Research Article
Journal of Advanced Development in Engineering and Science
Vol. 14 ● No. 40 • May – August 2024

การปรับปรุงงานบำรุงรักษาเครื่องจักรเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษา: บริษัทผู้ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า

Improvement Machine Maintenance for Enhanced Reliability Case Study: Transformer Manufacturers Company

เษกสรร สิงห์ธนู[1] มานพ พิพัฒหัตถกุล[2] และ ปริวรรต นาสวาสดิ์[1*]
Seksan Singthanu[1], Manop Pipathattakul[2] and Pariwat Nasawat[1*]

Received: 31 December 2023
Revised: 18 March 2024
Accepted: 6 May 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ โดยมุ่งเน้นที่การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรในด้านต่างๆ ได้แก่ อัตราการเดินเครื่องตามระยะเวลาที่เครื่องจักรพร้อมใช้งานต่อระยะเวลาทั้งหมด ประสิทธิภาพเครื่องจักรและคุณภาพการผลิต เครื่องมือที่ใช้ดำเนินการในการวิจัยนี้ได้แก่ แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร ใบตรวจสอบประจำวัน ใบแจ้งซ่อมและใบบันทึกการซ่อม ใช้ในการบันทึกรายละเอียดการซ่อมเครื่องจักร การตรวจสอบเครื่องจักรประจำวันจะตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องจักรและดำเนินการแก้ไขทันที ผลการดำเนินงานวิจัยหลังปรับปรุงพบว่าค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 17 สมรรถนะความเชื่อถือ (MTTF) เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 22.68 ชั่วโมง สมรรถนะการซ่อมบำรุงเครื่องจักร (MTTR) ลดลงเฉลี่ย 7.68 ชั่วโมง และสมรรถนะด้านความพร้อมใช้งานของระบบ (A%) เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.2 จากผลการดำเนินงานวิจัยพบว่าการปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือสามารถส่งผลให้เครื่องจักรมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการเดินเครื่องประสิทธิภาพเครื่องจักรและคุณภาพการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการผลิตโดยรวมของโรงงาน

คำสำคัญ: ความพร้อมใช้งาน ความน่าเชื่อถือ การบำรุงรักษาเครื่องจักร ใบตรวจสอบ

[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ฉะเชิงเทรา ประเทศไทย 24000
[1]Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University, Chachoengsao,Thailand 24000
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
[2]Department of Machanical Engineering, Faculty of Engineering, Pathumwan Institute of Technology, Bangkok,Thailand 10330
[*]ผู้นิพนธ์ประสานงาน (Corresponding author) e-mail: pariwat@techno.rru.ac.th

ABSTRACT

The objective of this research was to improve the machine maintenance system based on reliability, focusing on increasing machine efficiency in terms of availability (the proportion of time a machine is available for use), performance, and quality rate. Tools utilized include a machine maintenance plan, daily check sheet, repair request and repair record form. The daily machine inspection abnormalities in the machine and take corrective action immediately. The results of the research after the improvement showed that the overall equipment efficiency (OEE) increased by 17%, the reliability performance (MTTF) increased an average of 22.68 hours, the machine maintenance performance (MTTR) decreased an average of 7.68 hours, and the system availability performance (A%) increased by 4.2%. The results of the research showed that improving the machine maintenance system based on reliability can result in machines that are more reliable, resulting in increased uptime, machine performance, and production quality, which has a positive impact on the overall production efficiency of the factory.

Keywords: Availability; Reliability; Machine Maintenance; Daily Check Sheet

บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องและมีการแข่งขันกันมากขึ้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ประกอบการต้องปรับกลยุทธ์ด้านต่างๆ ทั้งด้านการผลิตด้านคุณภาพ และด้านการบริการเพื่อสามารถตอบสนองการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพและมีความน่าเชื่อถือเพื่อการแข่งขันทางธุรกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคการผลิตถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการดำเนินธุรกิจ ผู้ประกอบการจำเป็นต้องมีการบริหารจัดการและการวางแผนกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงสุด สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการแข่งขันค่อนข้างสูง ทั้งด้านการผลิต การควบคุมคุณภาพ และการส่งมอบสินค้า จะต้องบริหารจัดการงานด้านการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ไม่ให้เกิดการสูญเสียหรือขัดข้องจนไม่สามารถดำเนินการผลิตได้ ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อยอดการผลิต ยอดการขาย และความเชื่อมั่นของลูกค้า การมีแผนการบริหารจัดการบำรุงรักษาที่ดีจะส่งผลให้เครื่องจักรสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการบำรุงรักษาที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพจะส่งผลต่ออายุการใช้งาน ประสิทธิภาพการผลิตและความเชื่อมั่นของลูกค้า

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตของผู้ผลิตหม้อแปลงในโรงงานกรณีศึกษา พบว่าในกระบวนการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าในส่วนของเครื่องพันคอยล์เกิดการสูญเสียบ่อยครั้ง ส่งผลต่อกระบวนการผลิตที่ต้องหยุดชะงักกระทบต่อยอดขายและค่าใช้จ่ายในการซ่อมเครื่องจักร รวมถึงการส่งมอบสินค้าที่เกิดความล่าช้าส่งไม่ทันกำหนด ดังนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องดำเนินการปรับปรุงเครื่องจักรให้พร้อมใช้งานตลอดเวลาจากข้อมูลการสูญเสียดังแสดงในรูปที่ 1

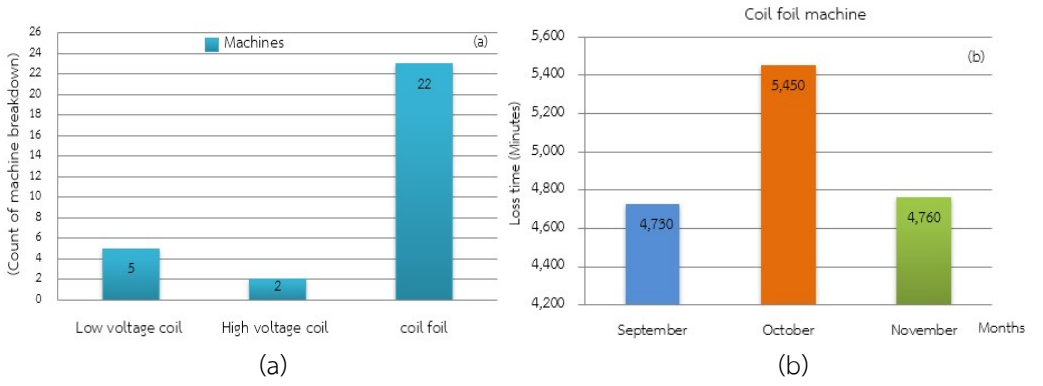


Figure 1 Count of machine breakdown (a), loss timeof machine (b), (Sep - Nov2022)

จากรูปที่ 1 (a) แสดงการหยุดของเครื่องพันคอยล์แรงต่ำเกิดการเสียจำนวน 5 ครั้ง เครื่องพันคอยล์แรงสูงเสีย 2 ครั้ง และเครื่องพันคอยล์ฟอยล์เสีย 22 ครั้ง ซึ่งมีสถิติการเสียมากที่สุด ข้อมูลตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน 2565 (b) เวลาเครื่องพันคอยล์ฟอยล์หยุดการทำงานเดือนกันยายนเวลาสูญเสีย 4,730 นาที เดือนตุลาคมเวลาสูญเสีย 5,450 นาที และเดือนพฤศจิกายนเวลาสูญเสีย 4,760 นาทีจากข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นแนวคิดที่จะดำเนินงานวิจัยเพื่อปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ สำหรับกระบวนการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยการปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อยืดอายุการใช้งานและลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือในกระบวนการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งปัจจุบันทางบริษัทมีการดำเนินงานด้านการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรที่ไม่ดีนักขาดแผนงานที่ชัดเจนขาดแนวทางปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพงานบำรุงรักษาเครื่องจักรดังนั้นจึงเกิดความสนใจที่จะดำเนินงานวิจัยเพื่อปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับกรณีศึกษาผู้ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าอุตสาหกรรมแห่งนี้

1. กำหนดกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างงานวิจัยนี้ได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบจำเพาะเจาะจง แผนกผลิตของกระบวนการพันคอยล์ฟอยล์ (Machine Eico Industries) สำหรับผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมีสถิติการชำรุดและความเสียหายของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตมากที่สุดสายการผลิตมีเครื่องพันคอยล์ฟอยล์จำนวน 4 เครื่องสำหรับเป็นต้นแบบสำหรับการดำเนินงานวิจัยนี้

2. กำหนดกรอบแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินค่าประสิทธิผลการทำงานของเครื่องจักรโดยรวม (OEE) [1] เพื่อสะท้อนภาพรวมการทำงานของเครื่องจักรที่จะส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตการหาค่าประสิทธิผลการทำงานของเครื่องจักรโดยรวม (OEE) ประกอบด้วย

ค่าอัตราความพร้อมในการเดินเครื่อง (Availability: A)

อัตราการเดินเครื่อง = (เวลาเดินเครื่อง / เวลารับภาระงาน) (1)

ค่าสมรรถนะการเดินเครื่อง (Performance Efficiency: P)

สมรรถนะการเดินเครื่อง = (เวลามาตรฐาน x จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้) / (เวลาเดินเครื่อง) (2)

ค่าอัตราคุณภาพ (Quality Rate: Q)

$$\text{อัตราคุณภาพ} = \frac{\text{(จำนวนชิ้นงานผลิตทั้งหมด – จำนวนชิ้นงานเสียและที่ซ่อม)}}{\text{(จำนวนชิ้นงานที่ผลิตทั้งหมด)}} \quad (3)$$

ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness: OEE)

$$OEE = A \times P \times Q \quad (4)$$

2.2 การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ [2]

สมรรถนะความน่าเชื่อถือคือเวลาเฉลี่ยเครื่องจักรที่สามารถทำงานตามปกติก่อนเกิดความเสียหาย (Mean Time to Failure) โดยเรียกว่า MTTF ถ้าเครื่องจักรที่มีสมรรถนะความเชื่อถือได้สูงหมายถึง MTTF จะมีค่าสูงดังแสดงในสมการที่ 5

$$MTTF = (Tup / a+1) \quad \text{ชั่วโมง/ครั้ง} \quad (5)$$

สมรรถนะการซ่อมบำรุงเป็นเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมเครื่องจักรโดยเรียกว่า MTTR ถ้าสมรรถนะการบำรุงรักษามีประสิทธิภาพสูง MTTR จะมีค่าน้อยดังแสดงในสมการที่ (6)

$$MTTR = (a / n) \quad \text{ชั่วโมง/ครั้ง} \quad (6)$$

สมรรถนะความพร้อมใช้งานเป็นเวลาของเครื่องจักรที่สามารถทำงานได้โดยปราศจากปัญหาภายใต้การทำงานที่กำหนดเรียกว่า A

$$A = (Tup) / (Tup+Tdm) \times 100\% \quad (7)$$

เมื่อ Tdm คือ เวลาสูญเสียหรือเวลาที่เครื่องจักรหยุดทำงาน (ชั่วโมง) Tup คือ เวลาปฏิบัติงานทั้งหมด (ชั่วโมง) a คือจำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดทำงาน MTTF คือสมรรถนะความเชื่อถือได้ MTTR คือสมรรถนะบำรุงรักษาได้ A คือ สมรรถนะความพร้อมใช้งาน และ n คือ จำนวนครั้งความเสียหาย

2.3 กระบวนการคัดเลือกและวิเคราะห์ชิ้นส่วนเครื่องจักรตามความวิกฤติและหน้าที่ตามแนวคิด Nowland & Heap [3] เพื่อพิจารณาตามหน้าที่กระบวนการผลิตซึ่งเป็นการกำหนดลำดับความสำคัญก่อนและหลังตามความวิกฤติหน้าที่ของชิ้นส่วนเป็นการวัดผลกระทบที่เกิดขึ้นในกรณีเครื่องจักรเสียหายโดยพิจารณาโอกาสที่จะเกิดและผลกระทบต่อเครื่องจักร [4] แบ่งออกเป็น 3 ประเด็นหลักดังนี้

(1) ผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Commercial consequence score) ได้แก่ การวัดค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

(2) ผลกระทบทางด้านความปลอดภัย (Safety consequence score) ได้แก่ การวัดค่าวิกฤติรวมด้านความปลอดภัยที่กระทบต่อความปลอดภัยเมื่อเกิดความเสียของเครื่องจักร

(3) ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Environment consequence score) ได้แก่การวัดค่าวิกฤติด้านสิ่งแวดล้อมที่กระทบเมื่อเกิดความเสียหาย

2.4 เครื่องมือวิเคราะห์ปัญหาด้านคุณภาพ (QC 7 Tools) ใช้วิเคราะห์ถึงปัญหาเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพหรือกระบวนการทำงานและการจัดทำมาตรฐานเพื่อควบคุมติดตามผลอย่างต่อเนื่องสำหรับเครื่องมือด้านคุณภาพทั้ง 7 ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ใบตรวจสอบ (Check Sheets) คือแบบฟอร์มที่มีการออกแบบเพื่อจะใช้ในการบันทึกข้อมูลได้ง่ายและสะดวก ในการออกแบบฟอร์มทุกครั้งต้องมี

วัตถุประสงค์ที่ชัดเจนของการออกแบบฟอร์มในการเก็บข้อมูล กราฟ (Graph) เพื่อใช้แสดงค่าของข้อมูลว่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหรือแสดงองค์ประกอบต่างๆ เมื่อต้องการนำเสนอข้อมูลและวิเคราะห์ผลทำให้เข้าใจง่ายและรวดเร็วต่อการทำความเข้าใจ แผนผังเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) เป็นผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะของปัญหาและปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาแท้จริงที่เกิดขึ้น [5]

2.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) และค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) แสดงในสมการที่ 8 และ 9

ค่าร้อยละ (Percentage)

$$PC = (fx/n) \times 100 \quad (8)$$

เมื่อ PC คือ ค่าร้อยละ f เป็นความถี่ข้อมูล x เป็นค่าจำนวน และ n เป็นขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

ค่าเฉลี่ย (Mean)

$$X = (\sum fx / n) \quad (9)$$

เมื่อ X คือ ค่าเฉลี่ย $\sum fx$ เป็นผลรวมของค่าความถี่ทั้งหมด และ n เป็นขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

3. ออกแบบเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

กำหนดแผนตรวจสอบและออกแบบใบตรวจสอบเครื่องจักรประจำวันและใบตรวจสอบตามคาบเวลา (Check Sheet) เป็นแบบฟอร์มการตรวจสอบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน [6] ดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5 ใบบันทึกการตรวจเช็คเป็นแบบฟอร์มสำหรับการตรวจสอบเครื่องจักรที่เกิดความเสียหายหรือปัญหาการขัดข้องของเครื่องจักร [7] ซึ่งมีกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ งานปรับแต่งและเปลี่ยนชิ้นส่วน ซ่อมแซม งานหล่อลื่นและการทำความสะอาด โดยแบบบันทึกจะเป็นตัวกำหนดรายการชิ้นส่วน/อุปกรณ์ ช่วงระยะเวลาและความถี่ในการเข้าไปตรวจสอบเครื่องจักรทั้งหมด ซึ่งจะแสดงรหัสและระยะเวลาในการตรวจเช็ค (Time base Maintenance) ตามรอบเวลาของแต่ละชิ้นส่วนได้อย่างชัดเจน

ใบบันทึกการตรวจเช็คเครื่องจักรประจำวันและตามรอบเวลาเป็นแบบฟอร์มที่ผู้ทำการซ่อมจะเป็นผู้บันทึกรายละเอียดก่อนและหลังเพื่อจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลการซ่อมเครื่องจักรต่อไป [8]

4. การเก็บข้อมูลการซ่อมเครื่องจักรก่อนและหลังการปรับปรุง

การเก็บรวบรวมข้อมูลการซ่อมเครื่องจักร [9] เมื่อมีการหยุดของเครื่องจักร ผู้ปฏิบัติงานจะทำการซ่อมและเก็บข้อมูลจากบันทึกประจำวันของแผนกพันคอยล์ฟอยล์ โดยบันทึกรายงานการซ่อมลงในแบบบันทึกการซ่อมเครื่องจักร [10] และจะนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบไปเก็บในฐานข้อมูลการบันทึกประวัติเครื่องจักร [11] การเก็บรวบรวมข้อมูลเวลาและความถี่ของการหยุดซ่อมเครื่องพันคอยล์ฟอยล์ก่อนปรับปรุงจะมีการเก็บข้อมูลระยะเวลา 3 เดือนดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 4 และ 5

Table 1 Information of coil foil machine breakdown before improvements

Month	Cooling oil pump (min)	Foil stand set (min)	Counter gear type (min)	Hydraulic oil pump (min)	Coolant gutter (min)	Cylinder set (min)	Total (min)
September	1,800	2,010	600	0	320	0	4,730
October	1,250	0	1,200	2,160	420	420	5,450
November	0	1,920	500	1,860	0	480	4,760
Total	3,050	3,930	2,300	4,020	740	900	14,940

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลเวลาการหยุดซ่อมของเครื่องพันคอยล์ฟอยล์เดือนกันยายน - พฤศจิกายน 2565 แสดงเวลาความเสียหายแต่ละกรณีที่ไม่เท่ากัน ซึ่งรวมเวลาการหยุดทั้งสิ้น 14,940 นาทีและความเสียหายของแต่ละอาการรวมจำนวน 22 ครั้ง จากรูปที่ 2 แสดงจำนวนความเสียหายแต่ละเดือนโดยเดือนกันยายนจำนวน 8 ครั้ง เดือนตุลาคมจำนวน 8 ครั้งและเดือนพฤศจิกายนจำนวน 6 ครั้ง

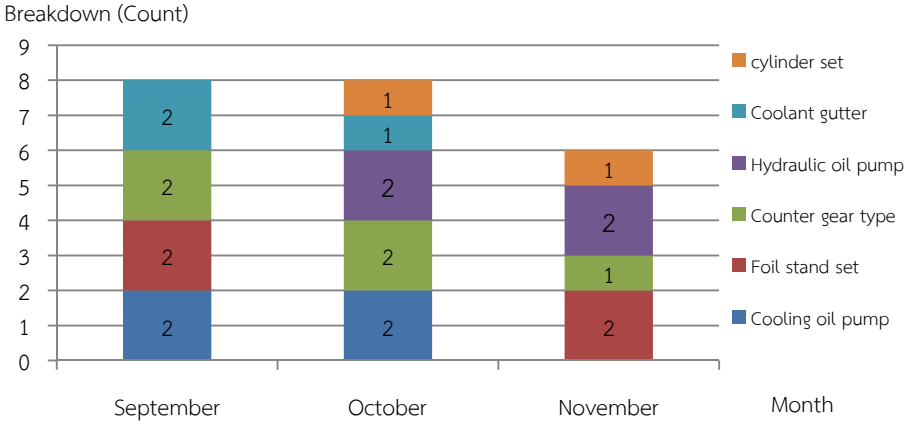


Figure 2 Information of foil coil machinebreadown before improvements (Sep –Nov 2022)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิผลการทำงานของเครื่องพันคอยล์ฟอยล์ก่อนการปรับปรุง อัตราความพร้อมการเดินเครื่อง (Availability: A)

Table 2 Information availability of foil coil machine before improvements

Month	Breakdown (count)	Time to repair (min)	Operating time (min)	Availability (A)
September	8	4,730	20,620	0.81
October	8	5,450	19,900	0.78
November	6	4,760	20,590	0.81

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลอัตราการเดินเครื่องพันคอยล์ฟอยล์ เดือนกันยายน – พฤศจิกายน 2565 โดยมีเวลาในการทำงานแต่ละวัน 8 ชั่วโมง วันทำงานรวม 65 วัน ลบด้วยเวลาที่หยุดตามแผนแต่ละเดือนออก จะเห็นได้ว่าอัตราความพร้อมการเดินเครื่องมีเวลาที่หยุดซ่อมไม่เท่ากัน คิดเป็นค่าเฉลี่ยความพร้อมของการเดินเครื่องจักรเท่ากับร้อยละ 80

สมรรถนะการเดินเครื่อง (Performance Efficiency: P)

Table 3 Machine operation performance data before improvements

Month	Operating time (min)	Work pieces produced according to standard time (pieces)	Number of Producted actually (pieces)	Performance efficiency (P)
September	20,620	92	69	0.75
October	19,900	80	60	0.75
November	20,590	88	66	0.75

ตารางที่ 3 แสดงสมรรถนะการเดินเครื่องพันคอยล์ฟอยล์ช่วงเดือนกันยายน – พฤศจิกายน 2565 เวลาการเดินเครื่องและจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้มีค่าสมรรถนะการเดินเครื่องจักรเฉลี่ยร้อยละ 75.00

อัตราคุณภาพ (Quality Rate: Q)

Table 4 Data quality rate before improvements

Month	Producted actually (pieces)	Produced defect (pieces)	Quality rate (Q)
September	69	4	0.94
October	60	2	0.96
November	66	3	0.95

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลอัตราคุณภาพของการผลิต ช่วงเดือนกันยายน – พฤศจิกายน 2565 ซึ่งอัตราคุณภาพของเครื่องพันคอยล์ฟอยล์จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้มีค่าอัตราคุณภาพเฉลี่ยร้อยละ 95.00

Table 5 Data loss time of machine downtime before improvements (Sep – Nov 2022)

Machine	Number	Equipments	Tdm/h	a/time
Foil coil machine	3	Cooling oil pump	10.16	4
	2	Foil stand set	13.10	4
	4	Counter gear type	6.38	5
	1	Hydraulic oil pump	13.40	4
	6	Coolant gutter	3.08	3
	5	Cylinder set	5.00	2
Total loss time and number of breakdown			51.57	22

ตารางที่ 5 แสดงค่าเวลาสูญเสียและจำนวนที่เครื่องจักรหยุดทำงาน พบว่าชุดปั๊มน้ำมันไฮดรอลิคมีเวลาเฉลี่ยในการหยุดทำงาน 13.40 ชั่วโมง จากการหยุด 4 ครั้ง ชุดแท่นใส่ฟอยล์มีเวลาที่เครื่องจักรหยุดทำงานเฉลี่ย 13.10 ชั่วโมง หยุดจำนวน 4 ครั้ง ชุดปั๊มน้ำมันหล่อเย็นมีเวลาการหยุดเฉลี่ย 10.16 ชั่วโมง จำนวน 4 ครั้ง ตัวนับรอบแบบเฟืองมีเวลาการหยุดเฉลี่ย 6.38 ชั่วโมง จำนวน 5 ครั้ง กระบอกสูบมีเวลาการหยุดเฉลี่ย 5.00 ชั่วโมง จำนวน 2 ครั้ง และรางน้ำหล่อเย็นมีเวลาการหยุดเฉลี่ย 3.08 ชั่วโมงจำนวน 3 ครั้ง คิดเป็นเวลารวม 51.57 ชั่วโมง รวมจำนวนการหยุดทั้งสิ้น 22 ครั้ง

จากข้อมูลข้างต้นเพื่อดำเนินการปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรโดยมุ่งเน้นการจัดการงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันได้กำหนดแนวทางการดำเนินงาน ดังนี้

1) ประเมินผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านความปลอดภัย และด้านสิ่งแวดล้อม ที่ส่งผลต่อการผลิตและการทำงานของเครื่องจักร

2) กำหนดแผนการตรวจสอบเครื่องจักรและออกแบบใบตรวจสอบการบำรุงรักษาตามคาบเวลา

3) กำหนดแนวทางการตรวจสอบการบำรุงรักษาและวิธีการที่ชัดเจนในการปฏิบัติงานโดยมุ่งเน้นวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้องและเหมาะสม

4) ประเมินผลการปฏิบัติงานด้วยการวัดค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรและอัตราการเดินเครื่องจักรหลังการปรับปรุง

6. การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและการจัดการระดับความวิกฤติของเครื่องจักร

การวิเคราะห์สาเหตุความเสียหายของเครื่องจักรและแนวทางดำเนินการแก้ไข ซึ่งจะใช้แผนผังเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ และกำหนดแนวทางในการแก้ไข ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 3

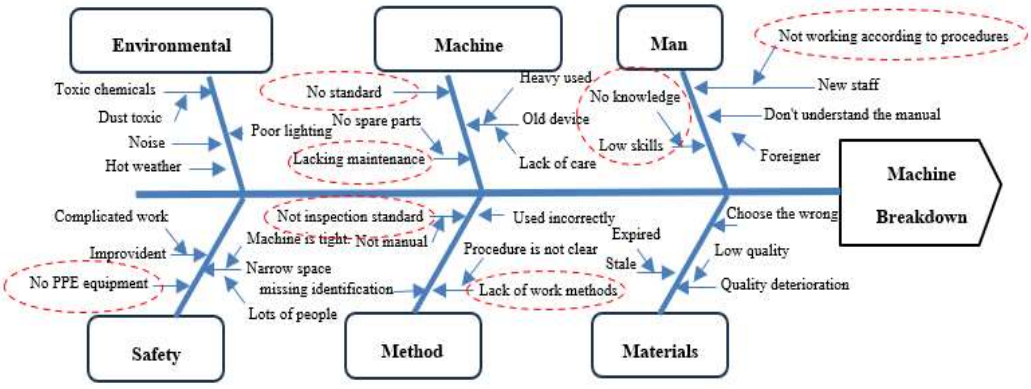


Figure 3 Analysis of root cause of machine breakdown

การประเมินผลกระทบกำหนดเกณฑ์ประเมินค่าวิกฤติทั้ง 3 ด้าน คือด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านควาปลอดภัย และด้านสิ่งแวดล้อม [4] โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ค่าวิกฤติสูง (A) ปานกลาง (B) และต่ำ (C) ตามลำดับ ซึ่งมีการกำหนดช่วงระดับคะแนน ดังนี้

คะแนน 15 – 30 เป็นคะแนนความวิกฤติสูง (1) หรือ A

คะแนน 5 – 14 เป็นคะแนนความวิกฤติปานกลาง (2) หรือ B

คะแนน 1 – 4 เป็นคะแนนความวิกฤติต่ำ (3) หรือ C

7. การปรับปรุงระบบบำรุงรักษาเครื่องพันคอยล์ฟอยล์

7.1 กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหา [12]

1) วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิผลการทำงานของเครื่องจักร (OEE) โดยกำหนดเป้าหมายเพื่อเพิ่มผลผลิตและกำจัดความสูญเปล่า

2) เพิ่มสมรรถนะความน่าเชื่อถือ (Reliability) ที่เป็นเวลาเฉลี่ยเครื่องจักรทำงานได้ตามปกติก่อนเกิดความเสียหาย (Mean Time to Failure)

3) เพิ่มสมรรถนะการซ่อมบำรุงที่เป็นเวลาเฉลี่ยในการซ่อมเครื่องจักร (Mean Time to Repair) ให้กลับมาใช้งานได้เป็นปกติ

4) เพิ่มสมรรถนะความพร้อมใช้งานเครื่องจักรซึ่งเป็นเวลาของเครื่องจักรที่สามารถทำงานโดยปราศจากปัญหาในภาวะการทำงานปกติ

7.2 กำหนดขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุง

1) ศึกษาสภาพทั่วไปของการบำรุงรักษาเครื่องจักร [13]

2) ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการซ่อมบำรุงและการบำรุงรักษาโดยการสำรวจพื้นที่การทำงานเพื่อศึกษาสภาพการซ่อมบำรุงปัจจุบัน

3) เก็บรวบรวมข้อมูลการซ่อมเครื่องพันคอยล์ฟอยล์ [14] จากใบแจ้งซ่อมเครื่องจักรช่วงเดือนกันยายน-พฤศจิกายน พ.ศ. 2565

4) จัดทำแผนการบำรุงรักษาและสร้างใบตรวจสอบ (Check Sheet) เพื่อใช้ในการตรวจสอบสำหรับการบำรุงรักษาเครื่องพันคอยล์ฟอยล์

5) วิเคราะห์ข้อมูลโดยเริ่มจากทำการบันทึกข้อมูลของการทำงานของเครื่องพันคอยล์ฟอยล์ก่อนปรับปรุง เพื่อประเมินประสิทธิผลการทำงานของเครื่องจักรโดยมีเป้าหมายเพื่อสะท้อนภาพการใช้งานของเครื่องจักรหรือเพิ่มผลผลิตและการกำจัดความสูญเปล่า และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาอัตราความเสียหายของชิ้นส่วนเพื่อหาความน่าเชื่อถือของชิ้นส่วนของเครื่องพันคอยล์ฟอยล์ [15]

6) กำหนดมาตรฐานและขั้นตอนการปฏิบัติงานพร้อมจัดการเทรนนิ่งเพื่อสอนวิธีการใช้งานใบตรวจสอบและการตรวจสอบเครื่องจักร

7) ติดตามและควบคุมการดำเนินงานโดยกำหนดระยะเวลาการติดตามผลการดำเนินงานหลังจากเริ่มใช้งานระบบบำรุงรักษาที่กำหนดเป็นระยะเวลา 3 เดือน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยเริ่มจากข้อมูลของการทำงานของเครื่องพันคอยล์ฟอยล์ เพื่อประเมินประสิทธิผลการทำงานของเครื่องจักรโดยการหาอัตราความเสียหายของชิ้นส่วน เพื่อหาความน่าเชื่อถือของชิ้นส่วนของเครื่องพันคอยล์ฟอยล์

8) เก็บรวบรวมข้อมูลการซ่อมเครื่องพันคอยล์ฟอยล์จากข้อมูลใบแจ้งซ่อมเครื่องจักรที่ได้ออกแบบและปรับปรุงขึ้นใหม่ [16]

9) เปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุงเพื่อประเมินผลการดำเนินงาน

7.3 กำหนดแผนการตรวจสอบ (ดังแสดงในรูปที่ 4) และออกแบบใบตรวจสอบเครื่องจักรรายวันและรายสัปดาห์ (รูปที่ 5) เพื่อนำไปใช้งาน

Daily machine maintenance inspection report						
Month:	Machinery / equipment number:			Section: Production		
Year:	Name of machine / equipment: Eico Inoustries			Location: Coil Wrap		
No.	Inspection List	Time	Result	Suggestions / Comments Damage report	Sign the inspector	Notation
1	Foot pedal					
2	Foil coil wrap machine frame					
3	Control cabinet					
4	Gear revolution counter					
5	Control panel the winding cycles					
6	Insulation wrapping machine					
7	Foil coil-wrapped shaft set					
8	Electric saw					
Note √ Normal X Abnormal Supervisor ..... (Leader maintenance)						

Figure 4 Sample of the daily check sheet for the foil coil machine

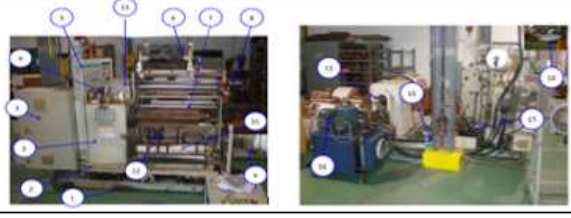
No.	List	Checking time	Inspection method	Inspection standards	Status of machine		Inspection Results
					Run machine	Stop machine	
1	Foot pedal	Daily	Visually, Feet touch	Not being stuck or stuck.		√	
2	Foil coil wrap machine frame	Daily	Visually, Hands touch	Cleanliness of the machine		√	
3	Control cabinet	Daily	Visually, Work results	Work results	√		
4	Gear revolution counter	Daily	Visually, Hands touch	Not stuck	√		
5	Control panel the winding cycles	Daily	Visually, Hands touch	Compare the cycle with the gear type	√		
6	Insulation wrapping machine	Daily	Visually, Work results	Work results	√		
7	Foil coil-wrapped shaft set	Daily	Visually	Work results	√		
8	Electric saw	Daily	Visually, Hands touch	Not stuck	√		
9	Coolant pump set	Weekly	Visually, Measure the water level	Measure the water level in tank		√	
10	Coolant gutter	Weekly	Visually, Results of work	No clogged dirt, no leaks		√	
11	Foil stand set	Weekly	Visually, Results of work	Work results	√		
12	cylinder	Weekly	Visually, Results of work	Work results	√		
13	Hydraulic oil pressure gauge	Monthly	Visually, Results of work	Measured by dixplay	√		
14	Copper arc head	Monthly	Visually, Duration	Work results	√		
15	Air pressure gauge	Monthly	Visually, Results of work	Measured by work	√		
16	Hydraulic pump set	3 months	Oil level at specified intervals	Measured by working distance		√	
17	Hydraulic brake pump set	3 months	Oil level at specified intervals	Measured by working distance		√	
							

Figure 5 Sample of the inspection plan for the foil coil machine

ผลการวิจัย

การวัดผลการปรับปรุงงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยเน้นความน่าเชื่อถือเป็นพื้นฐานจากการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) จะทราบถึงสาเหตุความสูญเสียที่เกิดขึ้นรวมถึงการแยกประเภทของการสูญเสียและแสดงรายละเอียดของสาเหตุการเกิดที่สามารถนำไปปรับปรุงเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นได้

(1) ผลวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยแผนผังเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) สามารถระบุสาเหตุและกำหนดแนวทางแก้ไขปัญหาเครื่องจักรหยุดสำหรับเครื่องพันคอยฟอยล์ดังแสดงในตารางที่ 6

Table 6 Action guidelines to solve the problem of stopping the foil coil winding machine

Problem	Cause	Solution
1. Employee has no knowledge, Lack of skills and no clear work guidelines.	Employees are not trained in maintenance work. Including no clear operating procedures.	-Training on machine maintenance work for operators and machine operators. - Prepare a manual and operating procedures to guide the work to a standard.
2. Machinery lacks maintenance and no standards for inspection operations.	Machines have a long service life. and there is no proactive inspection to prevent damage.	- Establish an inspection plan and create standards for inspection of foil coil winding machines.
3. There is no inspection standard. Examination of machinery and lack of clear operating procedures.	No established inspection standards and methods for inspecting machinery.	-Design a foil coil winding machine inspection sheet and define a checklist and methods for employees to use.
4. No PPE protective equipment.	Employees do not wear when working.	-Set it as a mandatory standard in work.

(2) ผลการประเมินผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์ความปลอดภัยและด้านสิ่งแวดล้อมมีผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 7

Table 7 Results evaluation of impacts on 3 aspects of the foil coil winding machine.

List Equipment	Economics	Results	Aspects Safety	Results	Environmental Impact	Results
Cooling oil pump	18	A	6	B	2	C
Foil stand set	18	A	3	C	1	C
Counter gear type	15	A	3	C	1	C
Hydraulic oil pump	24	A	8	B	2	C
Coolant gutter	12	B	1	C	1	C
Cylinder set	15	A	3	C	1	C

ตารางที่ 7 แสดงผลการประเมินผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องพันคอยล์ฟอยล์พบว่าเครื่องจักรมีชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่มีความสำคัญอยู่ในค่าวิกฤติสูง (A) ต้องมีการกำหนดแผนดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกันทุกๆเดือนแต่ไม่เกิน 3 เดือน เพื่อตรวจสอบความพร้อมใช้งานที่จะส่งผลกระทบต่อการหยุดของเครื่องจักร (Breakdown) ผลการประเมินผลกระทบด้านความปลอดภัยพบว่าเครื่องจักรมีชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่มีความสำคัญอยู่ในค่าวิกฤติปานกลาง (B) และต่ำ (C) ซึ่งมีผลกระทบด้านความปลอดภัยค่อนข้างน้อย ด้านการบำรุงรักษาและการผลิตผลประเมินด้านสิ่งแวดล้อมพบว่ามีค่าความสำคัญอยู่ในค่าวิกฤติต่ำ (C) คือมีผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมต่ำ

(3) ผลการปรับปรุงงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยเน้นความน่าเชื่อถือเป็นพื้นฐานดังแสดงในตารางที่ 8 ถึง 10

Table 8 Information availability of foil coil machine after improvements

Month	Breakdown (count)	Time to repair (min)	Operating time (min)	Availability (A)
January	5	2,040	22,990	0.91
February	4	1,950	19,900	0.92
March	4	1,740	23,290	0.93

จากตารางที่ 8 แสดงข้อมูลอัตราการเดินเครื่องพันคอยล์ฟอยล์ เดือนมกราคม – มีนาคม 2566 แสดงให้เห็นว่าเครื่องมีเวลาหยุดซ่อมลดลง อัตราความพร้อมการเดินเครื่องเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 92.00

Table 9 Machine operation performance data after improvements

Month	Operating time (min)	Work pieces produced according to standard time (pieces)	Number of Producted actually (pieces)	Performance efficiency (P)
January	20,620	80	78	0.98
February	19,900	80	76	0.95
March	20,590	88	86	0.97

จากตารางที่ 9 แสดงสมรรถนะการเดินเครื่องพันคอยล์ฟอยล์ช่วงเดือนมกราคม–มีนาคม 2566 แสดงเวลาการเดินเครื่องและจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้มีค่าสมรรถนะการเดินเครื่องจักรเฉลี่ยร้อยละ 96.66

Table 10 Data quality rate after improvements

Month	Producted actually (pieces)	Producted defect (pieces)	Quality rate (Q)
January	78	2	0.97
February	76	4	0.95
March	86	2	0.97

จากตารางที่ 10 แสดงข้อมูลอัตราคุณภาพของเครื่องจักร ช่วงเดือนมกราคม–มีนาคม 2566 ซึ่งเป็นอัตราคุณภาพของเครื่องพันคอยล์ฟอยล์ มีจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้มีค่าอัตราคุณภาพเฉลี่ยร้อยละ 96.33

Table 11 Data of foil coil machine breadown after improvements (Jan – Mar 2023).

Month	Cooling oil pump (min)	Foil stand set (min)	Counter gear type (min)	Hydraulic oil pump (min)	Coolant gutter (min)	Cylinder set (min)	Total (min)
January	690	450	550	0	350	0	2,040
February	690	0	420	500	0	340	1,950
March	0	440	280	800	0	220	1,740
Total	1,380	890	1,250	1,300	350	560	5,730

ตารางที่ 11 และ 12 แสดงสาเหตุที่ชำรุดและจำนวนครั้งที่เสียในแต่ละเดือนของเครื่องพันคอยล์ฟอยล์ โดยมีการหยุด 13 ครั้งและเวลารวมการหยุดซ่อมเครื่องจักร 5,730 นาที ซึ่งมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบก่อนดำเนินการปรับปรุง

Table 12 Information frequency and loss time of foil coil winding machine

Machine	No.	Equipments	Before (Sep - Nov2022)		After (Jan - Mar2023)	
			Tdm / h	a / time	Tdm / h	A/ time
Foil coil machine	1	Cooling oil pump	10.16	4	7.66	2
	2	Foil stand set	13.10	4	4.94	2
	3	Counter gear type	6.38	5	4.16	4
	4	Hydraulic oil pump	13.4	4	5.14	2
	5	Coolant gutter	3.08	3	5.83	1
	6	Cylinder set	5.00	2	3.11	2
Total loss time and frequency			51.57	22	30.84	13

Table 13 Comparative data on losses of foil coil winding machines.

Machine	Loss cause	Before improvements (Average:Sep - Nov 2022)			After improvements (Average:Jan - Mar 2023)		
		Frequency (count)	Loss time (min)	Percent loss (%)	Frequency (count)	Loss time (min)	Percent loss (%)
Foil coil machine	Cooling oil pump	4	3,050	9.77	2	1,380	4.56
	Foil stand set	4	3,930	12.59	2	890	2.94
	Counter gear type	5	2,300	7.37	4	1,250	4.79
	Hydraulic oil pump	4	4,020	12.88	2	1,300	4.29
	Coolant gutter	3	740	2.37	1	350	1.15
	Cylinder set	2	900	2.88	2	560	1.85
Total		22	14,940	47.86	13	5,730	22.89

จากตารางที่ 13 แสดงค่าเวลาสูญเสียในการซ่อมแซมและจำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดทำงานรายชั่วโมงพบว่าเวลาสูญเสียของเครื่องพันคอยล์ฟอยล์ช่วงก่อนปรับปรุงเดือนกันยายน – พฤศจิกายน 2565 เวลาสูญเสีย 14,940 นาที เครื่องจักรเสียเดิมมีความถี่จำนวน 22 ครั้งเท่ากับร้อยละ 47.86 และหลังการปรับปรุงช่วงเดือนมกราคม – มีนาคม 2566 เวลาที่สูญเสีย 5,730 นาที เครื่องจักรเสียมีความถี่ลดลงเหลือ 13 ครั้งคิดเป็นร้อยละ 22.89 เห็นได้ว่าหลังการปรับปรุงค่าความถี่ขัดข้องของเครื่องจักรลดลง 9 ครั้งและเวลาสูญเสียลดลง 9,210 นาทีคิดเป็นร้อยละ 24.97

ตารางที่ 14 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ก่อนปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยร้อยละ63 และหลังการปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 80 เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 17 เปรียบเทียบค่า (OEE) แต่ละเดือนมกราคม – มีนาคม 2566 เพิ่มขึ้นร้อยละ 26, 14 และ 6 ตามลำดับ

Table 14 Compare the machine overall effectiveness (OEE) before and after improvements.

No.	Before improvements (Sep - Nov 2022)				After improvements (Jan - Mar 2023)				OEE percentage increase
	A	P	Q	OEE	A	P	Q	OEE	
1	0.81	0.78	0.81	0.51	0.91	0.98	0.97	0.77	26
2	0.94	0.78	0.81	0.59	0.98	0.95	0.95	0.73	14
3	0.94	0.96	0.95	0.85	0.97	0.97	0.97	0.91	6
Average	0.89	0.84	0.85	0.63	0.95	0.96	0.96	0.80	17

จากรูปที่ 6 และ 7 แสดงกราฟก่อนและหลังปรับปรุงค่าความพร้อมใช้งานเครื่องจักร (A) ค่าสมรรถนะการผลิต (P) และค่าอัตราคุณภาพ (Q) และค่า OEE โดยหลังการปรับปรุงมีค่าเพิ่มสูงขึ้นทุกตัวชี้วัด

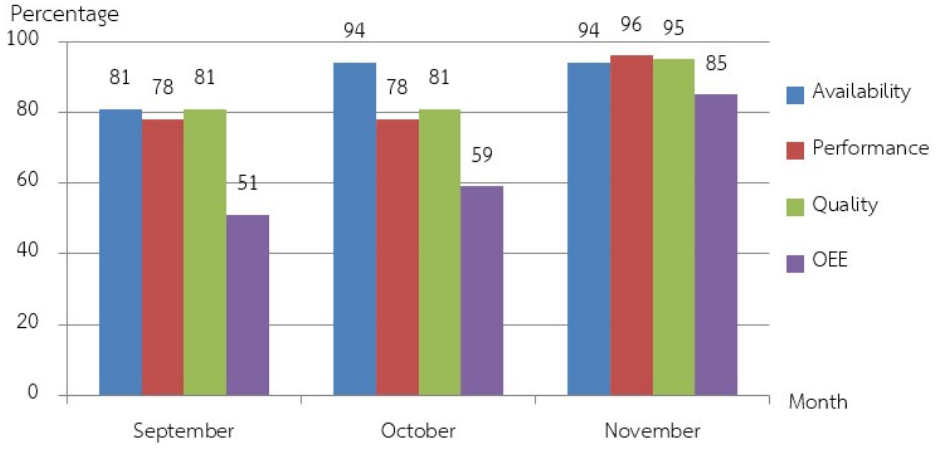


Figure 6 Data overall effectiveness of equipment before improvements (Sep - Nov 2022)

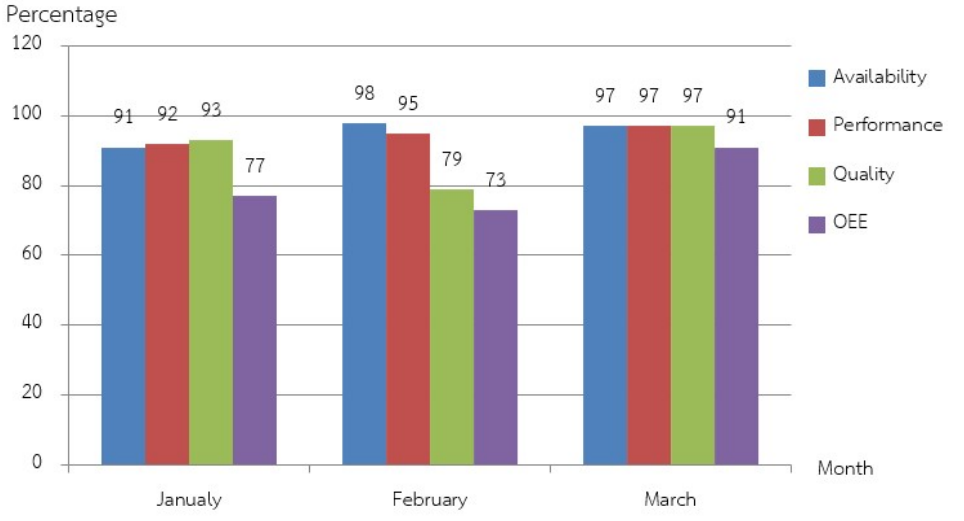


Figure 7 Data overall effectiveness of equipment after improvements (Jan - Mar 2023)

Table 15 Comparative results of machine availability (A) before and after improvements

Month (2022)	Before improvements (Sep - Nov 2022)						Month (2023)	After improvements (Jan - Mar 2023)					
	Tup (hour)	Tdm (hour)	a (time)	MTTF (h/time)	MTTR (hour)	A%		Tup (hour)	Tdm (hour)	a (time)	MTTF (h/time)	MTTR (hour)	A%
September	520	87	8	31.01	20.02	92.84	Janualy	504	29	5	54.02	15.71	96.84
October	520	85	7	33.02	20.48	93.16	February	504	32	4	56.05	12.61	97.31
November	520	79	7	31.03	23.91	92.12	March	504	36	4	53.01	13.05	96.55
Total/Av.	520	80.66	22	31.68	21.47	92.70	**Total/Av.**	504	32.33	13	54.36	13.79	96.90

จากตารางที่ 15 แสดงข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุงเครื่องจักรพบว่าเวลาสูญเสีย (Tdm) ลดลงเฉลี่ย 48.33 ชั่วโมง จำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดหลังปรับปรุงลดลง 13 ครั้ง ค่าสมรรถนะความน่าเชื่อถือในการเดินเครื่องจักรเฉลี่ยก่อนเกิดความเสียหาย (MTTF) มีค่า 31.68 ชั่วโมง หลังปรับปรุงมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเป็น 54.36 ชั่วโมงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 22.68 ชั่วโมง ส่วนค่าสมรรถนะในการซ่อมเครื่องจักร (MTTR) ค่าเฉลี่ยในการซ่อมลดลง 7.68 ชั่วโมง/ครั้ง ค่าสมรรถนะความพร้อมใช้งานเครื่องจักร (A%) มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.2

จากรูปที่ 8 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำรุงรักษาด้านสมรรถนะความเชื่อถือได้พบว่ามีค่าเฉลี่ยก่อนปรับปรุงเท่ากับ 31.68 ชั่วโมง/ครั้ง และหลังการปรับปรุงมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 54.36 ชั่วโมง/ครั้ง เครื่องจักรมีเวลาในการเดินเครื่องเพิ่มขึ้น 22.68 ชั่วโมง/ครั้ง ก่อนเกิดความเสียหายและรูปที่ 9 แสดงผลเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านสมรรถนะการซ่อมบำรุงพบว่าประสิทธิภาพเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง 21.47 ชั่วโมง/ครั้งและหลังการปรับปรุงลดลงเฉลี่ยเหลือ 13.79 ชั่วโมง/ครั้ง เวลาเฉลี่ยในการซ่อมลดลง 7.68 ชั่วโมงต่อการเสียหายในแต่ละครั้ง

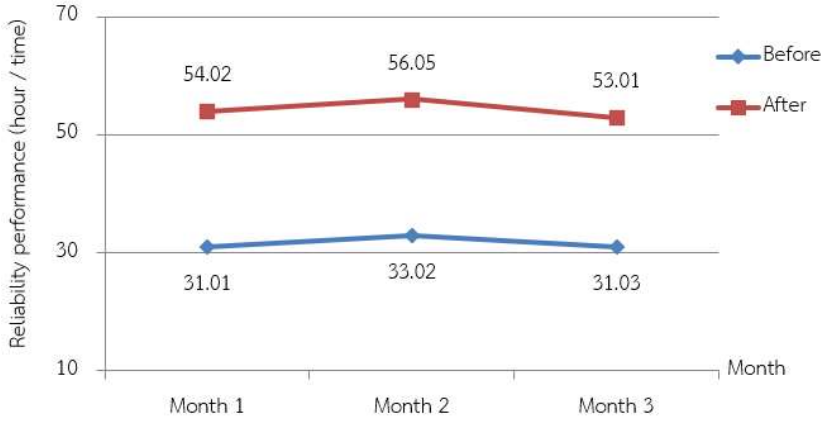


Figure 8 Comparison of maintenance efficiency in terms of performance and reliability

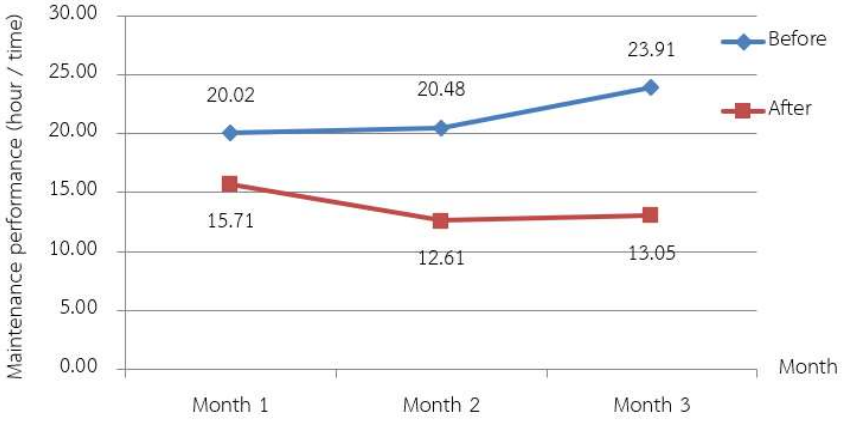


Figure 9 Comparison efficiency of maintenance performance

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการปรับปรุงงานบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานเครื่องจักรบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือสำหรับกระบวนการพันคอยล์ฟอยล์สายการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ 2 ส่วนดังนี้

1) การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพันคอยล์ฟอยล์สามารถวัดได้จากดัชนีชี้วัดค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) และสมรรถนะความน่าเชื่อถือด้านต่างๆดังนี้

1. ค่าอัตราความพร้อมการเดินเครื่องจักร (Availability Rate) เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 6
2. ค่าอัตราสมรรถนะการเดินเครื่องจักร (Performance Rate) เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 12

3. ค่าอัตราคุณภาพ (Quality Rate) เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 11

4. ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 17

5. สมรรถนะความน่าเชื่อถือของงานบำรุงรักษา (MTTF) มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 22.68 ชั่วโมง

6. สมรรถนะความน่าเชื่อถือของงานบำรุงรักษา (MTTR) มีค่าเวลาเฉลี่ยในการซ่อมลดลง 7.68 ชั่วโมงต่อการเสียหายแต่ละครั้ง

7. ประสิทธิภาพด้านสมรรถนะความพร้อมใช้งานงานเครื่องจักร (A%) มีค่าความพร้อมใช้งานเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 4.2

2) การปรับปรุงเพื่อสร้างมาตรฐานงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

1. ปรับปรุงมาตรฐานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ให้ถูกต้องและเหมาะสมกับเครื่องจักรได้แก่การกำหนดแผนงานบำรุงรักษาการสร้างมาตรฐานใบตรวจสอบและระบบงานแจ้งซ่อมเครื่องจักรการเก็บข้อมูลการกำหนดกิจกรรมดำเนินงานบำรุงรักษาเพื่อปรับปรุงสภาพพื้นฐานและฟื้นฟูสภาพเครื่องจักรให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. สร้างมาตรฐานตรวจสอบสภาพเครื่องจักรเพื่อป้องกันการเกิด Breakdown กับเครื่องจักร

3. กำหนดวิธีการตรวจสอบและขั้นตอนการทำงานที่สามารถควบคุมและตรวจสอบการทำงานได้อย่างเหมาะสม

4. ฝึกอบรมเพื่อสร้างองค์ความรู้และแนวปฏิบัติในการตรวจเช็คและการบันทึกข้อมูลให้กับพนักงานฝ่ายปฏิบัติการที่เป็นผู้ควบคุมเครื่องจักรและช่างซ่อมบำรุง

ข้อเสนอแนะ

1) การศึกษาเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรจำเป็นต้องทำการศึกษาจากการปฏิบัติงานจริงในสถานประกอบการเท่านั้นอาจจะมีข้อจำกัดในปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้

2) เนื่องจากการวิจัยนี้ต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษาและเก็บข้อมูลเป็นเวลานานดังนั้นข้อมูลจากงานวิจัยครั้งนี้จึงถือเป็นข้อมูลขั้นต้นควรมีการศึกษาปัจจัยด้านต่างๆประกอบเพิ่มเติมเพื่อให้ผลการวิจัยมีความสมบูรณ์มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

References

[1] Pornsirirung, C. (2006). *Manual for Improving Machinery Efficiency*. Bangkok: National Productivity Institute. (in Thai)

[2] Talubkaew, S. (2007). *System reliability and maintenance*. 2nd ed. Bangkok: Textbook Production Center, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok. (in Thai)

[3] Nowlan, F. S. & Heap, H. F. (1987). *Reliability-Centered Maintenance*. Washington, DC: Dolby Access Press.

[4] Chiangkul, W., et al. (2010). *Maintenance Management with Reliability*. Bangkok: Se-Education Publishing House. (in Thai)

[5] Mayurisawan, T. (2013). *Quality Control in Industry*. 6th ed. Bangkok: Textbook Production Center, King Mongkut's University of Technology North Bangkok. (in Thai)

[6] Alamchajaroen, T. (2012). *Improving Production Efficiency Through Preventive Maintenance Case Study of a Foam Injection Factory for Product Packaging*, (Master Thesis, King Mongkut's University of Technology North Bangkok). (in Thai)

[7] Yamsiri, M. (2012). *Improving and Developing Maintenance Systems to Increase Production Efficiency in Electrical Transformer Factories,* (Master Thesis, Chulalongkorn University). (in Thai)

[8] Pan, W. (2008). *Improving Efficiency in the Production of aluminum Electrical Cables Through Maintenance,* (Master Thesis, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok). (in Thai)

[9] Soysriwan, P. & Ngernsawat, S. (2013). *A manual for plastic injection molding machine operations and maintenance to maintain the use of plastic injection molding machines*, (Master Thesis, Rajabhat Rajanagarindra University). (in Thai)

[10] Suwankul, P. & Wijittrapronpong, K. (2012). *Maintenance Engineering*, 4th ed. Bangkok: Textbook Production Center, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok. (in Thai)

[11] Metwalli, S. M., et al. (2016). Computer Aided Reliability for Optimum Maintenance Planning. *Journal of Computers and Industrial Engineering*, 35, 603-606.

[12] Tsai, Y. T., et al. (2004). A Study of Availability-Centered Preventive Maintenance for Multi-Component Systems. *Journal of Reliability Engineering and System Safety*, 84, 261-270.

[13] Deesiltam, K. (2009). *Maintenance management for industrial works*. Bangkok: M & E Publishing. (in Thai)

[14] Ta-umong, S. (2012). *Maintenance engineering*. Bangkok: Se-Education Publishing House. (in Thai)

[15] Thani, U. (2004). *Maintaining Productivity that Everyone Participates*, 3rd ed. Bangkok: National Productivity Institute. (in Thai)

[16] Jirapas, W. (2010). *A Reduction and Control of Loss Time in A Process by Preventive Maintenance*, (Master Thesis, Chulalongkorn University). (in Thai)