การวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรในกระบวนการอัดเม็ดด้วยเทคนิค FMEA กรณีศึกษาโรงงานชีวมวลอัดเม็ด

จารุวรรณ พรหมเงิน[1*], ธีรภัทร จงรักษ์[1]
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
Email: jaruwan.p@pkru.ac.th[1*]

Received: May 1, 2020
Revised: June 16, 2020
Accepted: June 19, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยเสี่ยงของเครื่องจักรโดยประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และเสนอแนวทางในการบำรุงรักษาชิ้นส่วนของเครื่องจักร โดยวิเคราะห์ปัญหา อาการขัดข้องและผลกระทบ ประเมินและจัดทำแผนตามแนวทางการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร ผลการศึกษาพบว่า ค่า RPN ของลูกปืนเครื่องอัดเม็ดและใบมีดเครื่องสับ มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 36 จัดอยู่ในระดับความเสี่ยงสูง แสดงให้เห็นว่าเมื่อชิ้นส่วนเครื่องจักรที่เกิดการขัดข้องทำให้กระบวนการผลิตหยุดชะงักและสูญเสียเวลาซ่อมเครื่องจักรเป็นเวลานาน บางครั้งช่างซ่อมบำรุงไม่สามารถซ่อมเองได้ และกระทบต่อการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์รากของปัญหาโดยใช้แผนผังสาเหตุและผล เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของเครื่องจักรที่เกิดการขัดข้อง พบว่าขาดการวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรและพนักงานขาดความสม่ำเสมอในการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนการผลิต และใช้ค่าระดับความเสี่ยงของชิ้นส่วนเครื่องจักร คู่มือของเครื่องจักรออกแบบใบตรวจสอบเพื่อใช้วางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักรก่อนเกิดการขัดข้องและให้แผนกวิศวกรรมทำการตรวจสอบเครื่องจักรเป็นรายวัน รายสัปดาห์และรายเดือน ตามลำดับความเสี่ยง พบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อม (MTTR) ของเครื่องอัดเม็ด เครื่องสับ เครื่องบดหยาบ และเครื่องบดละเอียด ลดลงร้อยละ 2.74, 2.92, 3.07 และ 5.96 ตามลำดับ ระยะเวลาเฉลี่ยก่อนเกิดเหตุขัดข้อง (MTBF) เพิ่มขึ้นร้อยละ 30.00, 15.97, 18.92 และ 18.75 ตามลำดับ และความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร (AF) เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.25, 14.55, 28.93 และ 25.72 ตามลำดับ

คำสำคัญ : เทคนิค FMEA, การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน, แผนผังสาเหตุและผล

Machine Maintenance Planning for Pelletizing Processes using FMEA Technique, A Case Study of the Pellet Biomass Factory

Jaruwan Promngurn[1*], Teerapat Jongrak[1]
[1]Industrial Technology, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University
Email: Jaruwan.p@pkru.ac.th[1*]

Received: May 1, 2020
Revised: June 16, 2020
Accepted: June 19, 2020

Abstract

The objective of this research is to study the risk factors of machines by applying the FMEA technique and propose guidelines for maintenance of machine parts, beginning with the analysis of problems, faults and effects. After that evaluate and make plans according to the guidelines for preventive maintenance of machines. The results show that the RPN value of the pellet bearing and shredding machine blade has the highest value of 36, which is considered as a high-risk level, it shows that when the machine parts fail, causing the production process to stop and waste of time, which has been repaired for a long time. Sometimes, the repair technician is unable to repair by themselves and affects the delivery of the product to the customer. The researcher analyzed the root cause of the problem by using the cause and effect diagram to analyze the cause of the machine causing the failure. It was found that the lack of maintenance plan for the machine and the staff lack the consistency in checking the machine before production. Next, use the risk level of the machine parts and the manual of the machine inspection sheet to plan the preventive maintenance of the machine before the failure. And assign the engineering department to inspect the machines on a daily, weekly, and monthly, respectively on risk level. It was found mean time to repair (MTTR) of pellet machines, crushers, coarse crushers and grinding machines decreased by 2.74, 2.92, 3.07 and 5.96 percent, respectively, mean time before failure (MTBF) increased by 30.00, 15.97, 18.92 and 18.75 percent, respectively and availability factor (AF) increased by 9.25, 14.55, 28.93 and 25.72 percent respectively.

Keywords : FMEA technique, Preventive maintenance, Cause and effect diagram

บทนำ

ภาคใต้ของประเทศไทยเป็นพื้นที่ที่ปลูกยางพารามากที่สุด โดยพระยารัษฎานุประดิษฐ์นำเข้ามาปลูกเป็นครั้งแรกในประเทศไทย ที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ในปี พ.ศ. 2442 และมีการขยายพื้นที่เพาะปลูกจนยางพารา กลายมาเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย จากเหตุผลดังกล่าวอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับยางพาราจึงเติบโตขึ้นอย่างหลากหลาย อาทิเช่น โรงงานน้ำยางข้น โรงงานแปรรูปยางแท่งและยางแผ่น โรงงานถุงมือยาง รวมไปถึงโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา ทำให้สร้างรายได้ให้แก่ประชากรในท้องถิ่น

ชีวมวลอัดเม็ดเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปไม้ยางพารา โดยการนำส่วนที่เหลือจากโรงเลื่อยไม้ ได้แก่ เศษไม้ ปีกไม้ และปลายไม้ เข้าสู่กระบวนการบดย่อยลดขนาดให้เล็กลง จากนั้นเข้ากระบวนการลดความชื้นเพื่อให้วัตถุดิบมีความชื้นที่เหมาะสมกับกระบวนการอัด แล้วจึงนำมาเข้าเครื่องอัดขึ้นรูปวัตถุดิบให้เป็นเม็ด โดยใช้แรงดันสูงเพื่อให้สารลิกนินในเนื้อไม้ละลายออกมา ส่งผลให้ไม้เกาะติดกันแล้วระบายความร้อนให้เย็นลงเพื่อคงรูปของเชื้อเพลิง แต่ในขณะเดียวกันการควบคุมความชื้นของไม้ที่เข้าสู่กระบวนการผลิตเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ทำให้เครื่องจักรเกิดการขัดข้องกระทันหัน (Break Down) ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้ไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ และสินค้าที่ผลิตออกมาก็จะไม่ได้คุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการ [1] จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่าเครื่องจักรขาดการบำรุงรักษาอย่างเป็นระบบ ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญกับกระบวนการอัดเม็ด เนื่องจากกระบวนการนี้เป็นกระบวนการหลักของโรงงาน ผู้วิจัยจึงศึกษาปัจจัยเสี่ยงของเครื่องจักรในกระบวนการอัดเม็ดที่ส่งผลต่อการผลิต โดยประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และใช้แผนผังสาเหตุและผลในการวิเคราะห์รากของปัญหา เสนอแนวทางบำรุงรักษาชิ้นส่วนของเครื่องจักร โดยใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อม (Mean Time To Repair, MTTR) ระยะเวลาเฉลี่ยก่อนเกิดเหตุขัดข้อง (Mean Time Between Failures, MTBF) และเปอร์เซ็นต์ความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร (Availability Factor, AF) [2] เป็นตัวชี้วัดในการปรับปรุงการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน [3]

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยเสี่ยงของเครื่องจักรในกระบวนการอัดเม็ด โดยประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และเสนอแนวทางการบำรุงรักษาของเครื่องจักร
2. เพื่อประเมินแนวทางการบำรุงรักษาโดยใช้หลักการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาปัจจัยเสี่ยงของเครื่องจักรในกระบวนการอัดเม็ด โดยประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และเสนอแนวทางการบำรุงรักษาของเครื่องจักร โดยมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาสภาพการทำงานของโรงงานและวิเคราะห์ปัญหาและความถี่ในกระบวนการอัดเม็ด

2) คัดเลือกและวิเคราะห์เครื่องจักรตามความวิกฤตและวิเคราะห์หน้าที่เพื่อวิเคราะห์ปัญหาของเครื่องอัดเม็ด

3) วิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบเพื่อวิเคราะห์อาการหลักและผลกระทบของอาการของชิ้นส่วนของเครื่องจักร

4) ประเมินแนวทางการบำรุงรักษาโดยใช้หลักการงานหลักการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

5) การเปรียบเทียบผลการดำเนินการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษา

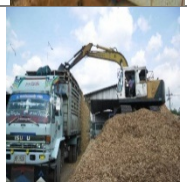
ผลการวิจัย

จากการศึกษาตามลำดับขั้นตอนการวิจัย มีผลการศึกษาตามขั้นตอน ดังนี้

ผลการศึกษาสภาพการทำงานของโรงงานและวิเคราะห์ปัญหาในกระบวนการอัดเม็ด

กระบวนการผลิตชีวมวลอัดเม็ดประกอบด้วย 6 ขั้นตอน เริ่มต้นจากการนำขี้เลื่อยที่เหลือจากการเลื่อยเพื่อเข้าสู่กระบวนการอัดเม็ด จนกระทั่งถึงกระบวนการบรรจุ มีขั้นตอนและลำดับการทำงานแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กระบวนการผลิตชีวมวลอัดเม็ด

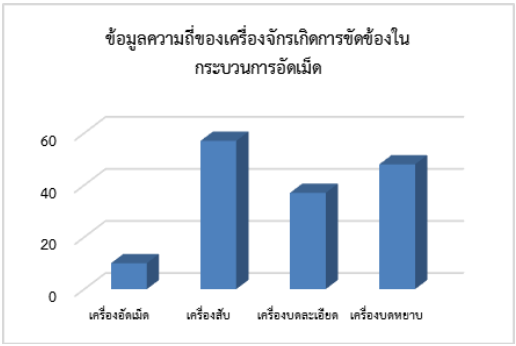
ขั้นตอน	กระบวนการทำงาน	
1	การนำขี้เลื่อยจากกระบวนการเลื่อยมาเก็บในบริเวณลานเก็บวัตถุดิบ	
2	การจัดส่งขี้เลื่อยจากที่เก็บของโรงงานมาที่กระบวนแยกวัตถุดิบและกระบวนการอัดเม็ด	
3	กระบวนการลำเลียงวัตถุดิบเพื่อส่งเข้าเครื่องอัดเม็ด	
4	กระบวนการอัดเม็ด	
5	การส่งวัตถุดิบเข้าไปในที่เก็บและเตรียมกระบวนการบรรจุ	
6	กระบวนการบรรจุวัตถุดิบเพื่อเตรียมการส่งออก	

จากนั้นผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเวลาที่เครื่องจักรขัดข้องที่ต้องทำการซ่อมอย่างเร่งด่วน คือ เวลาที่สูญเสียของเครื่องจักร หรือเวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรในกระบวนการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร

รายการเครื่องจักร	เวลา (นาที)
1. เครื่องอัดเม็ด	705
2. เครื่องสับ	6,055
3. เครื่องบดละเอียด	4,110
4. เครื่องบดหยาบ	3,730

จากตารางที่ 2 พบว่า เครื่องสับใช้เวลาในการซ่อมบำรุงมากที่สุด รองลงมาคือ เครื่องบดละเอียด เครื่องบดหยาบ และเครื่องอัด ตามลำดับ โดยเวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุงเท่ากับ 14,600 นาที และเมื่อพิจารณาความถี่ของเครื่องจักรเกิดการขัดข้องในกระบวนการอัดเม็ดดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ความถี่ของเครื่องจักรเกิดการขัดข้อง

จากข้อมูลความถี่ของเครื่องจักรเกิดการขัดข้องในกระบวนการอัดเม็ด พบว่า ปัญหาที่มีความถี่มากที่สุดเกิดจากเครื่องสับ เครื่องบดหยาบ เครื่องบดละเอียด และเครื่องอัดเม็ด ตามลำดับ รวม 152 ครั้ง ในระยะเวลา 8 เดือน ซึ่งการขัดข้องของเครื่องจักรมีความถี่ค่อนข้างสูง ผู้วิจัยจึงให้ความสำคัญกับเครื่องจักรดังกล่าวที่มีผลต่อกระบวนการผลิต และนำชิ้นส่วนของเครื่องจักรที่มีการขัดข้องไปวิเคราะห์ต่อไป

คัดเลือกและวิเคราะห์เครื่องจักรตามความวิกฤตและวิเคราะห์หน้าที่เพื่อวิเคราะห์ปัญหาของเครื่องจักรในกระบวนการอัดเม็ด

ผู้วิจัยใช้การจัดลำดับความสำคัญในการของคัดเลือกชิ้นส่วนเครื่องจักร โดยวิธีการค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average) จากเกณฑ์ทั้ง 4 ด้าน [4] โดยค่า X_n คือ คะแนนของเกณฑ์ด้านที่ n ในการประเมินชิ้นส่วนเครื่องจักร ซึ่งทีมงานแผนกวิศวกรรมบำรุงรักษาของโรงงานผลิตชีวมวลอัดเม็ดเป็นทีมผู้กำหนดค่าคะแนนและให้ค่า W_n ดังนี้

1) ความมากน้อยในการใช้งานชิ้นส่วนเครื่องจักร ให้แทน W_1 แทนค่าถ่วงน้ำหนัก เท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ หรือเท่ากับ 2

2) ราคาชิ้นส่วนเครื่องจักร ให้แทน W_2 แทนค่าถ่วงน้ำหนัก เท่ากับ 25 เปอร์เซ็นต์หรือเท่ากับ 2.5

3) ระยะเวลา ที่ใช้ในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนทดแทนชิ้นส่วนเครื่องจักร ให้แทน W_3 แทนค่าถ่วงน้ำหนัก เท่ากับ 25 เปอร์เซ็นต์หรือเท่ากับ 2.5

4) ผลกระทบต่อชิ้นส่วนเครื่องจักรอื่น เมื่อชิ้นส่วนที่พิจารณาเกิดความเสียหาย ให้แทน W_4 แทนค่าถ่วงน้ำหนัก เท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ หรือเท่ากับ 3

จากนั้นทำการพิจารณาค่าเฉลี่ยความสำคัญของชิ้นส่วนเครื่องจักร (Critical Component: CC) ดังสมการที่ 1

$$CC = \frac{\sum_{n=1}^{4} W_n X_n}{\sum_{n=1}^{4} W_n} \qquad (1)$$

โดยที่ W_n คือ ผลคูณเชิงน้ำหนักของปัจจัย
X_n คือ คะแนนของปัจจัยที่ n

เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยความสำคัญของชิ้นส่วนเครื่องจักรแล้วนำค่าดังกล่าวมาพิจารณาเพื่อหากลุ่มลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนเครื่องจักร ดังเกณฑ์แสดงในตารางที่ 3 [4]

ตารางที่ 3 เกณฑ์ลำดับความสำคัญของเครื่องจักร

ลำดับความสำคัญ	ลักษณะการบำรุงรักษา	ค่าเฉลี่ยความสำคัญ
A	สำคัญมาก ได้รับความเอาใจใส่ในการบำรุงรักษาเป็นอย่างดี	≥ 2.75
B	สำคัญปานกลาง ได้รับความเอาใจใส่ในการบำรุงรักษาพอสมควร	2.01-2.74
C	สำคัญน้อย ได้รับความเอาใจใส่ในการบำรุงรักษาไม่มาก	≤2.00

เมื่อกำหนดเกณฑ์ลำดับความสำคัญของเครื่องจักรแล้ว ผู้วิจัยและทีมฝ่ายวิศวกรรมของโรงงานที่เกี่ยวข้องในการควบคุมเครื่องจักรของกระบวนการอัดเม็ด ได้ร่วมกันคัดเลือกชิ้นส่วนของเครื่องจักรที่มีผลกระทบต่อกระบวนการอัดเม็ด ถ้าเครื่องจักรเครื่องใดเครื่องหนึ่งเกิดการขัดข้องกระบวนการผลิตไม่สามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้ ซึ่งเครื่องจักรในกระบวนการอัดเม็ด แบ่งออกเป็น 4 รายการ ได้แก่ เครื่องอัดเม็ด เครื่องสับ เครื่องบดหยาบและเครื่องบดละเอียด และคัดเลือกชิ้นส่วนที่มีความสำคัญกับเครื่องจักรแต่ละรายการ จำนวน 18 ชิ้นส่วน โดยเครื่องอัดเม็ดมีจำนวนชิ้นส่วนที่สำคัญจำนวน 6 ชิ้นส่วน เครื่องสับ เครื่องบดละเอียด และเครื่องบดหยาบ มีจำนวนชิ้นส่วนที่สำคัญ จำนวน 4 ชิ้นส่วน สามารถแสดงค่าเฉลี่ยความสำคัญของชิ้นส่วน ได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยชิ้นส่วนเครื่องจักรที่สำคัญ

รายการเครื่องจักร	ค่าเฉลี่ย	ลำดับความสำคัญ
เครื่องอัดเม็ด		
สายพาน	2.05	B
ริงดาย	1.8	C
หน้าแปลน	1.55	C
ลูกปืน	2.85	A
น็อตยึดหน้าแปลน	2.3	B
มอเตอร์เครื่องอัดเม็ด	1.3	C
เครื่องสับ		
สายพาน	1.75	C
ใบมีด	2.35	B
หนามเตย	1.55	C
มอเตอร์เครื่องสับ	1.3	C
เครื่องบดละเอียด		
ใบค้อนบดละเอียด	1.5	C
แกนใบค้อนบดละเอียด	2.05	B
ตะแกรง 6 มม.	2.25	B
มอเตอร์เครื่องบดละเอียด	1.25	C
เครื่องบดหยาบ		
ใบค้อนบดหยาบ	1.5	C
แกนใบค้อนบดหยาบ	2.05	B
ตะแกรง 22 มม.	2.35	B
มอเตอร์เครื่องบดละเอียด	1.3	C

หลังจากทำการจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนเครื่องจักรสามารถสรุปลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนเครื่องจักรย่อย เป็นกลุ่ม A, B และ C จำนวน 1, 7 และ 10 รายการตามลำดับ ผู้วิจัยและทีมงานโรงงานกรณีศึกษาได้ทำการเลือกชิ้นส่วนเครื่องจักรที่มีความสำคัญมากในลำดับความสำคัญ A และ B จำนวน 8 รายการ มาวิเคราะห์คุณลักษณะความผิดพลาด และผลกระทบต่อการผลิตเมื่อเครื่องจักรเกิดความเสียหาย

การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบเพื่อวิเคราะห์อาการหลักและผลกระทบของอาการของชิ้นส่วนของเครื่องจักร

การวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายของเครื่องจักรในกระบวนการอัดเม็ดที่คัดเลือกจากลำดับความสำคัญ 8 รายการ โดยใช้เครื่องมือ FMEA และพิจารณาค่า RPN หรือค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกโดยประเมินค่าความรุนแรง (Severity, SEV) โอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence, OCC) และสามารถในการตรวจพบข้อบกพร่อง (Detection, DET) คำนวณได้จากสมการที่ 2

$$RPN = SEV \times OCC \times DET \quad (2)$$

ซึ่งเกณฑ์การประเมินอ้างอิงจาก [5] ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์คะแนนที่ใช้กำหนดค่า SEV, OCC และDET

ลำดับคะแนน	เกณฑ์การตัดสินใจ		
	SEV	OCC	DET
5	จัดให้เป็นระดับสูงมาก เนื่องจากส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตความปลอดภัย ความเสียหายของเครื่องจักร	มีความสูญเสียเกิดขึ้นบ่อยได้ที่สุด(มีค่าอยู่ในช่วง 81-100 ของจำนวนครั้งของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดในคาบเวลา)	ไม่มีการแก้ไขและควบคุมกระบวนการในการตรวจจับข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น
4	จัดให้เป็นระดับสูงเนื่องจากส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต ทำให้การปฏิบัติงานในบางขั้นตอนต้องหยุดชะงัด	มีความสูญเสียเกิดขึ้นได้บ่อย (มีค่าอยู่ในช่วง 61-80 ของจำนวนครั้งของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดในคาบเวลา)	ทราบวิธีการแก้ไขแต่ไม่มีการควบคุมกระบวนการในการตรวจจับข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น
3	จัดให้เป็นระดับปานกลางเนื่องจากส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตบางส่วนทำให้การปฏิบัติงานขัดข้อง	มีความสูญเสียเกิดขึ้นค่อนข้างบ่อย (มีค่าอยู่ในช่วง 41-60 ของจำนวนครั้งของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดในคาบเวลา)	มีการแก้ไขและควบคุมกระบวนการในระดับปานกลางในการตรวจจับข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น
2	จัดให้เป็นระดับต่ำ เนื่องจากส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต แต่ไม่ทำให้การปฏิบัติงานขัดข้อง	มีความสูญเสียเกิดขึ้นนาน ๆ ครั้ง (มีค่าอยู่ในช่วง 21-40 ของจำนวนครั้งของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดในคาบเวลา)	มีการแก้ไขและควบคุกระบวนการได้การตรวจจับข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นเป็นไปได้โดยอัตโนมัติ
1	ไม่มีเหตุผลที่คาดว่าส่วนเล็กน้อยในธรรมชาติของข้อบกพร่องนั้น จะเป็นสาเหตุให้เกิดผลกระทบอย่างจริงจังต่อกระบวนการผลิต	มีความสูญเสียเกิดขึ้นน้อยมากหรือไม่เคยเกิดขึ้น (มีค่าอยู่ในช่วง 20 ของจำนวนครั้งของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดในคาบเวลา)	มีการแก้ไขและควบคุมกระบวนการได้การตรวจจับข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นเป็นไปได้อย่างแน่นอนโดยอัตโนมัติ

จากตารางที่ 4 เมื่อมีการกำหนดเกณฑ์ประเมินระดับความเสี่ยงที่เกิดขึ้นแล้ว จากนั้นผู้วิจัยวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหาย และผลกระทบของชิ้นส่วนเครื่องจักรในกระบวนการเครื่องอัดเม็ด เพื่อหาค่าคะแนน RPN ของแต่ละปัญหาให้สอดคล้องกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุด [3] โดยระดมความคิดจากทีมฝ่ายวิศวกรรมของโรงงาน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบของชิ้นส่วนเครื่องจักรในกระบวนการเครื่องอัดเม็ด

ชิ้นส่วนเครื่องจักร	คุณลักษณะของความเสียหาย	ผลกระทบจากความเสียหาย	SEV	สาเหตุคุณลักษณะความเสียหาย	OCC	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	DET	RPN
สายพานเครื่องอัดเม็ด	สายพานเสื่อมสภาพจากความร้อน	ไม่สามารถเดินเครื่องผลิตต่อได้	3	เกิดจากการเสียดสีระหว่างมู่เล่กับสายพาน	2	ตรวจสอบความตึงของสายพาน (ต้องไม่ตึงและหย่อนเกินไป)เพื่อลดการเสียดสีสายพาน	3	18
ลูกปืนเครื่องอัดเม็ด	ลูกปืนแตก	ไม่สามารถเดินเครื่องผลิตต่อได้	4	เกิดจากจาระบีไม่เข้าลูกปืน	3	เช็คจาระบีกับลูกปืนก่อนเดินเครื่อง	3	36
น็อตยึดหน้าแปลน	เกลียวหว่าน	ไม่สามารถเดินเครื่องผลิตต่อได้	2	เกิดจากขันน็อตแน่นจนเกินไป	2	ขันน็อตจนพอประมาณไม่ให้แน่นจนเกินไป	3	12
ใบมีดเครื่องสับ	ใบมีดบิ่น	ประสิทธิภาพการสับไม้ลดลง(ทำให้ชิ้นงานใหญ่ขึ้น)	4	เหล็กเข้าใบมีดน็อตยึดหน้าแปลนทำให้ใบมีดบิ่น	3	ติดทั้งเซ็นเซอร์จับโลหะ	3	36
แกนใบค้อนบดละเอียด	แกนใบค้อนสึกหรอ	ไม่สามารถเดินเครื่องผลิตต่อได้	3	การเสียดสีของใบค้อนขณะเดินเครื่อง	2	ไม่วิธีการควบคุม	5	30
ตะแกรง 6 มม.	ตะแกรงชำรุด	ไม่สามารถเดินเครื่องผลิตต่อได้	2	เกิดจากใบค้อนชนตะแกรงตอนเดินเครื่อง	1	ตรวจเช็คใบค้อนให้มีระยะห่างจากตะแกรง 5 มม.	3	6

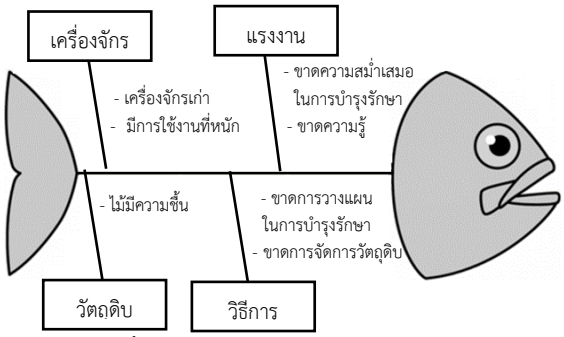
ตารางที่ 5 (ต่อ)

ชิ้นส่วนเครื่องจักร	คุณลักษณะของความเสียหาย	ผลกระทบจากความเสียหาย	SEV	สาเหตุคุณลักษณะความเสียหาย	OCC	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	DET	RPN
แกนใบค้อนบดหยาบ	แกนใบค้อนสึกหรอ	ไม่สามารถเดินเครื่องผลิตต่อได้	3	การเสียดสีของใบค้อนขณะเดินเครื่อง	2	ไม่วิธีการควบคุม	5	30
ตะแกรง 22 มม.	ตะแกรงชำรุด	ไม่สามารถเดินเครื่องผลิตต่อได้	2	เกิดจากใบค้อนชนตะแกรงขณะเดินเครื่อง	1	ตรวจเช็คใบค้อนให้มีระยะห่างจากตะแกรง 5 มม.	3	6

จากตารางที่ 5 แสดงค่า RPN ของชิ้นส่วนเครื่องจักรในกระบวนการอัดเม็ดมีค่ามากที่สุด คือ ลูกปืนเครื่องอัดเม็ด และใบมีดเครื่องสับ มีค่า RPN เท่ากับ 36 เนื่องจากค่า RPN เป็นตัวชี้วัดความเสี่ยงของสภาวะที่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องจักร [6] ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์สาเหตุของความเสียหาย เพื่อวางแผนในการแก้ไขปัญหาและการวางแผนในการบำรุงรักษาต่อไป

ประเมินแนวทางการบำรุงรักษาโดยใช้หลักการงานหลักการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์รากของปัญหาโดยใช้แผนผังสาเหตุและผล (cause and effect diagram) ร่วมกับทีมฝ่ายวิศวกรรมของโรงงาน จำแนกสาเหตุของปัญหาออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านแรงงาน ด้านเครื่องจักร ด้านวัตถุดิบและด้านวิธีการ [3] เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินและวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนผังสาเหตุและผล

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังสาเหตุและผล ดังรูปที่ 2 พบว่า ด้านแรงงาน พนักงานควบคุมเครื่องจักรขาดความรู้ในการบำรุงรักษาและพนักงานฝ่ายวิศวกรรมที่ทำหน้าที่ซ่อมบำรุงขาดความสม่ำเสมอในการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนการผลิต ซึ่งส่งผลให้เครื่องจักรเกิดการขัดข้องในระหว่างการผลิต และส่งผลให้ทั้งกระบวนการหยุดชะงัก

ด้านเครื่องจักร ระบบการทำงานของเครื่องจักรค่อนข้างเก่าและวัตถุดิบที่เข้าสู่เครื่องจักรไม่สามารถควบคุมคุณภาพและปริมาณความชื้นส่งผลเครื่องจักรทำงานหนัก

ด้านวิธีการ ในส่วนนี้เห็นได้ชัดเจนว่าขาดการวางแผนในการบำรุงรักษาส่งผลให้เครื่องจักรเกิดการขัดข้องบ่อย

ด้านวัตถุดิบ ในการผลิตชีวมวลอัดเม็ดไม่สามารถควบคุมคุณภาพและปริมาณความชื้นของวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตได้ เนื่องจากทางโรงงานยังขาดการจัดการวัตถุดิบที่ดี

โดยทั้ง 4 สาเหตุดังกล่าวเป็นสาเหตุหลักที่ส่งผลให้เครื่องจักรในกระบวนการเกิดการขัดข้อง ดังนั้น การลดปัญหาดังกล่าวต้องมีการกำหนดแนวทางหลักการบำรุงรักษาที่ถูกต้อง เพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยนำค่า RPN ของชิ้นเครื่องจักรมาใช้ในการแบ่งเกณฑ์ระดับเสี่ยงเป็น 3 ระดับ ประกอบด้วย ระดับความเสี่ยงสูง (H-High Risk) มีคะแนนอยู่ในช่วง 31-45 ระดับปานกลาง (M-Medium Risk) มีคะแนนอยู่ในช่วง 16-30 และระดับต่ำ (L-Low Risk) 1-15 ซึ่งถ้าหากค่า RPN สูง แสดงว่า สภาวะนั้นมีความพร้อมที่จะก่อให้เกิด ปัญหาในกระบวนการผลิต [6] ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่า RPN ของชิ้นส่วนเครื่องจักร

ลำดับที่	ชิ้นส่วนเครื่องจักรของเครื่องอัดเม็ด	ค่า RPN จากมากไปน้อย	ระดับค่าความเสี่ยง		
			H	M	L
1	ลูกปืนเครื่องอัดเม็ด	36	H		
2	ใบมีดเครื่องสับ	36	H		
3	แกนใบค้อนบดละเอียด	30		M	
4	แกนใบค้อนบดหยาบ	30		M	
5	สายพานเครื่องอัดเม็ด	18		M	
6	น็อตยึดหน้าแปลน	12			L
7	ตะแกรง 6 มม.	6			L
8	ตะแกรง 22 มม.	6			L

จากตารางที่ 6 แสดงค่า RPN ของชิ้นส่วนเครื่องจักรในกระบวนการอัดเม็ด โดยแบ่งระดับความเสี่ยงระดับสูง หมายถึง ชิ้นส่วนเครื่องจักรที่เกิดการขัดข้องทำให้กระบวนการผลิตหยุดชะงักและสูญเสียเวลาซ่อมเครื่องจักรเป็นเวลานาน บางครั้งช่างซ่อมบำรุงไม่สามารถซ่อมเองได้ และกระทบต่อการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า ได้แก่ ลูกปืนเครื่องอัดเม็ดและใบมีดเครื่องสับ ความเสี่ยงระดับปานกลาง หมายถึง ชิ้นส่วนเครื่องจักรเกิดการขัดข้องทำให้กระบวนการผลิตหยุดชะงัก และผลผลิตเกิดความเสียหาย ได้แก่ แกนใบค้อนบดละเอียด แกนใบค้อนบดหยาบ และสายพานเครื่องอัดเม็ด และความเสี่ยงระดับต่ำ หมายถึง ชิ้นส่วนเครื่องจักรเกิดการขัดข้องทำให้ไม่สามารถเดินเครื่องต่อได้ แต่ไม่เกิดความเสียหายต่อผลผลิต ได้แก่ น็อตยึดหน้าแปลน ตะแกรง 6 มม. และตะแกรง 22 มม.

ทั้งนี้ทุกชิ้นส่วนของเครื่องจักรมีความสำคัญต่อกระบวนการอัดเม็ด ถ้าหากชิ้นส่วนเหล่านี้เกิดความเสียหาย หรือเกิดการชำรุดจะส่งผลให้กระบวนการผลิตหยุดชะงัก ผู้วิจัยจึงใช้ค่าระดับความเสี่ยงของชิ้นส่วนเครื่องจักร และพิจารณาคู่มือของเครื่องจักรออกแบบใบตรวจสอบเพื่อเป็นแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักรก่อนเกิดการขัดข้อง และออกแบบใบตรวจสอบการบำรุงรักษาและทำการตรวจสอบเครื่องอัดเม็ดเป็นรายวัน รายสัปดาห์และรายเดือน ตามลำดับความเสี่ยง ส่งผลให้เครื่องจักรเกิดการขัดข้องลดลงและสามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้ง่ายขึ้น

การเปรียบเทียบผลการดำเนินการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษา

จากผลการการบำรุงรักษาก่อนการใช้แผนการบำรุงรักษาเปรียบเทียบกับหลังการใช้แผนการบำรุงรักษา พบว่า ในกรณีที่ปล่อยให้เครื่องจักรเกิดการขัดข้องทำให้เกิดการสูญเสียเวลาในการปฏิบัติงาน ค่าแรงงาน ค่าอะไหล่ในการซ่อมบำรุง

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่รวบรวมมาวิเคราะห์เพื่อให้เห็นถึงผลกระทบและเวลาที่สูญเสียไปในการซ่อมแซมแต่ละครั้งโดยใช้ ระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อม (Mean Time To Repair, MTTR) หมายถึง ระยะเวลาเฉลี่ยของการหยุดเครื่องเพื่อซ่อมบำรุง โดยนำเวลาที่ใช้เพื่อซ่อมบำรุงทั้งหมดหาค่าเฉลี่ย เพื่อตรวจสอบความสามารถ ความยากง่ายของการซ่อมบำรุง ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3

$$MTTR = \frac{\text{ผลรวมเวลาซ่อมบำรุง}}{\text{จำนวนครั้งที่หยุดซ่อม}} \qquad (3)$$

ระยะเวลาเฉลี่ยก่อนเกิดเหตุขัดข้อง (Mean Time Between Failures, MTBF) เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรว่ามีค่ามากน้อยเท่าไร ถ้าค่า MTBF มีค่ามากหมายถึงเครื่องจักรนั้นนาน ๆ เกิดการขัดข้องครั้งหนึ่ง แต่ถ้าค่า MTBF มีค่าน้อยหมายถึงเครื่องจักรมีเกณฑ์การขัดข้องเกิดขึ้นบ่อยครั้ง ดังสมการที่ 4

$$MTBF = \frac{\text{เวลาที่เครื่องจักรเดินทั้งหมด}}{\text{จำนวนครั้งที่เครื่องจักรชำรุด}} \qquad (4)$$

เมื่อคำนวณหาค่า MTTR และ MTBF เพื่อวัดประสิทธิผลนั้นจะวัดโดยใช้เปอร์เซ็นต์ความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร (Availability Factor, AF) ดังแสดงในสมการที่ 5

$$AF = \frac{\text{เวลารับภาระ} - \text{เวลาหยุด}}{\text{เวลารับภาระ}} \qquad (5)$$

ผลจากการเปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้แผนการบำรุงรักษา ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้แผนการบำรุงรักษา

เครื่องจักร	MTTR (นาที)		MTBF (นาที)		ความพร้อมใช้งาน (%)	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
เครื่องอัดเม็ด	70.50	68.57	291.20	416.00	75.79	83.52
เครื่องสับ	106.23	103.13	220.07	261.33	51.73	58.15
เครื่องบดละเอียด	111.08	107.67	169.51	209.07	34.47	48.50
เครื่องบดหยาบ	77.71	73.08	130.67	160.82	40.53	54.56

จากตารางเปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยผู้วิจัยใช้ข้อมูลเครื่องจักรในกระบวนการอัดเม็ดมาเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อม (Mean Time To Repair, MTTR) ของเครื่องจักรทั้ง 4 เครื่องลดลง แต่สังเกตได้ว่าการลดลงค่อนข้างน้อย เนื่องจาก กระบวนการซ่อมเครื่องจักรเมื่อเกิดการขัดข้อง ใช้วิธีการเดิม อีกทั้งการรอคอยอะไหล่สำรองค่อนข้างนานทำให้เครื่องจักรต้องหยุดการทำงาน ในส่วนของระยะเวลาเฉลี่ยก่อนเกิดเหตุขัดข้อง (Mean Time Between Failures, MTBF) และความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร (Availability Factor, AF) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด จึงกล่าวได้ว่าถ้าหากทุกชิ้นส่วนของเครื่องจักรได้รับการบำรุงรักษาตามรอบเวลาจะส่งผลให้เครื่องจักรมีระยะเวลาในการทำงานก่อนที่จะขัดข้องเพิ่มระยะเวลาในการซ่อมลดลง และความพร้อมในการใช้งานเพิ่มขึ้นอีกด้วย

สรุปและอภิปราย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยเสี่ยงของเครื่องจักรในกระบวนการอัดเม็ด โดยประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และเสนอแนวทางการบำรุงรักษาของเครื่องจักร และประเมินแนวทางการบำรุงรักษาโดยใช้หลักการงานหลักการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ผลจากการวิจัย พบว่า ปัญหาของกระบวนการอัดเม็ด คือ เครื่องจักรเกิดการขัดข้องอย่างกะทันหัน เนื่องจากขาดการวางแผนการบำรุงรักษาอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้เกิดเวลาที่สูญเสียของเครื่องจักร หรือเวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร และส่งให้กระทบต่อชิ้นส่วนของเครื่องจักรเมื่อเกิดการชำรุด หรือเสียหายแล้ว ทำให้กระบวนการผลิตหยุดชะงัก จากผลการวิจัยพบว่า ค่า RPN ของลูกปืนเครื่องอัดเม็ดและใบมีดเครื่องสับ มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 36 และจัดอยู่ในระดับความเสี่ยงที่สูง นั่นหมายความว่าชิ้นส่วนเครื่องจักรที่เกิดการขัดข้องทำให้กระบวนการผลิตหยุดชะงักและสูญเสียเวลาซ่อมเครื่องจักรเป็นเวลานาน บางครั้งช่างซ่อมบำรุงไม่สามารถซ่อมเองได้ และกระทบต่อการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์รากของปัญหาโดยใช้แผนผังสาเหตุและผล เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของเครื่องจักรที่เกิดการขัดข้อง พบว่าขาดการวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรและพนักงานขาดความสม่ำเสมอในการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนการผลิต และใช้ค่าระดับความเสี่ยงของชิ้นส่วนเครื่องจักร และคู่มือของเครื่องจักรออกแบบใบตรวจสอบเพื่อวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักรก่อนเกิดการขัดข้องและให้แผนกวิศวกรรมทำการตรวจสอบเครื่องอัดเม็ดเป็นรายวัน รายสัปดาห์ และรายเดือนตามลำดับความเสี่ยง พบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมของเครื่องอัดเม็ด เครื่องสับ เครื่องบดหยาบ และเครื่องบดละเอียด ลดลงร้อยละ 2.74, 2.92, 3.07 และ 5.96 ตามลำดับ ระยะเวลาเฉลี่ยก่อนเกิดเหตุขัดข้อง เพิ่มขึ้นร้อยละ 30.00, 15.97, 18.92 และ 18.75 ตามลำดับ และความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.25, 14.55, 28.93 และ 25.72 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเทคนิค FMEA สามารถนำมาหาระดับความเสี่ยงของเครื่องจักรและนำข้อมูลที่ได้มาทำการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสมของแต่ละเครื่องจักรให้เป็นมาตรฐานในการบำรุงรักษาซึ่งพบว่าอัตราความพร้อมใช้งานและค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักรเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีจำนวนความถี่ในการเกิดความเสียหายลดลง [7] สอดคล้องกับ [8] ที่ใช้วิธีการ บำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานทฤษฎีความน่าเชื่อถือที่สามารถลดเวลาสูญเสียและเพิ่มความพร้อมในการใช้งานให้กับเครื่องจักรซึ่ง [9] ยังกล่าวได้ว่า FMEA สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการระบุปัญหาและผลกระทบของปัญหาที่มีต่อกระบวนการได้อย่างชัดเจน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจากแผนกวิศวกรรมโรงงานผลิตชีวมวลอัดเม็ดในจังหวัดตรัง

References

[1] P. Kaewsaithom, *"The Applications of Reliability Based Maintenance for Reducing Downtime in the Sample Paper Factory,"* M.Eng. (Engineering Management), Silpakorn University, Nakhon Pathom, 2011.

[2] K. Rungruang, *"Alternative: Preventive Maintenance Planning for Industrial Relay Machinery,"* M.Sc. (Engineering Management), Dhurakij Pundit University, Bangkok, 2009.

[3] S. Wongjirattikarn and S. Ratanakuakangwan, "Improvement of Preventive Maintenance Planning of an Automobile Shaft Manufacturer by FMEA Technique," *The Journal of KMUTNB*, vol. 23, no. 3, pp. 643-653, September - December 2013.

[4] S. Sinlapapiphat, *"Design of Maintenance Plan for the Multi-Plant Redy-Mixed Concrete Industry,"* M.Eng. (Industrial Engineering), Chulalongkorn University, Bangkok, 1994.

[5] T. Juntasom, *"Process Improvement by Using FMEA and AHP in Dyeing Section in the Sample Factory,"* M.Eng. (Engineering Management), Silpakorn Universit, Nakhon Pathom, 2010.

[6] W. Punyangarm, "Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) for a Maintenance System Development: A Case Study of Meat Processing," *Ladkrabang Engineering Journal, vol. 33,* no. 4, pp. 24-31, Dec. 2016.

[7] S. Silaard, *Machine Productivity Improvement by Preventive Maintenance Case Study : Beverage Industrial,* M.Eng. (Industrial Engineering), King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 2008.

[8] S. Samrit, A. Kengpol and S. Talabgaew, "Reduction of Downtime Loss by Using Reliability Theory Based Preventive Maintenance: A Case Study of the Concrete Industry," KKU Research Journal, vol. 16, no. 2, pp. 145-158, Feb. 2011.

[9] P. Pahakij and A. Krairit, "Integrating QFD and FMEA for Customer Satisfaction A Case Study in Automotive Industry," The Journal of Industrial Technology : Suan Sunandha Rajabhat University, vol. 5, no. 1, pp. 13-23, January – June 2017.