ้นมาก เพราะใช้ความสัมพันธ์ของหลักเกณฑ์เดียวกัน นั่นคือพิจารณาจากแผนงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ต้องทำกิจกรรมส่วนที่เป็นงานเปลี่ยนอะไหล่เพื่อการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของแต่ละกลุ่มเครื่องจักร-อุปกรณ์ ส่วนการพิจารณาเพิ่มรายการอะไหล่เป็นกรณีพิเศษที่จัดเป็น Insurance spare part นั้น จะพิจารณาเฉพาะอะไหล่ของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีระดับความสำคัญระดับ 1 เท่านั้นดังแสดงในตารางที่ 10.1

ตารางที่ 10.1 แสดงรายการของความสัมพันธ์ของรายการอะไหล่สำรองคลังกับสัดส่วนรายการสำรองคลัง (สุพัฒน์และคณะ, 2549)

ระดับความสำคัญ	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 4
สัดส่วนรายการสำรองคลัง	20%	30%	40%	10%

ความสัมพันธ์ของระดับความสำคัญของเครื่องจักร-อุปกรณ์กับปริมาณอะไหล่สำรองคลังแสดงดังตารางที่ 10.1

- อะไหล่สำรองคลังของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 1 จัดเป็น Insurance spare part และ Necessary spare part (Unique spare part)
- อะไหล่สำรองคลังของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 2 จัดเป็น Necessary spare part และ Frequently used spare part

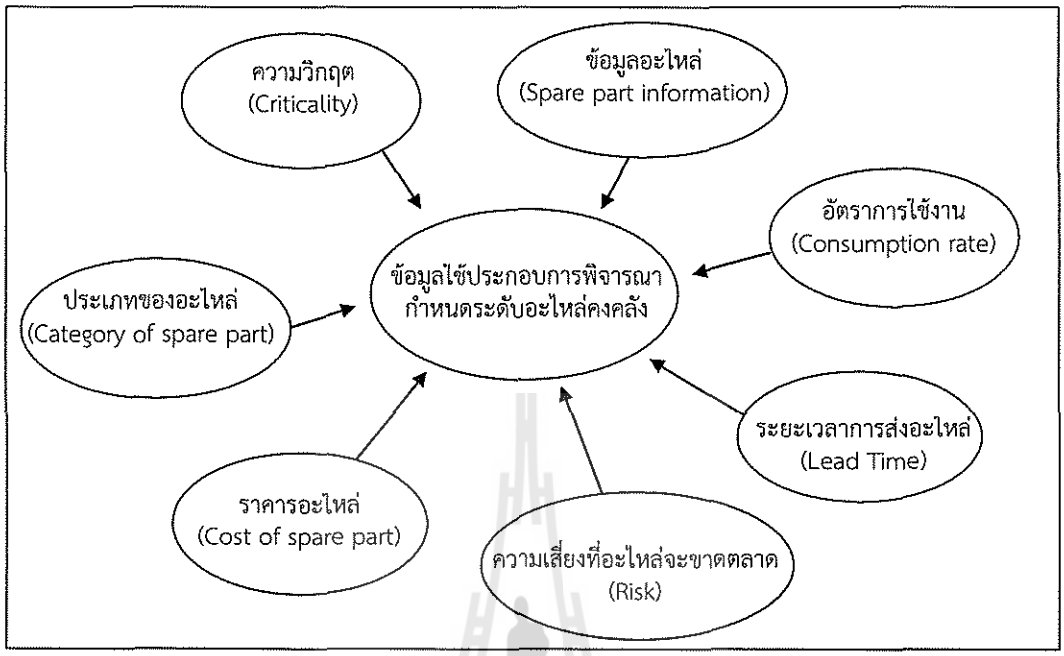
- อะไหล่สำรองคลังของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 3 จัดเป็น Frequently used spare part
- อะไหล่สำรองคลังของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 4 จัดเป็น Common spare part หรือ Interchangeable spare part ซึ่งร่วมกับเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 1ระดับ 2 และระดับ 3

10.2.2 หลักการขั้นพื้นฐานในการกำหนดอะไหล่สำรองคลัง

ในการกำหนดอะไหล่สำรองคลังแต่ละประเภทจะต้องพิจารณาจากองค์ประกอบต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 10.2 และข้อมูลที่จำเป็นในการกำหนดอะไหล่สำรองเพิจารณาได้ดังแสดงในรูปที่ 1.2

ตารางที่ 10.2 แสดงความสัมพันธ์ของประเภทอะไหล่สำรองคลังกับองค์ประกอบอื่นๆ (สุพัฒน์และคณะ, 2549)

รายการ	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 4
สัดส่วนจำนวนรายการ	20%	30%	40%	10%
สัดส่วนมูลค่า	35%	35%	25%	5%
สัดส่วน Dead stock (Non-moving part)	75% ของมูลค่า 50% ของรายการ	25% ของมูลค่าและรายการ	-	-
Lead time	>3 เดือน	>1 เดือน	<1 เดือน	<1 สัปดาห์
วัตถุประสงค์การตั้งสำรองคลัง	เพื่อใช้กับงานบำรุงรักษาที่ไม่ได้วางแผนและแผนงานหยุดเครื่องจักรเพื่อบำรุงรักษา	เพื่อใช้กับแผนงานหยุดเครื่องจักรเพื่อบำรุงรักษา	เพื่อใช้กับงานเปลี่ยนอะไหล่เพื่อการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	เพื่อใช้กับงานเปลี่ยนอะไหล่เพื่อการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และงานบำรุงรักษาที่ไม่ได้วางแผน



รูปที่ 10.2 ข้อมูลที่ใช้ประกอบของการกำหนดรายการอะไหล่สำรองคลัง (สุพัฒน์และคณะ, 2549)

1. อะไหล่ประเภท Insurance spare part

ควรกำหนดให้มีระดับอะไหล่คงคลังต่ำสุดเท่าที่จะประกันความเสี่ยงต่อการสูญเสียกำลังผลิตสินค้า โดยให้มีจำนวนเพียงพอกับการเบิกไปใช้งาน 1 ครั้ง เมื่อมีการเบิกอะไหล่จากคลังพัสดุแล้ว จึงพิจารณาว่าสมควรจะต้องสำรองคลังต่อไปอีกหรือไม่ โดยมีข้อที่ควรจะนำมาพิจารณาประกอบ ดังนี้

- สภาพความเสียหายของเครื่องจักร-อุปกรณ์ก่อนเบิกอะไหล่ไปเปลี่ยน มีความรุนแรงมากน้อยเพียงใด หากเกิดความเสียหายรุนแรงมาก ก็สมควรจะต้องมีอะไหล่สำรองคลังมาทดแทนต่อไปอีก 1 ชุด
- สาเหตุของความเสียหายของเครื่องจักร-อุปกรณ์ เป็นความเสียหายจากการใช้งานตามปกติ หรือด้วยสาเหตุอื่นใด หากพบว่าเป็นความเสียหายจากการใช้งานตามปกติก็สมควรจะต้องมีอะไหล่สำรองคลังเผื่อไว้เปลี่ยนต่อไปอีกครั้ง แต่หากพบว่าความเสียหายไม่ได้เกิดจากการใช้งานตามปกติ ก็อาจจะไม่ต้องตั้งสำรองคลังต่อไป
- อายุการใช้งานและสภาพโรงงาน ที่ต้องประเมินว่าจะใช้งานต่อไปอีกนานมากน้อยเพียงใด หากพิจารณาเห็นว่าเหลืออายุการใช้งานของเครื่องจักร-อุปกรณ์และโรงงานอีกไม่นานนัก ก็ควรลดหรืองดการสำรองคลังเพิ่มเติม เพราะอาจจะเป็นการสูญเสียค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น และไม่มีโอกาสเบิกอะไหล่ชุดใหม่มาใช้งานอีก แต่หากพิจารณาเห็นว่าจะต้องใช้งานเครื่องจักร-อุปกรณ์ไปอีกนาน ก็สมควรจะตั้งให้มีรายการอะไหล่สำรองคลังต่อไป

- การพัฒนางานบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์(Predictive Maintenance, PdM) โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดสภาพการทำงานของเครื่องจักร-อุปกรณ์อันได้แก่ การตรวจจับ การทดสอบ การตรวจสอบแบบไม่ทำลาย เพื่อเป็นการยืนยันสภาพการใช้งานของเครื่องจักร-อุปกรณ์ สามารถคาดการณ์อายุการใช้งานของเครื่องจักร-อุปกรณ์ได้ก็อาจจะงดการตั้งสำรองคลังอะไหล่ โดยยกเลิกรายการสำรองคลังของอุปกรณ์นั้นๆ หลังจากมีการเบิกไปใช้งานจนหมด
- ระดับความเสียหายความสูญเสียของการผลิตสินค้า เมื่อเปรียบกับราคาของอะไหล่สำรอง หากราคาของอะไหล่สำรองคลังมีสัดส่วนที่ต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับความเสียหายที่จะเกิดงานบำรุงรักษานอกแผนงาน ก็สมควรจะต้องกำหนดให้มีอะไหล่สำรองคลังไว้ต่อไป

ผู้ที่พิจารณาทบทวนการตั้งสำรองคลังอะไหล่ประเภท Insurance spare part ต้องตระหนักอยู่เสมอว่ารายการอะไหล่สำรองคลังกลุ่มนี้ จะเป็นรายการอะไหล่ที่มีการเคลื่อนไหวเบิกไปใช้งานเลยในช่วงนานมากกว่า 3 ปีขึ้นไป หรือยาวนานเกินช่วงคาบของรอบการทำงาน

2. <u>อะไหล่ของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 2</u>

อะไหล่ของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 2 จะใช้หลักเกณฑ์การพิจารณาตั้งเป็นรายการอะไหล่สำรองคลัง เช่นเดียวกับกลุ่มอะไหล่ประเภท Insurance spare part โดยมีข้อแตกต่างเพิ่มเติม ดังนี้

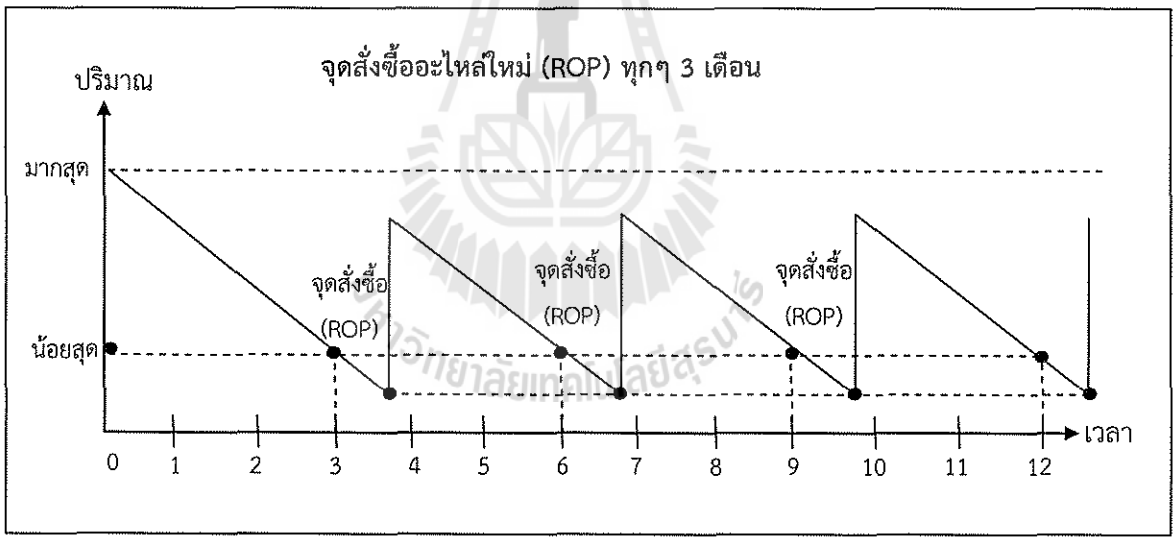
- เป็นรายการที่มีการเคลื่อนไหวเบิกไปใช้งานบ้าง ถึงแม้อัตราการเบิกใช้งานจะต่ำ
- เป็นรายการที่มีระยะเวลาการส่งอะไหล่ในการจัดซื้อมาทดแทนยาวนานเกิน 3 เดือน
- เป็นรายการที่เตรียมไว้ใช้งานเฉพาะเมื่อมีแผนงานหยุดเครื่องจักรเพื่อซ่อมหรือหยุดทั้งโรงงาน
- เป็นรายการอะไหล่ที่ผู้ผลิตประกาศยกเลิกการผลิตเพิ่มเติม จึงพิจารณาให้จัดซื้อเก็บไว้สำรองคลังเพื่อเบิกไปใช้งานในระยะยาวนานได้เพียงพอ

การพิจารณาลดปริมาณรายการและจำนวนอะไหล่สำรองคลังของกลุ่มนี้ จะมีบางรายการที่สามารถยกเลิกการสำรองคลังได้ โดยเปลี่ยนไปใช้วิธีการจัดซื้อโดยตรงเมื่อทราบระยะเวลาการส่งอะไหล่ และกำหนดการใช้งานที่ชัดเจนแน่นอนเฉพาะรายการที่ตั้งสำรองคลังไว้เพื่อแผนงานหยุดเครื่องจักรเพื่อซ่อมและการพัฒนางานบำรุงรักษาเข้าสู่การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ให้มากขึ้น เพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร-อุปกรณ์ และสามารถการณ์ล่วงหน้าเพื่อจัดเตรียมอะไหล่ เมื่อตรวจสอบพบว่าเครื่องจักร-อุปกรณ์เริ่มมีสัญญาณที่บ่งบอกถึงความเสียหาย ชำรุดบกพร่องเกิดขึ้น เช่นเดียวกับหลักการลดรายการอะไหล่ของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 1

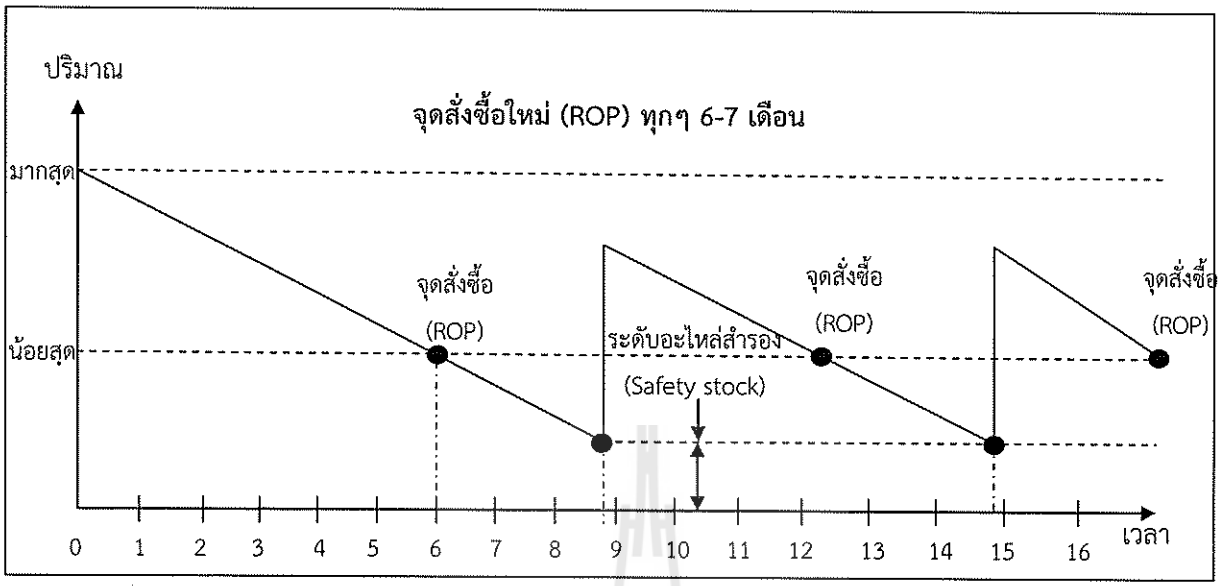
3. อะไหล่ของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 3

อะไหล่ของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 3 หมายถึง กลุ่มอะไหล่ที่ส่วนใหญ่จะตรงกับการใช้งานเปลี่ยนอะไหล่เพื่อการบำรังรักษาเชิงป้องกันซึ่งจะมีการกำหนดการเบิกใช้งานเป็นประจำตามช่วงเวลาของงานบำรุงรักษาตามแผนงานในระหว่างเดินเครื่อง เครื่องจักร-อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องมีการจัดเตรียมอะไหล่ไว้คอยเปลี่ยนประจำวันนี้ จะเป็นเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 2 และระดับ 3 ส่วนเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่ความสำคัญระดับ 4 นั้นไม่ควรให้มีการตั้งรายการอะไหล่สำรองคลัง ยกเว้นเฉพาะเครื่องจักร-อุปกรณ์บางรายการที่มีอัตราการชำรุดเสียหายบ่อย และระยะเวลาการส่งอะไหล่ในการสั่งซื้ออะไหล่ยาวนานเกิน 1 เดือน จึงสมควรจะกำหนดให้มีอะไหล่สำรองคลังได้

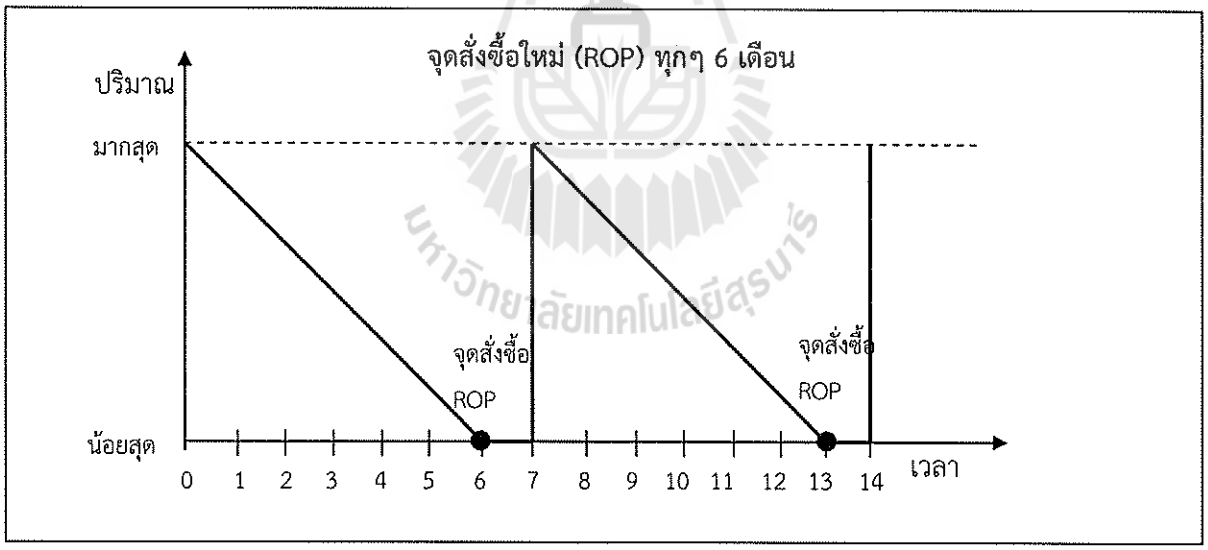
หลักเกณฑ์ในการกำหนดระดับอะไหล่คงคลังของอะไหล่ในกลุ่มนี้ ต้องพิจารณาจากสถิติการเบิกอะไหล่เป็นเกณฑ์ โดยถือคาบเวลาที่กำหนดเพื่อพิจารณาจุดรสั่งซื้อใหม่(Re-ordering point, ROP) ประกอบการกำหนดระดับอะไหล่สำรองคลังซึ่งจะเป็น 3 เดือน ถึง 6 เดือน หรือแล้วแต่กรณีดังแสดงในรูปที่ 10.3 – 10.6



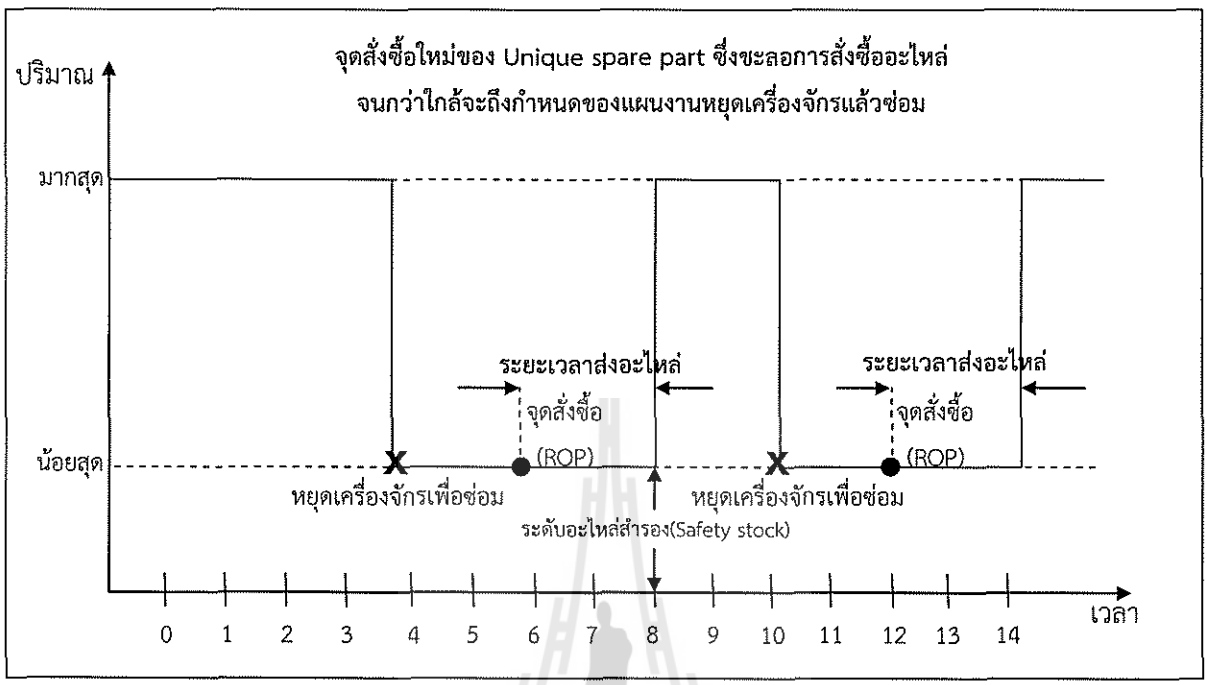
รูปที่ 10.3 การกำหนดระดับอะไหล่สำรองที่มีจุดสั่งซื้ออะไหล่ใหม่ทุก 3 เดือน และมีระยะเวลาการส่งอะไหล่สั้นเหมาะสมกับรายการอะไหล่สิ้นเปลือง (สุพัฒน์และคณะ, 2549)



รูปที่ 10.4 การกำหนดระดับอะไหล่สำรองที่มีจุดสั่งซื้อใหม่ประมาณ 6 เดือน และมีระยะเวลาส่งอะไหล่ประมาณ 3 เดือน เหมาะสมกับอะไหล่ของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 3 และระดับ 4 (สุพัฒน์และคณะ, 2549)



รูปที่ 10.5 การกำหนดระดับอะไหล่สำรองที่มีระดับอะไหล่คงคลังน้อยสุดเป็น 0 และจุดสั่งซื้อใหม่ประมาณ 6 เดือน และมีระยะเวลาส่งอะไหล่ประมาณ 1 เดือน เหมาะสมกับอะไหล่ของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 2 และระดับ 3 (สุพัฒน์และคณะ, 2549)



รูปที่ 10.6 การกำหนดจุดสั่งซื้อใหม่ของUnique spare part ที่ใช้กับแผนงานหยุดเครื่องจักรเพื่อซ่อมเหมาะสมกับอะไหล่ของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 1 และระดับ 2 (สุพัฒน์และคณะ, 2549)

หากมีการสำรวจตั้งระดับอะไหล่คงคลังของรายการอะไหล่สำรองคลังในพัสดุ จะพบว่าการกำหนดอะไหล่คงคลังโดยหน่วยบำรุงรักษาจะตั้งโดยการประมาณการจำนวนการเบิกมาใช้ในรอบ 1 ปี ไม่ได้อิงช่วงระยะเวลาของจุดสั่งซื้อใหม่ซึ่งจะทำให้มีระดับอะไหล่คงคลังสูงเกินความจำเป็นอย่างไรก็ตามหลักการกำหนดอะไหล่คงคลังก็มีข้อจำกัดบางประเภทที่เป็นปัจจัยให้มีการสำรองคลังสูง ดังเช่น

- อะไหล่บางรายการจะต้องมีจำนวนสั่งซื้อขั้นต่ำจากบริษัทผู้ผลิต ดังนั้นการกำหนดระดับอะไหล่คงคลังที่มากที่สุดจึงใช้จำนวนสั่งซื้อขั้นต่ำจากผู้ผลิตเป็นเกณฑ์
- อะไหล่บางรายการมีราคาค่อนข้องถูก การสั่งซื้อจำนวนเพียงเล็กน้อยจะเป็นการเสียเวลาจัดเตรียมเอกสารที่ไม่คุ้มค่า จึงต้องสั่งซื้อมากในแต่ละครั้ง
- นโยบายของผู้บริหารที่จะลดปริมาณการสั่งซื้องานตรงลง โดยผลักดันให้มีการสำรองคลังอะไหล่มากขึ้นแทน แนวคิดดังกล่าวนี้จะสวนทางกับหลักการบริหารคลังพัสดุในปัจจุบันซึ่งแก้ไขโดยการเน้นศักยภาพของการบริหารงานจัดซื้อที่รวดเร็วมีประสิทธิภาพ แทนการสั่งซื้อเพื่อสำรองคลังจำนวนมากๆ

4. อะไหล่สำรองคลังประเภท Common spare part หรือ Interchangeable spare part

อะไหล่สำรองคลังประเภท Common spare part เป็นรายการอะไหล่สำรองคลังที่สามารถนำไปใช้งานกับเครื่องจักรอุปกรณ์หลายๆตัว ตัวอย่างเช่น ตลับลูกปืน (Bearing), แหวนรอง (O-ring) รวมถึงรายการที่เป็นของใช้สิ้นเปลือง เช่น น้ำยาทำความสะอาด, น้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น

หลักเกณฑ์ในการตั้งสำรองคลังก็เป็นเช่นเดียวกันกับกลุ่มอะไหล่ของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 3 และระดับ 4 รายการอะไหล่ของกลุ่มนี้ถึงจะมีมากมายหลายรายการแต่จะมีราคาไม่สูงมากนัก ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วคลังพัสดุจะเป็นผู้กำหนดระดับอะไหล่คงคลังของการสำรองคลังเอง โดยพิจารณาจากสถิติการเบิกใช้งานที่ผ่านมาเป็นเกณฑ์

นอกจากนี้รายการอะไหล่ทั้ง 4 กลุ่มนี้แล้ว ยังมีรายการอะไหล่พิเศษอีกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งเป็นรายการที่เก็บไว้ในคลังพัสดุหรือโรงงาน พร้อมๆกับการก่อสร้างโรงงาน โดยถือว่าเป็นรายการอะไหล่ที่โอนมาจากโครงการก่อสร้าง ส่วนใหญ่แล้วจะไม่มีการบันทึกต้นทุนของอะไหล่ เพราะถือเป็นส่วนหนึ่งของโรงงานตั้งแต่เริ่มต้น อะไหล่ประเภทนี้จะเรียกว่า Capital part ซึ่งจะถือเป็นทรัพย์สินที่รวมอยู่ในราคาก่อสร้างโรงงาน และตัดค่าเสื่อมราคาเป็นค่าใช้จ่ายของโรงงานแล้วหากเบิกอะไหล่ประเภทนี้มาใช้งาน จะไม่มีการบันทึกค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม เมื่อนำมาใช้งานจนหมดแล้วมักจะไม่นิยมตั้งเป็นรายการสำรองคลังต่อไปอีก อะไหล่กลุ่มนี้บางครั้งจะจัดรวมอยู่กับกลุ่ม Insurance spare part และจะพบภายหลังว่ามีการขึ้นทะเบียนเป็นอะไหล่ที่ไม่มีการเคลื่อนไหว (Dead stock)เป็นส่วนใหญ่

10.3 การกำหนดระดับอะไหล่คงคลังโดยคำนวณจากค่าใช้จ่าย

ในกรณีที่ระบบบัญชีของโรงงานมีความชัดเจน ซึ่งสามารถควบคุมการบันทึกรายจ่ายของแต่ละหน่วยงานเพื่อแสดงต้นทุนการผลิตสินค้าได้ถูกต้องแม่นยำ จนถึงระดับที่วัดค่าใช้จ่ายเป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายนั่นคือแต่ละหน่วยงานสามารถระบุค่าใช้จ่ายของตัวเองในส่วนที่เป็นค่าใช้จ่ายคงที่ (Own full fixed cost) ได้ครบถ้วน ก็คิดเป็นอัตราค่าทำงานเพื่อบริการหน่วยงานอื่นได้ ดังนี้

- หน่วยงานจัดซื้อ ระบุอัตราค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้ออะไหล่แต่ละครั้งซึ่งสามารถคำนวณจาก

$$\text{อัตราค่าใช้จ่ายของการจัดซื้อ (Pc)} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายคงที่ของหน่วยจัดซื้อ}}{\text{จำนวนใบสั่งซื้อทั้งหมดใน 1 ปี}} \qquad (10.1)$$

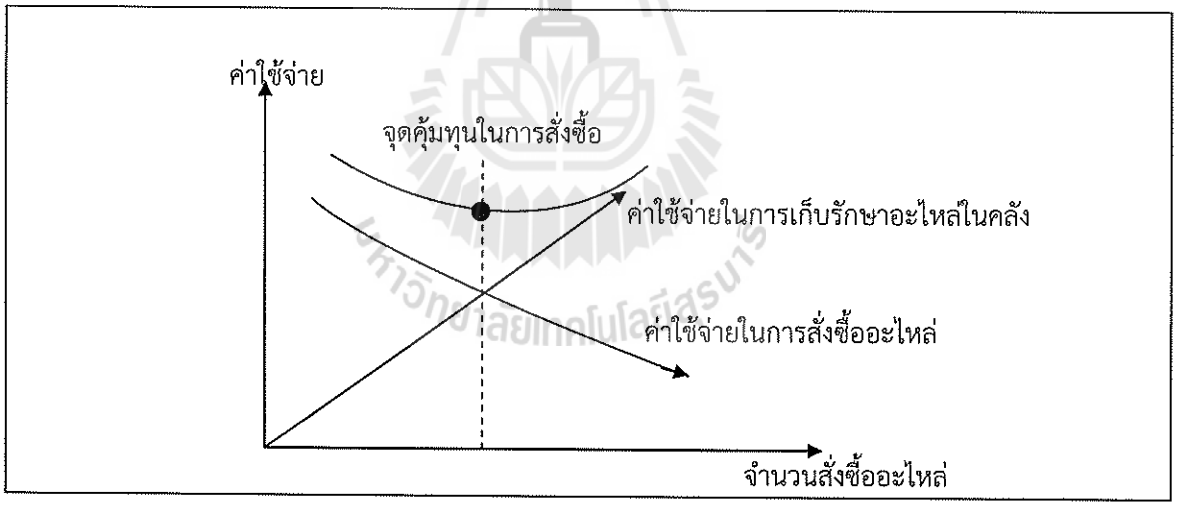
- หน่วยงานพัสดุคลังอะไหล่ ระบุอัตราค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาอะไหล่ในคลังแต่ละรายการ โดยคำนวณจาก

$$\text{อัตราค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาอะไหล่ (Sc)} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายคงที่ของคลังอะไหล่}}{\text{จำนวนอะไหล่สำรองคลังทั้งหมด}} \qquad (10.2)$$

การกำหนดระดับอะไหล่คงคลังโดยการคำนวณนี้ เป็นบทบาทหน้าที่ของงานด้านอุปทานหรือหน่วยงานบำรุงรักษา จะเป็นการยืนยันการกำหนดค่าระดับอะไหล่คงคลังที่มากที่สุดโดยเปรียบเทียบจากการหาค่าความคุ้มทุนในการสั่งซื้ออะไหล่แต่ละครั้ง ทั้งนี้ยังไม่นำราคาของอะไหล่มาเป็นองค์ประกอบ ซึ่งสามารถอธิบายด้วยแผนภูมิดังรูปที่ 10.7

ในรูปที่ 10.7 นี้ ตั้งอยู่บนสมมุติฐานว่า

- ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อแต่ละครั้ง จะลดต่ำลงหากมีการสั่งซื้อจำนวนมากขึ้น
- ค่าใช้จ่ายในการดูแลอะไหล่แต่ละครั้ง จะสูงขึ้นหากมีจำนวนอะไหล่มากขึ้น



รูปที่ 10.7 แผนภูมิแสดงจุดคุ้มทุนในการสั่งซื้ออะไหล่สำรองคลัง (สุพัฒน์และคณะ, 2549)

ความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายทั้งสองส่วน สามารถนำไปวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนในการจัดหาอะไหล่สำรองคลังเพิ่มในแต่ละครั้ง โดยตัวแปรคือปริมาณการเบิกอะไหล่ไปใช้งานใน 1 ปี ซึ่งจะได้สูตรคำนวณ ดังนี้

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times D \times Pc}{Sc}} \qquad (10.3)$$

เมื่อ Q คือ จำนวนสั่งซื้ออะไหล่แต่ละครั้ง

Dคือ ปริมาณการเบิกอะไหล่ไปใช้ใน 1 ปี

Pcคือ อัตราค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อ

Scคือ อัตราค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาอะไหล่

ตัวอย่าง 10.1 การกำหนดระดับอะไหล่คงคลังของตลับลูกปืน

กำหนดให้ปริมาณการเบิกใช้งานต่อปี (D) = 180ตลับ อัตราค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อ (Pc) = 800 บาทต่อครั้ง อัตราค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา (Sc) = 30 บาทต่อรายการ

<u>วิธีทำ</u>

จำนวนการสั่งซื้อแต่ละครั้ง (Q) = $\sqrt{\frac{2 \times 180 \times 800}{30}}$ = 79.9 ≅ 80 ตลับ

ดังนั้น การกำหนดระดับอะไหล่คงคลังของตลับลูกปืนเท่ากับ 80 ตลับ ##

จากการคำนวณข้างต้นจึงพิจารณาระยะเวลาการส่งอะไหล่ของการจัดซื้อ เพื่อกำหนดค่าระดับอะไหล่คงคลังต่ำสุด

- ในกรณีที่ระยะเวลาการส่งอะไหล่สั้นมาก สามารถกำหนดระดับอะไหล่คงคลังต่ำสุดเป็นศูนย์ (0) ได้
- ในกรณีที่ระยะเวลาการส่งอะไหล่มีเวลายาวนานและอาจเกิดปัญหาที่อะไหล่สำรองคลังหมดไม่สามารถรองรับการเบิกไปใช้งานได้ จะต้องปรับระดับอะไหล่คงคลังต่ำสุดให้สูงขึ้น โดยพิจารณาจากอัตราการเบิกใช้งานที่สัมพันธ์กับระยะเวลาการส่งอะไหล่เป็นเกณฑ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การคำนวณจำนวนสั่งซื้ออะไหล่จากสูตรดังกล่าวนี้ มีความเหมาะสมกับกลุ่มอะไหล่ประเภท Common spare partและอะไหล่สิ้นเปลือง(Consumable)เท่านั้น เพราะจำนวนการเบิกใช้สูงและมีอัตราหมุนเวียนของอะไหลในคลังสูงด้วย หากนำมาใช้กับกลุ่มอะไหล่ประเภท Insurance spare partจะไม่ได้ผลทั้งนี้เนื่องจาก

- อะไหล่กลุ่ม Insurance spare partมีอัตราการเบิกไปใช้งานต่ำมาก หรือบางรายการอาจจะไม่ถูกเบิกไปใช้งานเลย
- อะไหล่กลุ่ม Unique spare partจะมีแผนงานหยุดเครื่องจักรเพื่อซ่อมรองรับในการเตรียมจัดซื้อไว้ล่วงหน้าให้เรียบร้อยก่อนการเบิกไปใช้งาน
- อะไหล่กลุ่ม Insurance spare part และ Unique spare part จะเป็นอะไหล่ที่มีราคาสูง จึงต้องบริหารการจัดซื้อและการสำรองคลังอย่างระมัดระวังและเฝ้าติดตามเป็นพิเศษ ต่างไปจากกลุ่มอะไหล่ประเภท Common spare partและอะไหล่สิ้นเปลือง
- ผลลัพธ์ที่ได้จากสูตร อาจส่งผลให้จุดสั่งซื้ออะไหล่ยาวนานเกิน 1 เดือน ซึ่งไม่เหมาะสมกับการบริหารงานจัดซื้อของอะไหล่สำรองคลัง

ในส่วนของอะไหล่ที่มีการเบิกใช้งานต่ำหรือเป็นอะไหล่ที่มีราคาสูง ก็ไม่ควรตั้งสำรองคลังโดยใช้สูตรนี้ ทั้งนี้เพราะผลลัพธ์ที่ได้จากสูตรนี้ จะทำให้เกิดปริมาณจำนวนอะไหล่สำรองคลังต่ำเกินไป ต้องทำการสั่งซื้อใหม่ถี่มาก

หากมีการนำราคาของอะไหล่มาเป็นองค์ประกอบของการสั่งซื้อ จะได้ความสัมพันธ์ของสูตรการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมได้ ดังนี้

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times D \times Pc}{C \times Sc}} \qquad (10.4)$$

เมื่อCคือ ราคาต่อชิ้นของอะไหล่
Q คือจำนวนสั่งซื้ออะไหล่แต่ละครั้ง
Dคือ ปริมาณการเบิกอะไหล่ไปใช้ใน 1 ปี
Pcคืออัตราค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อ
Scคืออัตราค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาอะไหล่

ตัวอย่าง 10.2 การคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม

จากตัวอย่างการคำนวณหาระดับอะไหล่สำรองของการสั่งซื้อตลับลูกปืนในตัวอย่างที่ 10.1 หากกำหนดให้ราคาของตลับลูกปืนเป็น 500 บาท/ตลับ

วิธีทำ

เมื่อแทนค่า C=400 ในสมการ(10.4) จะได้ Q = 5 ตลับ

กำหนดให้ระยะเวลาการส่งของเท่ากับ 6 วัน

ดังนั้น อัตราการเบิกใช้ใน 6 วัน

$$= \frac{6}{365} \times 180 = 2.95 \text{ หรือ } 3 \text{ ตลับ}$$ ##

เพราะฉะนั้นระดับอะไหล่คงคลังที่ต่ำที่สุด (Min. stock) ควรจะเป็น 3 ตลับ

ดังนั้น ระดับอะไหล่คงคลังที่มากที่สุด (Max. stock) จะเป็น 5+3 = 8 ตลับ ##

แต่เมื่อการพิจารณาในแง่ของจุดการสั่งซื้อใหม่จะเท่ากับว่า ต้องสั่งตลับลูกปืนรายนี้มาสำรองคลังทุกๆ 2 สัปดาห์ ในทางปฏิบัติแล้วจะกลายเป็นเรื่องจุกจิกและยุ่งยาก แทนที่จะเป็นเรื่องของความคุ้มทุน ดังนั้นการพิจารณาทบทวนผลการคำนวณหาค่าความคุ้มทุนของการสั่งซื้ออะไหล่ จะต้องนำเรื่องช่วงคาบเวลาจุดสั่งซื้อใหม่มาประกอบเป็นหลัก เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการทำงานจริงของหน่วยจัดซื้อ หรืออาจสรุปได้ว่าวิธีการจัดหาโดยการใช้สูตรคำนวณจำนวนสั่งซื้ออะไหล่แต่ละครั้งเหมาะสมกับการตั้งรายการอะไหล่สำรองคลังเฉพาะกลุ่มที่เป็น Common spare part เท่านั้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สรุปท้ายบท

บทนี้นำเสนอบทบาทของหน่วยงานบำรุงรักษาในการบริหารจัดการวัสดุและอะไหล่คงคลัง เนื่องจากหน่วยงานบำรุงรักษาจะมีความเชี่ยวชาญในการกำหนดคุณลักษณะของอะไหล่ที่จะให้ในการซ่อมแซมเครื่องจักร รวมถึงเป็นหน่วยงานที่สามารถระบุความสำคัญของอะไหล่แต่ละประเภทได้ ซึ่งจะช่วยลดความสุญเสียขององค์กรที่จะต้องเก็บอะไหล่ที่มีความถี่ในการใช้งานต่ำไว้จำนวนมาก แต่ในทางตรงกันข้ามหน่วยงานบำรุงรักษาสามารถระบุอะไหล่ที่มีความถี่ในการใช้งานสูงเพื่อมีการสั่งซื้อจำนวนมากได้ ซึ่งการกำหนดประเภทอะไหล่นั้นจะขึ้นกับหลายองค์ประกอบซึ่งได้กล่าวในบทก่อนหน้านี้ เช่น การกำหนดความสำคัญของเครื่องจักรแต่ละประเภท ระยะเวลาเฉลี่ยการเสียหายของเครื่องจักร(MTBF) (บทที่ 3) ระยะเวลาการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (บทที่ 7) วิธีการบำรุงรักษาด้วยตนเอง เป็นต้น นอกจากนี้แล้วการควบคุมระดับอะไหล่คงคลังยังเป็นความรับผิดชอบโดยตรงของหน่วยงานบำรุงรักษาซึ่งเป็นผู้เบิกอะไหล่ไปใช้งาน ดังนั้นหน่วยงานบำรุงรักษาจึงมีบทบาทสำคัญในการควบคุมและบริหารอะไหล่คงคลัง รวมถึงเป็นหน่วยงานที่สามารถดำเนินการเปลี่ยนบทบาทของงานบำรุงรักษาซึ่งเป็นศูนย์ค่าใช้จ่ายให้กลายเป็นศูนย์กำไรได้เมื่อมีการควบคุมอะไหล่คงคลังการเบิกจ่ายและควบคุมระดับอะไหล่คงคลังที่เหมาะสมภายใต้แนวคิดการบำรุงรักษาเชิงป้องและแบบทวีผล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงอภิปรายวัตถุประสงค์ของการควบคุมอะไหล่?

2. หน่วยงานใดในองค์กรที่มีบทบาทในการจัดการอะไหล่คงคลัง?

3. บทบาทของหน่วยงานด้านอุปสงค์ (Demand side) มีผลต่อการกำหนดระดับอะไหล่คงคลังแตกต่างอย่างไรกับหน่วยงานด้านอุปทาน (Supply side)?

4. Insurance spare part แตกต่างกับ Necessary spare part อย่างไร?

5. สายพานมอเตอร์ เป็นอะไหล่ประเภทใด เพราะเหตุใด?

6. จงยกตัวอย่าง Frequently used spare part ในโรงงานผลิตกระดาษ? กำหนดให้สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากเว็บไซต์?

7. เหตุใดอะไหล่ที่มีความสำคัญระดับ 3 จึงจำเป็นต้องมีสัดส่วนรายการสำรองคลังมากที่สุด?

8. การเบิกจ่ายอะไหล่ประเภทใดที่ควบคุมยากที่สุด?

9. จงกำหนดระดับอะไหล่คงคลังของสกรู เมื่อปริมาณการใช้งานต่อปีเท่ากับ 3000 กิโลกรัม อัตราค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อ 600 บาท/ครั้ง อัตราค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา 30 บาท/รายการ?

10. จงอภิปรายปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดระดับอะไหล่คงคลังแต่ละประเภท?

11

ระบบบริหารงานบำรุงรักษาด้วยคอมพิวเตอร์
(Computerized Maintenance Management System: CMMS)

วัตถุประสงค์

นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและความสามารถในเรื่องดังต่อไปนี้

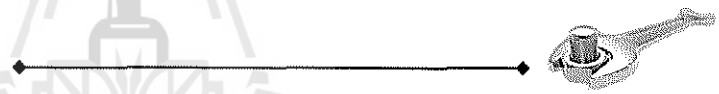
1. วิเคราะห์และตระหนักประโยชน์ของการใช้ระบบบริหารงานบำรุงรักษาด้วยคอมพิวเตอร์(CMMS)ได้
2. ระบุหน้าที่พื้นฐานที่ควรจะมีในระบบบริหารงานบำรุงรักษาด้วยคอมพิวเตอร์(CMMS)ได้

ปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มีบทบาทต่อการทำงานในทุกแผนกขององค์กรอาทิเช่น การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวางแผนการผลิตชิ้นงานต้นแบบรวดเร็ว (ปภากร, 2552) การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานด้วยภาพถ่ายและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Srisertpol *et al.*, 2010) และ การนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบสถานีการทำงาน (ธนาคาร และคณะ, 2554) เป็นต้น หน่วยงานบำรุงรักษาก็เช่นเดียวกันได้มีการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการบริหารจัดการเพื่อให้ระบบงานบำรุงรักษามีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปจะนำมาใช้ในการจัดเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลในระดับเทคนิค แต่ในความเป็นจริงแล้วระบบบริหารงานบำรุงรักษาที่ดีและมีการนำเข้าใช้งานอย่างถูกต้องสามารถให้ผลลัพธ์ที่ช่วยในการบริหารจัดการทั้งด้านเทคนิคและการจัดการในระดับองค์กรได้เป็นอย่างดี โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับระบบบริหารงานบำรุงรักษา มีชื่อที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่า Computerized Maintenance Management System หรือเรียกสั้นๆว่า CMMSในบทนี้จะกล่าวถึง CMMS ในมุมมองของผู้ใช้งานและผู้นำเข้าไปใช้กับระบบงาน

11.1 ความจำเป็นที่จะต้องใช้ CMMS

การดำเนินกิจกรรมด้านบำรุงรักษาในปัจจุบัน มีความซับซ้อนมากขึ้น ขณะเดียวกันก็ต้องการควบคุมความรวดเร็วในการแก้ไขปัญหาเพื่อให้สามารถแข่งขันได้ ดังนั้นผู้บริหารหน่วยงานบำรุงรักษามีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพของหน่วยงานอยู่เสมอ ให้มีความพร้อมในการรองรับภารกิจหลักคือ ทำให้เครื่องจักรอุปกรณ์มีความพร้อมและความน่าเชื่อถือได้สูงสุดด้วยค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมที่จัดทำระบบบริหารงานบำรุงรักษาที่ดี จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการให้มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น แต่การทำงานด้วยระบบคน (Manual)ถึงแม้ระบบที่จัดทำจะดีเพียงใด ก็ยังจำกัดในแง่ของความเร็ว ถ้าปริมาณข้อมูลมีจำนวนมากขึ้นหรือจำนวนทรัพย์สินที่ต้องดูแลมากขึ้น จะทำให้การค้นหาข้อมูลทำได้ยากขึ้น การวิเคราะห์ข้อมูลจะทำได้ช้ามาก การจัดทำรายงานอาจใช้เวลาเป็นสัปดาห์หรือมากกว่า ซึ่งไม่สามารถรองรับการบริหารในปัจจุบันซึ่งต้องการความรวดเร็วได้อีกต่อไป

การนำ CMMS เข้ามาใช้งานจึงมีความจำเป็นมากขึ้นเรื่อยๆ องค์กรที่มีการแข่งขันสูงจึงมักมีการนำ CMMS เข้าใช้งาน เพื่อให้สามารถตัดสินใจได้อย่างรวดเร็วทั้งในด้านการบริหารจัดการและการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิค การรวบรวมข้อมูลด้านการบำรุงรักษาจึงต้องอาศัยความร่วมมือจาก 3 ฝ่ายที่สำคัญ ได้แก่ ฝ่ายสารสนเทศ ฝ่ายบำรุงรักษา และฝ่ายบริหาร เพื่อจะผลักดันให้เกิดการนำ CMMS มาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ (Marquez และ Gupta, 2006)



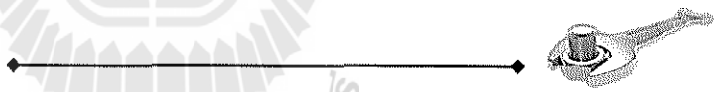
11.2 ประโยชน์ของระบบบริหารงานบำรุงรักษาด้วยคอมพิวเตอร์

การที่จะใช้ประโยชน์จาก CMMS ได้มากหรือน้อย สิ่งที่สำคัญอย่างมากคือการนำเข้าใช้งานถ้าผู้นำเข้าใช้งานเข้าใจระบบการบริหารบำรุงรักษาอย่างดีพอ เข้าใจครอบคลุมต่อด้านเทคนิคและด้านบริหาร จะสามารถนำ CMMS เข้าใช้งานอย่างมีประสิทธิผลมาก ทำให้การใช้งาน CMMS ได้ประโยชน์ด้านการบริหารเทคนิค และสามารถให้ข้อมูลการบริหารจัดการได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามพอจะสรุปประโยชน์ของการใช้ CMMS ได้ดังนี้ (สุพัฒน์และคณะ, 2549)

1. **คุ้มครองการลงทุนในเครื่องจักร** จากการบำรุงรักษาที่เหมาะสม ทั้งโปรแกรมการบำรุงรักษาตามแผน และขั้นตอนในการบำรุงรักษาที่มีการบันทึกอย่างเป็นระบบ ช่วยยืดอายุเครื่องจักรได้นานขึ้น
2. **ควบคุมงาน** ช่วยให้สามารถควบคุมงานได้อย่างครับถ้วน งานไม่สูญหาย มีการจ่ายงานตามความเร่งด่วนที่เหมาะสม ได้ประวัติการทำงานที่ครบถ้วน

3. **ควบคุมค่าใช้จ่าย** งานบำรุงรักษาที่สามารถควบคุมงานได้แล้วยังไม่เพียงพอ ต้องสามารถควบคุมค่าใช้จ่ายให้อยู่ในงบประมาณได้ การมีข้อมูลช่วยประกอบในการตัดสินใจ ทำให้จัดแผนการซ่อม จัดเตรียมอะไหล่ตามจำนวนและเวลาที่เหมาะสม และยังใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ทั้งกำลังคน เครื่องมืออย่างคุ้มค่า บริหารค่าใช้จ่ายและงบประมาณได้อย่างเหมาะสม
4. **พัฒนาทรัพยากรบุคคล** การทำงานที่เป็นระบบจะช่วยให้การพัฒนาความสามารถของพนักงาน และถ่ายทอดความรู้ทำได้ง่าย มีโอกาสเรียนรู้ในเครื่องจักรได้ในเวลาอันรวดเร็ว และมีเวลาในการพัฒนาในแง่ของเทคนิคในงานได้มากขึ้น
5. **สร้างวิธีการทำงานที่เป็นสังคมความรู้**CMMSจะช่วยให้ช่างเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานจากการทำงานโดยอาศัยบุคคล มาเป็นการทำงานกับระบบ มีระบบงานเป็นตัวควบคุมการดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษา ทำให้ทุกคนทำงานด้วยความรู้ สื่อสารกันด้วยข้อมูล ลดการโต้แย้งระหว่างบุคคล และมีประวัติการทำงานที่ทุกคนสามารถตรวจสอบวิเคราะห์ เพื่อปฏิบัติงานได้โดยไม่ขึ้นกับความสามารถของบุคคลใดบุคคลหนึ่งโดยเฉพาะ
6. **เพิ่มผลผลิต** ช่วยลดเวลาการหยุดเครื่องจากการวางแผนได้ดีขึ้น เพิ่มความพร้อมของเครื่องจักร (Availability) และความน่าเชื่อถือในการใช้งาน (Reliability) ทำการปรับปรุงการทำงานอย่างต่อเนื่อง จากระบบข้อมูลประวัติจะทำให้ตรวจสอบและวิเคราะห์ในเชิงสถิติ เพื่อปรับปรุงงานให้มีคุณภาพอยู่เสมอ
7. **ตั้งงบประมาณบำรุงรักษาอย่างเป็นระบบ** การที่สามารถควบคุมงานและค่าใช้จ่ายได้ จะทำให้มีข้อมูลเพียงพอที่จะวิเคราะห์และใช้ในการตั้งงบประมาณอย่างเป็นระบบไม่เป็นเรื่องยากสำหรับผู้บริหารงานบำรุงรักษาอีกต่อไป
8. **เพิ่มประสิทธิผลการทำงาน** เนื่องจากระบบคอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง ทำให้สามารถ
    - ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลในรายละเอียดได้มากขึ้นเท่าที่ต้องการ
    - ลดเวลาการค้นหาข้อมูล เช่น ทะเบียนเครื่องจักร-อุปกรณ์ ประวัติการบำรุงรักษา
    - ลดเวลาการวางแผนจากข้อมูลที่สามารถค้นหาได้ทันที
    - ทำการวางแผนงานได้ละเอียดมากขึ้น
    - ช่วยในการจัดการทรัพยากร

9. **เพิ่มประสิทธิผลในการควบคุมอะไหล่** ปัญหาของงานที่เกี่ยวข้องกับงานบำรุงรักษา ได้แก่ การบริหารอะไหล่ให้มีประสิทธิภาพ ปัญหาใหญ่ๆ ด้านอะไหล่ที่พบประจำ คือ "อะไหล่ที่ต้องการใช้ไม่มีให้เบิก" "อะไหล่ที่เก็บอยู่ในคลังไม่ค่อยได้ใช้" หรือพูดภาษาชาวบ้านคือ "ที่จะใช้ไม่ได้เก็บ แต่ที่เก็บอยู่ไม่ได้ใช้" ซึ่ง CMMS สามารถช่วยทำให้
   - ลดการเก็บอะไหล่ซ้ำซ้อน
   - กำหนดปริมาณอะไหล่ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม
   - ทำให้แยกแยะดัชนีด้านอะไหล่ที่สำคัญ หรือไม่มีการเคลื่อนไหวได้ง่ายขึ้น
   - ควบคุมการเบิกจ่ายได้ดีขึ้น
   - การจองอะไหล่ ทำให้มั่นใจได้ว่ามีของเมื่อต้องใช้
   - เพิ่มความพร้อมของอุปกรณ์
   - ลดปัญหาการซ่อมฉุกเฉิน
10. **ทำให้อุปกรณ์มีความพร้อมและใช้งานได้ตามหน้าที่** จากข้อมูลที่มีการเก็บอย่างเป็นระบบและค้นหาได้รวดเร็วจะช่วยในการวางแผนงาน การวิเคราะห์และการซ่อมทำได้ดีขึ้น เป็นการลดการหยุด เพิ่มอายุอุปกรณ์ ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ปรับปรุงสิ่งแวดล้อม สามารถติดตามข้อมูลได้ถูกต้องรวดเร็ว รองรับการจัดทำมาตรฐานต่างๆ เช่น ISO9000



11.3 เป้าหมายและผลลัพธ์ที่ควรจะได้จาก CMMS

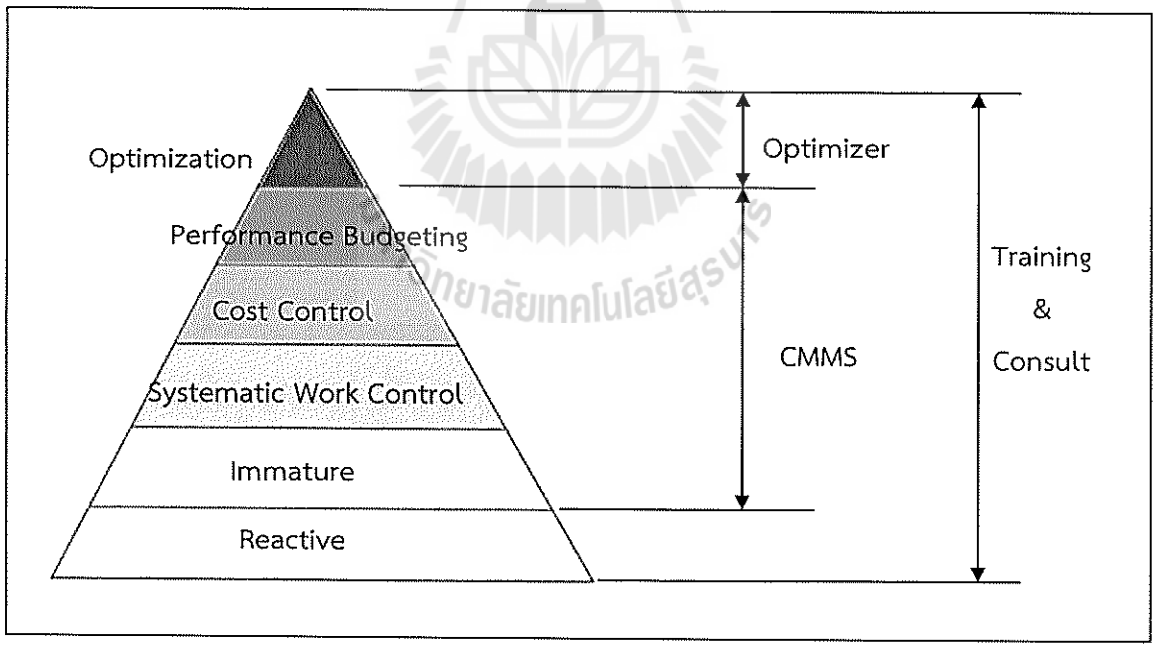
การนำเอา CMMS เข้าใช้งานในองค์กรย่อมทำให้มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้น ไม่ว่าจะมากหรือน้อย ดังนั้นการใช้ CMMS ควรจะต้องวางเป้าหมายของการใช้งานให้ถูกต้อง เป้าหมายอาจจะมีหลายระดับขึ้นอยู่กับความพร้อมของหน่วยงานและความสามารถของ CMMS ที่เลือกใช้ ซึ่งสามารถแบ่งเป็นระดับตามความแข็งแรงของการบริหารงานบำรุงรักษา ดังนี้

จากรูปที่ 11.1 แสดงให้เห็นถึงความแข็งแรงของระบบบริหารงานบำรุงรักษา จะเห็นว่าในแต่ละระดับจะมีเครื่องมือที่สอดคล้องกับความแข็งแรงนั้นๆ เริ่มตั้งแต่การอบรมและนำไปปฏิบัติอย่างจริงจัง ควรจะสร้างระบบบริหารงานบำรุงรักษาขึ้นในองค์กร จากที่ไม่มีระบบเลยไปจนถึงเริ่มมีระบบงาน เก็บประวัติการซ่อมได้ระดับหนึ่ง เมื่อนำ CMMS เข้ามาใช้ ควรที่จะสนับสนุนการบริหารงานบำรุงรักษาให้สามารถควบคุมงานไปจนถึงควบคุม

ค่าใช้จ่าย และการตั้งงบประมาณบำรุงรักษาได้ และสามารถให้ข้อมูลที่จะทำการประมาณการบำรุงรักษาที่เหมาะสมได้ด้วย

ความเข้าใจว่า CMMS สามารถทำได้ทุกอย่าง ตั้งแต่การเก็บข้อมูล จัดระบบงาน ไปจนถึงการจัดงานให้เหมาะสมซึ่งเป็นความเข้าใจที่ผิด เนื่องจาก CMMS เป็นซอฟต์แวร์ที่ช่วยจัดการในเรื่องกระบวนการทำงานที่ทำเป็นประจำวัน ดังนั้น สิ่งที่ CMMS ทำได้ คือ การให้รายงานในการวิเคราะห์ (Analysis report) เพื่อการปรับปรุงการทำงานในแต่ละกระบวนการ ไม่สามารถทำการจัดวิเคราะห์งานที่เหมาะสมได้ แต่จะสามารถให้ข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์งานที่เหมาะสมได้

ส่วนการวิเคราะห์งานบำรุงรักษาที่เหมาะสมได้นั้นเป็นกระบวนการทบทวนผลการดำเนินงานบำรุงรักษาเพื่อปรับปรุงให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมที่สุด และต้องใช้ความรู้และข้อมูลที่ถูกต้องและครบถ้วนอย่างมากไม่สามารถอยู่ในกระบวนการทำงานประจำวันได้ จึงมีซอฟต์แวร์อีกประเภทหนึ่งที่เรียกว่า Optimizer ซึ่งสามารถวิเคราะห์งานบำรุงรักษาที่เหมาะสมได้ เช่น ปรับระยะเวลาในการทำงานบำรุงรักษาและวางแผนการใช้อะไหล่ให้เหมาะสม (Spare part optimization) ซึ่งจะช่วยลดหรือเพิ่มระดับการสำรองอะไหล่ โดยที่ยังคงความพร้อมของเครื่องจักรได้เหมือนเดิม



รูปที่ 11.1 เครื่องมือที่ใช้สำหรับระดับความแข็งแรงของระบบบริหารงานบำรุงรักษาระดับต่างๆ (สุพัฒน์และคณะ, 2549)

เป้าหมายและผลลัพธ์ที่ควรจะได้จาก CMMS

1. ควบคุมงานอย่างเป็นระบบ

การนำ CMMS เข้ามาใช้งาน อย่างน้อยควรจะสามารถทำให้เกิดการควบคุมงานบำรุงรักษาอย่างเป็นระบบได้ ซึ่งความหมายของการควบคุมงานอย่างเป็นระบบดังแสดงในตารางที่ 11.1

- งานที่เกิดขึ้นได้มีการบันทึกเข้าสู่ระบบ CMMS อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ไม่สูญหาย
- บันทึกประวัติด้วยข้อมูลถูกต้องเชื่อถือได้
- มีการควบคุมและการวางแผนที่ดี ทำให้งานส่วนใหญ่สามารถปรับตัวไปสู่การวางแผนได้
- สามารถควบคุมและวางแผนการใช้ทรัพยากรได้ ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรได้ประสิทธิผลมากขึ้น
- มีกระบวนการทบทวนและติดตามจำนวนเครื่องจักรที่จะเสียหายที่เกิดขึ้น
- ข้อมูลที่ทำการบันทึกสามารถใช้ในการวิเคราะห์ และให้ดัชนีในการควบคุมงาน ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลที่สำคัญ ดังนี้

ตารางที่ 11.1 ข้อมูลหลักสำหรับการควบคุมและวิเคราะห์งานบำรุงรักษา (สุพัฒน์และคณะ, 2549)

รายการ	ข้อมูล	หน่วยผลิต	อุปกรณ์	หน่วยงานซ่อม	ศูนย์ค่าใช้จ่าย	ประเภทงาน	Failure mode	หมายเหตุ
1	ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (Maintenance Cost) แยกตามประเภททรัพยากร	○	○	○	○	○	○	Plan/Actual
2	เวลาการทำงาน ในการบำรุงรักษา(Man – Hours)	○	○	○	○	○	○	Plan/Actual
3	เวลา (Duration)							
	3.1 เวลาของการเกิดเหตุการณ์ (Event duration)	○	○	○	○	○	○	Plan/Actual
	3.2 เวลาสนับสนุนและ/หรือเวลารอ (Logistic/Wait duration)	○	○	○	○	○	○	Plan/Actual
	3.3 เวลาทำงาน (Work duration)	○	○	○	○	○	○	Plan/Actual
4	จำนวนครั้งที่เกิดเหตุการณ์ (No of event)	○	○	○	○	○	○	Plan/Actual
5	ต้องหยุดกระบวนการผลิต/อุปกรณ์หรือไม่	○	○					Plan/Actual
6	สาเหตุ/วิธีการแก้ไข	○	○	○	○	○	○	Plan/Actual

CMMS ที่นำเข้าไปใช้งานได้ถึงระดับของการควบคุมงาน ควรจะให้ข้อมูลและดัชนีการวิเคราะห์ดังนี้

- ดัชนีด้านเวลาการทำงาน (Man-Hours) ทั้งงานบำรุงรักษาตามแผนงาน (Planned maintenance) และงานบำรุงรักษานอกแผนงาน (Unplanned Maintenance) และปัจจัยการใช้ประโยชน์ (Utilization factor)
- ดัชนีด้านเทคนิค ได้แก่ MTBF, MTTR, MWT
- ระบบบันทึกข้อมูลที่จะรองรับการทำงานที่เหมาะสมในอนาคต เช่น การเก็บข้อมูลความเสียหาย (Failure mode), การเก็บข้อมูลหาสาเหตุที่แท้จริง (Root cause failure record)

ผลลัพธ์ จากการมีระบบควบคุมงานที่ดีคือ ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ควรจะเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงการเพิ่มผลผลิตนั่นเอง ความสามารถในการควบคุมงานจะส่งผลถึงประสิทธิผลของงานบำรุงรักษา

2. ควบคุมต้นทุนและค่าใช้จ่ายงานบำรุงรักษา

CMMS ที่นำเข้าใช้งานจนสามารถควบคุมต้นทุนและค่าใช้จ่ายได้ไม่ยากนัก โดยความร่วมมือจากหน่วยงานบัญชี สิ่งสำคัญที่จะทำให้สามารถควบคุมค่าใช้จ่ายในงานบำรุงรักษาก็คือ

- การมีข้อมูลต้นทุนที่ถูกต้องจากทางบัญชีหรือหน่วยงานบำรุงรักษาที่สามารถกระทบยอดกับทางบัญชีที่ครบถ้วนทั้งต้นทุนคงที่ (Full fixed cost) และต้นทุนแปรผัน (Variable cost)
- การวางแผนและควบคุมการใช้ทรัพยากรในงานบำรุงรักษา

จะเห็นว่าการควบคุมค่าใช้จ่ายงานบำรุงรักษา ต้องมีการนำเข้าใช้งานเพิ่มเติมหลังจากที่สามารถควบคุมงานได้แล้ว โดยการจัดกระบวนการทำงานให้มีการส่งผ่านข้อมูลต้นทุนจากบัญชีมายังงานบำรุงรักษา แต่อย่างไรก็ตาม รายละเอียดของการส่งข้อมูลจะต้องมีการกำหนดให้ชัดเจน เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอ (Consistency) ของข้อมูล

ผลลัพธ์ ที่ควรได้จากการควบคุมและค่าใช้จ่ายในงานบำรุงรักษาที่ดีคือ ทราบอัตราการดำเนินการต้นทุนการบำรุงรักษา เวลาการทำงานของพนักงาน(Man-Hour)เนื่องจากงานบำรุงรักษาเป็นงานบริการ ดังนั้นการทราบอัตราการดำเนินการบำรุงรักษาจะส่งผลถึงประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรบำรุงรักษา

3. ตั้งงบประมาณบำรุงรักษา

เมื่อสามารถควบคุมงานและต้นทุนค่าใช้จ่ายงานบำรุงรักษาได้แล้ว การใช้ความสามารถของ CMMS ให้ถึงจุดสูงสุดคือ การตั้งงบประมาณบำรุงรักษา ซึ่งเป็นการกำหนดเป้าหมายของงานบำรุงรักษาในอนาคต และใช้ความพยายามที่จะทำให้ได้ตามเป้าหมาย หน่วยงานบำรุงรักษามักจะมีปัญหาในการตั้งงบประมาณ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมงานและค่าใช้จ่ายได้ ทำให้การตั้งงบประมาณมักจะยึดตัวเลขค่าใช้จ่ายในปีก่อนๆ ซึ่งไม่ใช่แนวทางที่ถูกต้อง

การที่จะทำให้ CMMS ช่วยจัดเตรียมงบประมาณบำรุงรักษาไม่ใช่เรื่องยาก ถ้าอิมพลีเมนต์จนสามารถใช้ควบคุมต้นทุนค่าใช้จ่ายได้แล้ว โดยเพิ่มการทำความเข้าใจโครงสร้างค่าใช้จ่ายและการปรับปรุงกิจกรรมบำรุงรักษา เพื่อลดค่าใช้จ่ายหรืออาจต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายบางส่วนแต่หวังผลถึงการเพิ่มผลผลิต หรือเพิ่มค่า OEE ซึ่งผลลัพธ์สุดท้ายจะทำให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายต่อหน่วยผลิตของสินค้าต่ำลง

ผลลัพธ์ ที่ควรจะได้จากการตั้งงบประมาณบำรุงรักษา ได้แก่ สามารถกำหนดเป้าหมายของต้นทุนการผลิต/หน่วยสินค้า และสามารถกำหนดเป้าหมายการเพิ่ม OEE โดยการปรับงบประมาณตามกลุ่มกิจกรรมหลักและสร้างความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกันของแผนงานบำรุงรักษากับงบประมาณได้ ซึ่งหมายถึง สามารถที่จะร่วมกำหนดเป้าหมายผลผลิตและควบคุมค่าใช้จ่ายอย่างมีประสิทธิผลและประสิทธิภาพได้

11.4 ข้อพิจารณาในการเลือก CMMS

โดยทั่วไปการเลือก CMMS เข้าใช้งาน มักจะคำนึงถึงสองเงื่อนไขหลักคือ ด้านงบประมาณลงทุนและด้านเทคนิคว่ามีฟังก์ชันอะไรบ้าง แต่สิ่งสำคัญที่จะทำให้การเลือกและนำ CMMS เข้าใช้งานได้ประสบผลสำเร็จนั้น กลับกลายเป็นเรื่อง ความพร้อมของผู้ใช้งานในองค์กร ดังนั้นการพิจารณาเพื่อเลือก CMMS พอสรุปหลักการสำคัญได้ดังนี้

11.4.1 องค์ประกอบสำคัญที่ต้องพิจารณา

1.เข้าใจระบบงานและความต้องการ การที่จะเลือกซอฟต์แวร์ให้เหมาะสมกับงาน จะต้องเข้าใจระบบงานกระบวนการทำงานบำรุงรักษาของตนเองดีพอ และสามารถบอกความต้องการตนเองได้อย่างชัดเจน เช่น กระบวนการแจ้งซ่อม

2.ทราบปัญหาและข้อจำกัด เช่น บางหน่วยงานอาจมีช่างชำนาญการ การที่จะทำให้บุคคลเหล่านี้เข้ามาใช้ระบบงานที่เป็นระบบคอมพิวเตอร์จะมีความกลัว ทำให้การนำเข้าใช้งานไม่ประสบความสำเร็จ ควรจะเริ่มต้นจากซอฟต์แวร์ที่ไม่ซับซ้อนมาก เพื่อให้เกิดระบบงานขึ้นอย่างถาวรก่อน แล้วจึงพิจารณาเปลี่ยนไปยังระบบที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

3.การกำหนดความต้องการหลักและความต้องการรองในการเลือก เมื่อเข้าใจความต้องการและข้อจำกัดแล้ว ควรจะสรุปประเด็นหลักออกมาให้ได้ว่า ฟังก์ชันไหนเป็นความจำเป็นและฟังก์ชันไหนไม่จำเป็น แต่ถ้ามี ก็ถือเป็นคะแนนเพิ่มให้กับซอฟต์แวร์นั้น การกำหนดดังนี้เพื่อที่ว่าเมื่อถึงเวลาพิจารณาซอฟต์แวร์จะได้ไม่หลงประเด็น เพราะการนำเสนอซอฟต์แวร์มักจะนำเอาฟังก์ชันที่เป็นลูกเล่น (Gimmick) มาเป็นจุดเด่นในการขาย ซึ่งอาจจะไม่ใช่ฟังก์ชันที่จำเป็นต้องมีหรือไม่มีก็สามารถใช้งานซอฟต์แวร์ให้เกิดประสิทธิผลได้

4.งบประมาณ ถือเป็นเงื่อนไขข้อกำหนดที่สำคัญในการเลือกซอฟต์แวร์ เพราะจะเป็นตัวแปรที่แทบจะกำหนดตัวซอฟต์แวร์ที่จะซื้อเลย ถ้าราคาซอฟต์แวร์ต่างกันมากๆ

11.4.2 องค์ประกอบภายนอกที่ต้องพิจารณา

1.ฟังก์ชันการทำงาน

- ฟังก์ชันหลัก ได้แก่ ฟังก์ชันที่จำเป็นจะต้องมี ซึ่งจะต้องสอดคล้องหรือสามารถประยุกต์กับกระบวนการทำงานบำรุงรักษาของหน่วยงานได้ ซึ่งจำเป็นจะต้องมีให้ครบ
- ฟังก์ชันรอง ได้แก่ ฟังก์ชันเสริมที่ทำให้ซอฟต์แวร์มีความสมบูรณ์มากขึ้น แต่ไม่มีผลต่อกระบวนการทำงานโดยรวม เช่น การที่ซอฟต์แวร์มีการเตือนในการออกใบสั่งงานบำรุงรักษาตามแผนงาน ซึ่งปกติระบบทั่วไปจะมีการสั่งงานที่ถึงกำหนดเพื่อออกใบสั่งงานได้อยู่แล้ว เป็นต้น

*2.การเชื่อมโยงของ CMMS*เป็นระบบบริหารงานด้านเทคนิคซึ่งสามารถทำงานจบกระบวนการได้ด้วยตัวเอง ในแง่ของการควบคุมงาน โดยไม่ต้องพึ่งพาข้อมูลจากระบบอื่น แต่อย่างไรก็ตามในระบบธุรกิจจะมีระบบย่อยๆ ซึ่งต้องการข้อมูลจากระบบอื่นๆเสมอ ในการส่งผ่านข้อมูลทำได้ 2 วิธีได้แก่ การนำข้อมูลจากระบบหนึ่งไปป้อนเข้าอีกระบบหนึ่ง ซึ่งมักจะเกิดข้อผิดพลาดและเสียเวลามากกับอีกวิธีหนึ่งได้แก่ การทำการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบงาน ซึ่งมีข้อที่จะต้องพิจารณา

- ข้อมูลที่จะใช้ในการเชื่อมโยง จะขึ้นกับระบบที่จะทำการอินเตอร์เฟซ เช่น ระบบบัญชีจะส่งข้อมูลด้านค่าใช้จ่าย ระบบพัสดุจะส่งข้อมูลรายการพัสดุและรายการประจำวัน เช่น การเบิก การจ่ายพัสดุ ระบบผลิตจะส่งข้อมูลการเดิน/หยุดอุปกรณ์ เพื่อมาออกใบสั่งงานงานบำรุงรักษาตามแผนงาน เป็นต้น
- วิธีการเชื่อมโยง ได้แก่ วิธีการที่จะส่งข้อมูลระหว่างระบบ เช่น การส่งข้อมูลทางเดียว (One way interface) การส่งข้อมูลสองทาง (Two way interface) การส่งข้อมูลโดยผ่านแฟ้มข้อมูลชั่วคราว (Temporary file) การส่งข้อมูลเข้าฐานข้อมูลโดยตรง (Direct updated)

เนื่องจากการอินเตอร์เฟซต้องเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทำงานที่เกิดขึ้นประจำ เช่น ทำทุกสัปดาห์ ทำทุกวัน หรือทำอัตโนมัติ คือเมื่อเกิดรายการจากระบบหนึ่งจะส่งข้อมูลไปอีกระบบหนึ่งทันที ดังนั้นจะต้องพิจารณาเลือกวิธีการอินเตอร์เฟซที่ไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการปฏิบัติและมีโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด

3.*เทคโนโลยี* เทคโนโลยีที่นิยมนำมาใช้ในการพัฒนาระบบปัจจุบันจะกล่าวเพียงสองประเภท ได้แก่

- Client/Server เป็นเทคโนโลยีที่นิยมใช้มานานพอสมควร และก็ยังนิยมใช้อยู่ เนื่องจากมีความสะดวกและปลอดภัยของข้อมูล ปกติโปรแกรมที่ใช้เทคโนโลยีนี้ จะติดตั้งฐานข้อมูลไว้ที่เซิร์ฟเวอร์ (Server) กลางและติดตั้งโปรแกรมไว้ที่เครื่องลูกข่ายหรือไคลเอนต์ (Client) การทำงานของโปรแกรมจะทำที่เครื่องลูกข่าย โดยส่งผ่านข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์กลาง ข้อดีของ Client/Server คือมีความปลอดภัยของข้อมูลสูง เนื่องจากเป็นระบบปิด และโปรแกรมที่ใช้ในระบบนี้จะใช้ง่าย มีลูกเล่นการใช้งานได้มาก ออกแบบแต่ละหน้าจอให้มีช่องข้อมูลได้มาก ซึ่งซอฟต์แวร์ CMMS ส่วนใหญ่ยังอยู่ในระบบนี้ เนื่องจากการทำงานของระบบเกือบทั้งหมดจะจบที่โรงงาน การส่งผ่านข้อมูลไประบบอื่นมีน้อยมากหรือไม่มีเลย ขึ้นกับความต้องการของผู้ใช้งาน
- Web Base เป็นเทคโนโลยีที่เริ่มเป็นที่นิยม เนื่องจากสามารถสื่อสารจากที่ต่างๆได้ไม่จำกัดสถานที่และเวลาโดยผ่านอินเตอร์เน็ต แต่อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดในแง่ของระบบความปลอดภัย การออกแบบให้ใช้งานยังสามารถทำให้ง่ายและมีลูกเล่นได้มากเหมือน Client/Server และความจำเป็นจะต้องใช้งาน CMMS จากที่ต่างๆ นอกโรงงานน้อยมาก อย่างไรก็ตาม CMMS ที่ขยายขอบเขตการใช้งานไปในลักษณะงานประเภทธุรกิจบริการ (Service Business) ก็อาจมีความจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีนี้เนื่องจากมีความสะดวกที่จะเข้าหาข้อมูลเมื่ออยู่นอกสถานที่

4. *ผู้ขาย*(Vendor) สิ่งที่ต้องพิจารณาได้แก่

- *ธุรกิจหลัก (Core Business)*ผู้ขายควรจะมีธุรกิจหลักที่เกี่ยวข้องกับงานบำรุงรักษาเพราะระบบบริหารงานบำรุงรักษาไม่เหมือนกับระบบอื่น เนื่องจากเป็นระบบที่มีเทคนิคเฉพาะตัวสูง ผู้ที่ไม่เคยอยู่ในระบบงานบำรุงรักษาจะไม่สามารถสื่อสารกับผู้ใช้งานได้เลย
- *ทีมที่นำเข้าใช้งาน (Implementation)* ความสำเร็จของการใช้งาน 50% อยู่ที่การนำไปใช้งาน ดังนั้นหัวหน้าหรือผู้นำเข้าใช้งานจะต้องมีความรู้ในระบบงานบำรุงรักษาและตัวซอฟต์แวร์เป็นอย่างดี สามารถแนะนำการใช้ซอฟต์แวร์ในเงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ พร้อมทั้งสามารถเลือกแนวทางที่เหมาะสมให้กับผู้ซื้อได้ ทีมที่นำเข้าใช้งานที่ดีจะช่วยวางระบบและฐานข้อมูล ให้สามารถเข้าไปยังการวิเคราะห์ข้อมูลที่เหมาะสมโดยไม่ต้องมารื้อฐานข้อมูลใหม่ เมื่อต้องการจะไปให้ถึงจุดนั้น

- *การบริการหลังการขาย (Support)*โปรแกรมระบบงาน (Procedural Software) โดยทั่วไปนอกจากตัวซอฟต์แวร์เองและการนำเข้าใช้งานแล้ว การบริการหลังการขายก็ถือเป็นหัวใจของความสำเร็จอย่างมากเลยทีเดียว เนื่องจากปัญหาการใช้งานจะเกิดขึ้นตลอดเวลา โดยเฉพาะช่วง 3 เดือนแรกหลังจากการนำเข้าใช้งาน จะต้องการการดูแลจากผู้ขายค่อนข้างมาก เนื่องจากระบบยังไม่เข้าที่ ผู้ใช้งานยังไม่คุ้นเคยกับระบบงานใหม่
- *ผู้อ้างอิง (Reference)*การเลือกใช้ซอฟต์แวร์ที่มีผู้ใช้งานที่อ้างอิงได้ จะช่วยให้เกิดความมั่นใจมากขึ้น เนื่องจากผู้ขายเคยมีประสบการณ์ในการนำซอฟต์แวร์เข้าใช้งานธุรกิจประเภทนั้นแล้ว

สรุปการเลือกใช้ CMMS

ควรเลือกซอฟต์แวร์ให้มีความเหมาะสมกับระดับความแข็งแรงของตัวเอง เนื่องจาก

- ค่าใช้จ่ายในการเริ่มต้นระบบ การขับเคลื่อน และการดูแล การเลือกซอฟแวร์ที่มีความซับซ้อนเกินไปจะทำให้มีความยากที่จะนำเข้าใช้งานให้ประสบผลสำเร็จได้ เนื่องจากซอฟต์แวร์ขนาดใหญ่จะมีค่าใช้จ่ายในการเริ่มต้นระบบและการดูแลสูง กว่าที่จะขับเคลื่อนระบบไปจนถึงการใช้งานระดับสูงสุดได้ อาจใช้เวลานานมาก สิ้นเปลืองทั้งเวลาและกำลังใจของคนทำงาน
- การเปลี่ยนซอฟต์แวร์ในระดับหน่วยงานเดียวไม่ใช่เรื่องยากหรือซับซ้อน องค์กรที่ไม่ซับซ้อน และระดับความแข็งแรงของระบบงานบำรุงรักษายังไม่มาก จึงควรเลือกซอฟต์แวร์ให้พอเหมาะที่จะทำให้การเริ่มต้นระบบได้ง่าย ไม่ค้านกับความรู้สึกของผู้ปฏิบัติงาน โดยที่จะสามารถขับเคลื่อนไปถึงจุดสูงสุดของซอฟต์แวร์ในเวลาไม่นานนัก การเปลี่ยนซอฟต์แวร์ไม่ใช่เรื่องยากหรือซับซ้อนอีกต่อไป เนื่องจากเทคโนโลยีปัจจุบันสามารถที่จะนำข้อมูลไปใช้ในระบบใดๆ ได้ โดยไม่ต้องจัดทำข้อมูลใหม่

11.5 ปัจจัยความสำเร็จในการนำ CMMS เข้าใช้งาน

จากที่กล่าวมาข้างต้น การซื้อ CMMS มาใช้งาน นอกจากจะมีปัญหาในการจัดหาแล้ว ปัญหาที่สำคัญมากอีกอย่างหนึ่ง ได้แก่ จะทำอย่างไรให้เข้าใช้งานแล้วประสบผลสำเร็จ ปัจจัยที่ทำให้การนำ CMMS เข้าใช้งานแล้วประสบผลสำเร็จ สามารถสรุปได้ดังนี้(สุพัฒน์และคณะ, 2549)

1. **ผู้บริหารเห็นชอบ (Management approval)**เนื่องจาก CMMS เป็นการนำไปใช้ร่วมกับระบบงาน ไม่ใช่โปรแกรมประเภท Excel ที่สามารถทำงานด้วยคนเพียงคนเดียวได้ จึงต้องการการประสานงานหลายหน่วยงาน และที่สำคัญคือต้องใช้งบประมาณทั้งในรูปตัวเงินและไม่ใช่ตัวเงิน ซึ่งจะต้องได้รับการอนุมัติจากผู้บริหาร ดังนั้นความเห็นชอบจากผู้บริหารจึงเป็นแรงผลักดันสำคัญต่อความสำเร็จของการใช้ CMMS ผลจากการนำ CMMS เข้าใช้งานจะต้องสนับสนุนและสอดคล้องกับเป้าหมายของบริษัท

2. **บุคลากรที่รับผิดชอบและทีมงาน (Key person and working team)**การจะทำงานพัฒนาให้สำเร็จด้วยดี จะต้องมีบุคลากรที่รับผิดชอบ (Key person) ที่รู้เรื่องนั้นๆ เป็นอย่างดี ดูแลรับผิดชอบตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นหัวหน้าโครงการ (Project leader) นอกจากบุคลนี้แล้ว ยังต้องมีทีมงานที่เข้าใจเพื่อที่จะช่วยกันแก้ไขหรือตัดสินใจในปัญหาและเงื่อนไขที่เกิดขึ้นขณะทำการนำไปใช้งาน สิ่งที่จะต้องเข้าใจเป็นอย่างดี ได้แก่

- ระบบการทำงานบำรุงรักษาของตัวเองทุกขั้นตอน
- บอกความต้องการได้เช่น ลักษณะของรายงาน
- ต้องศึกษา CMMS ที่จะนำไปใช้งาน ให้เข้าใจถึงความสามารถและข้อจำกัดของซอฟต์แวร์นั้น
- มีบุคลากรที่จะดูแลระบบเบื้องต้นได้ เช่น การกำหนดสิทธิการใช้งาน การสำรองข้อมูล เป็นต้น

3. **การอบรม (Training)**เวลาส่วนใหญ่ในการนำไปใช้งานของซอฟต์แวร์ จะอยู่ที่การอบรม การจัดระบบงาน และการจัดเตรียมข้อมูล เพราะถ้าคนใช้งานยังไม่เข้าใจวิธีการใช้ซอฟต์แวร์และผลกระทบที่ต่อเนื่องจากการทำผิดขั้นตอน จะทำให้เกิดปัญหาในภายหลัง อาจจะต้องมาทำข้อมูลใหม่ หรือขนาดต้องทำการนำเข้าใช้งานใหม่ (Re-implement) การอบรมจะกระทำใน 3 ระดับ ได้แก่

- *คณะทำงาน (Working team)* จะต้องเรียนรู้และเข้าใจทั้งหมดเพื่อเป็นแกนในการนำไปใช้งานในระบบ เข้าใจความสามารถ เงื่อนไข และข้อจำกัดของซอฟต์แวร์เป็นอย่างดี

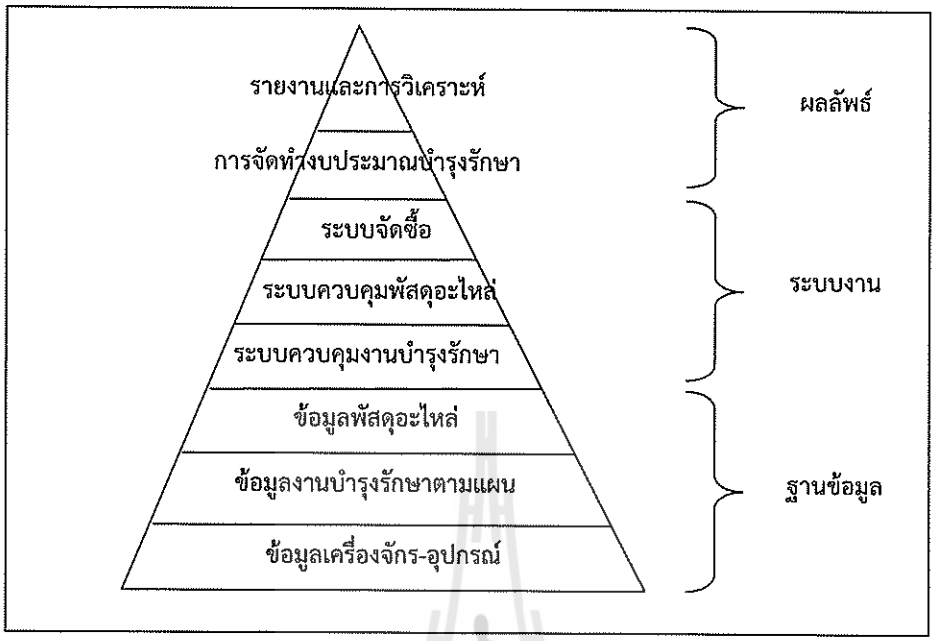
- *ผู้ใช้งาน (End users)*เป็นผู้ที่จะลงมือปฏิบัติในแง่ของการให้ข้อมูล และป้อนข้อมูล ซึ่งอาจจะมีหลายกลุ่ม เช่น หัวหน้าช่าง วางแผน พัสดุ ผลิต การอบรมผู้ใช้งาน จะอบรมเฉพาะฟังก์ชันการใช้งานที่จะต้องใช้เท่านั้น และต้องให้ทดลองปฏิบัติจนเข้าใจก่อนจะเริ่มใช้งานจริง
- *ผู้บริหาร (Management)*เป็นผู้ใช้งานอีกระดับหนึ่ง มักจะไม่ใช่ผู้เกี่ยวข้องในบทบาทของผู้ลงมือทำ แต่จะใช้ผลที่ได้เพื่อนำไปใช้ในการบริหารจัดการ ดังนั้นสิ่งที่ผู้บริหารจะต้องเรียนรู้คือรายงานต่างๆ ที่ได้จากระบบ ระดับบริหารมีบทบาทต่อความสำเร็จของ CMMS เป็นอย่างมาก เพราะจะเป็นผู้บอกได้ว่าซอฟต์แวร์ที่นำมาใช้งานเหมาะกับองค์กรหรือไม่ จากการนำผลลัพธ์จากซอฟต์แวร์ไปใช้ในการบริหารการจัดการอย่างจริงจัง

4. **การทำให้ระบบเป็นส่วนหนึ่งในการบริหารจัดการขององค์กร** การใช้ CMMS ในหลายๆที่มักจะล้มเหลวลงเมื่อใช้งานไปได้ระยะหนึ่ง สาเหตุเนื่องจาก

- ไม่ได้ทำให้ CMMS เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทำงาน เช่น การที่มีผู้ดูแลและทำระบบอยู่เพียงคนเดียว คนอื่นไม่ได้เข้ามามีส่วนร่วม เมื่อลาออกหรือต้องย้ายไปอยู่หน่วยงานอื่น จะทำให้กิจกรรมไม่สามารถดำเนินต่อไปได้ เพราะไม่มีผู้ใดรู้และเข้าใจพอจะมาขับเคลื่อนการใช้งานต่อไป
- ไม่ได้ทำให้ CMMS เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการบริหารร่วมกับระบบอื่นๆ เช่นบัญชีจัดซื้อบุคคล สิ่งสำคัญคือการเข้ากันได้ของข้อมูลถ้าข้อมูลสามารถเข้ากันได้กับระบบอื่นได้ จะเกิดความเชื่อมั่นในการใช้ระบบ และยอมรับข้อมูลจาก CMMS ไปในการบริหารจัดการขององค์อย่างจริงจัง ทำให้ระบบคงอยู่ได้อย่างยั่งยืน

5. **การติดตั้งขึ้นระบบ** การขึ้นระบบ CMMS จะมีขั้นตอนในการติดตั้งระบบ ดังแสดงในรูปที่ 11.2 ดังนี้

1.ระบบฐานข้อมูล การเตรียมข้อมูลเป็นขั้นตอนที่เสียเวลามากที่สุดในการนำไปใช้งานในระบบโดยเฉพาะโรงงานที่การจัดเก็บข้อมูลยังไม่ดีพอ แต่ถ้ามีความเข้าใจในความสำคัญและความจำเป็นของหน่วยข้อมูลแต่ละหน่วยแล้ว จะสามารถจัดเตรียมข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิผลใช้เวลาไม่มากนัก เช่น ข้อมูลอุปกรณ์ที่สำคัญที่จะต้องจัดทำ คือ รหัส ชื่อ สถานที่ตั้ง ประเภทอุปกรณ์ และระดับความสำคัญ ก็เพียงพอที่จะเริ่มระบบงานได้แล้ว ส่วนรายละเอียด ของข้อมูลทางเทคนิคและรายการอะไหล่ของอุปกรณ์ เป็นข้อมูลที่ต้องใช้เวลาในการจัดทำมากและไม่จำเป็นต่อการขึ้นระบบ ก็ควรจะจัดลำดับในการทำไว้หลังจากระบบขึ้นได้เรียบร้อยแล้ว



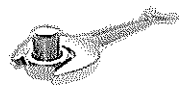
รูปที่ 11.2 ขั้นตอนการติดตั้งระบบ CMMS (สุพัฒน์และคณะ, 2549)

2.ระบบงาน เป็นส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนข้อมูลจากแหล่งข้อมูลให้เข้าสู่ CMMS ระบบงานที่ดีจะช่วยให้ไม่เกิดการติดขัดในกระบวนการทำงาน ได้ข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วนไม่มีความขัดแย้งของข้อมูล ระบบงานที่สำคัญได้แก่ ระบบควบคุมงาน ระบบควบคุมพัสดุอะไหล่ ระบบจัดซื้อ โดยเฉพาะระบบควบคุมงาน ถ้านำ CMMS ไปใช้งานแล้วไม่สามารถขึ้นระบบนี้ได้ ถือว่าการนำไปใช้งานนั้นล้มเหลว

3.รายงานและผลลัพธ์ ระบบใดที่นำไปใช้งานแล้วไม่ได้รายงานออกมา ถือว่าไม่ประสบผลสำเร็จ เพราะไม่สามารถใช้ซอฟต์แวร์เพื่อการจัดการและปรับปรุงการทำงานได้ รายงานสำหรับระบบ CMMS จะต้องรองรับการบริหารและการดำเนินงานในชีวิตประจำวัน เช่น รายงานงานกำลังดำเนินการใช้ในการติดตามงานประจำวัน รายงานค่าใช้จ่ายในการซ่อมสูงสุดช่วยในการวิเคราะห์จุดที่เกิดปัญหามากที่สุด

*4.การอบรม*ถือเป็นกระบวนการที่สำคัญในการนำไปใช้งานในระบบที่จะสื่อความเข้าใจไปยังผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งได้กล่าวไว้ในหัวข้อปัจจัยความสำเร็จในการนำ CMMS เข้าใช้งานแล้ว

การนำ CMMS เข้ามาใช้ในองค์กรเป็นเรื่องที่จำเป็น เนื่องจากสภาวะการแข่งขันที่บีบคั้นมากขึ้นเรื่อยๆ จำเป็นต้องมีข้อมูลในการตัดสินใจอย่างถูกต้องครบถ้วนและรวดเร็ว อย่างไรก็ตามพึงตระหนักไว้ว่า ซอฟต์แวร์เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการทำงาน ความสำเร็จไม่ได้อยู่ที่ซอฟต์แวร์เพียงอย่างเดียว ส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดความสำเร็จอย่างมาก ได้แก่ ความเข้าใจในระบบบำรุงรักษา ความต้องการที่แท้จริงและข้อจำกัดต่างๆของตัวเอง และใช้เป็นตัวตั้งในการดำเนินการนำไปใช้งานในระบบ เพื่อให้ได้ระบบที่สามารถให้ทั้งประสิทธิผลและประสิทธิภาพของการบริหารงานบำรุงรักษา ซึ่งเป้าหมายสูงสุดที่จะต้องทำให้ได้คือ การเชื่อมโยงเข้ากับระบบบัญชีและจัดทำงบประมาณบำรุงรักษาร่วมกับหน่วยงานอื่นพร้อมกันได้อย่างลงตัว



สรุปท้ายบท

บทนี้นำเสนอการบริหารงานบำรุงรักษาด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งถึงว่าเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การดำเนินการและประมวลข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการบำรุงรักษาเป็นไปได้อย่างสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ดังจะเห็นได้จากการเก็บข้อมูลช่วงเวลาที่เครื่องจักรชำรุด ลักษณะการชำรุด ระยะเวลาการซ่อม อะไหล่ที่ใช้ในการซ่อมแซม เป็นต้น ซึ่งความสำคัญของข้อมูลเหล่านี้ได้กล่าวมาแล้วในบทก่อนหน้านี้ โดยส่วนมากข้อมูลเหล่านี้จะถูกบันทึกลงในกระดาษ การนำข้อมูลเหล่านี้มาประมวลผลต้องใช้แรงงานคนและระยะเวลาการดำเนินการที่ยาวนาน ส่งผลให้การทำงานเกิดความล่าช้า การนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการเก็บข้อมูลและประมวลผลค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการจะทำให้การดำเนินงานสะดวกรวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการประมวลผลจากคอมพิวเตอร์จะแม่นยำมากน้อยเพียงใดก็ขึ้นกับการดำเนินของมนุษย์ กล่าวคือ ความแม่นยำและการซื่อสัตย์ในการบันทึกข้อมูลตามจริงนั้น จะนำมาสู่การประมวลผลที่ถูกต้องและสามารถนำไปใช้ในงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงความสามารถเชื่อมโยงข้อมูลการบริหารงานบำรุงรักษาเข้ากับระบบการบริหารจัดการองค์กรได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำเสนอการสร้างฐานข้อมูลที่รองรับการจัดการงานบำรุงรักษาที่มีเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น (Kans, 2008) การเชื่อมโยงระบบข้อมูลต่างๆด้วยการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในตัดสินใจ (Durán, 2011) ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดการบริหารองค์กรโดยรวมมีประสิทธิภาพอย่างยิ่งขึ้นต่อไป

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงอภิปรายบทบาทของระบบบริหารงานบำรุงด้วยคอมพิวเตอร์ (CMMS) ในองค์กร?
2. จงอภิปรายปัจจัยที่ส่งเสริมทำให้การใช้งาน CMMS เกิดประโยชน์สูงสุด?
3. ระบบ CMMS ก่อให้เกิดประโยชน์ในด้านใดบ้าง?
4. จงกำหนดเป้าหมายและผลลัพธ์ที่ควรจะได้จากระบบ CMMS?
5. กำหนดให้ท่านเป็นวิศวกรที่ได้รับมอบหมายในประเมินและเลือกระบบ CMMS เพื่อนำมาใช้งานในหน่วยงาน องค์ประกอบอะไรบ้างที่ท่านจะใช้ในวิเคราะห์ระบบ CMMS แต่ละยี่ห้อ เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการใช้งาน?
6. บุคคลใดในองค์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการใช้งานระบบ CMMS ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพราะเหตุใด?
7. ทุกโรงงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีระบบ CMMS หรือไม่ เพราะเหตุใด?
8. จงอภิปรายกิจกรรมเตรียมความพร้อมก่อนการเริ่มใช้ระบบ CMMS?
9. การอบรมการใช้งานระบบ CMMS ควรจะทำให้กับบุคคลใดในองค์กร เพราะเหตุใด?
10. หน่วยงานใดที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการดูแลและควบคุมระบบ CMMS เพื่อก่อให้เกิดการใช้งานได้มีประสิทธิภาพสูงสุด?

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณานุกรม

1. กนิษฐ์ ตะปะสา, (2551), การทดสอบแบบไม่ทำลาย, วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ, ปีที่ 56, ฉบับที่ 176, หน้า 7-12.

2. ธนาคาร เบ้าทอง, เพิ่มศักดิ์ พิมพ์จ่อง, ปภากร พิทยชวาล และ ปวีร์ ศิริรักษ์, (2554), "การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์", การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี 2554 (IE Network 2011), ชลบุรี, 21-22 ตุลาคม 2554, pp.1799-1804.

3. ธานี อ่วมอ้อ, (2546), การบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพมหานคร: สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.

4. ธานี อ่วมอ้อ, (2547), การบำรุงรักษาด้วยตนเอง, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร: สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.

5. ปภากร สูนานนท์, (2552), "วิธีการระบุเส้นโครงร่างในงาน Layer-Based Geometrical Reconstruction", การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2552 (IE Network 2009), ขอนแก่น, 21–22 ตุลาคม 2552.

6. ปานฤทัย แสงฟ้า และ ปภากร พิทยชวาล, (2554), "การวิเคราะห์จำนวนเครื่องจักรและตำแหน่งการจัดวางเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต", การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี 2554 (IE Network 2011), ชลบุรี, 21-22 ตุลาคม 2554, pp.488-493.

7. ราชบัณฑิตยสถาน, (2542), พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถานกรุงเทพมหานคร: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่น.

8. พูลพร แสงบางปลา, (2538), การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการบำรุงรักษา TPM (Total Productive Maintenance), กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. เพิ่มศักดิ์ พิมพ์จ่อง, ปภากร พิทยชวาล และ พรศิริ จงกล, (2554), "การออกแบบท่าทางการทำงานในกระบวนการผลิตไก่แปรรูปด้วยเทคนิค REBA", การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี 2554(IE Network 2011), ชลบุรี, 21-22 ตุลาคม 2554, pp.353-358.

10. สุรพล ราษฎร์นุ้ย, (2545), วิศวกรรมการบำรุงรักษา, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.

11. สุพร อัศวินนิมิตร และ ธีรพร พัดภู่, (2550), วิศวกรรมการบำรุงรักษา, กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

12. สุพัฒน์ เชียศิริวัฒนา, วัฒนา เชียงกูล และ เกรียงไกร ดำรงรัตน์, (2549), สัมฤทธิผลของงานบำรุงรักษา (Efficacy of Maintenance), กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.

13. Concetti M., Cuccioletta R., Fedele L. and Mercuri G. (2009). "Tele-maintenance intelligent system for technical plants result management". Reliability Engineering and System Safety, Vol. 94, pp. 63–77.

14. Durán O. (2011). "Computer-aided maintenance management systems selection based on a fuzzy AHP approach". Advances in Engineering Software, Vol. 42, pp. 821–829.

15. Jardine, A. K. S.(2006). Maintenance, replacement, and reliability: theory and applications, CRC Press, Boca Raton.

16. KansM. (2008). "An approach for determining the requirements of computerized maintenance management systems". Computers in Industry, Vol. 59, pp. 32–40.

17. Marquez A. C. and Gupta J. N. D. (2006)."Contemporary maintenance management: process, framework and supporting pillars". Omega, Vol. 34, pp. 313-326.

18. Mobley R. K. (2004). Maintenance fundamentals, 2nd ed., New York: Elsevier Butterworth-Heinemann.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

19. Niebel W. B.(1985). Engineering Maintenance Management, New York:Marcel Dekker.

20. Persona A., Regattieri A., Pham H., Battini D. (2007). "Remote control and maintenance outsourcing networks and its applications in supply chain management". Journal of Operations Management, Vol. 25, pp. 1275–1291.

21. Srisertpol J., Soonanon P. and Champathong P., (2010) "Verification of Measurement System for Shearography Machine". The 9th international conference on SYSTEM SCIENCE and SIMULATION in ENGINEERING (ICOSSSE'10), Iwate, Japan, October 4-6, 2010.

22. Stephens M. P.(2004). Productivity and reliability-base maintenance management, Ohio: Pearson Prentice Hall.

23. SuradetTantrairath, PaphakornPitayachaval, SirisakRangklang and JiraphonSrisertpol (2012) "A Comparison of Cover Coat Methods for Electronic Flexible Printed Circuit (E-FPC) Based on Peeling Strength". Advanced Materials Research, Vol. 421, pp. 489-492.

24. Wornyoh E.Y.A. and Higgs C. F. (2010). "An asperity-based fractional coverage model for transfer films on a tribological surface". Wear, Vol. 279(3-4), pp. 127-139.

25. E.M.A Zawawi E. M. A., Kamaruzzaman S. N., Ithnin Z. and Zulkarnain S. H. (2011). "A conceptual framework for describing CSF of building maintenance management".Procedia Engineering, Vol. 20,pp. 110-117.

26. http://bareket-astro.com/. 18 มกราคม 2555.

27. http://nobleengineeringservices.com.au. 18 มกราคม 2555.

28. http://pvactech.com/.18 มกราคม 2555.

29. http://www.bam.de/. 18 มกราคม 2555.

30. http://www.buffaloinspection.ca/. 18 มกราคม 2555.

31. http://www.ecodepotsales.com/. 18 มกราคม 2555.

32. http://www.ndt-ed.org. 18 มกราคม 2555.

33. http://www.presentingelectrical.co.uk/. 18 มกราคม 2555.

34. http://www.reliableplant.com/. 18 มกราคม 2555.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี