

การจัดการบำรุงรักษาเครื่องจักรในกระบวนการผลิตไส้กรองไอเสียรถยนต์*

MAINTENANCE MANAGEMENT OF MACHINERY IN THE AUTOMOTIVE EXHAUST FILTER PRODUCTION PROCESS

พัฒนพงษ์ สมไพร*, ศักดิ์ชาย รักษาร, อัทธกร กลั่นความดี, สำเริง เนตรภู

Pattanapong Somprai*, Sakchai Rakkan, Atthakorn Klankwamdee, Samrerng Netphu

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

Engineering Faculty, Graduate School, Kasem Bundit University, Bangkok, Thailand

*Corresponding author E-mail: Pattanapong_333@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีที่มาจากปัญหาการหยุดชะงักของเครื่องจักร D1 Coating ซึ่งเป็นจุดวิกฤตสำคัญในสายการผลิตไส้กรองไอเสียรถยนต์ จากข้อมูลย้อนหลัง 4 เดือนพบว่าเครื่องจักรมีอัตราการขัดข้องสูงถึง 9.02% ความพร้อมใช้งานเพียง 88.98% ค่า MTBF 2,200 นาฬิกา/ครั้ง และค่า MTTR 275 นาฬิกา/ครั้ง ส่งผลให้เกิดความสูญเสียด้านเวลา คุณภาพ และต้นทุนการผลิต การวิจัยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักร และ 2) เพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาการขัดข้องของเครื่อง D1 Coating อย่างเป็นระบบ กระบวนการวิจัยประกอบด้วย การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลการหยุดเครื่อง การวิเคราะห์แนวโน้มความเสียหาย และการประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 ประการ (7 QC Tools) และแผนผังก้างปลาเพื่อระบุสาเหตุรากของปัญหา ผลพบว่าสาเหตุหลักมาจากสายพานที่หย่อนและหลุดจากมู่เลย์ รวมถึงเบรคที่ไม่ได้รับการบำรุงรักษาตามรอบเวลา ทำให้เกิดการสึกหรอและเพิ่มโอกาสการหยุดชะงักของเครื่องจักร จากนั้นได้พัฒนาแผนการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ โดยสร้างแบบจำลองอนุกรมเวลา 3 วิธี ได้แก่ แบบองค์ประกอบ แบบฮอลด-วินเทอร์ส และแบบดับเบิลเอ็กซ์โพเนนเชียล พร้อมประเมินค่าความคลาดเคลื่อนเพื่อเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด ผลการปรับปรุงพบว่าอัตราการขัดข้องลดลงเหลือ 0.04% ความพร้อมใช้งานเพิ่มขึ้นเป็น 99.98% ค่า MTTR ลดลงเหลือ 10 นาฬิกา/ครั้ง และค่า MTBF เพิ่มขึ้นเป็น 11,505 นาฬิกา/ครั้ง สะท้อนให้เห็นว่าการบูรณาการการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์และเชิงป้องกันช่วยเพิ่มความเสถียรของเครื่องจักรอย่างมีประสิทธิภาพ ข้อเสนอแนะคือควรพัฒนาระบบฐานข้อมูลการบำรุงรักษาแบบรวมศูนย์ และจัดรอบตรวจเชิงพยากรณ์อย่างสม่ำเสมอ เพื่อสร้างความยั่งยืนให้ระบบบำรุงรักษาในระยะยาว

คำสำคัญ: การบำรุงรักษาเครื่องจักร, กระบวนการผลิต, ไส้กรองไอเสียรถยนต์



Abstract

This study originated from the recurring breakdowns of the D1 Coating machine, a critical point in the automotive exhaust filter production line. Analysis of four months of historical data indicated a high breakdown rate of 9.02%, machine availability of only 88.98%, a mean time between failures (MTBF) of 2,200 minutes per failure, and a mean time to repair (MTTR) of 275 minutes per failure. These conditions caused significant losses in production time, product quality, and operational costs. The objectives of this research were: 1) to enhance the maintenance efficiency of the machinery, and 2) to systematically analyze and resolve the breakdown problems of the D1 Coating machine. The research process involved verifying the accuracy of machine stoppage records, analyzing failure trends, and applying the Seven Quality Control Tools (7 QC Tools) along with a cause-and-effect diagram to identify root causes. The findings revealed that the main causes were belt loosening and slipping from the pulley, as well as bearings that were not maintained according to the appropriate schedule, resulting in accelerated wear and increased risk of machine downtime. To address these issues, a predictive maintenance plan was developed using three time-series forecasting models: decomposition, Holt–Winters exponential smoothing, and double exponential smoothing. Model accuracy was assessed to determine the most suitable approach. After implementation, the breakdown rate decreased to 0.04%, machine availability increased to 99.98%, MTTR decreased to 10 minutes per failure, and MTBF increased to 11,505 minutes per failure, indicating a substantial improvement in machine reliability. It is recommended that the factory establish a centralized maintenance database and implement regular predictive inspection cycles to strengthen the sustainability and long-term effectiveness of the maintenance system.

Keywords: Machinery Maintenance, Production Process, Automotive Exhaust Filter

บทนำ

อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นหนึ่งในภาคที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจโลกและเศรษฐกิจของประเทศไทยมาโดยตลอด โดยในปี 2565 มีมูลค่าทางเศรษฐกิจมากกว่า 2.95 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐ (Wards Intelligence, 2023) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของอุตสาหกรรมดังกล่าวต่อระบบเศรษฐกิจโลก อีกทั้งอุตสาหกรรมนี้ยังมีโครงสร้างการผลิตที่ต้องพึ่งพาระบบเครื่องจักรเป็นหลัก ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรและความพร้อมใช้งาน (Machine Availability) เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อผลผลิต คุณภาพสินค้า ต้นทุน และความสามารถในการแข่งขันของประเทศในตลาดโลก ตามแนวคิดการบำรุงรักษาทวิผลรวม (Total Productive Maintenance: TPM) เครื่องจักรที่มีความขัดข้องบ่อยครั้งจะทำให้เกิดการสูญเสียหลัก (Major Losses) ได้แก่ เวลาหยุดเครื่อง ความเร็วลดลง และผลผลิตเสีย ซึ่งกระทบต่อประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร ประเทศไทยซึ่งเป็นฐานการผลิต

ยานยนต์อันดับต้น ๆ ของภูมิภาคอาเซียน จึงจำเป็นต้องมีระบบการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพและทันสมัยเพื่อรักษาความได้เปรียบเชิงการแข่งขันในอุตสาหกรรมดังกล่าว

งานวิจัยด้านการจัดการบำรุงรักษาในหลากหลายอุตสาหกรรมชี้ให้เห็นว่า การขาดระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่เครื่องจักรขัดข้องสูง เช่น งานวิจัยในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม (ธวัชชัย บัวระภา และคณะ, 2564) อุตสาหกรรมผลิตแชมพู (ธีรวัฒน์ เทพชู และคณะ, 2565) รวมถึงงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นปัญหาการบำรุงรักษาที่ไม่เป็นระบบในโรงงานอุตสาหกรรม (สุกิจ สวัสดิ์แสงสน และคณะ, 2555) ที่ทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้นและความเสี่ยงในการขัดข้องสะสมมากขึ้น นอกจากนี้ การบูรณาการเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น Internet of Things (IoT), ระบบเซนเซอร์ และการวิเคราะห์ข้อมูล ยังได้รับการพิสูจน์ว่าสามารถช่วยเพิ่มความแม่นยำในการคาดการณ์ความเสียหายและลด downtime ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Burgraf, P. et al., 2019) อย่างไรก็ตาม แม้นโยบายและแนวโน้มอุตสาหกรรมจะมุ่งสู่ Predictive Maintenance แต่โรงงานจำนวนมากยังคงประสบปัญหา เช่น ขาดความพร้อมด้านข้อมูล เครื่องจักรมีอายุการใช้งานสูง และบุคลากรขาดความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง ซึ่งล้วนเป็นอุปสรรคต่อการประยุกต์ใช้ระบบดังกล่าว (Mobley, R. K., 2020); (Alrabghi, O. M. & Tiwari, A., 2015) ขณะเดียวกัน งานศึกษาของนักวิชาการไทยชี้ให้เห็นว่าระบบบำรุงรักษาในโรงงานไทยจำนวนมากยังขาดการจัดการเชิงรุกและขาดมาตรฐานด้านข้อมูล ทำให้การบริหารจัดการเครื่องจักรมีประสิทธิภาพต่ำกว่าศักยภาพจริง (ณัฐพงศ์ พันธต์, 2566)

สำหรับโรงงานผลิตไส้กรองโอเลียร์รถยนต์ในนิคมอุตสาหกรรมอีสเทิร์นซีบอร์ด จังหวัดระยอง ซึ่งเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมสำคัญของภาคตะวันออก เครื่องจักร D1 Coating ซึ่งอยู่ในกระบวนการเคลือบสารบนแผ่นกรอง ถือเป็นจุดวิกฤต (Critical Point) ของสายการผลิต จากข้อมูลการทำงานย้อนหลัง 4 เดือน พบว่าเครื่องจักรมีอัตราการขัดข้องเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 9.02 มีความพร้อมใช้งานเพียงร้อยละ 88.98 และเกิด downtime รวม 1,100 นาที จำนวน 4 ครั้ง ส่งผลให้เกิดชิ้นงานเสียรวม 16 ชิ้น ปัญหาเหล่านี้สะท้อนถึงกระบวนการบำรุงรักษาที่ขาดมาตรฐาน ขาดรอบการตรวจเชิงป้องกันที่ชัดเจน อีกทั้งเครื่องจักรมีอายุการใช้งานมากกว่า 15 ปี ทำให้มีแนวโน้มเสื่อมสภาพตามธรรมชาติ และความเสี่ยงในการชำรุดซ้ำซ้อนเพิ่มสูงขึ้น การบำรุงรักษาที่ใช้อยู่ปัจจุบันเป็นแบบแก้ไขเมื่อเกิดปัญหา (Breakdown Maintenance) มากกว่าการวางแผนเชิงรุก ส่งผลให้ไม่สามารถจัดสรรทรัพยากรการซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากสถานการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาระบบบำรุงรักษาเชิงรุกที่ผสมผสานการวิเคราะห์สาเหตุเชิงราก (Root Cause Analysis) ด้วยเครื่องมือคุณภาพทางวิศวกรรม เช่น แผนผังก้างปลาและ 7 QC Tools ร่วมกับการใช้แบบจำลองอนุกรมเวลา (Time Series Forecasting) เพื่อคาดการณ์แนวโน้มความเสียหายและออกแบบรอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสม ทั้งนี้ การบูรณาการข้อมูลเชิงประจักษ์เข้ากับแบบจำลองทางสถิติจะช่วยให้โรงงานสามารถลดการขัดข้อง เพิ่มความพร้อมใช้งาน และลดต้นทุนซ่อมบำรุงในระยะยาวได้อย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับทิศทางของอุตสาหกรรมสมัยใหม่ที่มุ่งสู่ระบบการผลิตอัจฉริยะ (Smart Manufacturing) และการยกระดับความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยในเวทีสากล



วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักรในกระบวนการผลิตไส้กรองไอเสียรถยนต์ โดยมุ่งเน้นการลดการขัดข้องของเครื่อง D1 Coating
2. เพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น หลังจากนั้นได้ทำแผนผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram) วิเคราะห์หาสาเหตุการขัดข้อง

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักรในสายการผลิตไส้กรองไอเสียรถยนต์ โดยใช้การวิเคราะห์ปัญหาเชิงระบบร่วมกับแนวคิดการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและเชิงพยากรณ์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรคือ เครื่องจักรทั้งหมด 18 เครื่อง ในสายการผลิตไส้กรองไอเสียรถยนต์ของโรงงานแห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหกรรมอีสเทิร์นซีบอร์ด จังหวัดระยอง

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) คือ เครื่อง D1 Coating เพียงเครื่องเดียว

เหตุผลในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

1. เครื่อง D1 Coating มี อัตราการขัดข้องสูงสุด (Breakdown Rate 9.02%)
 2. มี ค่า MTBF ต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับเครื่องจักรอื่น
 3. เป็นเครื่องจักรที่ อยู่ในจุดวิกฤต (Critical Process) ซึ่งหากหยุดชะงักจะทำให้สายการผลิตทั้งหมดหยุดลง
 4. มีอายุการใช้งานมากกว่า 15 ปี ทำให้เหมาะต่อการประยุกต์การบำรุงรักษาเชิงรุก
- ข้อจำกัด ผลการวิจัยนี้สะท้อนเฉพาะลักษณะการทำงานของเครื่องจักรเดียว อาจไม่สามารถสรุปครอบคลุมถึงเครื่องจักรประเภทอื่นโดยตรง แต่ให้แนวทางเชิงระบบสำหรับการขยายผลต่อไป

2. กรอบแนวคิดของการวิจัย (Conceptual Framework)

วิจัยนี้ใช้กรอบแนวคิดดังนี้ ปัญหาเครื่องจักรเสีย → วิเคราะห์สาเหตุด้วย 7 QC Tools → ปรับปรุงด้วย Preventive Maintenance (PM) + Predictive Maintenance (PdM) → ประเมินผลด้วย MTBF, MTTR, Breakdown Rate, Availability

กรอบนี้ทำให้เห็นลำดับขั้นตอนตั้งแต่การวิเคราะห์ปัญหาเชิงช่าง ไปจนถึงการใช้สถิติพยากรณ์เพื่อนำไปจัดรอบบำรุงรักษาเชิงรุกอย่างมีหลักฐานรองรับ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ประกอบด้วยเครื่องมือ 3 กลุ่ม ได้แก่

3.1 เครื่องมือวิเคราะห์สาเหตุ (Problem Analysis Tools)

- แผนผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram)

- แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram)
- กราฟควบคุม (Control Chart)

เครื่องมือทุกชนิดผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมการผลิต 2 ท่าน ก่อนนำไปใช้จริง

3.2 เครื่องมือบันทึกและติดตามข้อมูลเครื่องจักร

- แบบบันทึกการขัดข้อง (Breakdown Record Form)
- ระบบบันทึกเวลา MTBF / MTTR ของแผนกซ่อมบำรุง

เครื่องมือได้รับการตรวจทานความครบถ้วนโดยผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุง

3.3 เครื่องมือวิเคราะห์เชิงสถิติ (Predictive Models)

ใช้แบบจำลองอนุกรมเวลา 3 แบบ ได้แก่

- Decomposition Models
- Holt-Winters Exponential Smoothing
- Double Exponential Smoothing

เกณฑ์เลือกแบบจำลองใช้ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติ ได้แก่

- ค่า MAPE (Mean Absolute Percentage Error)
- ค่า MSE (Mean Squared Error)
- ค่า MAD (Mean Absolute Deviation)

เพื่อเลือกแบบจำลองที่มีความแม่นยำสูงที่สุด

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 4 เดือน จากเวลาหยุดชะงักของเครื่อง, ความถี่การเสีย, ค่า MTBF และ MTTR ผู้ทรงมีข้อท้วงติงว่า ข้อมูลเพียง 4 เดือนอาจไม่เพียงพอในการใช้แบบจำลองอนุกรมเวลาเชิงฤดูกาล ดังนั้นการใช้โมเดลเชิงสถิติในงานวิจัยนี้เป็นการใช้เพื่อ “เสริมการตัดสินใจเชิงระบบ” ไม่ใช่เพื่อสร้างโมเดลพยากรณ์ระยะยาว แต่เพื่อให้สามารถกำหนดรอบ PM เชิงหลักฐานมากขึ้น

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิเคราะห์สาเหตุการขัดข้อง ใช้ Pareto เพื่อจัดลำดับปัญหา และแผนผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุราก พบปัญหาหลักคือ

- สายพานหย่อน/หลุด
- แบตเตอรี่เสื่อมสภาพจากการขาดรอบการหล่อลื่น

5.2 วิเคราะห์ผลของการปรับปรุง PM ร่วมกับ PdM ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ Mean, SD, Percentage พร้อมคำนวณ

- MTBF
- MTTR
- Breakdown Rate



- Machine Availability

5.3 ความสอดคล้องของสาเหตุและเครื่องมือแก้ไข

แม้ว่าสาเหตุเป็นปัญหาเชิงกล แต่การเพิ่มโมเดลพยากรณ์ช่วยให้ตรวจสอบแนวโน้มการสึกหรอ คาดการณ์ช่วงเวลาที่ต้องทำ PM กำหนดรอบการตรวจสอบเชิงรุกอย่างอิงข้อมูล ซึ่งช่วยให้ลด Breakdown ได้ตรงจุดและเป็นระบบยิ่งขึ้น

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยเฉพาะเครื่อง D1 Coating และ 2) วิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการหยุดชะงักของเครื่องจักร ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ 1 การเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักร ผลการเปรียบเทียบ ค่าดัชนีด้านการบำรุงรักษาก่อนและหลังการปรับปรุงสรุปในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบค่าดัชนีการบำรุงรักษาของเครื่อง D1 Coating ก่อน-หลังการปรับปรุง

ตัวชี้วัดด้านประสิทธิภาพเครื่องจักร	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	การเปลี่ยนแปลง
อัตราการขัดข้อง (Breakdown Rate)	9.02%	0.04%	ลดลง 8.98%
ความพร้อมใช้งาน (Machine Availability)	88.98%	99.98%	เพิ่มขึ้น 10.80%
MTTR (นาที/ครั้ง)	275	10	ลดลง 265 นาที
MTBF (นาที/ครั้ง)	2,200	11,505	เพิ่มขึ้น 9,305 นาที
จำนวนครั้งการหยุดชะงัก	4 ครั้ง	0 ครั้ง	ลดลงทั้งหมด
เวลาหยุดชะงักรวม (นาที)	1,100	5	ลดลง 1,095 นาที
จำนวนชิ้นงานเสีย	16 ชิ้น	0 ชิ้น	ลดลงทั้งหมด

ค่าดัชนีทุกตัวสะท้อนว่าเครื่อง D1 Coating มีประสิทธิภาพดีขึ้นหลังการปรับปรุง ทั้งด้านความถี่การขัดข้อง เวลาหยุดเครื่อง ความพร้อมใช้งาน และเสถียรภาพโดยรวมของเครื่องจักร

2. ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ 2: การวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการหยุดชะงักของเครื่องจักร ผลการวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องโดยใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 QC Tools และแผนผังก้างปลา พบประเด็นสำคัญดังนี้

ตารางที่ 2 สาเหตุหลักของการหยุดชะงักของเครื่อง D1 Coating

ประเภทสาเหตุ	รายละเอียดสาเหตุที่พบ
ด้านชิ้นส่วน (Machine Components)	สายพานหย่อน/หลุด, แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ
ด้านการบำรุงรักษา (Maintenance)	ขาดรอบการหล่อลื่น, ไม่มีการตรวจสอบเชิงป้องกัน
ด้านวิธีการทำงาน (Method)	ไม่มีกำหนดช่วงตรวจเช็คความตึงสายพาน
ด้านเครื่องมือ (Tools)	อุปกรณ์วัดแรงตึงสายพานไม่เพียงพอ
ด้านผู้ปฏิบัติงาน (Man)	พนักงานไม่ทราบจุดเสี่ยงที่ควรตรวจสอบ

ผลการจัดลำดับสาเหตุพบว่าสาเหตุที่มีสัดส่วนความถี่สูงสุดคือปัญหาสายพานและเบรียง ซึ่งเป็นสาเหตุทางกลที่ส่งผลโดยตรงต่อการหยุดชะงักของเครื่องจักร

3. ผลการจัดทำแผนการบำรุงรักษาหลังปรับปรุง ผลการกำหนดรอบการบำรุงรักษาตามข้อมูลเชิงจริงปรากฏดังนี้

ตารางที่ 3 แผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันและเชิงพยากรณ์ที่กำหนดใหม่

รายการบำรุงรักษา	รอบ PM เดิม	รอบ PM ใหม่	เหตุผลทางข้อมูล
ตรวจความตึงสายพาน	ไม่มี	ทุก 7 วัน	เกิด Breakdown สูง
หล่อลื่นเบรียง	ทุก 30 วัน	ทุก 10 วัน	อัตราการสึกหรอสูง
ตรวจค่าการสั่นสะเทือน	ไม่มี	ทุก 15 วัน	ใช้เพื่อเตือนก่อนเสีย
ตรวจสอบแนวศูนย์มูลย์	ไม่มี	ทุก 30 วัน	ลดความเสี่ยงสายพานหลุด

รอบการบำรุงรักษาใหม่ที่กำหนดขึ้นจากข้อมูลจริงช่วยลดความเสี่ยงการขัดข้องได้ในทุกสาเหตุที่มีนัยสำคัญ

จากผลการดำเนินงานทั้งหมด พบว่าเครื่อง D1 Coating มีพัฒนาการด้านความเสถียรของการทำงานและตัวชี้วัดด้านการบำรุงรักษาทุกตัวดีขึ้นอย่างชัดเจน ภายหลังการปรับปรุงด้วยมาตรการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและเชิงพยากรณ์ โดยไม่พบการหยุดชะงักที่กระทบการผลิตในช่วงติดตามผลหลังการปรับปรุง

อภิปรายผล

อภิปรายผลการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 1 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักรในกระบวนการผลิตไส้กรองไอเสียรถยนต์ โดยเฉพาะเครื่อง D1 Coating

ผลการวิจัยพบว่าอัตราการขัดข้องของเครื่องจักรลดลงจากร้อยละ 9.02 เหลือเพียงร้อยละ 0.04 ความพร้อมใช้งานเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 88.98 เป็นร้อยละ 99.98 ค่า MTTR ลดลงจาก 275 นาทีต่อครั้ง เหลือเพียง 10 นาทีต่อครั้ง และค่า MTBF เพิ่มขึ้นจาก 2,200 นาทีต่อครั้ง เป็น 11,505 นาทีต่อครั้ง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการบำรุงรักษาที่บูรณาการทั้งการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและเชิงพยากรณ์สามารถยกระดับประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรได้อย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธวัชชัย บัวระภา และคณะ (2564) ที่พบว่าการกำหนดระบบบำรุงรักษาที่มีแบบแผนช่วยลดระยะเวลาหยุดชะงักของเครื่องจักรและเพิ่มผลผลิตโดยรวม และตรงกับผลการศึกษาของ บัณฑิต อินทรีย์มีศักดิ์ และคณะ (2564) ซึ่งยืนยันว่าการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในอุตสาหกรรมยานยนต์ส่งผลให้สามารถลดความสูญเสียจากการหยุดสายการผลิตได้อย่างเด่นชัดในเชิงปฏิบัติ ผลการวิจัยในครั้งนี้จึงสนับสนุนแนวคิดว่าการบูรณาการการบำรุงรักษาหลายมิติ ทั้งในเชิงป้องกันและเชิงพยากรณ์เป็นปัจจัยสำคัญในการยกระดับเสถียรภาพของเครื่องจักรและลดการหยุดชะงักที่ส่งผลต่อคุณภาพและต้นทุนของกระบวนการผลิต (ธวัชชัย บัวระภา และคณะ, 2564); (บัณฑิต อินทรีย์มีศักดิ์ และคณะ, 2564)

อภิปรายผลการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 2 เพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการหยุดชะงักของเครื่องจักร



ผลการวิเคราะห์โดยใช้แผนผังก้างปลาและเครื่องมือคุณภาพ พบว่าสาเหตุหลักของการขัดข้องเกิดจากสายพานหย่อนและหลุดจากมู่เลย์ รวมทั้งเบรคที่ไม่ได้รับการบำรุงรักษาอย่างเหมาะสม การนำแบบจำลองเชิงพยากรณ์ (Decomposition Models) มาใช้ร่วมกับการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน ช่วยให้สามารถวางแผนการบำรุงรักษาที่สอดคล้องกับสภาพจริงของเครื่องจักร และลดการชำรุดซ้ำได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Burgraf, P. et al. ที่แสดงให้เห็นว่าการใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาร่วมกับเทคโนโลยี IoT สามารถคาดการณ์และลดการขัดข้องของเครื่องจักรได้อย่างแม่นยำ (Burgraf, P. et al., 2019) อีกทั้งยังสนับสนุนแนวคิดของ Amirhossein, S. et al. ที่ชี้ว่าแบบจำลองเชิงองค์ประกอบมีความเหมาะสมต่อการคาดการณ์ความผิดปกติในระบบการผลิต (Amirhossein, S. et al., 2023)

โดยสรุป การวิจัยครั้งนี้ยืนยันว่าการบูรณาการระหว่างการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์และเชิงป้องกันสามารถเพิ่มความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร ลดอัตราการหยุดชะงัก และปรับปรุงสมรรถนะการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลลัพธ์ดังกล่าวไม่เพียงตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยครบถ้วน แต่ยังมีนัยสำคัญต่อการยกระดับระบบการบำรุงรักษาของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทอื่น ๆ ที่ประสบปัญหาเครื่องจักรชำรุดบ่อยครั้ง อีกทั้งยังเป็นแนวทางสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยให้มีความสามารถในการแข่งขันในระดับนานาชาติอย่างยิ่ง

องค์ความรู้ใหม่

ผลการวิจัยครั้งนี้ได้สร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักรในอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยสังเคราะห์เป็น “โมเดลการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน-เชิงพยากรณ์แบบบูรณาการ (Integrated Preventive-Predictive Maintenance Model: IPPM Model)” ซึ่งเป็นกรอบแนวทางที่ผสมผสานข้อมูลการขัดข้องของเครื่องจักร การวิเคราะห์สาเหตุเชิงระบบ และการพยากรณ์แนวโน้มการเสื่อมสภาพเพื่อกำหนดรอบการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพ โมเดลประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อมูลอินพุตด้านการบำรุงรักษา เช่น ค่า MTBF ค่า MTTR และประวัติการขัดข้อง 2) การวิเคราะห์สาเหตุรากของปัญหา โดยใช้ 7 QC Tools เพื่อระบุปัญหาที่แท้จริงของเครื่องจักร 3) การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ โดยใช้แบบจำลองอนุกรมเวลาเพื่อคาดการณ์ช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดการขัดข้อง และ 4) การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ที่กำหนดรอบการตรวจเช็คและการเปลี่ยนชิ้นส่วนตามข้อมูลพยากรณ์ ผลลัพธ์ของโมเดลช่วยลดอัตราการขัดข้อง เพิ่มความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร และยกระดับความเสถียรของกระบวนการผลิตอย่างเป็นรูปธรรม เป็นแนวทางใหม่ที่สามารถประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีลักษณะการทำงานของเครื่องจักรคล้ายคลึงกันเพื่อการบำรุงรักษาเชิงรุกอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน.

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักร พบว่า การปรับปรุงระบบบำรุงรักษาของเครื่อง D1 Coating ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมดีขึ้นอย่างชัดเจน โดยอัตราการขัดข้องลดลงจาก 9.02% เหลือเพียง 0.04% ความพร้อมใช้งานเพิ่มขึ้นจาก 88.98% เป็น 99.98% ค่า MTTR ลดลงจาก

275 นาทีเหลือ 10 นาทีต่อครั้ง และค่า MTBF เพิ่มขึ้นจาก 2,200 นาทีเป็น 11,505 นาทีต่อครั้ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแนวทางที่พัฒนาขึ้นสามารถยกระดับเสถียรภาพของเครื่องจักรและลดการหยุดชะงักที่กระทบต่อสายการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาการขัดข้องของเครื่องจักร พบว่าสาเหตุรากของปัญหาเกิดจากปัจจัยเชิงกล ได้แก่ สายพานหย่อนหรือหลุดจากมู่เลย์ และแบริ่งที่ไม่ได้รับการบำรุงรักษาตามรอบ เมื่อวิเคราะห์ด้วยแผนผังก้างปลาและเครื่องมือ 7 QC Tools ประกอบกับแบบจำลองพยากรณ์ ทำให้สามารถกำหนดรอบการบำรุงรักษาที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการเสื่อมสภาพจริงของเครื่องจักร ส่งผลให้ Breakdown ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้จากข้อค้นพบสะท้อนว่าเครื่องมือ Predictive Modeling ช่วยให้การวางแผน PM มีความแม่นยำมากขึ้น แต่ปัญหาเดิมส่วนใหญ่เกิดจากการขาดระบบดูแลรักษาที่เป็นมาตรฐานมากกว่าความซับซ้อนของเครื่องจักรเอง สำหรับข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ โรงงานควรจัดทำระบบบำรุงรักษาเชิงรุกโดยผสานการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและเชิงพยากรณ์ ใช้ 7 QC Tools ตรวจสอบสาเหตุรากอย่างสม่ำเสมอ จัดเก็บข้อมูล MTBF-MTTR เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลเชิงระบบ และใช้การตรวจวัดสภาพจริง (Condition Monitoring) สำหรับเครื่องจักรที่มีอายุสูง ส่วนข้อเสนอแนะเชิงยุทธศาสตร์ควรพิจารณาความคุ้มค่าของเครื่องมือที่ใช้ โดยหลีกเลี่ยงการใช้โมเดลพยากรณ์ที่ซับซ้อนเกินจำเป็นในกรณีที่ปัญหาแก้ไขได้ด้วย PM ที่เป็นระบบ ขณะที่แบบจำลองพยากรณ์เหมาะสำหรับกรณีที่เครื่องจักรมีรูปแบบการเสื่อมสภาพซับซ้อน และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไปควรทดลองโมเดลหลายรูปแบบ เช่น Holt-Winters, ARIMA หรือ Machine Learning เก็บข้อมูลระยะยาว 6-12 เดือนเพื่อตรวจสอบเสถียรภาพของผลลัพธ์ และศึกษาการประยุกต์ IPPM Model กับเครื่องจักรประเภทอื่นเพื่อประเมินศักยภาพในการขยายผลในอุตสาหกรรมการผลิต.

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐพงศ์ พันธต์. (2566). แนวทางการพัฒนาระบบซ่อมบำรุงเชิงรุกในโรงงานอุตสาหกรรมไทย. วารสารวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ, 9(1), 45-60.
- ธวัชชัย บัวระภา และคณะ. (2564). การเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักรในกระบวนการผลิต: กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องดื่ม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ, 5(พิเศษ 1), 23-33.
- ธีรวัฒน์ เทพชู และคณะ. (2565). การลดของเสียในกระบวนการผลิตแชมพูสูตร A ด้วยการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มสธ, 2(1), 47-55.
- บัณฑิต อินทรีย์มีศักดิ์ และคณะ. (2564). การบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน: กรณีศึกษาบริษัทผลิตเบาะรถยนต์. SAU Journal of Science & Technology, 1(1), 1-12.
- สุกิจ สวัสดิ์แสงสน และคณะ. (2555). การพัฒนาเครื่องมือสำหรับงานซ่อมบำรุงของร้าน True Shop โดยบริษัทภายนอก. วารสารวิศวกรรมเกษตรบัณฑิต, 2(2), 96-107.
- Alrabghi, O. M. & Tiwari, A. (2015). A review of simulation-based maintenance planning. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 21(3), 262-291.
- Amirhossein, S. et al. (2023). Decompose and conquer: Time series forecasting with multiseasonal trend decomposition using loess. Forecasting, 5(4), 684-696.



- Burgraf, P. et al. (2019). Sensor retrofit for a coffee machine as condition monitoring and predictive maintenance use case. In Proceedings of the International Conference on Wirtschaftsinformatik. (pp. 62-66). Siegen: Germany.
- Mobley, R. K. (2020). Maintenance engineering handbook. (8th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Wards Intelligence. (2023). Global automotive industry outlook 2023. Retrieved September 20, 2025, from <https://wardsintelligence.informa.com>