การจัดทำระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรด้วยเทคนิค FMEA กรณีศึกษา กระบวนการแปรรูปเนื้อสัตว์ตัวอย่าง

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) for a Maintenance System Development: A Case Study of Meat Processing

วราธร ปัญญางาม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Punyangarm@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ประยุกต์แนวคิดการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis : FMEA) ซึ่งเป็นเครื่องมือในการจัดการความเสี่ยง มาใช้ในการวางระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยแนวคิดดังกล่าวถูกนำมาใช้กับเครื่องจักรที่แตกต่างกัน 14 เครื่องของกระบวนการแปรรูปเนื้อสัตว์ในโรงงานตัวอย่าง เพื่อให้ระบบการบำรุงเครื่องจักรมีความสอดคล้องกับสภาพการทำงานจริง บทความนี้จึงได้ปรับนิยามและระดับการประเมินค่าความรุนแรง (Severity: S) โอกาส (Occurrence : O) และการตรวจจับ (Detect : D) ให้สอดคล้องกับสภาพการผลิตจริง ภายใต้แนวคิดความสูญเสียหลัก 6 ประการ (Six Major Losses) ซึ่งภายหลังจากการนำ FMEA เข้ามาใช้ประเมินความเสี่ยง พบว่า สามารถสร้างระบบการบำรุงรักษาที่ไม่มีความเสี่ยงในระดับสูง (High Risk) และลดความเสี่ยงในระดับปานกลาง (Medium Risk) ได้

คำสำคัญ : ระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักร การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ กระบวนการแปรรูปเนื้อสัตว์

Abstract

This paper proposed the concept of the Failure mode and effects analysis (FMEA) in the context of risk management to develop maintenance system. There are fourteen different machine of meat processing which are focused. The definition and level of Severity (S) Occurrence (O) and Detect (D) are revised to link with the Six major losses and the real operation management of a case study. After implement new maintenance system, there are not only number of high risk causes of machine losses which was treat to be zero, but also number of medium risk can be decreased.

Keywords : Machine Maintenance System, Failure Mode and Effects Analysis, Meat Processing

1. บทนำ

โดยพื้นฐาน เป้าหมายของการผลิตใดๆ จะเกี่ยวพันโดยตรงกับการผลิตให้มีคุณภาพที่ตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า การส่งมอบครบให้ถ้วนในเวลาที่ลูกค้าต้องการ ภายใต้ต้นทุนที่เหมาะสม ซึ่งการผลิตที่จะสามารถตอบสนองเป้าหมายดังกล่าวได้ ย่อมต้องมีการจัดการปัจจัยป้อนเข้า ซึ่งประกอบด้วย คน เครื่องจักร วัตถุดิบ และวิธีการ ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด แต่อย่างไรก็ตาม การจัดการปัจจัยป้อนเข้าเพื่อตอบสนองเป้าหมายด้านการผลิตอาจเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก หากการผลิตนั้นๆ ไม่มีการเก็บข้อมูลในอดีตที่บ่งชี้ความผิดปกติของปัจจัยการผลิตที่ส่งผลให้การผลิตไม่เป็นไปตามเป้าหมาย ดังนั้นบทความนี้จึงเสนอขั้นตอนการสร้างระบบการจัดการปัจจัยป้อนเข้าในกรณีที่ขาดข้อมูลและสารสนเทศด้านการผลิตที่สำคัญ โดยอาศัยกระบวนการแปรรูปเนื้อสัตว์ในโรงงานตัวอย่างเป็นกรณีศึกษา

โรงงานตัวอย่างเป็นโรงงานผลิตอาหารสำเร็จรูปที่เติบโตจากธุรกิจครอบครัวที่มีประวัติยาวนานกว่า 40 ปี และถูกจัดอยู่ในกลุ่มวิสาหกิจขนาดกลางและเล็ก (Small and Medium Enterprises : SMEs) โดยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ผู้ประกอบการได้ทะยอยลงทุนนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศ (Capital Intensive) จำนวนมากเข้ามาใช้ในการผลิตทดแทนการผลิตที่ใช้แรงงานเป็นหลัก (Labor Intensive) แต่ก็ยังสามารถรักษาบุคคลากรหลักที่มีความรู้และประสบการณ์ทั้งด้านการผลิตแบบเดิมและคุณลักษณะของสินค้าไว้ได้ อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการผลิตจากใช้แรงงานไปสู่การใช้เครื่องจักรที่เกิดขึ้นนี้ส่งผลให้แรงงานทางตรง (Direct Labor) ถูกเปลี่ยนจากการใช้แรงงานผลิตสินค้าไปสู่การใช้ความรู้เพื่อควบคุมเทคโนโลยีการผลิตสินค้า (Machine Based Production) ที่มีต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) ในการผลิตที่สูงกว่าเดิม ดังนั้นเวลาที่สูญเสียไปจากการหยุดชะงักในกระบวนการจึงมีต้นทุนสูง นอกจากนี้ การใช้เครื่องจักรที่มีความเร็วมากกว่าแรงงานยังเป็นอีกสาเหตุของการเกิดของเสียในอัตราส่วนที่มากกว่าเดิม เช่น การตั้งค่าเครื่องผิด การหยุดความเสียหายของสินค้าไม่ทันเวลา หรือกลไกการทำงานของเครื่องจักรไม่สมบูรณ์ส่งผลต่อของเสีย เป็นต้น ดังนั้นระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักร (Machine Maintenance System) ที่นำเสนอในบทความนี้ จึงเป็นระบบที่ออกแบบโดยคำนึงถึงผลกระทบ (Effect) ทั้งด้านเวลาที่สูญเสียไปจากการหยุดของเครื่องจักร (Major and Minor Stopping) และทั้งด้านคุณภาพ (Quality) ของสินค้า

2. การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis : FMEA)

เทคนิค FMEA ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับงานด้านอวกาศยานและการทหารช่วงปี 1950s โดยในช่วงแรกใช้ชื่อว่า Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA) ต่อมาช่วงปี 1960s ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับงานด้านวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ [1] เทคนิค FMEA เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ความเสี่ยงทางวิศวกรรมที่พยายามระบุข้อบกพร่องที่เป็นไปได้และคาดการณ์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากข้อบกพร่องนั้น ซึ่งการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยเทคนิค FMEA จะจัดลำดับความเสี่ยงของลักษณะข้อบกพร่องที่สำคัญ (Potential Failure Mode) ภายใต้คะแนนความเสี่ยง (Risk Priority Number) ที่ได้จากการประเมิน 3 เกณฑ์ คือ ความรุนแรง (Severity : S) โอกาส (Occurrence : O) และความสามารถในการตรวจจับ (Detect : D) [1, 2] และด้วยการประเมินความเสี่ยงที่หลากมุมมอง มีความยืดหยุ่นในการใช้งาน รวมถึงสามารถดำเนินการได้ทั้งด้วยการประเมินโดยอาศัยกลุ่มย่อย (Small Group) หรือการประเมินโดยผู้ออกแบบหรือผู้วิเคราะห์เอง (Individual) ทำให้เทคนิค FMEA ถูกพัฒนาและนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินความเสี่ยงของลักษณะความบกพร่องในด้านต่างๆ ทั้งด้านการออกแบบ ด้านกระบวนการ ด้านการจัดการคุณภาพ ในหลายกลุ่มธุรกิจ อาทิ กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ ธุรกิจด้านสุขภาพ ธุรกิจพลังงาน อวกาศยาน อุตสาหกรรมอาหาร ธุรกิจธนาคาร เป็นต้น [3, 4, 5]

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1. ศึกษาหน้าที่ของเครื่องจักร

การวิจัยนี้ได้ดำเนินการที่ห้องแปรรูปเนื้อสัตว์ (Meat Processing Room) ในโรงงานตัวอย่าง ซึ่งทำหน้าที่ เตรียม ตกแต่ง และผสมวัตถุดิบตามสูตรผสม ภายใต้เวลาและอุณหภูมิที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน เพื่อส่งไปกระบวนการถัดไป โดยมีเครื่องจักรทั้งหมด 19 เครื่อง 5 กลุ่ม ได้แก่

(1) กลุ่มเครื่องฉีดน้ำเกลือ ทำหน้าที่ฉีดน้ำเกลือเข้าในเนื้อสัตว์กลุ่มขาหมูและเบคอน เพื่อปรับรสชาดและเพิ่มอายุจัดเก็บเนื้อสัตว์ โดยมีเครื่องจักรในกลุ่มนี้ 3 เครื่อง

(2) กลุ่มเครื่องนวดผสม ทำหน้าที่นวดเนื้อสัตว์ให้ผสมเข้ากับน้ำปรุงรส โดยจะแตกต่างกันไปตามขนาดถังบรรจุขณะนวด คือ ขนาดจุ 130 กิโลกรัม จำนวน 2 เครื่อง และขนาดจุ 150, 300 และ 600 กิโลกรัม ขนาดละ 1 เครื่อง

(3) กลุ่มกระทะสับผสม ทำหน้าที่สับเนื้อและไขมันสัตว์ให้ละเอียดพร้อมผสมคลุกเคล้าผงเครื่องปรุงลงในเนื้อสัตว์ โดยมีกระทะสับผสม 2 ขนาด คือ เครื่องสับผสมขนาดความจุกระทะ 80 และ 180 กิโลกรัม

(4) กลุ่มเครื่องอัดไส้กรอก ทำหน้าที่อัดเนื้อสัตว์ที่ผ่านการสับผสมลงในไส้ก่อนนำไปสู่ขั้นตอนทำสุกอื่นๆ โดยเครื่องอัดไส้กรอกมีทั้งหมด 4 เครื่อง แบ่งเป็นเครื่องอัดไส้กรอกระบบอัตโนมัติขนาดใหญ่ 1 เครื่อง และเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติ 3 เครื่อง

(5) กลุ่มเครื่องจักรรอง (Minor Machine) จำนวน 5 เครื่อง เป็นเครื่องจักรที่ไม่ถูกใช้ในการผลิตทุกวัน จึงไม่เลือกมานำเสนอในบทความนี้

3.2. เกณฑ์การประเมินความเสี่ยงของการเสียหายของเครื่องจักร

ระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักร 4 กลุ่มในห้องแปรรูปเนื้อสัตว์ดังที่ได้กล่าวมาในหัวข้อที่ 3.1 จะถูกสร้างขึ้นโดยอ้างอิงจากความเสี่ยงของการเสียหายของเครื่องจักรตามคะแนน RPN ที่ได้จากการประเมินความเสี่ยงด้วยเทคนิค FMEA โดยในขั้นตอนนี้จะกำหนดเกณฑ์การประเมินความเสี่ยงให้สอดคล้องกับลักษณะการผลิตที่จะนำมาใช้เป็นมาตรฐานการประเมินค่า S O และ D สำหรับทุกๆ เครื่องจักร โดยในที่นี้ได้กำหนดนิยามในแต่ละเกณฑ์ ดังนี้

3.2.1. ความรุนแรง (S) ประเมินจากผลกระทบ (Effect) ของการเสียหายของระบบย่อย (Sub-System) ของเครื่องจักรที่มีต่อลักษณะความเสียหายหลักที่เป็นไปได้ โดยอาศัยพื้นฐานแนวคิดจากความสูญเสียหลักจากการใช้เครื่องจักร 6 ประการ (Six Major Losses) มาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ (ก) ลักษณะความเสียหายที่ส่งผลต่อการหยุดของเครื่องจักรที่มีระดับความรุนแรงเปลี่ยนไปตามเวลาในการหยุดแก้ไข **หรือ** (ข) ลักษณะความเสียหายที่ส่งผลต่อปริมาณของเสียจากการผลิต โดยมีนิยามคะแนนความรุนแรง แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงนิยามคะแนนความรุนแรง

คะแนน	ผลกระทบจากลักษณะความเสียหาย	
5	(ก)	หยุดซ่อมแซมเครื่องมากกว่า 1 วัน **หรือ**
	(ข)	เกิดของเสียที่ต้องทิ้งจำนวนมาก
4	(ก)	เครื่องจักรทำหน้าที่หลักไม่สมบูรณ์ **หรือ** หยุดซ่อมแซมเครื่อง 1 ช.ม. ถึง 1วัน **หรือ**
	(ข)	เกิดของเสียที่แก้ไขยากจำนวนมาก
3	(ก)	การหยุดชะงักของเครื่องจักรที่ต้องหยุดซ่อมแซมตั้งแต่ 10 นาที ถึง 1 ช.ม. **หรือ**
	(ข)	เกิดของเสียที่แก้ไขได้ง่ายจำนวนมาก
2	(ก)	เกิดการทำงานที่ไม่สะดวก **หรือ** การหยุดที่แก้ไขไม่เกิน 10 นาที **หรือ**
	(ข)	เกิดของเสียที่แก้ไขได้ง่ายเล็กน้อย
1	--- ไม่มีผลกระทบใดๆ ---	

3.2.2. โอกาส (Occurrence : O) ที่ได้มาจากประมาณโอกาสเกิดเหตุการณ์ที่เป็นสาเหตุ (Causes) ของลักษณะความเสียหาย โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ (ก) โอกาสเกิดความเสียหายที่มีสาเหตุมาจากสภาพชิ้นส่วนของระบบย่อย หรือ (ข) โอกาสเกิดความเสียหายที่มีสาเหตุเกี่ยวพันกับวิธีการทำงาน แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงนิยามคะแนนโอกาส

คะแนน	ผลกระทบจากลักษณะความเสียหาย	
5	(ก)	ชิ้นส่วนเสื่อมสภาพใกล้สูญเสียเงื่อนไขที่จำเป็น **หรือ** ใช้งานเกินอายุการใช้งาน
	(ข)	กิจกรรมยุ่งยากที่ทำมากกว่า 5 ครั้ง/วัน
4	(ก)	ชิ้นส่วนเหลือเฉพาะเงื่อนไขจำเป็น **หรือ** ใช้งาน 80-100% ของอายุการใช้งาน
	(ข)	กิจกรรมยุ่งยากที่ทำ 2 – 4 ครั้ง/วัน
3	(ก)	ชิ้นส่วนมีฟังก์ชันการทำงานครบ แต่มีร่องรอยการเสื่อมสภาพที่เห็นได้ชัด **หรือ** ใช้งานมา 60-80% ของอายุการใช้งาน
	(ข)	กิจกรรมยุ่งยากที่ทำวันละครั้ง
2	(ก)	ชิ้นส่วนมีฟังก์ชันการทำงานครบ แต่มีร่องรอยการเสื่อมสภาพเล็กน้อย **หรือ** ใช้งานไม่เกิน 60% ของอายุการใช้งาน
	(ข)	กิจกรรมยุ่งยากที่ทำ 2 – 3 ครั้ง/สัปดาห์
1	(ก)	ชิ้นส่วนมีสภาพสมบูรณ์
	(ข)	มีกลไกป้องกันความผิดพลาด

ตารางที่ 3 แสดงนิยามคะแนนการตรวจจับ

คะแนน	**ความสามารถในการตรวจจับ/แก้ไขความผิดปกติที่เกิดขึ้น**
5	ตรวจพบความผิดปกติเมื่อเกิดความเสียหาย
4	ตรวจพบความผิดปกติจากการตรวจตามแผนการตรวจสอบโดยหน่วยงานที่ไม่ใช่ฝ่ายผลิต
3	ตรวจจับความผิดปกติตามระดับ 4 **และ** ตรวจจับความผิดปกติโดยหัวหน้าสายการผลิต
2	ตรวจจับความผิดปกติตามระดับ 3 **และ** ตรวจจับความผิดปกติโดยพนักงานประจำเครื่อง
1	ออกแบบให้ควบคุมความผิดปกติได้ด้วยการมองหรือติดตั้งสัญญาณเตือนความผิดปกติ

3.2.3. ความสามารถในการตรวจจับ (Detect : D) ที่ได้จากความสามารถในการตรวจจับความผิดปกติ และ/หรือในการแก้ไขเมื่อพบความผิดปกติของหน่วยงานที่มีความเกี่ยวข้อง แสดงดังตารางที่ 3

3.3. ขั้นตอนการประเมินคะแนน RPN

ภายใต้แนวคิดที่ว่า กลไกการทำงานของเครื่องจักรเป็นการทำงานร่วมกันของระบบย่อย (Sub-system) ซึ่งทำหน้าที่สัมพันธ์กันตามที่ได้ออกแบบเครื่องจักรตั้งแต่แรก ดังนั้นเมื่อระบบย่อยของเครื่องจักรมีความผิดปกติย่อมส่งผลให้เครื่องจักรเสียหายหรือด้อยประสิทธิภาพลงไป ดังนั้นในการประเมินคะแนน RPN จึงพิจารณาจากสภาพกลไกการทำงานของระบบย่อยและปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อความผิดปกติของระบบย่อย โดยมีขั้นตอนการประเมินคะแนน RPN ดังนี้

3.3.1. การวิเคราะห์เพื่อแยกเครื่องจักรเป็นระบบย่อยและระบุหน้าที่ของระบบย่อย เช่น การทำงานของเครื่องนวดผสมเริ่มตั้งแต่การใส่เนื้อสัตว์และน้ำปรุงรสลงในถัง เมื่อป้อนคำสั่งที่จอควบคุมตามชนิดของผลิตภัณฑ์ ชุดเปิด/ปิดฝาถังจะทำการปิดฝาให้สนิท จากนั้นชุดปรับระดับองศาจะหมุนยกถังให้ตั้งขึ้น เมื่อได้ระดับองศาที่กำหนด ระบบสูญญากาศและระบบความเย็นจะทำงานเพื่อสร้างสภาวะที่เหมาะสมกับการผลิต ต่อมาใบพายจะหมุนคลุกเคล้าเนื้อสัตว์ให้เข้ากับน้ำปรุงรส โดยมีใบกวนปิดช่องว่างระหว่างใบพายกับตัวถังให้การคลุกเคล้าทั่วถึง เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด ระบบควบคุมสั่งปลดสภาวะสุญญากาศและส่งสัญญาณเรียกพนักงานประจำเครื่อง เพื่อนำผลิตภัณฑ์ออกจากเครื่องนวดผสม จึงอาจแบ่งระบบย่อยออกได้เป็น 5 ระบบย่อย แสดงดังรูปที่ 1

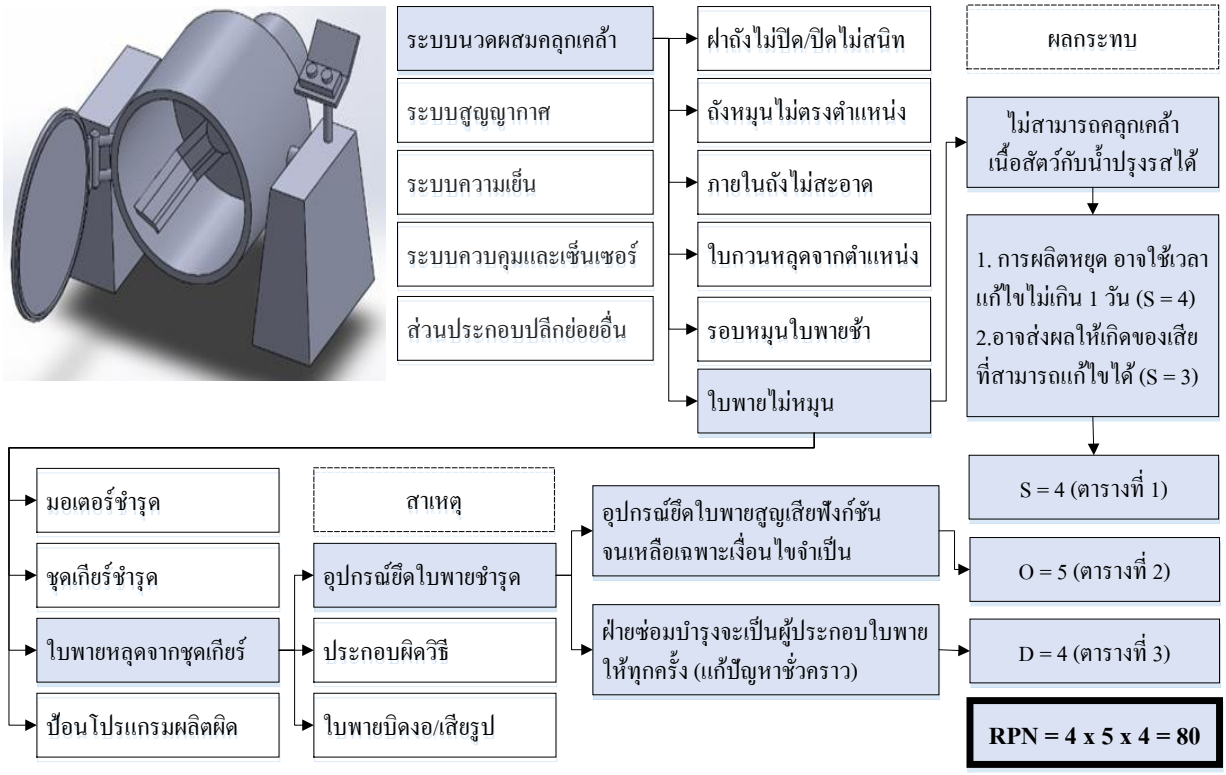
3.3.2. การคาดการณ์ลักษณะความเสียหายในระบบย่อย เช่น ระบบนวดผสมคลุกเคล้า มีลักษณะความเสียหายหลัก 6 อาการ ได้แก่ ฝาถังไม่ปิดหรือปิดไม่สนิท ถังหมุนไม่ตรงตำแหน่ง ภายในถังไม่สะอาด ใบกวนหลุดจากตำแหน่ง รอบหมุนใบพายช้า และใบพายไม่หมุน เป็นต้น

3.3.3. ประเมินผลกระทบและระดับความรุนแรงของลักษณะความเสียหายของระบบย่อย โดยอ้างอิงจากนิยามตามตารางที่ 1 เช่น หากใบพายไม่หมุนจะส่งผลให้เครื่อง

นวดผสมไม่สามารถคลุกเคล้าเนื้อสัตว์กับน้ำปรุงรสได้ ซึ่ง 2 ผลกระทบจากเหตุการณ์ดังกล่าว คือ มีการหยุดชะงักในการผลิตเพื่อรอการแก้ไข ซึ่งคาดการณ์ว่าใช้เวลาเกิน 1 วัน เมื่ออ้างอิงตามตารางที่ 1 จะได้ค่า S เป็น 4 ส่วนผลกระทบอีกอย่าง คือ การต้องนำวัตถุดิบที่เตรียมไว้ไปเก็บรักษาในห้องเย็นเพื่อรักษาอุณหภูมิก่อนผลิตใหม่ ซึ่งเป็นลักษณะของเสียที่แก้ไขได้ง่าย จึงมีค่า S เป็น 3 เนื่องจากผลกระทบในการหยุดชะงักมีค่าความรุนแรงสูงกว่าด้านคุณภาพ ดังนั้นระดับความรุนแรงของใบพายไม่หมุนมีค่าตาม S ที่มากที่สุด คือ S = 4 แสดงดังรูปที่ 1

3.3.4. วิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าของแต่ละลักษณะความเสียหาย โดยในการวิจัยนี้ใช้หลักการถามตอบแบบทำไม-ทำไม (Why-Why Analysis) เช่น ใบพายไม่หมุนเกิดจาก 4 สาเหตุเบื้องต้น คือ มอเตอร์ชำรุด ชุดเกียร์ชำรุด ใบพายหลุดจากชุดเกียร์ และพนักงานป้อนโปรแกรมผลิตผิด จากนั้นวิเคราะห์สาเหตุให้ลึกลงไป เช่น ใบพายหลุดจากชุดเกียร์ เกิดจาก 3 สาเหตุ คือ อุปกรณ์ยึดใบพายชำรุด พนักงานผลิตประกอบผิด และใบพายบิดงอหรือเสียรูป

3.3.5. ประเมินโอกาสที่สาเหตุรากเหง้าจะส่งผลให้เกิดลักษณะความเสียหาย โดยอ้างอิงจากนิยามตามตารางที่ 2 เช่น จากการวิเคราะห์ พบว่า อุปกรณ์ยึดใบพายชำรุดเป็นสาเหตุรากเหง้าของอาการใบพายไม่หมุน (ลักษณะความเสียหาย) ดังนั้นจึงตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ยึดใบพายในปัจจุบัน ปรากฏว่า อุปกรณ์ยึดใบพายสูญเสียฟังก์ชันจนใกล้สูญเสียเงื่อนไขจำเป็น (สภาพของอุปกรณ์ยึดใบพายเสื่อมสภาพมาก) ดังนั้นเมื่อประเมินโอกาสตามนิยามในตารางที่ 2 จึงได้ O = 5 แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างขั้นตอนการหาค่า RPN

3.3.6. ประเมินความสามารถในการตรวจจับหรือแก้ไขความผิดปกติที่เกิดขึ้น โดยประเมินจากวิธีปฏิบัติงานและทักษะของส่วนที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุรากเหง้าของลักษณะความเสียหาย โดยอ้างอิงการมอบหมายหน้าที่ที่สอดคล้องกับความสามารถของผู้รับผิดชอบ ตามนิยามในตารางที่ 3 เช่น การประกอบและตรวจสอบใบพายกับชุดเกียร์เป็นหน้าที่ของพนักงานประจำเครื่อง ซึ่งมี D = 2 แต่เนื่องจากสภาพที่ไม่สมบูรณ์ของอุปกรณ์ยึดใบพาย ช่างซ่อมบำรุงจึงต้องเป็นผู้ดำเนินการแทน ได้ D = 4 ดังรูปที่ 1

3.3.7. คำนวณค่า RPN ของวิธีการปฏิบัติงานที่ไม่ดีและเกี่ยวพันกับสาเหตุรากเหง้าของลักษณะความเสียหายที่มีผลกระทบสูง (ในบทความนี้จะเรียกว่า สภาวะ) จากผลคูณของค่า S O และ D โดย RPN ที่มีค่าสูงสุด 125 คะแนน จะหมายถึง สภาวะที่มีความเสี่ยงสูงสุด และมีค่าต่ำที่สุดที่ 1 คะแนน จะหมายถึง สภาวะที่ไม่มีความเสี่ยง เช่น คะแนนความเสี่ยง (RPN) จากการใช้อุปกรณ์ยึดใบพายที่มีความเสื่อมสภาพมาก (O = 5) จนต้องใช้ช่างซ่อมบำรุงทำหน้าที่ตรวจจับความผิดปกติ (D = 4) อาจก่อให้เกิดความเสียหายประเภทใบพายไม่หมุน ซึ่งมีผลกระทบต่อการหยุดชะงักของการผลิตที่ใช้เวลาแก้ไขไม่เกิน 1 วัน (S = 4) จะมี RPN ของสภาวะดังกล่าว เป็น 80 คะแนน ดังรูปที่ 1

4. มาตรการปรับปรุงเพื่อลดค่า RPN

4.1. ระดับความเสี่ยงของสภาวะ

เนื่องจากค่า RPN เป็นตัวชี้วัดความเสี่ยงของสภาวะที่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องจักร โดยหากสภาวะมีค่า RPN สูง แสดงว่า สภาวะนั้นมีความพร้อมที่จะก่อให้เกิดปัญหาในกระบวนการผลิต ดังนั้นหัวข้อนี้จึงนำค่า RPN ที่ประเมินผ่านกรอบ FMEA แสดงดังขั้นตอนในข้อ 3.2 มาใช้ในการแบ่งกลุ่มระดับความเสี่ยง โดยในที่นี้จะแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ ความเสี่ยงสูงมี RPN ช่วง 80-125 คะแนน ความเสี่ยงปานกลางมี RPN ช่วง 31-79 คะแนน และความเสี่ยงต่ำมี RPN ช่วง 1-30 คะแนน ทำให้สามารถแบ่งกลุ่มของสภาวะที่มีความเสี่ยงตามเกณฑ์ดังกล่าวได้ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนสภาวะที่มีความเสี่ยง (ก่อนปรับปรุง)

เครื่องจักร	จำนวนสภาวะที่มีความเสี่ยง			
	สูง	กลาง	ต่ำ	รวม
เครื่องฉีดน้ำเกลือ - 1	5	7	6	18
เครื่องฉีดน้ำเกลือ - 2	6	6	6	18
เครื่องฉีดน้ำเกลือ - 3	5	7	6	18
เครื่องนวดผสม 130-1	1	11	4	16
เครื่องนวดผสม 130-2	2	10	4	16
เครื่องนวดผสม 150	1	12	5	18
เครื่องนวดผสม 300	1	13	4	18
เครื่องนวดผสม 600	4	14	8	24
กระทะสับผสม 80	2	10	1	13
กระทะสับผสม 180	2	11	3	16
เครื่องอัดไส้กรอก - 1	0	11	13	24
เครื่องอัดไส้กรอก - 2	2	12	0	14
เครื่องอัดไส้กรอก - 3	2	10	2	14
เครื่องอัดไส้กรอก - 4	2	10	2	14

4.2. มาตรการลดความเสี่ยง

4.2.1. มาตรการลดค่า S มุ่งเน้นที่การลดความรุนแรงของผลกระทบตามระดับคะแนนความรุนแรงที่กำหนดไว้ โดยในบทความนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มมาตรการ คือ

1) การลดเวลาซ่อมแซมเมื่อเกิดความเสียหาย (Time to Repair) จัดทำเป็น 2 มาตรการ คือ

1.1) การลดเวลาในการวินิจฉัย โดยจัดทำในรูปเมตริกซ์เชื่อมโยงอาการเสียกับสาเหตุที่เป็นไปได้ เช่น สัญญาณแสดงความผิดปกติ (Alarm) ที่แสดงบนหน้าจอเครื่องอัดไส้กรอก แสดงสัญญาณแบบ A ช่างซ่อมบำรุงจะมีลำดับการตรวจวินิจฉัยสาเหตุเรียงลำดับจาก (1) ความแน่นขั้วต่อสายไฟโซนอัด (2) เซนเซอร์โซนอัดไม่ทำงาน และ (3) การทำงานของปั๊มสุญญากาศ แสดงดังตารางที่ 5 ซึ่งการลดเวลาการวินิจฉัยสาเหตุจะช่วยให้เวลาในการซ่อมแซมลดลง ทำให้ค่า S และคะแนน RPN ลดลงตามไปด้วย (ดูตารางที่ 1 ประกอบ)

ตารางที่ 5 ตัวอย่างเมตริกซ์สัญญาณความผิดปกติและสาเหตุที่เป็นไปได้ของเครื่องอัดไส้กรอก

สาเหตุ	สัญญาณ			
	A	B	C	D
ขั้วสายไฟโซนอัดหลวม	1	-	-	-
ขั้วสายไฟโซนแบ่งปริมาตรหลวม	-	1	-	-
เซนเซอร์โซนอัดไม่รับสัญญาณ	2	-	-	-
มอเตอร์ใบเวนหยุดทำงาน	-	-	1	-
ปั๊มสุญญากาศไม่ทำงาน	3	-		1

นอกจากนี้ยังมีการทบทวนช่างซ่อมบำรุงในการประชุมย่อยช่วงเช้าก่อนจะเริ่มงาน (Morning Talk) การทำสัญลักษณ์บ่งชี้ตำแหน่งที่มักเกิดการติดขัดที่ส่งผลต่อการหยุดเล็กน้อย และการฝึกอบรมพนักงานประจำเครื่องให้สามารถแก้ไขเบื้องต้นด้วยการอบรมในพื้นที่หน้างานผ่านบทเรียนหนึ่งจุด (One Point Lesson : OPL) อีกด้วย

1.2) การลดเวลานำ (Lead Time) ในการจัดซื้อ โดยการวางแผนจัดซื้ออะไหล่ โดยแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ (ก) ชิ้นส่วนที่มีค่า RPN สูงหรือปานกลางที่มีราคาสูง จะจัดซื้อเมื่อชิ้นส่วนหมดอายุการใช้งานมาสำรองไว้ และเปลี่ยนเมื่อเกิดการเสียหาย (Breakdown) เช่น ชุดเกียร์ของเครื่องนวดผสม ซึ่งใช้เวลานำ 45 วันและเวลาเปลี่ยนไม่เกิน 6 ชั่วโมง ดังนั้นเมื่อมีการสำรองชุดเกียร์ดังกล่าว และเปลี่ยนเมื่อเกิดการเสียหายจะส่งผลให้ S ลดลงจาก 5 เหลือ 4 คะแนน เป็นต้น (ข) ชิ้นส่วนที่มีค่า RPN สูงและราคาต่ำจะเปลี่ยนตามรอบเวลา (Time Based Change) รายละเอียดแสดงในหัวข้อ 4.2.2 และ (ค) ชิ้นส่วนที่มี RPN ปานกลางและราคาต่ำจะเปลี่ยนตามสภาพการใช้งาน (Condition Based Change) ที่กำหนดวิธีและรอบการตรวจสอบสภาพการใช้งาน รายละเอียดแสดงในหัวข้อ 4.2.2 และ 4.2.3

2) การใช้กลไกของหน่วยงานวิจัยและพัฒนา (R&D) นำสินค้าไม่ได้มาตรฐานไปใช้ผลิตไปเป็นสินค้าอื่น เช่น การนำแฮมไก่ที่รสชาดไม่เป็นไปตามมาตรฐานไปทำเป็นเนื้อไก่บดชุบเกล็ดขนมปัง ซึ่งในทางการคำนวณจะลดค่า S จาก 4 แต้มเหลือ 3 แต้ม แต่อย่างไรก็ตาม แนวคิดต่างๆ เหล่านี้เป็นเพียงโจทย์สำหรับหน่วยงาน R&D แต่จะไม่ถือว่าเป็นมาตรการลดค่า RPN ในบทความนี้

4.2.2. มาตรการลดค่า O มุ่งเน้นที่การลดโอกาสเกิดความเสียหายที่มาจากสภาพของชิ้นส่วนที่ไม่สมบูรณ์ โดยจะแบ่งขั้นตอนการลดค่า O ออกเป็น 4 ระดับ (ดูตารางที่ 2 ประกอบ) ดังนี้

1) ชิ้นส่วนที่มีคะแนน RPN สูง มีราคาต่ำ โดยมีค่า O เท่ากับ 5 จะต้องถูกเปลี่ยนชิ้นส่วนหรือซ่อมแซมให้กลับสู่สภาพปกติ (Corrective Action) ทันที จากนั้นกำหนดการเปลี่ยนตามรักษาค่า O ที่ทำให้คะแนน RPN ไม่เกิน 80 คะแนน (สภาวะที่มีความเสี่ยงสูง) ด้วยการเปลี่ยนตามรอบเวลาตามแผนและระบุลงในแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance : PM) เช่น การประเมินเครื่องอัดไส้กรอก พบว่า ใบเวน (Vane) สำหรับอัดไส้กรอกมีสภาพสึกหรอจนใกล้สูญเสียเงื่อนไขที่จำเป็น (ค่า O = 5) จึงทำการเปลี่ยนทั้งชุด และทำการทดลองหาอายุการใช้งาน (ตรวจสอบความสมบูรณ์ทุก 1 เดือน พบว่า ใบเวนมีอายุประมาณ 3 เดือน) จากนั้นระบุในแผน PM ให้มีการเปลี่ยนใบเวนทุก 3 เดือน เป็นต้น

2) ชิ้นส่วนที่มีคะแนน RPN สูง มีราคาต่ำ โดยมีค่า O น้อยกว่า 5 มี 2 ทางเลือกในการลดค่า RPN คือ (ก) เปลี่ยนชิ้นส่วน ทดลองหาอายุการใช้งานชิ้นส่วน และกำหนดลงในแผน PM หรือ (ข) เพิ่มระดับการตรวจสอบ (ลดค่า D) จนกระทั่งชิ้นส่วนหมดอายุ จึงดำเนินตามข้อ (ก)

3) ชิ้นส่วนที่มีคะแนน RPN ปานกลาง มีราคาต่ำ จะอาศัยการตรวจสอบสภาพสม่ำเสมอ (ลดค่า D) และเปลี่ยนชิ้นส่วนหรือซ่อมแซมให้กลับสู่สภาพเดิมทันทีที่พบความเสื่อมสภาพ (ค่า O = 5)

4) สภาวะที่มีความเสี่ยงปานกลาง (RPN อยู่ในช่วง 31-79) จะลดค่า O โดยทำการหล่อลื่น (Lubricant) ขันกวดและปรับแต่ง (Tight and Adjust) การทำความสะอาดแบบตรวจสอบ (Cleaning and Inspection) ตามแผน PM

ข้อสังเกต การดำเนินการลดค่า O ทั้ง 4 ระดับข้างต้น จะเห็นว่า ทุกกิจกรรมจะถูกบรรจุไว้ในแผน PM ดังนั้น ปัจจัยที่จะรักษาค่า O ให้อยู่ในระดับต่ำได้ จึงเกี่ยวพันกับการควบคุมและรักษาให้เป็นไปตามแผน วิธีการที่จะทำให้เป็นเช่นนั้นได้ อาจใช้วิธีให้เกิดการทวนสอบระหว่างหน่วยงาน (Cross Check) เช่น กำหนดความถี่ให้พนักงานทำความสะอาดแบบตรวจสอบรายวัน และให้ช่างซ่อมบำรุงเข้ามาตรวจสอบในตำแหน่งนั้นๆ อย่างสุ่ม เป็นต้น

4.2.3. มาตรการลดค่า D มุ่งเน้นที่การให้ความรู้และฝึกฝนทักษะของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ตรวจจับความผิดปกติได้ อาทิ การจัดทำมาตรฐานการถอดประกอบอุปกรณ์กับเครื่องจักร การตรวจสอบชิ้นส่วนสำคัญ รวมถึงการทำให้ระบบงานตรวจจับความผิดปกติง่ายขึ้นโดยใช้สัญลักษณ์สีและควบคุมด้วยสายตา (Visual Control) หรือการติดตั้งเซนเซอร์และสัญญาณความผิดพลาด (Andon) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ค่า D อาจมีระดับคะแนนที่แกว่งแตกต่างกันในแต่ละเดือนเช่นเดียวกับค่า O ทั้งนี้จะเกิดขึ้นจากการมีพนักงานใหม่เข้ามาปฏิบัติงาน ดังนั้นจึงมีการเพิ่มเติมรายการสำคัญที่เกี่ยวพันกับค่า D ลงในหลักสูตรการฝึกอบรมพนักงานใหม่ นอกจากนี้ยังมีการทบทวนผ่าน OPL วันละ 1 เรื่องในทุกเช้าก่อนเริ่มงาน

5. สรุป

ภายหลังการดำเนินมาตรการทั้ง 3 ลักษณะ ดังแสดงในหัวข้อ 4.2 พบว่า ไม่ปรากฏจำนวนสภาวะที่มีความเสี่ยงสูงเลย และจำนวนสภาวะที่มีความเสี่ยงปานกลางก็มีจำนวนที่ลดลงในทุกเครื่องจักร แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 จำนวนสภาวะที่มีความเสี่ยง (หลังปรับปรุง)

เครื่องจักร	จำนวนสภาวะที่มีความเสี่ยง			
	สูง	กลาง	ต่ำ	รวม
เครื่องฉีดน้ำเกลือ - 1	0	6	12	18
เครื่องฉีดน้ำเกลือ - 2	0	6	12	18
เครื่องฉีดน้ำเกลือ - 3	0	6	12	18

ตารางที่ 6 (ต่อ) จำนวนสภาวะที่มีความเสี่ยง (หลังปรับปรุง)

เครื่องจักร	จำนวนสภาวะที่มีความเสี่ยง			
	สูง	กลาง	ต่ำ	รวม
เครื่องนวดผสม 130-1	0	8	8	16
เครื่องนวดผสม 130-2	0	8	8	16
เครื่องนวดผสม 150	0	11	7	18
เครื่องนวดผสม 300	0	12	6	18
เครื่องนวดผสม 600	0	14	10	24
กระทะสับผสม 80	0	2	11	13
กระทะสับผสม 180	0	2	14	16
เครื่องอัดไส้กรอก - 1	0	9	15	24
เครื่องอัดไส้กรอก - 2	0	6	8	14
เครื่องอัดไส้กรอก - 3	0	6	8	14
เครื่องอัดไส้กรอก - 4	0	6	8	14

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Elsmar, “History of FMEA,” Available at http://elsmar.com/FMEA/sld010.htm, accessed September 21, 2016.

[2] Maddoxx, M.E. “Error apparent,” Industrial Engineer, Vol.37, No.5, pp.40-44, 2005.

[3] Kumar, R.L., “Managing risks in IT projects: an options perspective,” Information &Management, Vol.40, No.1, pp.63-74, 2002.

[4] H. H. Guerrero, and J. R. Bradley, “Failure Modes and Effects Analysis: An Evaluation of Group versus Individual Performance,” Production and Operations Management, Vol. 22, No.6, pp.1524–1539, 2013.

[5] SF. Liua, J.H. Cheng, Y.L. Lee and F.R. Gau, “A case study on FMEA-based quality improvement of packaging designs in the TFT-LCD industry,” Total Quality Management, Vol. 27, No.4, 413–431, 2016.