

2.6.1 ความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร

ความสามารถของเครื่องจักร ที่ทำงานได้ตามต้องการภายใต้สภาพการทำงาน และเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยทั่วไป แล้วเมื่อความเชื่อถือของเครื่องจักรต่ำลง โดยสาเหตุหลัก ๆ ส่วนใหญ่มักมาจากความสูญเสียแบบเรื้อรังที่เพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปสู่ปัญหาเรื่อง ดำเนินของชิ้นงานและข้อบกพร่องต่าง ๆ รวมถึงเกิดความเสียหายขึ้นกับเครื่องจักรโดยมีปัจจัย สำคัญ 5 ประการ ดังนี้

- 1) ความเชื่อถือของการประกอบสร้าง (Fabrication reliability)
- 2) ความเชื่อถือของการติดตั้ง (Installation reliability)
- 3) ความเชื่อถือของการออกแบบ (Design reliability)
- 4) ความน่าเชื่อถือของการใช้งาน (Operation reliability)
- 5) ความเชื่อถือของการบำรุงรักษา (Maintenance reliability)

2.6.2 การฟื้นฟูเครื่องจักรให้กลับสู่สภาพเดิม

หมายถึง การนำสภาพเครื่องจักรในปัจจุบันให้กลับมาสู่สภาพตอนเริ่มใช้งานของ เครื่องจักรใหม่ หรือครั้งแรก หรือ เดินเครื่องจักรได้ตามข้อกำหนดของเครื่องจักรระบุไว้ สามารถ อธิบายแนวทางของการฟื้นฟูให้กลับสู่สภาพเดิมได้ โดยพิจารณาในเรื่องที่จะทำให้เครื่องจักรอยู่ใน สภาพหน้าที่ยังการทำงานที่ถูกต้อง เช่น กรรมวิธีการคาดการณ์ (Predictive method) และกรรมวิธี การค้นหา (Detection method) และแนวทางในการฟื้นฟูอย่างถูกต้อง (How to achieve proper restoration)

2.6.3 การใช้งานได้ดีที่สุด

หมายถึงการใช้งานเครื่องจักรในการผลิตได้อย่างเต็มที่ในทุกหน้าที่การทำงาน ของ เครื่องจักร โดยมีวิธีการบำรุงรักษาอย่างดีจนได้ประโยชน์สูงสุดสามารถแบ่งได้เป็น 8 ข้อ ดังนี้

- 1) สภาพะการใช้งาน (Conditions of use)
- 2) ความแม่นยำในการติดตั้ง (Installation precision)
- 3) ความแม่นยำในการประกอบใส่ (Assembly precision)
- 4) หน้าที่การทำงาน (Function)
- 5) สภาพแวดล้อม (Environment)
- 6) สภาพภายนอก (External appearance)
- 7) ความแม่นยำของขนาด (Dimensional precision)

8) วัสดุและความแข็งแรง (material and Strength)

27 ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE)

เป็นตัววัดผลเพื่อชี้ให้เห็นว่า เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงไร ค่าประสิทธิภาพ โดยรวมของเครื่องจักรไม่ได้สนใจเฉพาะปริมาณชิ้นงานที่สามารถผลิตได้ในกะหนึ่ง ๆ เท่านั้น เมื่อเราวัดประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร ประสิทธิภาพเป็นเพียงปัจจัยหนึ่งเท่านั้น

สมรรถนะ (Performance) การเปรียบเทียบระหว่างผลผลิตจริงที่ทำได้ (Actual Output) กับผลผลิตที่เครื่องจักรควรผลิตได้ในช่วงเวลาเดียวกัน

ความพร้อมใช้งาน (Availability) การเปรียบเทียบระหว่างเวลาที่ใช้ใน การปฏิบัติงานที่เป็นไปได้ (Potential Operating Time) กับเวลาที่เครื่องจักรใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จริง

คุณภาพ (Quality) การเปรียบเทียบระหว่างจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผลิต กับจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ตรงตามข้อกำหนดของลูกค้าเมื่อคุณ สมรรถนะ ความพร้อมใช้งาน และ คุณภาพ เข้าด้วยกันจะได้ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรซึ่งจะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ ค่า OEE จะแสดงให้เห็นภาพที่สมบูรณ์ของ สุขภาพเครื่องจักร ไม่ใช่แค่แสดงว่าเครื่องจักรสามารถผลิตชิ้นส่วนได้เร็วแค่ไหน และความสูญเสียนั้นเป็นตัวลดค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร โดยความเป็นจริงนั้นเครื่องจักรไม่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ตามอุดมคติ ไม่สามารถเดินเครื่องได้ต่อเนื่อง และยังไม่สามารถรักษาความเร็วในการผลิตผลิตภัณฑ์ไว้ในระดับสูงสุดได้โดยไม่เกิด ปัญหาใด ๆ ปัญหาเหล่านี้เป็นภาพแบบความสูญเสียเปล่าและไม่เพิ่มคุณค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถวัดผ่าน OEE ที่สถานะที่ทำให้เครื่องจักรเกิดปัญหา คือ ความสูญเสียที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร (Equipment-related Losses) การเข้าใจความแตกต่างของความสูญเสียที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรประเภทต่าง ๆ จะทำให้เห็นถึงโครงสร้างในการประยุกต์ใช้ OEE ในการปรับปรุง เพื่อลดความสูญเสียประเภทต่าง ๆ โดยมีองค์ประกอบพื้นฐานจากความสูญเสียหลัก 6 ประการ

- 1) การเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร
- 2) เวลาในการติดตั้งเครื่องจักร
- 3) การหยุดเดินเครื่องเล็ก ๆ น้อย ๆ
- 4) ความเร็วในการเดินเครื่องลดลง
- 5) ของเสียร่อยทำลาย (Scrap) และการแก้ไขชิ้นงาน
- 6) ความสูญเสียที่เกิดในช่วงแรกของการเดินเครื่อง

เวลาที่เครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้องและเวลาที่แก้ไขซ่อมแซมเครื่องจักร นับรวมเวลาที่เครื่องจักรต้องหยุดเดินทุกประเภทจนกระทั่งเครื่องจักรสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้นต่อไปได้ บางทีอาจรวมการหยุดเดินเครื่องจักรทุกประเภทไว้เป็นกลุ่มเดียวกัน แต่บางทีอาจแบ่งออกเป็นหลาย ๆ กลุ่มเพื่อเป็นการแยกแยะตามประเภทหรือสาเหตุที่ทำให้เครื่องจักรเกิดขัดข้อง สิ่งที่สำคัญ คือ การทำให้แนวทางที่ปฏิบัติเป็นมาตรฐาน เพื่อให้สามารถวัดผลของเหตุการณ์ที่เกิดขัดข้องแบบเดียวกันได้

จุดประสงค์ของการเก็บค่า OEE จะมีคุณค่าที่สุดก็ต่อเมื่อคุณเก็บรวบรวมข้อมูล และทำการคำนวณเป็นประจำ การติดตามค่า OEE ตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้อยู่ตลอด ทำให้สามารถมองเห็นภาพแบบสำหรับการปรับปรุงได้ การมีระบบการจัดเก็บ OEE เป็นเรื่องสำคัญ การวาดแผนภูมิแสดงอัตราพื้นฐาน (Basic rate) เป็นจุดเริ่มต้นที่ดีแต่มีข้อจำกัดที่ว่าอาจไม่สามารถดึงมาใช้ อธิบายได้อย่างสะดวก จึงมีการนำ ซอฟต์แวร์มาใช้เป็นเครื่องมือช่วยคำนวณและจัดเก็บข้อมูล สำหรับใช้งานในภาพแบบของกราฟหลาย ๆ ประเภทโดยอัตโนมัติ



ภาพที่ 2.3

องค์ประกอบของ OEE และความสูญเสีย

จากภาพที่ 2.3 แสดงให้เห็นภาพที่ง่ายต่อการเข้าใจ แถบ A และ B จะแสดงถึงความพร้อมใช้งาน (Availability) โดยที่เวลาที่ไม่ได้ถูกกำหนดแผนการผลิตไว้ (Unscheduled Time) ทำให้เวลาที่ปฏิบัติงานทั้งหมด (Total Operating Time) ลดลงทำให้เหลือเวลาปฏิบัติงานสุทธิ (Net

Operating Time) ในกราฟ A สีน้ำเงิน แต่ในช่วงเวลาที่เหลือนี้นี้ยังมีเวลาที่เสียไปจากการหยุดเดินเครื่องจักรอยู่บ่อยครั้งซึ่งปกติก็จะเป็นเพราะเครื่องจักรเสียและการติดตั้งเครื่องจักร เมื่อลบเวลาที่ต้องหยุดเดินเครื่องจักร (Downtime) ออกไปจากเวลาทั้งหมดแล้ว จะได้เวลาจริงที่เดินเครื่องจักร (Running Time) ในกราฟ B สีฟ้า ที่เครื่องจักรใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์

ตัวอย่าง

$$\frac{\text{เวลาเดินเครื่องจักร}}{\text{เวลาปฏิบัติงานสุทธิ}} = \frac{300 \text{ นาที}}{400 \text{ นาที}} = \text{ความพร้อมใช้งาน} \\ (0.75 \times 100) = 75\%$$

สมรรถนะ กราฟ C และ D จะแสดงถึงสมรรถนะ ในช่วงเวลาเดินเครื่องจักร และเครื่องจักรจะสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ตามปริมาณที่ต้องการผลิตตรงตามเป้าหมายได้ ถ้าเดินเครื่องจักรด้วยความเร็วที่ถูกออกแบบมาได้ตลอดเวลา แต่ความสูญเสียอย่างเช่น การหยุดเครื่องจักรเล็ก ๆ น้อย ๆ และความเร็วในการเดินเครื่องจักรที่ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด ทำให้ได้ผลผลิตจริง กราฟ D สีชมพู ลดน้อยลง

ตัวอย่าง

$$\frac{\text{ผลผลิตจริง}}{\text{ผลผลิตเป้าหมาย}} = \frac{12,000 \text{ ชิ้น}}{20,000 \text{ ชิ้น}} = \text{สมรรถนะ} (0.6 \times 100\%) = 60\%$$

คุณภาพ จากกราฟภาพ E สีเขียว และ F สีเทา จะแสดงถึงคุณภาพ ในการผลิตผลผลิตจริงที่ได้ E สีเขียว ผลผลิตส่วนใหญ่เป็นเป็นผลผลิตที่เป็นของดี F สีเทา แต่ปกติแล้วผลผลิตบางชิ้นก็ไม่ได้คุณภาพตามที่กำหนดไว้และต้องถูกนำไปทำลาย หรือแก้ไขในช่วงแรกของการเดินเครื่องจักรมักจะทำให้เกิดของเสียหรือทำลาย (Scrap) จึงทำให้อัตราของดีที่ได้จากวัตถุดิบตั้งต้นมีค่าต่ำลง

ตัวอย่าง

$$\frac{\text{ผลผลิตที่เป็นของดี}}{\text{ผลผลิตจริง}} = \frac{11,760 \text{ ชิ้น}}{12,000 \text{ ชิ้น}} = \text{คุณภาพ} \\ (0.98 \times 100\%) = 98\%$$

ในภาพที่ 2.3 แสดงให้เห็นความสูญเสียจากความพร้อมใช้งาน สมรรถนะ และคุณภาพ มาประกอบกันทำให้ปริมาณผลผลิตที่เป็นของดีที่เครื่องจักรสามารถผลิตได้ในช่วงกะหนึ่ง ๆ นั้นลดลงได้อย่างเช่นถ้าปรับปรุง คุณภาพ เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตที่เป็นของดีขึ้นอีกเล็กน้อย แต่ปริมาณรวมก็จะไม่เพิ่มขึ้นเด่นชัดจนกว่าจะปรับปรุง ทั้ง สมรรถนะ และ ความพร้อมใช้งาน

ตัวอย่าง

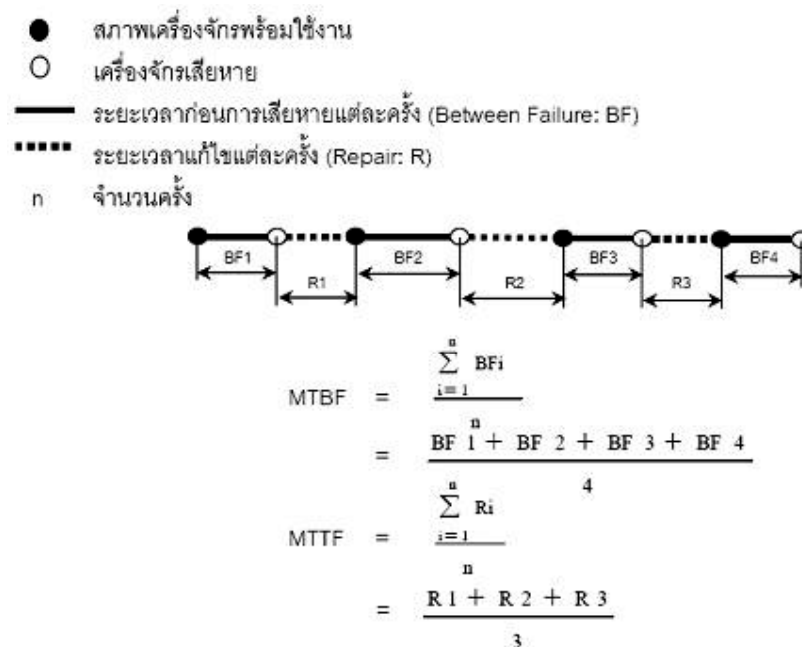
$$(0.75 \times 0.60 \times 0.98 \times 100 \%) = \text{ค่า OEE เท่ากับ } 44\%$$

(ความพร้อมใช้งาน X สมรรถนะ X คุณภาพ)

การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเป็นวิธีการที่สำคัญเพื่อเฝ้าติดตามความสูญเสียประเภทใดบ้างที่กำลังลดทอนประสิทธิผลของเครื่องจักร หากมีการคอยติดตามค่า OEE เป็นประจำจะสามารถสังเกต ภาพแบบที่ก่อให้เกิด ปัญหาเกี่ยวกับเครื่องจักรในสายการผลิต และการวัดค่า OEE ต้องตัดสินใจก่อนว่าข้อมูลใดบ้างของเครื่องจักรและ ผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาวัดผลสำหรับการคำนวณข้อมูลเบื้องต้นที่จะวัดผล

28 งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

Benjamin S. Blanchard (1995) ได้ สรุปเกี่ยวกับ ทฤษฎี ของการวัดค่า Maintainability ไว้ดังนี้ ค่าตัวประกอบความน่าเชื่อถือ จะอธิบายถึง ความน่าจะเป็นในระบบ หรือ ความแน่ใจหลักที่มาจากระยะเวลาการปฏิบัติงาน ภายใต้ข้อกำหนดต่าง ๆ และความถี่ในการบำรุงรักษาที่จะทำให้มีผลต่อความน่าเชื่อถือของระบบ ปกติแล้ว ระบบ ความน่าเชื่อถือจะตรงกันข้ามกับความถี่ของการซ่อมแซมเครื่องจักรแบบฉุกเฉิน และได้อธิบายเกี่ยวกับ อัตราการเกิดความเสียหายและเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหาย (Failure rate and mean time between failure : MTBF) ว่าเป็น ตัววัดความน่าเชื่อถือที่เป็นพื้นฐานที่สุด ที่สามารถอธิบายถึงความถี่ในการเกิดความสูญเสีย อธิบายได้ตามภาพที่ 2.4 รวมทั้งระยะเวลาเฉลี่ยตั้งแต่เสียหายจนใช้งานได้แต่ละครั้ง (Mean times to failure : MTTF)



ภาพที่ 2.4

อธิบายการคำนวณ MTBF และ MTTF

การวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน Clifton (1985) ได้อธิบายถึงหลักการในการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยต้องวางแผนการบำรุงรักษา เพื่อนำไปปรับปรุงระยะเวลาให้เหมาะสมกับระยะเวลาที่กำหนดโดยเปรียบเทียบจาก ขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติงาน ตารางงานในการทำงานปกติของทีมซ่อมบำรุงรักษา แผนงานที่วางแผนการทำงานไว้ล่วงหน้าสำหรับการบำรุงรักษาแบบเดิม ขั้นตอนการตรวจสอบงานซ่อมบำรุงรักษา โดยทั้งหมดจะดูระยะเวลาเฉลี่ยต่อเครื่องจักรในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และรายละเอียดการทำงาน และ ความถี่ในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

การปรับปรุงระบบการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เครื่องจักรในกระบวนการขึ้นภาพพร้อม วิเชียร สิงห์ใหม่ (2544) งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะออกแบบ ระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร ในกระบวนการขึ้นภาพพร้อมให้เกิดข้อขัดข้องของเครื่องจักรลดลง และเพื่อใช้ในการออกแบบนี้ วางแผนการบำรุงรักษาในการศึกษาการปรับปรุงระบบการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรในกระบวนการขึ้นภาพพร้อม จากการศึกษานี้ได้ทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของเครื่อง คือ เหตุขัดข้องของเครื่องจักร ระยะเวลาการหยุดเครื่องจักร และอื่น ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ และดำเนินการปรับปรุงกระบวนการแก้ไขเครื่องจักร และระบบการบำรุงรักษา

เครื่องจักร โดยจัดทำกิจกรรมต่าง ๆ ใหม่และระยะเวลาของควมถี่ในการบำรุงรักษา เพื่อนำผลที่ได้มาจัดทำแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรรายปี และการจัดทำวิธีการปฏิบัติงานบำรุงรักษา โดยใช้ควบคู่กัน กับแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร นอกจากนี้ยังจัดทำเอกสารการควบคุมการปฏิบัติงาน เช่น ใบตรวจเช็ครายวัน (Daily Check-sheet) ใบตรวจเช็ครายเดือน (Monthly check-sheet) ใบบันทึกประวัติการซ่อมบำรุงเครื่องจักร (Down time record), ใบสรุปเวลาที่เครื่องจักรทำงาน เพื่อให้การทำงานเป็นตารางแผน ซึ่งสามารถนำส่วนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และการวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร และระบบต่าง ๆ จากการศึกษางานวิจัยฉบับนี้ทำให้ทราบแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดระยะเวลาการบำรุงรักษา

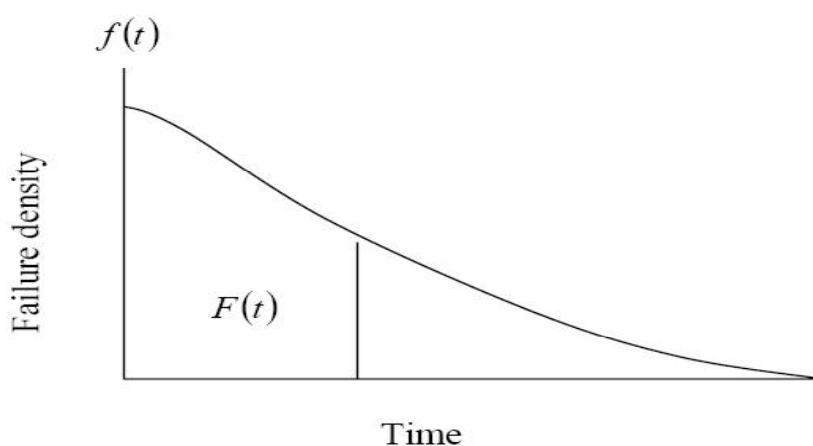
ระบบการจัดการการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศชนิด อีรพล ต้นสัจจา (2544) งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายถึงลักษณะการวางแผนในการบำรุงรักษา และขั้นตอนในการบำรุงรักษา รวมทั้งการวางแผนด้านเครื่องมือและอุปกรณ์สำรอง ด้านการฝึกอบรมบุคลากร และด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และการจัดลำดับความสำคัญโดยคำนึงถึงความยากง่ายในการบำรุงรักษา และระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาใช้ในการจัดการบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการบำรุงรักษา จากการศึกษาพบว่า ระบบปรับอากาศ จะมีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นเฉลี่ยประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับสัดส่วนระบบอื่น ๆ ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะถ้าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศไม่ดีแล้ว จะทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าสูงตามขึ้นด้วย และอาจจะส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายที่อาจเกิดขึ้นในการซ่อมบำรุง การศึกษางานวิจัยฉบับนี้ทำให้ทราบถึงการวางแผนในการบำรุงรักษาและขั้นตอนในการบำรุงรักษา รวมทั้งการวางแผนด้านเครื่องมือและอุปกรณ์สำรอง

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบจ่ายน้ำมันรถบรรทุกสำหรับคลังน้ำมัน ภูวดล ชลกล้า (2546) เป็นงานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาการสูญเสียจากการผลิตลงอันเนื่องมาจากการขัดข้องของเครื่องจักร เนื่องจากรถบรรทุกน้ำมันสามารถแล่นในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลได้ในช่วงเวลา 21.00 – 06.00 น. ฉะนั้นอุปกรณ์ต้องมีความพร้อมในการจ่ายน้ำมันในช่วงเวลาดังกล่าว จากการศึกษาสภาพทั่วไปของระบบการจ่ายน้ำมันลงรถบรรทุกน้ำมันของกรณีศึกษาพบว่าเกิดการขัดข้องของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการ เนื่องด้วยขาดการจัดการบำรุงรักษาที่ดีพอ การทำงานส่วนใหญ่จัดทำเมื่ออุปกรณ์เกิดการชำรุดขัดข้อง จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องจักร คือ ระยะเวลาขัดข้อง สาเหตุขัดข้อง โดยมีขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขดำเนินการ คือ การทำความสะอาด การตรวจสอบ การค้นหาสาเหตุและวิธีการแก้ไข การจัดการด้านอะไหล่ ตลอดจนการจัดทำระบบเอกสารเพื่อให้การทำงานเป็นไปตามแผน และเป็นการเก็บข้อมูลเพื่อใช้

ในการพัฒนาแผนการทำงานต่อไป หลังการปรับปรุงแล้วพบว่าค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้องของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.92 อัตราการขัดข้องลดลงร้อยละ 76.3 และความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรหลังการปรับปรุงสูงขึ้นร้อยละ 3.41 งานวิจัยฉบับนี้ทำให้ทราบแนวทางเพื่อลดการสูญเสียจากการผลิตลง ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขดำเนินการ การตรวจสอบ การค้นหาสาเหตุและวิธีการแก้ไข

การบำรุงรักษาเครื่องจักรเมื่อเกิดการเสียหายขึ้น พบว่ามีผลต่อฝ่ายซ่อมบำรุงและฝ่ายผลิตโดยตรงการบำรุงรักษาเพื่อลดการเกิดความสูญเสีย และปรับปรุงเครื่องจักรให้กลับมาใช้งานได้สมบูรณ์ที่สุด Bentley (1993) ได้แยกระดับความน่าเชื่อถือออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกนั้นคือการเสียที่ไม่สามารถซ่อมแซมได้ จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนจากอะไหล่ของใหม่แทนเท่านั้น มี 2 ปัจจัย เพื่อบ่งบอกความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรได้ และเวลาเฉลี่ยของการเสียหายได้บอกเวลารวมสูญเสีย และจำนวนครั้งการเสียหาย รวมทั้งค่าเฉลี่ยอัตราสูญเสีย (Failure Rate) ส่วนที่ 2 การเสียหายที่สามารถปรับปรุงแก้ไขได้โดยการปรับตั้งแก้ไข ซึ่งความเชื่อถือนั้นบ่งบอกว่าการซ่อมบำรุงรักษาจะขึ้นอยู่กับเวลาเป็นสำคัญ ซึ่งมี 5 ตัววัดความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร ค่าความสูญเสียเฉลี่ย (Mean Down Time: MDT) จะอธิบายเวลารวมและจำนวนครั้งที่เกิดความสูญเสีย, (Mean Time Between Failure : MTBF) คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาก่อนเกิดการสูญเสีย Reliability Measure จะบอกถึงเวลาที่เสียหายได้ (Time To Failure: TTF) และมีสูตรการเทียบหาค่าได้ดังนี้ โดยความเป็นไปได้ของแต่ละอาการเสียที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาการทำงานที่เกิดขึ้น (Time: t) และความเสียหายโดยทั่วไปแสดงได้โดย $F(t)$

$$F(t) = P\{TTF \leq t\}$$



ภาพที่ 2.5

เปลี่ยนแปลงตามความเสียหาย

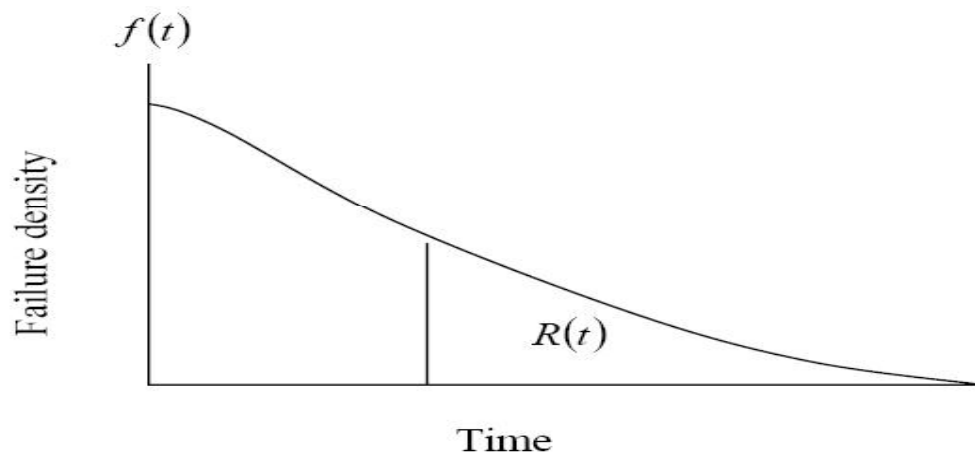
สูตรการเปลี่ยนแปลงตามความเสียหายดังภาพที่ 2.6 แสดงสูตรตามเวลาต่าง ๆ

Distribution	Failure Function, $F(t)$
Exponential	$1 - \exp(-\lambda t); t > 0, \lambda > 0$
Normal	$\int_0^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\left[\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right]} dx$ or $\Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$
Lognormal	$\int_0^t \frac{1}{\sigma_l x \sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x)-\mu_l}{\sigma_l}\right)^2\right)} dx$ or $\Phi\left(\frac{\ln(t)-\mu_l}{\sigma_l}\right)$
Weibull	$1 - \exp\left(-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right); \eta, \beta, \gamma > 0, t \geq \gamma$
Gamma	$\frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^t \beta^\alpha x^{\alpha-1} e^{-\beta x} dx$

ภาพที่ 2.6

สูตรการเปลี่ยนแปลงตามความเสียหาย

โดยคุณลักษณะของ Failure Function นั้นจะอธิบายได้โดยการเพิ่มของ Failure function จาก $T_1 < T_2; F(t_1) < F(t_2)$ โดย $F(t)$ เป็นการสะสมโดยเลือกตัวแปรเฉพาะตามเวลา t โดยที่ $F(t)$ เป็นเศษส่วนของการเสียตามเวลา t ความน่าเชื่อถือของระบบ ความน่าเชื่อถือสามารถในการปรับปรุงตามระยะเวลา $R(t)$ โดยที่ $R(t) = 1 - F(t)$



ภาพที่ 2.7

การเปลี่ยนแปลงตามความน่าเชื่อถือ

โดยความน่าเชื่อถือนั้นสามารถปรับเป็นภาพแบบได้ดังภาพที่ 2.8

Distribution	Reliability Function, $R(t)$
Exponential	$\exp(-\lambda t); t > 0, \lambda > 0$
Normal	$\Phi\left(\frac{\mu - t}{\sigma}\right) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\left[\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right]} dx$
Lognormal	$\Phi\left(\frac{\mu_l - \ln t}{\sigma_l}\right) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sigma_l x \sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x)-\mu_l}{\sigma_l}\right)^2\right)} dx$
Weibull	$\exp\left(-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right); \eta, \beta, \gamma > 0, t \geq \gamma$
Gamma	$1 - \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^t \beta^\alpha x^{\alpha-1} e^{-\beta x} dx$

ภาพที่ 2.8

สูตรการเปลี่ยนแปลงตามค่าความเชื่อถือ