การปรับปรุงรอบระยะเวลาของการบำรุงรักษาเครื่องจักรสำหรับการผลิตมาสเตอร์แบตช์

ภานุเดช แสนทวีสุข[1] และ จิตรา รู้กิจการพานิช[2*]
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

บทคัดย่อ

การกำหนดรอบระยะเวลาของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้สอดคล้องกับสภาพของเครื่องจักรเป็นสิ่งที่สำคัญ จากการศึกษาปัญหาในการผลิตมาสเตอร์แบตช์ของโรงงานแห่งหนึ่ง พบว่า มีการกำหนดรอบระยะเวลาในแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องอัดรีดแบบสกรูไว้ทุก 2 เดือน แต่ยังคงมีการขัดข้องของเครื่องอัดรีดแบบสกรูสูงถึง 35.50 ครั้งต่อเดือน แสดงให้เห็นว่ามีการกำหนดรอบระยะเวลาของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่นานเกินไป ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะหารอบระยะเวลาใหม่ของกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและกำหนดเป็นแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยมีวิธีการดำเนินงานประกอบไปด้วย (1) รวบรวมข้อมูลจำนวนการขัดข้องและระยะเวลาใช้งานแล้วเกิดการขัดข้องในอดีต (2) วิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดอาการขัดข้อง (3) ค้นหาและปรับปรุงกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติให้สอดคล้องกับสาเหตุของการเกิดอาการขัดข้อง (4) กำหนดรอบระยะเวลาของกิจกรรมอิงตามระยะเวลาใช้งาน หลังจากนั้นนำกิจกรรมและรอบระยะเวลามาสร้างแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ผลการดำเนินงานพบว่ากิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบไฟฟ้าควรมีรอบระยะเวลาทุก 2 สัปดาห์ ส่วนระบบเครื่องกล ระบบน้ำหล่อเย็นและระบบสุญญากาศควรมีรอบระยะเวลาของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันทุก 1 เดือน หลังการปรับปรุงพบว่าการขัดข้องของเครื่องอัดรีดแบบสกรูลดลงเหลือ 20.75 ครั้งต่อเดือน และค่า MTBF เพิ่มขึ้นจาก 220.28 ชั่วโมงเป็น 273.31 ชั่วโมง

คำสำคัญ : มาสเตอร์แบตช์ / เครื่องอัดรีดแบบสกรู / รอบระยะเวลาของการบำรุงรักษาเครื่องจักร

* *Corresponding Author : fieckp@eng.chula.ac.th*

1 *นิสิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์*

2 *รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์*

Modification of Maintenance Period for Masterbatch Production

Panudech Santaweesuk[1] and Jittra Rukijkanpanich[2*]

Chulalongkorn University, Wangmai, Pathumwan District, Bangkok 10330

Abstract

Determination of an appropriate period for preventive maintenance in accordance with the conditions of machinery is an important task. Based on the study of a problem occurring during a masterbatch production, it was found that the preventive maintenance period of screw extruders of two months resulted in the large number of machine failures of 35.50 times per month. This implies that the two-month period might be too long. Consequently, this research was interested in finding a new period for preventive maintenance activities and setting it as a preventive maintenance plan. The methodology adopted in this research comprised of: (1) collecting historical data of failures and running time between failures of the screw extruders; (2) analyzing the root causes of failures; (3) finding out the activities that need to be done in accordance with the causes and (4) determining the period of preventive maintenance activities based on the historical data of the running time. The obtained data were then made into a preventive maintenance plan. The new plan revealed the need to perform preventive maintenance activities on the electrical system at every 2-week period. The mechanical system, coolant system, and vacuum system should be maintained at every 1 month. After implementing the new maintenance plan, the number of machine failures reduced from 35.50 to 20.75 times per month and the average MTBF increased from 220.28 to 273.31 hours.

Keywords : Masterbatch / Screw Extruders / Maintenance Period

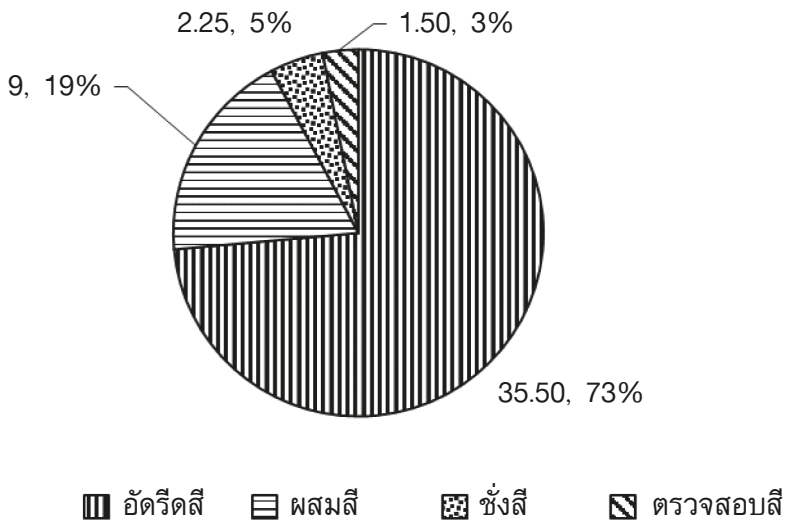
* *Corresponding Author : fieckp@eng.chula.ac.th*

1 *Graduate Student, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering.*

2 *Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering.*

1. ที่มาของปัญหา

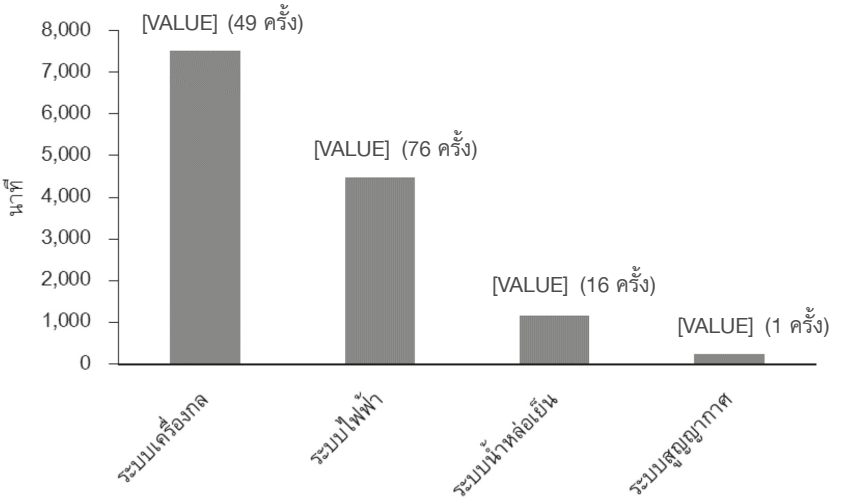
การบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นสิ่งสำคัญต่อโรงงานอุตสาหกรรมผลิตในกรณีที่การบำรุงรักษาเครื่องจักรมีประสิทธิภาพต่ำ จะทำให้เกิดการขัดข้องของเครื่องจักร และถ้าเครื่องจักรเกิดการขัดข้องบ่อยครั้งในระหว่างการผลิต จะทำให้สูญเสียโอกาสในการผลิตและเกิดค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น [1, 2] ในโรงงานขนาดย่อม (SMEs) มักขาดการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีข้อจำกัดในการจัดสรรงบประมาณให้กับการบำรุงรักษาเครื่องจักรซึ่งหากเครื่องจักรได้รับการบำรุงรักษาที่เหมาะสมแล้ว จะช่วยลดปัญหาการเกิดการขัดข้องขณะใช้งานเครื่องจักรได้ [3, 4] โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตมาสเตอร์แบตช์ซึ่งเป็นโรงงานขนาดย่อม และประสบปัญหาดังกล่าวข้างต้น โดยมาสเตอร์แบตช์ (Masterbatch) นี้เป็นสีผสมกับสารเติมแต่งและพลาสติก โดยทั่วไปจะหลอมและอัดเป็นเม็ด [5] เพื่อเป็นวัตถุดิบให้กับโรงงานที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทพลาสติกเช่น บรรจุภัณฑ์ ฝาขวด ของใช้อุปโภคบริโภค เครื่องใช้ภายในบ้าน อุปกรณ์การแพทย์ ฯลฯ กระบวนการผลิตของโรงงานแห่งนี้มี 4 กระบวนการ คือ กระบวนการชั่งสีกระบวนการผสมสี กระบวนการอัดรีดสี และกระบวนการตรวจสอบสีจากรูปที่ 1 ได้แสดงจำนวนและเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของการขัดข้องต่อเดือนของเครื่องจักร



รูปที่ 1 จำนวนและเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของการขัดข้องต่อเดือนของเครื่องจักรในแต่ละกระบวนการ

ตั้งแต่ มี.ค. 2559 ถึง มิ.ย. 2559 พบว่าในกระบวนการอัดรีดสีมีจำนวนการขัดข้องมากที่สุด ซึ่งมีจำนวน 35.50 ครั้งต่อเดือน คิดเป็น 73% จากจำนวนการขัดข้องทั้งหมด ในกระบวนการอัดรีดนี้เป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องด้วยจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญ โดยมีเครื่องจักรหลักคือเครื่องอัดรีดแบบสกรู ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่มีสภาพเก่าเมื่อเครื่องจักรนี้มีการใช้งานต่อเนื่องอย่างมากและขาดการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักรในรอบระยะเวลาที่เหมาะสมจึงส่งผลทำให้เครื่องจักรเกิดการขัดข้องจำนวนมาก

โรงงานกรณีศึกษาเดิมมีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องอัดรีดแบบสกรูอยู่แล้วซึ่งมีการกำหนดรอบระยะเวลาของทุกกิจกรรมของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันไว้ทุกสองเดือนต่อครั้งและมีการทำทุกกิจกรรมในคราวเดียวกัน โดยกำหนดเวลารวมในการบำรุงรักษาไว้ที่ 4 ชั่วโมงต่อครั้งเพื่อให้สอดคล้อง และรองรับกับข้อกำหนดของระบบบริหารงานคุณภาพ ISO9001 แต่ยังคงเกิดการขัดข้องอยู่จำนวนมาก ทั้งนี้อาจเกิดจากรอบระยะเวลาของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันแบบเดิมนั้นไม่เหมาะสม



รูปที่ 2 เวลารวมในการซ่อมบำรุงหลังเกิดเหตุขัดข้องและจำนวนการขัดข้องของเครื่องอัดรีดแบบสกรูก่อนการปรับปรุง (มี.ค.2559 ถึง มิ.ย.2559)

รูปที่ 2 แสดงเวลารวมในการซ่อมบำรุงหลังเกิดเหตุขัดข้องและจำนวนของการขัดข้องจากระบบต่างๆ ของเครื่องอัดรีดแบบสกรู ซึ่งประกอบไปด้วย ระบบเครื่องกล ระบบไฟฟ้า ระบบน้ำหล่อเย็น และระบบสุญญากาศ โดยที่เวลารวมในการซ่อมบำรุงหลังเกิดเหตุขัดข้อง และจำนวนการขัดข้องของระบบเครื่องกล และระบบไฟฟ้ามีค่ามากกว่าระบบน้ำหล่อเย็น และระบบสุญญากาศอยู่มาก ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบเครื่องกล และระบบไฟฟ้า แม้ว่าจำนวนการขัดข้องของระบบเครื่องกลมีจำนวนน้อยกว่าระบบไฟฟ้า แต่มีเวลาของการซ่อมบำรุงหลังเกิดเหตุขัดข้องที่มีค่ามากกว่า โดยที่ระบบเครื่องกลมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7,520/49 = 157.47 นาทีต่อครั้งและระบบไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4,475/76 = 58.88 นาทีต่อครั้ง โดยเวลารวมในการซ่อมบำรุงหลังเกิดเหตุขัดข้องและจำนวนการขัดข้องของทุกระบบมีความแตกต่างกันด้วย จึงเป็นการยืนยันว่าการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของทุกกิจกรรมในคราวเดียวกันนั้นไม่เหมาะสม ดังนั้นในงานวิจัยนี้สนใจที่จะหารอบระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อกำหนดในแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องอัดรีดแบบสกรูขึ้นใหม่ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มจาก (1) รวบรวมข้อมูลจำนวนการขัดข้องและระยะเวลาใช้งานที่เครื่องจักรเกิดการขัดข้องในอดีต โดยได้กล่าวมาแล้วข้างต้น (2) วิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดอาการขัดข้อง (3) วิเคราะห์หากิจกรรมที่ต้องปฏิบัติในแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้สอดคล้องกับสาเหตุของการเกิดอาการขัดข้อง (4) กำหนดรอบระยะเวลาในแต่ละกิจกรรมตามแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันขึ้นใหม่

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

งานบำรุงรักษาเครื่องจักรอาจนิยามได้ว่า “กิจกรรมทุกอย่างจำเป็นต่อการทำให้อุปกรณ์ ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักร อยู่ในสภาพที่สามารถทำงานได้ตามต้องการ” [6] เป้าหมายของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันคือการลดต้นทุนโดยรวมของการตรวจสภาพ การซ่อมและลดการขัดข้องของเครื่องจักรให้น้อยที่สุด [7] โดยทั่วไปนโยบายของการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันไม่ได้ถูกกำหนดจากสภาพปัจจุบันของการขัดข้องของเครื่องจักร แต่ถูกกำหนดจากคำแนะนำของลูกค้าหรือตามความสะดวกสบายในการวางแผน จึงทำให้แผนการบำรุงรักษาที่ได้นั้นไม่เหมาะสม การจัดทำแผนการบำรุงรักษาที่เหมาะสมนั้นถูกกำหนดจากข้อมูลของสภาพปัจจุบันของเครื่องจักร ซึ่งอาจแสดงได้ด้วยระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้อง (MTBF) ต้นทุนของการบำรุงรักษาและผลของการเกิดการขัดข้อง เป็นต้น [3]

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นการบำรุงรักษาแบบมี

การวางแผนล่วงหน้าเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพและยืดอายุการใช้งานของชิ้นส่วนของเครื่องจักร [8] โดยทั่วไปกิจกรรมหลักในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันประกอบไปการทำความสะอาด (cleaning) การหล่อลื่น (lubrication) การตรวจสภาพ (inspection) การปรับแต่งและการเปลี่ยนชิ้นส่วน (adjustment and part replacement) Kittichareonkiet [9] ได้ใช้การบำรุงรักษาเชิงป้องกันในโรงงานผลิตตัวเก็บประจุ โดยมีการกำหนดหัวข้อ ในการบำรุงรักษาของชิ้นส่วนอุปกรณ์และทำแผนการบำรุงรักษาแล้ว พบว่าอัตราการขัดข้องของเครื่องจักรลดลง Saraithong [10] ได้นำหลักการบำรุงรักษาเชิงป้องกันนี้ไปใช้ในการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันในโรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์แล้วทำให้ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้องเพิ่มขึ้น

2.2 ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้อง (Mean Time between Failure: MTBF)

ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้องคือช่วงระยะเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรทำงานที่จะพบการขัดข้อง 1 ครั้ง ถ้า MTBF มีค่าน้อยแสดงว่าเครื่องจักรเกิดการชำรุดเสียหายบ่อย ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ขาดความน่าเชื่อถือ สำหรับเครื่องจักรที่มีค่า MTBF มากแสดงว่าเครื่องจักรมีการชำรุดเสียหายน้อย ซึ่งทำให้เครื่องจักรนี้มีความน่าเชื่อถือสูง การบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ดีนั้นจะส่งผลทำให้ MTBF มีค่าสูง Wongjirattikarn [11] และ Haeprakhon [12] ได้นำค่า MTBF เป็นดัชนีชี้วัดการปรับปรุงระบบการบำรุงรักษา สำหรับโรงงานผลิตเพลารถยนต์ และการปรับปรุงการบำรุงรักษาเครื่องจักรเย็บผ้าโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปตามลำดับ โดยค่า MTBF สามารถคำนวณจาก

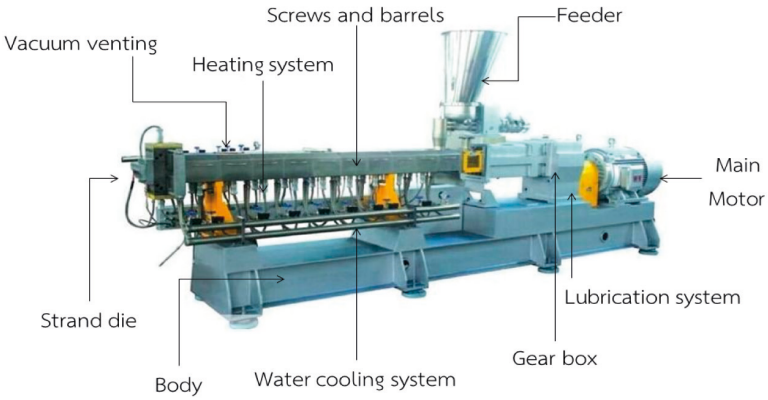
$$\text{MTBF} = \frac{\text{ระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงานได้}}{\text{จำนวนครั้งที่เกิดการขัดข้อง}}$$

2.3 การวิเคราะห์แบบทำไม–ทำไม (Why-Why Analysis)

เทคนิคการวิเคราะห์ ทำไม-ทำไม เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุให้เกิดปรากการณ์อย่างเป็นระบบ โดยการถาม “ทำไม” จนกว่าจะค้นพบสาเหตุของปัญหา เมื่อได้ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาแล้ว จึงนำมาหามาตรการในการแก้ไข [13] มีงานวิจัยจำนวนมากได้ใช้เทคนิคนี้เพื่อหาสาเหตุของปัญหาเนื่องจากเป็นเทคนิคที่ใช้ง่ายแต่มีประสิทธิภาพสูง [14, 15]

3. การวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดอาการขัดข้องของเครื่องอัดรีดแบบสกรู

ในการวิเคราะห์หาสาเหตุอาการขัดข้องของเครื่องอัดรีดแบบสกรูจะแบ่งตามระบบการทำงานของเครื่องจักรตามส่วนประกอบของเครื่องอัดรีดแบบสกรูดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งมี 4 ระบบหลักดังนี้



รูปที่ 3 ส่วนประกอบเครื่องอัดรีดแบบสกรู [16]

1. ระบบไฟฟ้า : ประกอบไปด้วยระบบให้ความร้อน (heating system) ซึ่งเป็นการให้ความร้อนเพื่อหลอมเหลว โดยอุปกรณ์ในระบบนี้ได้แก่ ตู้ควบคุมไฟฟ้า เทอร์มอคัปเปิล ฮีตเตอร์และสายไฟต่างๆ

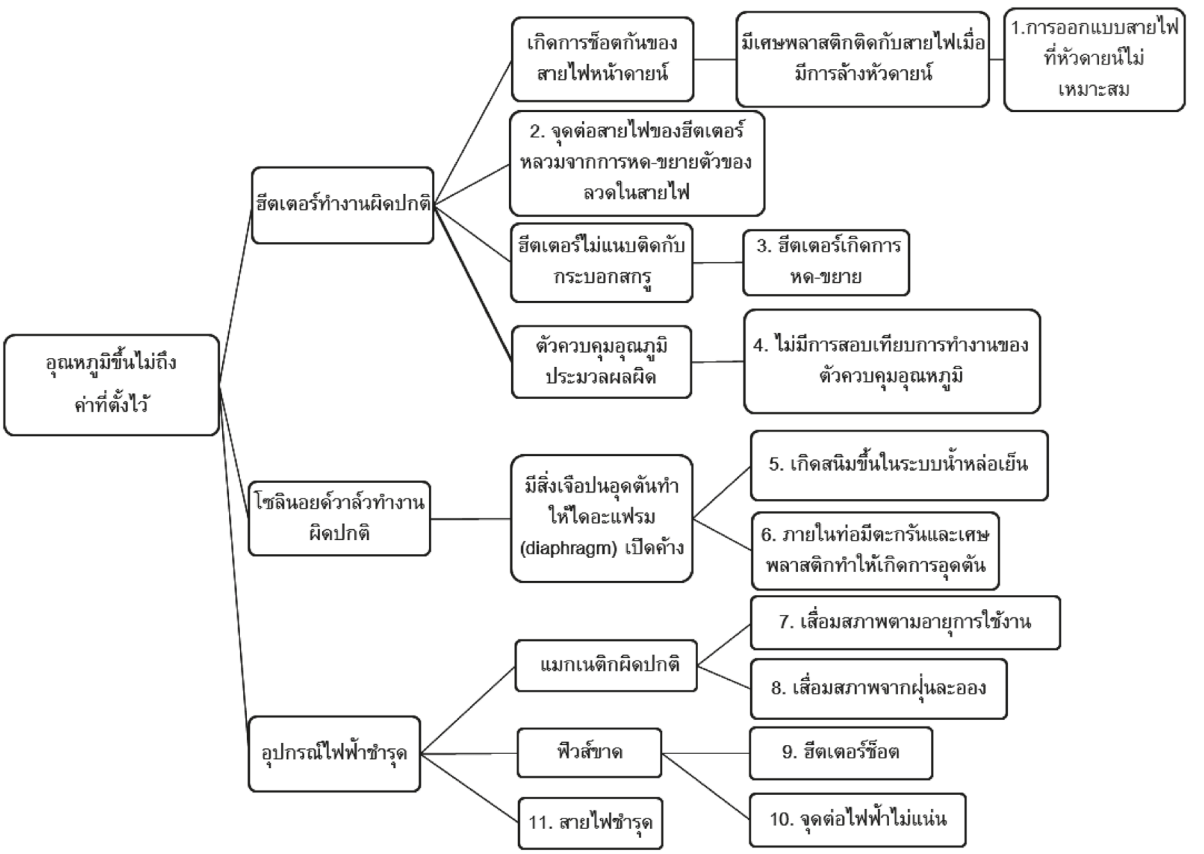
2. ระบบเครื่องกล : ประกอบไปด้วย (1) มอเตอร์หลัก (main motor) ซึ่งใช้ในการขับเคลื่อนสกรูหลัก (main screw) (2) ห้องเกียร์ (gear Box) ซึ่งเป็นตัวเปลี่ยนกำลังจากมอเตอร์ให้เป็นกำลังของสกรู (3) ระบบหล่อลื่น (lubrication system) เป็นระบบที่ใช้น้ำมันในการหล่อลื่นระบบเฟืองภายในห้องเกียร์ (4) สกรูและกระบอก (screws and barrels) ซึ่งใช้ในการหลอมเหลวพลาสติกโดยการบีบอัด คลาย นวด พลาสติก (5) ชุดป้อน (feeder) ซึ่งใช้ในการป้อนพลาสติกสู่สกรูและกระบอก

3. ระบบน้ำหล่อเย็น (water cooling system) : เป็นระบบที่ใช้น้ำเพื่อหล่อเย็นให้กับพลาสติกที่ถูกหลอมเหลวภายในกระบอก

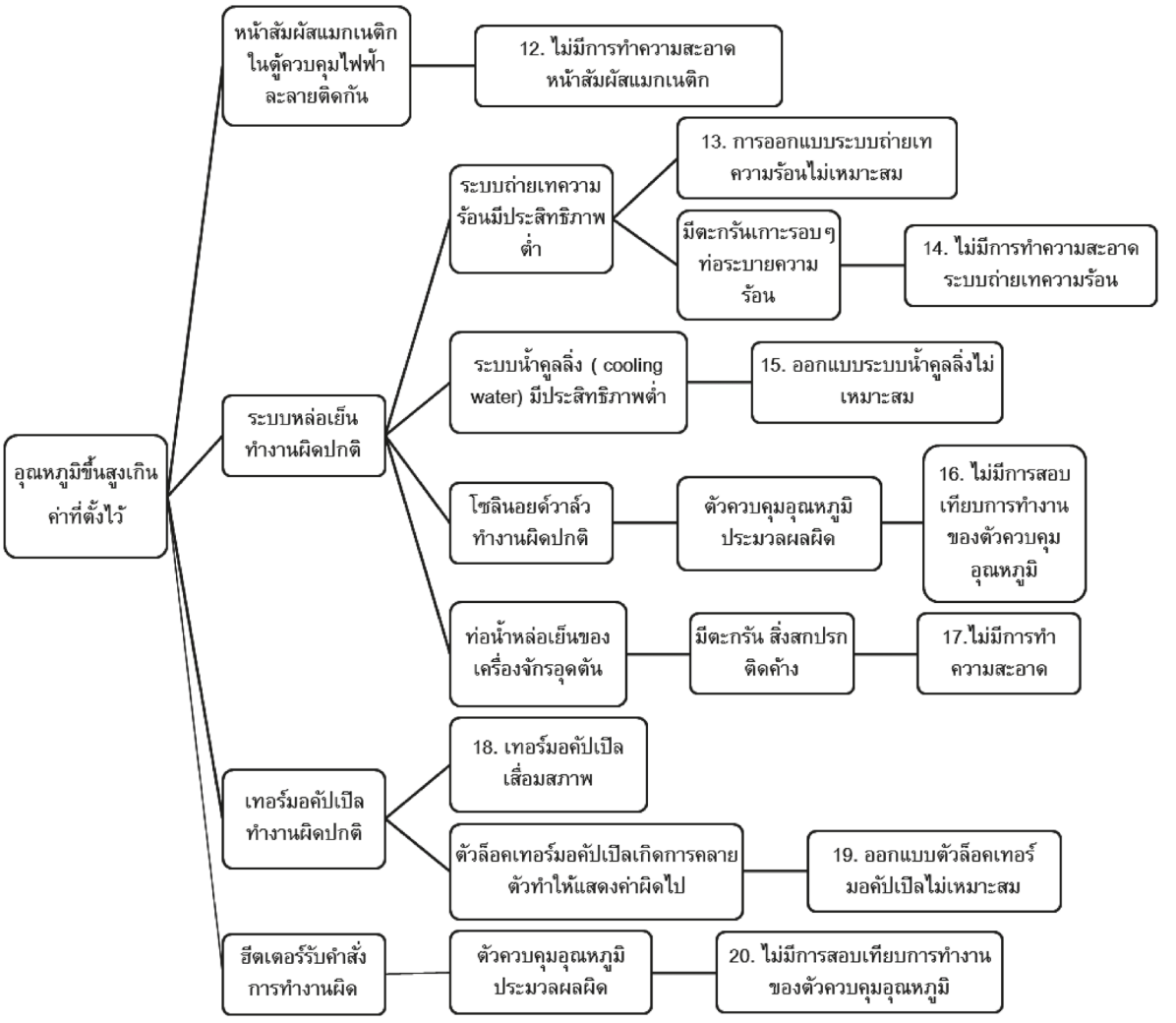
4. ระบบสุญญากาศ : ใช้เพื่อดูดอากาศที่ติดมากับพลาสติกในขณะหลอมพลาสติกระบบนี้เป็นระบบภายนอก ดังนั้นเมื่อต้องการใช้ระบบนี้ต้องมีการเชื่อมต่อตัวดูดอากาศกับช่องดูดอากาศ (vacuum venting) ของเครื่องจักรด้วยการขันนอต (nut) บริเวณจุดต่อ

อาการขัดข้องที่เกิดขึ้นใน 4 ระบบมีดังนี้

1. ระบบไฟฟ้า : อาการขัดข้องจากการที่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิของเครื่องอัดรีดแบบสกรูให้อยู่ในช่วงค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ซึ่งมี 2 ลักษณะได้แก่ อุณหภูมิขึ้นไม่ถึงค่าที่ตั้งไว้และอุณหภูมิขึ้นสูงเกินค่าที่ตั้งไว้ โดยการวิเคราะห์อาการขัดข้องนี้แสดงได้ดังรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ



รูปที่ 4 การวิเคราะห์หาสาเหตุของอาการที่เกิดจากอุณหภูมิขึ้นไม่ถึงค่าที่ตั้งไว้

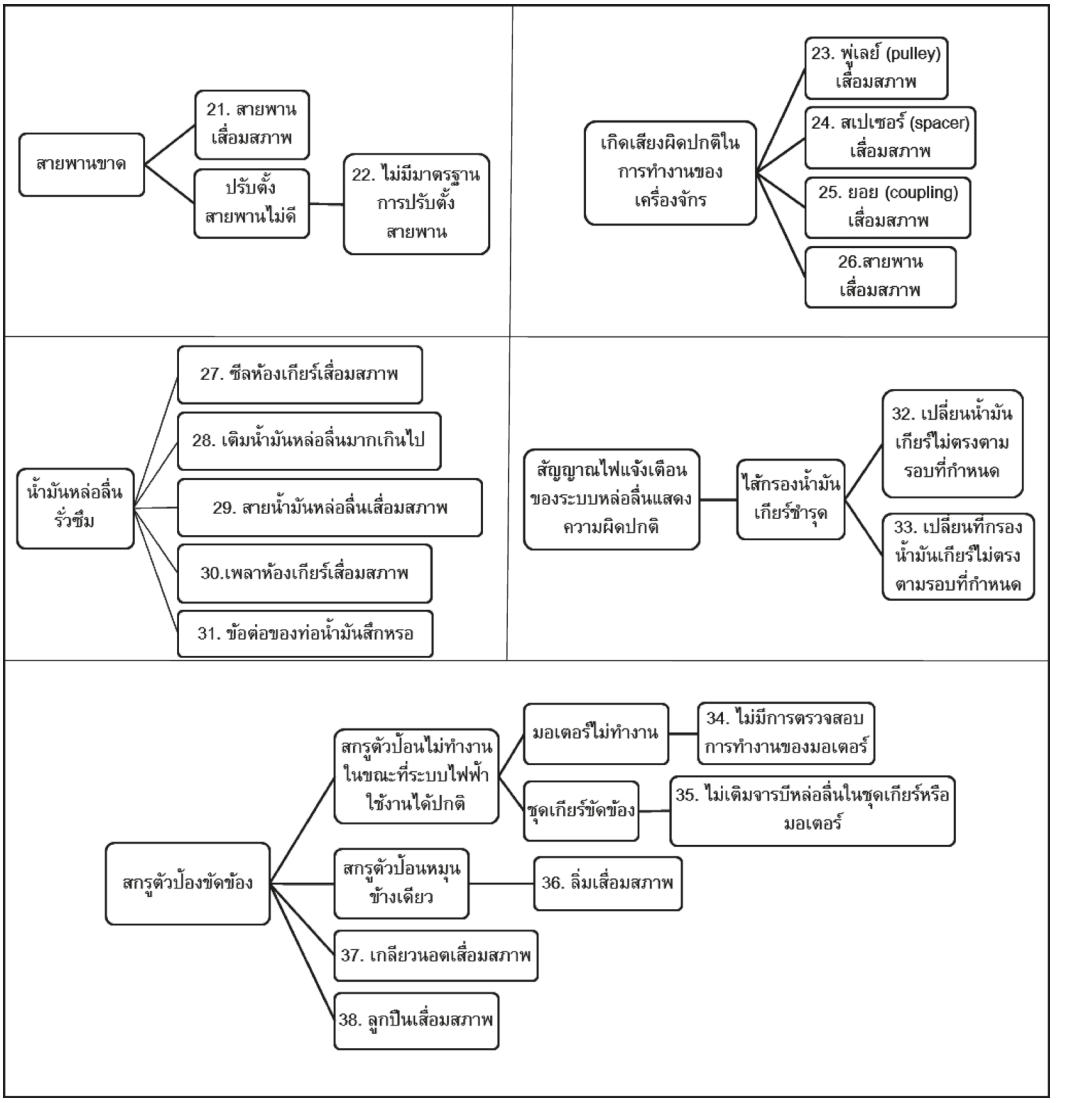


รูปที่ 5 การวิเคราะห์หาสาเหตุของอาการที่เกิดจากอุณหภูมิขึ้นสูงเกินค่าที่ตั้งไว้

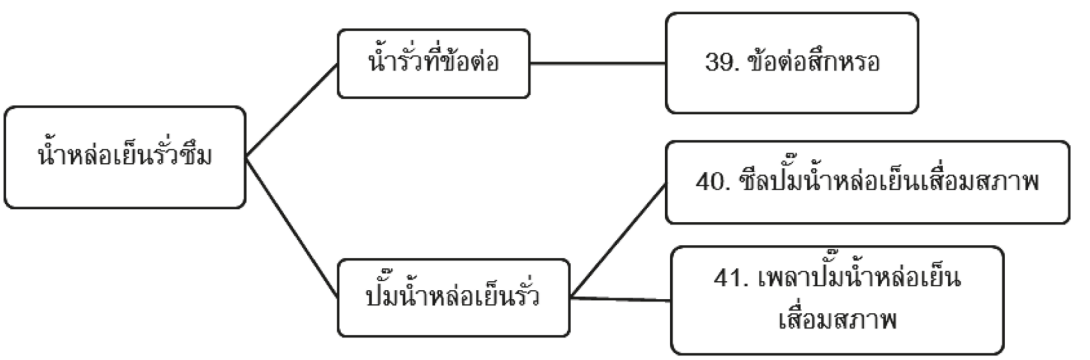
2. ระบบเครื่องกล : อาการขัดข้องที่มีกลไกการทำงานของเครื่องจักร รวมไปถึงชิ้นส่วนในระบบหล่อลื่นด้วย ซึ่งอาการขัดข้องที่เกิดขึ้นในระบบนี้มี 5 อาการได้แก่ สายพานขาด น้ำมันหล่อลื่นรั่วซึม เกิดเสียงผิดปกติในการทำงานของเครื่องจักร สัญญาณไฟแจ้งเตือนของระบบหล่อลื่นแสดงความผิดปกติ สกรูตัวป้อน (screw feeder) ขัดข้อง ซึ่งการวิเคราะห์อาการขัดข้องของระบบเครื่องกลแสดงดังรูปที่ 6

3. ระบบน้ำหล่อเย็น : อาการขัดข้องของชิ้นส่วนและน้ำที่ใช้ในระบบหล่อเย็น ซึ่งอาการขัดข้องหลักได้แก่ น้ำหล่อเย็นรั่วซึม ซึ่งการวิเคราะห์อาการขัดข้องนี้แสดงดังรูปที่ 7

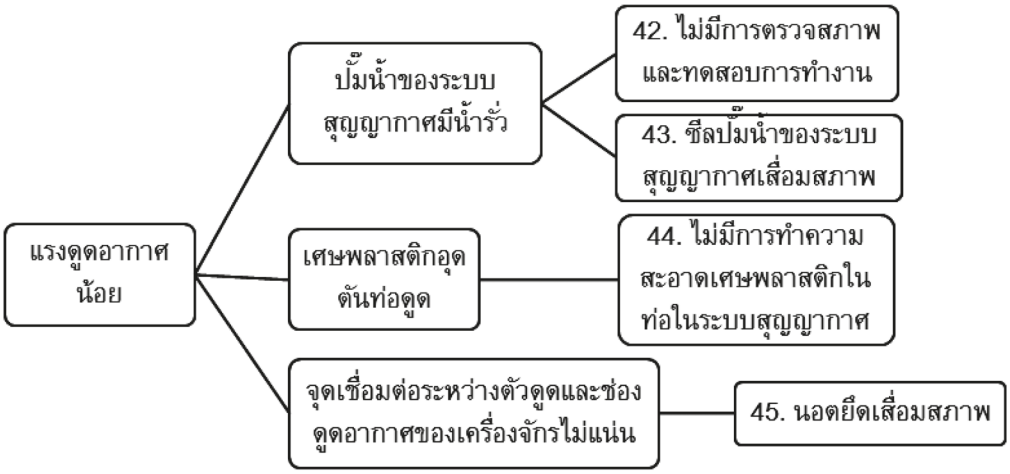
4. ระบบสุญญากาศ : อาการขัดข้องที่เกี่ยวข้องกับการดูดอากาศออกจากภายในกระบอกผลิต อาการขัดข้องหลักได้แก่ แรงดูดอากาศน้อยซึ่งการวิเคราะห์อาการขัดข้องนี้แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 6 การวิเคราะห์หาสาเหตุของอาการขัดข้องของระบบเครื่องกล



รูปที่ 7 การวิเคราะห์หาสาเหตุของอาการที่เกิดจากน้ำหล่อเย็นรั่วซึม



รูปที่ 8 การวิเคราะห์หาสาเหตุของอาการที่เกิดจากลมดูดเบา

4. การวิเคราะห์หากิจกรรมที่ต้องปฏิบัติในแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

กิจกรรมในแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องอัดรีดแบบสกรูนั้นจะมุ่งเน้นวิธีการที่ได้จากแนวทางแก้ไขที่ 1

วิธีการแก้ไขในแต่ละสาเหตุอาการขัดข้องในระบบต่างๆ ของเครื่องอัดรีดแบบสกรูแสดงดังตารางที่ 1 โดยมีจำนวนสาเหตุของอาการขัดข้องทั้งหมด 45 สาเหตุ (รวมสาเหตุที่ซ้ำแล้ว) และมีจำนวนวิธีการแก้ไข/กิจกรรม ทั้งหมด 49 กิจกรรม (รวมกิจกรรมที่ซ้ำแล้ว) โดยแบ่งเป็นกิจกรรมในแนวทางแก้ไขที่ 1 จำนวน 28 กิจกรรม กิจกรรมในแนวทางแก้ไขที่ 2 จำนวน 15 กิจกรรม และกิจกรรมในแนวทางแก้ไขที่ 3 จำนวน 6 กิจกรรม

ตารางที่ 1 วิธีการแก้ไขของสาเหตุของอาการขัดข้องของทุกระบบของเครื่องอัดรีดแบบสกรู

สาเหตุของอาการขัดข้อง	แนวทางแก้ไข	วิธีการแก้ไข/กิจกรรม
1.การออกแบบสายไฟที่หัวดายน์ไม่เหมาะสม	3	1.1 ออกแบบบริเวณหัวดายน์ให้เหมาะสม
2. จุดต่อสายไฟฮีตเตอร์ไม่แน่นจากการหด-ขยายของลวดในสายไฟ	1	2.1กวดขันนอตที่ยึดระหว่างสายไฟฮีตเตอร์กับฮีตเตอร์
3. ฮีตเตอร์เกิดการหด-ขยาย	1	3.1กวดขันนอตที่ยึดระหว่างฮีตเตอร์กับกระบอกสกรู
4.ไม่มีการสอบเทียบการทำงานของตัวควบคุมอุณหภูมิ	1	4.1กำหนดการเทียบมาตรฐานตัวควบคุมอุณหภูมิ
5. เกิดสนิมขึ้นในระบบน้ำหล่อเย็น	1	5.1 ติดตั้งตัวกรองและกำหนดรอบล้างตัวกรอง
	1	5.2กำหนดรอบเปลี่ยนน้ำกลั่น
	3	5.3เลือกใช้น้ำยากำจัดสนิมในระบบน้ำหล่อเย็น
6. ภายในท่อมีตะกรันและเศษพลาสติกเข้าในระบบน้ำหล่อเย็นทำให้เกิดการอุดตัน	1	6.1 กำหนดรอบเปลี่ยนน้ำกลั่น
	1	6.2ติดตั้งตัวกรองและกำหนดรอบล้างตัวกรอง
	1	6.3กำหนดรอบการล้างโซลินอยด์วาล์ว
7.แมกเนติกเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน	2	7.1 เปลี่ยนชิ้นส่วนเมื่อเกิดการขัดข้อง

ตารางที่ 1 วิธีการแก้ไขของสาเหตุของอาการขัดข้องของทุกระบบของเครื่องอัดรีดแบบสกรู (ต่อ)

สาเหตุของอาการขัดข้อง	แนวทางแก้ไข	วิธีการแก้ไข/กิจกรรม
8. แมกเนติกเสื่อมสภาพจากฝุ่นละออง	1	8.1 กำหนดรอบการทำความสะอาดตู้ควบคุมไฟฟ้า
9. ฮีตเตอร์ช็อต	2	9.1 เปลี่ยนชิ้นส่วนเมื่อเกิดการขัดข้อง
10. จุดต่อไฟฟ้าไม่แน่น	1	10.1กวดขันจุดต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าภายในตู้ควบคุมไฟฟ้า
11.สายไฟชำรุด	1	11.1ตรวจสอบสภาพของสายไฟ
12. ไม่ทำความสะอาดหน้าสัมผัสแมกเนติก	1	12.1ฉีดน้ำยาทำความสะอาดหน้าสัมผัสแมกเนติก
13. ออกแบบระบบถ่ายเทความร้อนไม่เหมาะสม	3	13.1 ออกแบบระบบถ่ายเทความร้อนให้เหมาะสม
14. ไม่มีการทำความสะอาดระบบถ่ายเทความร้อน	3	14.1ออกแบบระบบถ่ายเทความร้อนในการแก้ไขที่ 13.1 ให้สามารถเปิด-ปิดเพื่อจัดทำรอบล้างระบบถ่ายเทความร้อนได้
15. ออกแบบระบบน้ำคูลลิ่งไม่เหมาะสม	3	15.1 ออกแบบระบบน้ำคูลลิ่งให้เหมาะสม
16.ไม่มีการสอบเทียบการทำงานของตัวควบคุมอุณหภูมิ	1	16.1กำหนดการเทียบมาตรฐานตัวควบคุมอุณหภูมิ
17. ไม่มีการทำความสะอาดท่อน้ำหล่อเย็น	1	17.1 ล้างท่อหล่อเย็นโดยใช้สารเคมีเฉพาะ
18. เทอร์โมมิเตอร์เสื่อมสภาพ	2	18.1 เปลี่ยนชิ้นส่วนเมื่อเกิดการขัดข้อง
19. ออกแบบตัวล็อคเทอร์โมมิเตอร์ไม่เหมาะสม	3	19.1 ออกแบบตัวล็อคให้เหมาะสม
20.ไม่มีการสอบเทียบการทำงานของตัวควบคุมอุณหภูมิ	1	20.1กำหนดการเทียบมาตรฐานตัวควบคุมอุณหภูมิ
21. สายพานเสื่อมสภาพ	2	21.1เปลี่ยนชิ้นส่วนเมื่อเกิดการขัดข้อง
22. ไม่มีมาตรฐานการปรับตั้งสายพาน	1	22.1 จัดทำมาตรฐานการปรับตั้งสายพาน
23.พู่เลย์เสื่อมสภาพ	1	23.1 กำหนดการตรวจสภาพของพู่เลย์
24. สเปเซอร์เสื่อมสภาพ	2	24.1 เปลี่ยนชิ้นส่วนเมื่อเกิดการขัดข้อง
25.ยอยเสื่อมสภาพ	1	25.1 กำหนดการตรวจการสึกหรอของยอย
26. สายพานเสื่อมสภาพ	1	26.1 กำหนดการตรวจสภาพและความตึงของสายพาน
27. ซีลห้องเกียร์เสื่อมสภาพ	2	27.1 เปลี่ยนชิ้นส่วนเมื่อเกิดการขัดข้อง
28.เติมน้ำมันหล่อลื่นมากเกินไป	1	28.1 เติมน้ำมันเกียร์ให้เท่ากับระดับที่กำหนด
29. สายน้ำมันหล่อลื่นเสื่อมสภาพ	1	29.1 กำหนดการตรวจสภาพสายน้ำมัน
30. เพลาห้องเกียร์เสื่อมสภาพ	2	30.1 เปลี่ยนชิ้นส่วนเมื่อเกิดการขัดข้อง
31. ข้อต่อของท่อน้ำมันหล่อลื่นสึกหรอ	1	31.1 กวดขันให้แน่น
32.เปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นไม่ตรงตามรอบที่กำหนด	1	32.1 เปลี่ยนน้ำมันเกียร์ตามรอบที่กำหนด (ทุก 6 เดือน)
33.เปลี่ยนที่กรองน้ำมันหล่อลื่นไม่ตรงตามรอบที่กำหนด	2	33.1 เปลี่ยนที่กรองน้ำมันเกียร์ตามรอบที่กำหนด (ทุก 6 เดือน)
34.ไม่มีการตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์	1	34.1 กำหนดการตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์
35.ไม่เติมจารบีในชุดเกียร์และมอเตอร์	1	35.1 กำหนดรอบการเติมจารบี
36.ลิ่มเสื่อมสภาพ	2	36.1 เปลี่ยนชิ้นส่วนเมื่อเกิดการขัดข้อง
37.เกลียวนอตเสื่อมสภาพ	2	37.1 เปลี่ยนชิ้นส่วนเมื่อเกิดการขัดข้อง
38.ลูกปืนเสื่อมสภาพ	2	38.1เปลี่ยนชิ้นส่วนเมื่อเกิดการขัดข้อง

ตารางที่ 1 วิธีการแก้ไขของสาเหตุของอาการขัดข้องของทุกระบบของเครื่องอัดรีดแบบสกรู (ต่อ)

สาเหตุของอาการขัดข้อง	แนวทางแก้ไข	วิธีการแก้ไข/กิจกรรม
39.ข้อต่อระบบน้ำหล่อเย็นสึกหรอ	1	39.1กวดขันเล็กน้อย
40.ซีลปั๊มน้ำหล่อเย็นเสื่อมสภาพ	2	40.1 เปลี่ยนชิ้นส่วนเมื่อเกิดการขัดข้อง
41. เพลาปั๊มน้ำหล่อเย็นเสื่อมสภาพ	2	41.1 เปลี่ยนชิ้นส่วนเมื่อเกิดการขัดข้อง
42.ไม่มีการตรวจสภาพการรั่วของน้ำและทดสอบการทำงานของระบบสุญญากาศ	1	42.1ตรวจสภาพการรั่วของน้ำและทดสอบการทำงานของระบบสุญญากาศ
43. ซีลปั๊มของระบบสุญญากาศเสื่อมสภาพ	2	43.1 เปลี่ยนชิ้นส่วนเมื่อเกิดการขัดข้อง
44. ไม่มีการทำความสะอาดท่อในระบบสุญญากาศ	1	44.1 เดรนน้ำทิ้งและถอดล้างเศษพลาสติกในท่อ
45. นอตยึดตัวดูดเสื่อมสภาพ	2	45.1 เปลี่ยนชิ้นส่วนเมื่อเกิดการขัดข้อง

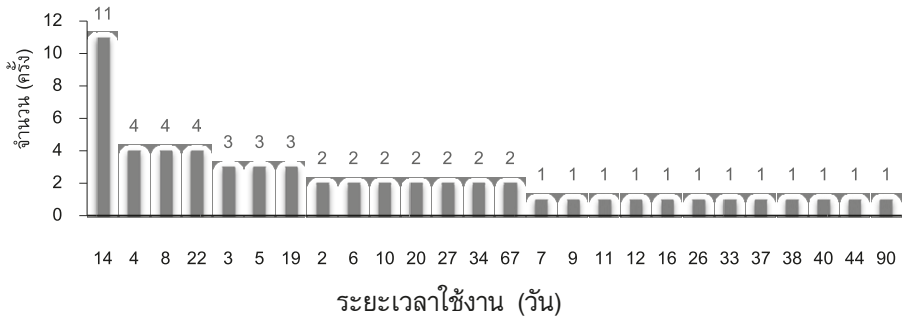
หมายเหตุ : สาเหตุลำดับที่ 4, 16 และ 20 เป็นสาเหตุเดียวกันและมีวิธีการแก้ไขแบบเดียวกัน
สาเหตุลำดับที่ 21 และ 26 เป็นสาเหตุเดียวกัน

5. การกำหนดรอบระยะเวลาที่เหมาะสมและการประเมินผลการปรับปรุง

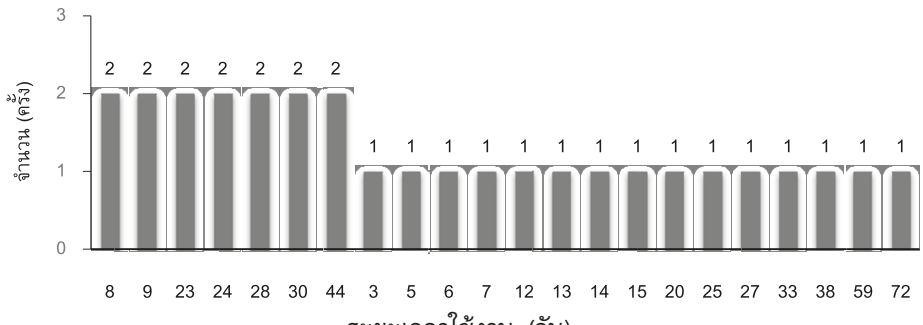
5.1 กำหนดรอบระยะเวลาที่เหมาะสม

แนวทางในการกำหนดรอบระยะเวลาของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของงานวิจัยนี้จะกำหนดจาก

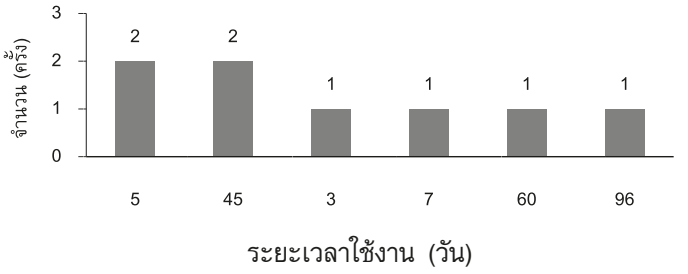
(1) จำนวนครั้งที่มากที่สุดของระยะเวลาที่เครื่องอัดรีดแบบสกรูทำงานได้ โดยได้แสดงในแต่ละระบบดังรูปที่ 9, 10 และ 11 มีแกน Y คือจำนวนที่เกิดขึ้น (ครั้ง) แกน X คือ ระยะเวลาที่ทำงานได้ (วัน)



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งกับระยะเวลาที่เครื่องอัดรีดแบบสกรูทำงานได้ของระบบไฟฟ้า



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งกับระยะเวลาที่เครื่องอัดรีดแบบสกรูทำงานได้ของระบบเครื่องกล



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งกับระยะเวลาที่เครื่องอัดรีดแบบสกรูทำงานได้ของระบบน้ำหล่อเย็น

ตารางที่ 2 ช่วงระยะเวลาที่เครื่องอัดรีดแบบสกรูทำงานได้ (มี.ค. 2559 ถึง มิ.ย. 2559)

ช่วงระยะเวลา (วัน)	ระบบไฟฟ้า (ครั้ง)	ระบบเครื่องกล (ครั้ง)	ระบบน้ำหล่อเย็น (ครั้ง)	ระบบสุญญากาศ (ครั้ง)
1-7	15	4	4	-
8-14	20	8	-	-
15-21	6	1	-	-
22-30	7	10	-	-
>30	10	6	4	-
รวม	58	29	8	-

หมายเหตุ : โรงงานกรณีศึกษามีการทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน

(2) กรณีที่จำนวนสูงสุดของระยะเวลาที่เครื่องอัดรีดแบบสกรูทำงานได้มีค่าเท่ากันนั้น จะมีการกำหนดรอบระยะเวลาจากจำนวนครั้งที่มากที่สุดของช่วงระยะเวลาใช้งานของเครื่องอัดรีดแบบสกรู ซึ่งแสดงข้อมูลดังตารางที่ 2

(3) เนื่องจากในบางรอบระยะเวลาที่ได้เป็นรอบระยะเวลา ที่ทำให้เกิดการบำรุงรักษาที่มากเกินความจำเป็น (over maintenance) จึงมีการกำหนดการปรับยืดรอบระยะเวลาของบางกิจกรรมออกไป ด้วยการที่หลังจากนำรอบระยะเวลาพร้อมกับกิจกรรมที่ได้ไปใช้ในครั้งแรกแล้ว กรณีที่ชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์นั้นยังไม่เกิดความผิดปกติให้เพิ่มรอบระยะเวลาขึ้นไปอีก

(4) รอบระยะเวลาในบางกิจกรรมที่มีในคู่มือการบำรุงรักษาจะนำมาเพิ่มในแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วย

รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งกับระยะเวลาที่เครื่องอัดรีดแบบสกรูทำงานได้ของระบบไฟฟ้าพบว่า จำนวนครั้งที่มากที่สุดอยู่ที่ระยะเวลา14 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 11 ครั้ง พร้อมทั้งเมื่อดูข้อมูลเพิ่มเติมในตารางที่ 2 พบว่า จำนวนครั้งที่มากที่สุดของช่วงระยะเวลาใช้งานของระบบไฟฟ้าอยู่ในช่วงระยะเวลา8-14 วัน ซึ่งมีค่า 20 ครั้ง

ดังนั้นจึงกำหนดรอบระยะเวลาของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบไฟฟ้าทุก 14 วัน

รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งกับระยะเวลาที่เครื่องอัดรีดแบบสกรูทำงานได้ของระบบเครื่องกล พบว่า จำนวนครั้งที่มากที่สุดของระยะเวลามีค่าซ้ำกันหลายค่าอยู่ที่ 2 ครั้ง ดังนั้นจึงพิจารณาจากข้อมูลในตารางที่ 2 เพิ่มเติม จะเห็นได้ว่าจำนวนครั้งที่มากที่สุดของช่วงระยะเวลาใช้งานของระบบเครื่องกลอยู่ในช่วงระยะเวลา 22-30 วัน ซึ่งมีค่า 10 ครั้ง ดังนั้น จึงกำหนดรอบระยะเวลาของการบำรุงรักษาของระบบเครื่องกลทุก 1 เดือน

รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งกับระยะเวลาที่เครื่องอัดรีดแบบสกรูทำงานได้ของระบบน้ำหล่อเย็น พบว่า จำนวนครั้งที่มากที่สุดอยู่ที่ระยะเวลา 5 และ 45 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2 ครั้งและจากตารางที่ 2 พบว่า จำนวนครั้งที่มากที่สุดของช่วงระยะเวลาใช้งานของระบบน้ำหล่อเย็นอยู่ช่วงระยะเวลา 1-7 วัน และ > 30 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากันที่ 4 ครั้งเนื่องจากการขัดข้องของระบบน้ำหล่อเย็นมีจำนวนไม่มาก และเพื่อให้ง่ายต่อการวางแผนการบำรุงรักษา ดังนั้นจึงกำหนดรอบระยะเวลาของการบำรุงรักษาของระบบน้ำหล่อเย็นให้เหมือนกับระบบเครื่องกลคือทุก 1 เดือน

ส่วนระบบสุญญากาศมีจำนวนการขัดข้องน้อยมาก เพื่อให้การบำรุงรักษาเป็นไปด้วยความเรียบง่ายจึงกำหนดรอบระยะเวลาของการบำรุงรักษาของระบบสุญญากาศทุก 1 เดือน เช่นกัน

เมื่อนำรอบระยะเวลาที่ได้ในแต่ละระบบไปใช้ในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันแล้วพบว่ามี 4 กิจกรรมนี้เป็นกิจกรรมจากระบบไฟฟ้าที่ต้องจะมีการยืดรอบระยะเวลาออกไปให้เท่ากับ 1 เดือน ซึ่งทำให้ง่ายต่อการวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร ได้แก่ (1) C2 : ล้างแผ่นกรองฝุ่นในตู้ควบคุมไฟฟ้า (2) I1 : สายไฟของฮีตเตอร์ เทอร์มอคัปเปิลและสายวัดความเร็วรอบมอเตอร์ (3) A2 : กวดขันนอตที่ยึดระหว่างสายไฟฟ้าฮีตเตอร์กับฮีตเตอร์ (4) A3 : กวดขันนอตที่ยึดระหว่างฮีตเตอร์กับกระบอกสกรู และกิจกรรมที่มาจากคู่มือการบำรุงรักษาเครื่องจักรซึ่งมีรอบระยะเวลา 6 เดือนได้แก่ (1) C3 : ล้างโซลินอยล์วาล์ว (2) C5 : ล้างท่อน้ำหล่อเย็นโดยใช้สารเฉพาะ (3) Ca1 : เทียบมาตรฐานตัวควบคุมอุณหภูมิ (4) Re1 : ตัวกรองน้ำมันเกียร์และน้ำมันเกียร์

ตารางที่ 3 แสดงแผนของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันประกอบไปด้วย กิจกรรมรอบระยะเวลา เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมและที่มาของแต่ละกิจกรรมของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยกิจกรรมประกอบด้วย 7 หัวข้อได้แก่ (1) การทำความสะอาด (2) การตรวจสภาพ (3) การหล่อลื่น (4) การปรับแต่ง (5) การตรวจสอบการทำงาน (6) การปรับเทียบและ (7) การเปลี่ยนชิ้นส่วนตามรอบอายุ โดยสัญลักษณ์ของรอบระยะเวลามีดังนี้ W คือรายสัปดาห์ M คือรายเดือน ยกตัวอย่างเช่น W2 คือรอบระยะเวลาในการบำรุงรักษาทุก 2 สัปดาห์ เป็นต้น พร้อมทั้งในทุกกิจกรรมนั้นจะมีการแสดงเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานด้วย โดยสามารถสรุปได้ดังนี้ เวลาที่ใช้ในระบบไฟฟ้าคือ 80 นาทีต่อเดือน เวลาที่ใช้ในระบบเครื่องกลคือ 45 นาทีต่อเดือน เวลาที่ใช้ในระบบน้ำหล่อเย็นคือ 30 นาทีต่อเดือนและเวลาที่ใช้ในระบบสุญญากาศคือ 25 นาทีต่อเดือน รวมเวลาที่ใช้การบำรุงรักษาเชิงป้องกันคือ 180 นาทีต่อเดือน โดยที่มาของกิจกรรม ได้จากวิธีการแก้ไขในตารางที่ 1 นอกจากนี้แล้วยังได้มีการจัดทำมาตรฐานของวิธีการปฏิบัติงานในแต่ละกิจกรรมเพื่อให้ผู้ปฏิบัติสามารถเข้าใจวิธีการปฏิบัติตรงกัน ซึ่งมาตรฐานการบำรุงรักษานี้ได้รวบรวมจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านการซ่อมเครื่องจักรและจากคู่มือการบำรุงรักษา ในส่วนกิจกรรมที่มีการเพิ่มขึ้นใหม่ และกิจกรรมที่ได้ปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานแสดงในตารางที่ 4 พบว่ากิจกรรมที่เพิ่มขึ้นใหม่มีจำนวน 9 กิจกรรม กิจกรรมที่ได้ปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานมีจำนวน 7 กิจกรรมและกิจกรรมที่ใช้วิธีการปฏิบัติงานเดิมมีจำนวน 12 กิจกรรม

ตารางที่ 3 แผนของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

กิจกรรม	ระบบ	รอบระยะเวลา	เวลาที่ใช้ในการทำ(นาที)	ได้จากวิธีการแก้ไขที่
C: การทำความสะอาด (cleaning)				
C1: ฉีดน้ำยาทำความสะอาดผิวสัมผัสของแมกเนติก	ไฟฟ้า	W2	10	12.1
C2: ล้างแผ่นกรองฝุ่นในตู้ควบคุมไฟฟ้า	ไฟฟ้า	M1	5	8.1
C3: ล้างโซลินอยล์วาล์ว	น้ำหล่อเย็น	M6	90	6.3
C4: ล้างตัวกรองในระบบน้ำหล่อเย็น	น้ำหล่อเย็น	M1	10	5.1, 6.2
C5: ล้างท่อน้ำหล่อเย็นโดยใช้สารเคมีเฉพาะ	น้ำหล่อเย็น	M6	180	17.1
C6: เปลี่ยนน้ำกลั่นในระบบหล่อเย็น	น้ำหล่อเย็น	M1	10	5.2, 6.1
C7: เดรนน้ำทิ้งและถอดล้างเศษพลาสติกในท่อ	สุญญากาศ	M1	10	44.1
I: การตรวจสภาพ (inspection)				
I1: สายไฟของฮีตเตอร์ เทอร์มอคัปเปิลและสายวัดความเร็วรอบมอเตอร์	ไฟฟ้า	M1	5	11.1
I2: ระดับน้ำมันในห้องเกียร์	เครื่องกล	M1	5	28.1
I3: ตรวจสภาพและความตึงของสายพาน	เครื่องกล	M1	5	21.1, 22.1
I4: สายน้ำมัน ข้อต่อต่างๆของท่อน้ำมัน	เครื่องกล	M1	5	29.1
I5: ชุดยอย	เครื่องกล	M1	5	25.1
I6: พู่เลย์	เครื่องกล	M1	5	23.1
I7: การรั่วซึมของน้ำหล่อเย็น	น้ำหล่อเย็น	M1	5	39.1
I8: การรั่วซึมของปั๊มน้ำในระบบสุญญากาศ	สุญญากาศ	M1	5	42.1
L. การหล่อลื่น (lubrication)				
L1.เติมจารบีมอเตอร์	เครื่องกล	M1	5	35.1
A: การปรับแต่ง (adjustment)				
A1: กวดขันจุดต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าภายในตู้ควบคุมไฟฟ้า	ไฟฟ้า	W2	10	10.1
A2: กวดขันนอตที่ยึดระหว่างสายไฟฟ้าฮีตเตอร์กับฮีตเตอร์	ไฟฟ้า	M1	10	2.1
A3: กวดขันนอตที่ยึดระหว่างฮีตเตอร์กับกระบอกสกรู	ไฟฟ้า	M1	10	3.1
A4: กวดขันกรณีที่จุดต่อน้ำมันรั่ว	เครื่องกล	M1	5	31.1
A5: กวดขันข้อต่อของท่อน้ำ	น้ำหล่อเย็น	M1	5	39.1
A6: กวดขันกรณีที่ปั๊มน้ำรั่ว	สุญญากาศ	M1	5	42.1
F: การทดสอบการทำงาน(function Check)				
F1: การทำงานของตัวควบคุมอุณหภูมิและโซลินอยด์วาล์ว	ไฟฟ้า	W2	5	-
F2: การทำงานของปั๊มน้ำมันและปั๊มน้ำ	เครื่องกล+น้ำหล่อเย็น	M1	5	-
F3: การทำงานของห้องเกียร์และมอเตอร์	เครื่องกล	M1	5	34.1
F4: การทำงานของระบบสุญญากาศ	สุญญากาศ	M1	5	42.1
Ca: การเทียบมาตรฐาน (calibration)				
Ca1:เทียบมาตรฐานตัวควบคุมอุณหภูมิ	ไฟฟ้า	M6	60	4.1, 16.1, 20.1
Re: การเปลี่ยนตามรอบอายุ (replacement)				
Re1: ตัวกรองน้ำมันเกียร์และน้ำมันเกียร์	เครื่องกล	M6	20	32.1, 33.1

ตารางที่ 4 กิจกรรมที่เพิ่มขึ้น ปรับปรุงและไม่ได้ปรับปรุงในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

กิจกรรม	กิจกรรมใหม่ที่เพิ่มในแผน	กิจกรรมที่ปรับปรุงวิธีการปฏิบัติ	กิจกรรมที่ใช้วิธีการปฏิบัติเดิม	หมายเหตุ
C: การทำความสะอาด (cleaning)				
C1: ฉีดน้ำยาทำความสะอาดผิวสัมผัสของแมกเนติก		√		
C2: ล้างแผ่นกรองฝุ่นในตู้ควบคุมไฟฟ้า	√			
C3: ล้างโซลินอยล์วาล์ว	√			
C4: ล้างตัวกรองในระบบน้ำหล่อเย็น	√			
C5: ล้างท่อน้ำหล่อเย็นโดยใช้สารเคมีเฉพา ะ			√	
C6: เปลี่ยนน้ำกลั่นในระบบหล่อเย็น	√			
C7: เดรนน้ำทิ้งและถอดล้างเศษพลาสติกในท่อ		√		
I: การตรวจสภาพ (inspection)				
I1: สายไฟของฮีตเตอร์ เทอร์มอคัปเปิลและสายวัดความเร็วรอบมอเตอร์			√	
I2: ระดับน้ำมันในห้องเกียร์			√	
I3: ตรวจสภาพและความตึงของสายพาน		√		
I4: สายน้ำมัน ข้อต่อต่างๆของท่อน้ำมัน			√	
I5: ชุดยอย	√			
I6: พู่เลย์		√		
I7: การรั่วซึมของน้ำหล่อเย็น			√	
I8: การรั่วซึมของปั๊มน้ำในระบบสุญญากาศ	√			
L. การหล่อลื่น (lubrication)				
L1.เติมจารบีมอเตอร์			√	
A: การปรับแต่ง (adjustment)				
A1:กวดขันจุดต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าภายในตู้ควบคุมไฟฟ้า		√		
A2:กวดขันนอตที่ยึดระหว่างสายไฟฟ้าฮีตเตอร์กับฮีตเตอร์			√	
A3:กวดขันนอตที่ยึดกระหว่างฮีตเตอร์กับกระบอกสกรู			√	
A4: กวดขันกรณีที่จุดต่อน้ำมันรั่ว			√	
A5: กวดขันข้อต่อของท่อน้ำ			√	
A6: กวดขันกรณีที่ปั๊มน้ำรั่ว	√			
F: การทดสอบการทำงาน(function Check)				
F1: การทำงานของตัวควบคุมอุณหภูมิและโซลินอยด์วาวล์		√		
F2: การทำงานของปั๊มน้ำมันและปั๊มน้ำ	√			
F3: การทำงานของห้องเกียร์และมอเตอร์		√		
F4: การทำงานของระบบสุญญากาศ	√			
Ca: การเทียบมาตรฐาน (calibration)				
Ca1:เทียบมาตรฐานตัวควบคุมอุณหภูมิ			√	
Re: การเปลี่ยนตามรอบอายุ (replacement)				
Re1: ตัวกรองน้ำมันเกียร์และน้ำมันเกียร์			√	

5.2 การประเมินผลการปรับปรุง

การประเมินผลจะเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงโดยมีดัชนีชี้วัดความสำเร็จคือ (1) จำนวนการขัดข้องและ (2) ค่า MTBF ผลการดำเนินการที่ได้จะเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดก่อนและหลังการปรับปรุง โดยจะแยกเปรียบเทียบในแต่ละระบบ จากตารางที่ 5 แสดงข้อมูลที่ได้ก่อนการปรับปรุงนั้นเป็นข้อมูลตั้งแต่ มี.ค. 2559 ถึง มิ.ย. 2559 ส่วนหลังการปรับปรุงรอบ คือ ก.ค. 2559 ถึง ต.ค.2559

ในระบบไฟฟ้ามีจำนวนการขัดข้องเฉลี่ยลดลงจาก 19 ครั้งต่อเดือนเหลือ 14 ครั้งต่อเดือน ซึ่งลดลงไม่มาก เนื่องจากมีบางกิจกรรมที่ยังไม่ดำเนินการ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องจักร หรือการทำงานของระบบใหม่ เช่น กิจกรรมการใช้น้ำยากำจัดสนิมในระบบน้ำหล่อเย็น ซึ่งเมื่อเกิดสนิมในระบบน้ำหล่อเย็นจำนวนมากจะทำให้โซลินอยด์วาล์ว ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้านั้นเกิดการติดค้างและขัดข้องได้ เป็นต้น และถึงแม้จะยังมีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบไฟฟ้าแล้ว แต่บางอาการขัดข้องนั้นไม่สามารถตรวจสอบความผิดปกติก่อนเกิดอาการขัดข้องได้ จึงทำให้ระบบไฟฟ้ายังเกิดอาการขัดข้องอยู่

ระบบเครื่องกลมีจำนวนการขัดข้องเฉลี่ยลดลงจาก 12.25 ครั้งต่อเดือน เหลือ 4 ครั้งต่อเดือน ซึ่งเป็นจำนวนที่มากที่สุดเพราะส่วนมากอาการขัดข้องในระบบเครื่องกลสามารถตรวจสอบความผิดปกติได้ เมื่อทราบถึงความผิดปกติเหล่านั้นจึงทำการเปลี่ยนชิ้นส่วน หรือทำการซ่อมแก้ไขก่อนที่จะเกิดเหตุขัดข้องได้ รูปแบบการขัดข้องที่ไม่สามารถตรวจสอบได้นั้น เช่น ซีลในห้องเกียร์สึกหรอ เป็นสิ่งที่ตรวจสอบได้ยากพร้อมทั้งไม่มีการระบุอายุการใช้งานด้วย ซึ่งเมื่อเกิดอาการขัดข้องนี้แล้วจะทำให้เกิดการรั่วของน้ำมันได้ เป็นต้น

ระบบน้ำหล่อเย็นมีจำนวนการขัดข้องเฉลี่ยลดลงจาก 4 ครั้งต่อเดือน เหลือ 2.50 ครั้งต่อเดือน ซึ่งในระบบนี้ส่วนมากอาการขัดข้องที่เกิดขึ้นคือ น้ำหล่อเย็นรั่วซึม สาเหตุสำคัญของอาการนี้เกิดจากการเสื่อมสภาพจากการสึกหรอที่เกิดสนิมภายในข้อต่อ หรือจุดต่อในระบบน้ำหล่อเย็นของเครื่องจักร เมื่อเกิดการขัดข้องแล้ว การแก้ไขคือ การกวดขันเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อมีการใช้งานทำให้ข้อต่อเหล่านี้เกิดการสึกหรออีก พร้อมทั้งไม่ทราบระยะเวลาการสึกหรอที่แน่นอนได้ ทำให้ระบบน้ำหล่อเย็นยังเกิดการขัดข้องอยู่

ส่วนระบบสุญญากาศจำนวนการขัดข้องหลังการปรับปรุง เป็นจำนวน 1 ครั้งเท่านั้น ซึ่งอาการขัดข้องของระบบนี้เกิดขึ้นจำนวนน้อยเพราะระบบนี้เป็นระบบที่ไม่มีความซับซ้อน ทำให้ง่ายต่อการบำรุงรักษา

ในโรงงานกรณีศึกษาไม่มีการกำหนดการเปลี่ยนชิ้นส่วนของระบบต่างๆ ตามอายุการใช้งาน มีเพียงแต่การเปลี่ยนตัวกรองน้ำมันเกียร์และน้ำมันเกียร์เท่านั้น ซึ่งเป็นคำแนะนำจากคู่มือการบำรุงรักษาเครื่องอัดรีดแบบสกรู แนวทางของโรงงานคือ การตรวจสภาพด้วยสิ่งที่สามารถตรวจสอบได้ง่าย ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ไม่ต้องถอดประกอบในการตรวจสอบเช่น การตรวจสายพาน การตรวจพู่เลย์ ฯลฯ จึงทำให้ชิ้นส่วนที่ไม่สามารถตรวจสอบได้ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนภายในที่ต้องถอดประกอบทำให้ไม่ได้รับการตรวจสภาพ โดยเฉพาะชิ้นส่วนในระบบไฟฟ้าและชิ้นส่วนในระบบเครื่องกลบางชิ้นส่วน เช่น แมกเนติก ลูกปืน เพลา ซีล เป็นต้น เมื่อชิ้นส่วนเหล่านี้เสื่อมสภาพ จึงทำให้เกิดการขัดข้องของเครื่องจักรได้

ภายหลังการปรับปรุงส่งผลให้จำนวนขัดข้องทั้งหมดของเครื่องอัดรีดแบบสกรูลดลง 35.50 ครั้งต่อเดือน เหลือ 20.75 ครั้งต่อเดือน และค่า MTBF เพิ่มขึ้นจาก 220.28 ชั่วโมง เป็น 273.31 ชั่วโมง

ตารางที่ 5 ดัชนีชี้วัดก่อนและหลังการปรับปรุงของเครื่องอัดรีดแบบสกรูในแต่ละระบบ

ระบบของเครื่องอัดรีดแบบสกรู	จำนวนการขัดข้องเฉลี่ย (ครั้งต่อเดือน)			ค่า MTBF (ชั่วโมง)	
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ลดลงคิดเป็น (%)	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ระบบไฟฟ้า	19.00	14.00	26.32	511.16	571.88
ระบบเครื่องกล	12.25	4.00	67.35	967.68	1,451.01
ระบบน้ำหล่อเย็น	4	2.50	37.50	1,847.19	3,233.88
ระบบสุญญากาศ	0.25	0.25		2,375.60	4,490.80
รวม	35.50	20.75	41.55	220.28	273.31

หมายเหตุ : ตัวอย่างการคำนวณค่า MTBF ของเครื่องอัดรีดแบบสกรูก่อนการปรับปรุงในระบบไฟฟ้าซึ่งมี 15 เครื่อง โดยในแต่ละเครื่องคำนวณจาก

$$\text{เวลาการทำงานของเครื่องจักรทั้งหมด} = \frac{\text{เวลาการทำงานของเครื่องจักรตามแผน} - \text{เวลาที่หยุดจากการเกิดการขัดข้อง}}{\text{จำนวนครั้งที่เกิดการขัดข้อง}}$$

$$\text{เครื่องที่ 1 คำนวณได้คือ} = \frac{(2{,}376 - 10.67)}{8} = 295.67 \text{ ชั่วโมง}$$

ส่วนเครื่องอื่นๆ อีก 14 เครื่องสามารถคำนวณเหมือนกันโดยได้ค่า MTBF คือ 593.13, 236.80, 474.10, 474.13,593.50, 474.17, 593.08, 838.70, 875.58, 337.43, 338.64, 593.19, 474.57 และ 474.70 ชั่วโมง จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของ 15 ค่านี้ ซึ่งได้เป็น 511.16 ชั่วโมง โดยทุกระบบก็คำนวณในทำนองเดียวกัน

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผล

การปรับปรุงการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้แสดงดังรูปที่ 12 โดยมีการหารอบระยะเวลาจากสถิติของจำนวนขัดข้องในอดีต มีการวิเคราะห์หากิจกรรมในการปฏิบัติจากอาการขัดข้องที่เคยเกิดขึ้นในอดีต และมีการปรับปรุงการปฏิบัติงานในบางกิจกรรมจากแผนเดิม ซึ่งภายหลังการปรับปรุงสรุปผลได้ดังนี้

1. บางกิจกรรมในระบบไฟฟ้ามีรอบระยะเวลาของการปฏิบัติงานทุก 2 สัปดาห์ และบางกิจกรรมในระบบไฟฟ้ามีรอบระยะเวลาของการปฏิบัติงานทุก 1 เดือนส่วนกิจกรรมในระบบเครื่องกล ระบบน้ำหล่อเย็นและระบบสุญญากาศมีรอบระยะเวลาของการปฏิบัติงานทุก 1 เดือน

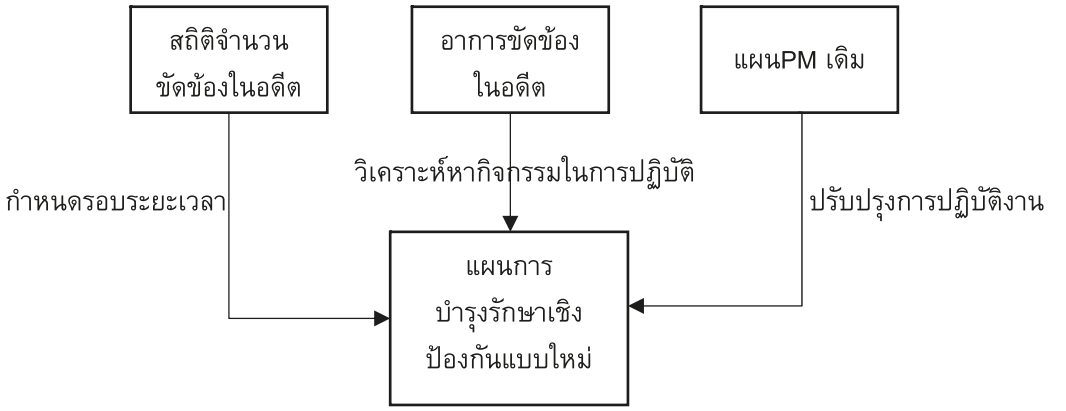
2. ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของอาการขัดข้องพบว่า จำนวนสาเหตุการขัดข้องมีทั้งหมด 45 สาเหตุ และมีจำนวนวิธีการแก้ไข/กิจกรรม ทั้งหมด 49 กิจกรรม โดยเป็นกิจกรรมของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจำนวน 28 กิจกรรม และกิจกรรมทั้งหมดนี้มีกิจกรรมที่เพิ่มขึ้นใหม่จำนวน 9 กิจกรรม กิจกรรมที่ได้ปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานจำนวน 7 กิจกรรมและกิจกรรมที่ใช้วิธีการปฏิบัติงานเดิมจำนวน 12 กิจกรรม

3. เมื่อเปรียบเทียบเวลารวมของการบำรุงรักษา (BM+PM) ของก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่า หลังการปรับปรุงมีเวลารวมในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM) มากขึ้นเฉลี่ยเดือนละ 240 นาที ซึ่งส่งผลให้มีเวลารวมในการซ่อมบำรุงหลังเกิดเหตุขัดข้อง (BM) ลดลงเฉลี่ยเดือนละ 1,786 นาที โดยที่ระบบเครื่องกลมีจำนวนเวลาลดลงมากที่สุด โดยรวมแล้ว

หลังการปรับปรุงมีเวลาของการบำรุงรักษาลดลงเฉลี่ยเดือนละ 1,546 นาที ส่งผลให้ค่าดัชนีชี้วัดของงานวิจัยนี้คือ

3.1 จำนวนการขัดข้องเฉลี่ยของเครื่องอัดรีดแบบสกรูลดลงจาก 35.50 ครั้งต่อเดือนเหลือ 20.75 ครั้งต่อเดือน ซึ่งลดลงคิดเป็น 41.55%

3.2 ค่า MTBF ของเครื่องอัดรีดแบบสกรูเพิ่มขึ้นจาก 220.28 ชั่วโมงเป็น 273.31 ชั่วโมง



รูปที่ 12 การปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบเวลาของการบำรุงรักษาก่อนและหลังการปรับปรุง (นาทีต่อเดือน)

เวลารวมในการบำรุงรักษา	ก่อนปรับปรุง (มี.ค.-มิ.ย.59)	หลังปรับปรุง (ก.ค.-ต.ค.59)	ผลต่าง
PM	**1,800**	**2,040**	**240**
BM	**3,348.75**	**1,562.50**	**-1,786.25**
- ระบบไฟฟ้า	1,118.75	966.25	-152.50
- ระบบเครื่องกล	1,880	420	-1,460.00
- ระบบน้ำหล่อเย็น	290	161.25	-128.75
- ระบบสุญญากาศ	60	15	-45.00
BM+PM	**5,148.75**	**3,602.50**	**-1,546.25**

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการแจกแจงความถี่ของระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงานได้ก่อนเกิดการขัดข้อง โดยมีการลงรายละเอียดถึงอาการที่เกิดเพื่อให้ได้รอบระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับแต่ละกิจกรรม

2. ควรมีการรวบรวมข้อมูลการขัดข้องของการปรับปรุงรอบระยะเวลาให้มากขึ้น และควรมีการปรับรอบระยะเวลาในแต่ละกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง ซึ่งช่วยให้การบำรุงรักษามีความให้ยืดหยุ่นและช่วยไม่ให้มีการบำรุงรักษาที่มากเกินความจำเป็น

6. เอกสารอ้างอิง

1. Eti, M.C., Ogaji, S.O.T. and Probert, S.D., 2006, "Reducing the Cost of Preventive Maintenance (PM) through Adopting a Proactive Reliability-focused Culture," *Applied Energy*, 83 (11), pp. 1235-1248.

2. Eti, M.C., Ogaji, S.O.T. and Probert, S.D., 2006, "Development and Implementation of Preventive-maintenance Practices in Nigerian Industries," *Applied Energy*, 83 (10), pp. 1163-1179.

3. Bart, Z., Siluk, J. and Bart, A., 2014, "Improvement of Industrial Performance with TPM Impremention," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 20 (1), pp. 2-19.

4. Mann, L., Saxena, A. and Knapp, G.M., 1995, "Statistical-based or Condition-based Preventive Maintenance," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1 (1), pp. 46-59.

5. Thai Industrial Standards Institute, 2007, Royal Thai Government Gazette, No. 124 (26), p. 14-1. (In Thai)

6. Rukijkanpanich,J., 2001, Maintenance Management, The Department of Industrial Engineering, Chulalongkorn University. (In Thai)

7. Gento, A.M., 2004, "Decision Rules for a Maintenance Database," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 10 (3), pp. 210-220.

8. Khanlari, A., Mohammadi, K. and Sohrabi, B., 2008, "Prioritizing Equipments for Preventive Maintenance (PM) Activities using Fuzzy Rules," *Computers and Industrial Engineering*, 54 (2), pp. 169-184.

9. Kittichareonkiet, P., 2004,A Study of Maintenance Approaches for Equipment in A Capacitor Factory, Master of Engineering Thesis, Industrial Engineering Program, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University. (In Thai)

10. Saraithong, D., 2000, Failure Analysis of The Machine for Increasing Preventive Maintenance Efficiency Case Study : A Motorcycle Parts Manufacturing Plant, Master of Engineering Thesis, Industrial Engineering Program, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University. (In Thai)

11. Wongjirattikarn, S., 2013, "Improvement of Preventive Maintenance Planning of an Automobile Shaft Manufacturer by FMEA Techique," *Journal of KMUTNB*, 23 (3), pp. 643-653. (In Thai)

12. Haeprakhon, P., 2012, "Improving the Maintenance System of Sewing Machines in Garment Factory," *The IE Network Conference*, Cha-am, Phetchaburi [Online], Available : https://www.dms.eng.su.ac.th/filebox/FileData/MM008.pdf [15 July 2016]. (In Thai)

13. Ohno, T., 1988, Toyota Production System : Beyond Large-Scale Production, Productivity Press, Cambridge, MA.

14. Udomsook, R., 2010, The Overall Effectiveness Improvement of Machines in Refractory Brick Production Process, Master of Engineering Thesis, Industrial Engineering Program, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University. (In Thai)

15. Benjamin, J.S. and Marathamuthu, M.S., 2015, "The Use of 5-WHYs Technique to Eliminate OEE's Speed Loss in a Manufacturing Firm," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21 (4), pp. 419-435.

16. Rong, X., 2014, Analysis of Extruder of Plastic Extrusion Machines [Online], Available : https://www.linkedin.com/pulse/20140825014747-323820315-analysis-of-extruder-of-plastic-extrusion-machines [15 December 2016].