บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 3

Proceedings of the 3rd RMUTP Conference of Engineering and Technology

การจัดทำระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร กรณีศึกษา บริษัท พี พี เอส อินดัสตรี จำกัด

The Preventive Maintenance System A Case Study of P P S Industry Co.,Ltd.

ขนิษฐา ทองสีสังข์[1], ธีร์จุฑา ทองมี[1], สุขสันต์ สิริพัฒนโกมล[1], คมพันธ์ ชมสมุทร[2] และอรรถพล ช่วยค้ำชู[3]

[1]นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร

[2]อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: ch.kompan@hotmail.com

[3]อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance) เครื่องจักร จำนวน 2 เครื่อง ได้แก่ เครื่องจักร CNC-1 และ CNC-4 ซึ่งในการศึกษาพบว่าเครื่องจักรทั้ง 2 เครื่อง มีอัตราความสูญเสีย จากการหยุดเครื่องจักร คิดเป็น 24.22% และ 26.04% ของเวลาในการทำงานทั้งหมด เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น จึงได้มีการวิเคราะห์ปัญหา พร้อมเสนอแนวทางการแก้ไข โดยใช้ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และจัดทำเอกสารการบำรุงรักษา ให้เป็นมาตรฐานในการทำงานที่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เครื่องจักรมีความพร้อมใช้งานตลอดเวลา จากการเปรียบเทียบอัตราความสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักรทั้ง 2 เครื่อง หลังจากการนำระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้ พบว่า เครื่องจักร CNC-1 และ CNC-4 มีอัตราความสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักร คิดเป็น 2.14% และ3.93% ของเวลาในการทำงานทั้งหมด โดยมีสัดส่วนที่ลดลง91.16% และ 84.91% ตามลำดับ

คำสำคัญ: การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน, อัตราความสูญเสีย, เครื่องจักรกลอัตโนมัติ

Abstract

The purpose of this research was to optimize the preventive maintenance plan for CNC-1 and CNC-4. The loss ratio due to the machine breakdown of CNC-1 was 24.22% of working time and that of CNC-4 was 26.04%. To solve the problem of the loss ratio, preventive maintenance forms were set as a maintenance standard and maintenance documents was applied. When comparing the loss ratio due to the breakdown of CNC-1 with that of CNC-4, after the PM was used, it was found the loss ratio due to the breakdown of CNC-1 decreased to 2.14% , or 91.16% of the conventional work. For the CNC-4, the loss ratio decreased to 3.39% that was 84.91% of the conventional work.

Keywords: Preventive maintenance, Downtime loss, Computer Numerical Control

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ใช้เครื่องจักรกลอัตโนมัติ (Computer Numerical Control: CNC) เข้ามาเป็นเครื่องมือหลักในกระบวนการผลิต เนื่องมาจากการแข่งขันทางธุรกิจ และเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าเครื่องจักรถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพและมีราคาที่สูงขึ้น ระบบการทำงานของเครื่องจักรเปลี่ยนเป็นระบบแบบอัตโนมัติ เพื่อให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และเป็นการลดบทบาทการใช้แรงงานและป้องกันความผิดพลาดจากผู้ใช้ เครื่องจักรที่ถูกใช้งานเป็นเวลานานย่อมมีการชำรุดเสียหาย เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องจักร จึงต้องให้ความสำคัญกับระบบการวางแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกันเครื่องจักร (Preventive Maintenance: PM)

ระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรในทางวิศวกรรมมีหลายวิธีการ ซึ่งหนึ่งในวิธีการที่มีความสำคัญ คือระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งเป็นแนวความคิดที่ต้องการป้องกันการหยุดของเครื่องจักรเนื่องจากเครื่องจักรเสีย (Breakdown) ที่ไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ การที่ต้องการหยุดเครื่องจักรไม่ว่ากรณีใด ๆ เป็นการสร้างความสูญเสียในอุตสาหกรรม [1]-[2] ดังนั้นจึงต้องมีระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันขึ้นเพื่อทำการตรวจสอบสภาพเครื่องจักร การเติมน้ำมัน การหล่อลื่น การถอดเปลี่ยนชิ้นส่วน การซ่อมแซม การจดบันทึกผลการดำเนินการเป็น

ข้อมูลในการวางแผนการบำรุงรักษา การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้บันทึกไว้เพื่อค้นหาจุดที่เป็นปัญหาเพื่อสร้างมาตรฐานการแก้ไข โดยที่การดำเนินการทั้งหมดจะเกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีก เพื่อปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้สอดคล้องกับสภาพเครื่องจักรที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาโดยให้เกิดความเหมาะสมมีความแม่นยำเชื่อถือได้ และทันสมัยอยู่ตลอดเวลา

จากการศึกษาเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งเป็นโรงงานที่ผลิตเกี่ยวกับชิ้นส่วนรถยนต์ รถจักรยานยนต์ และเครื่องใช้ไฟฟ้า เกิดปัญหาที่เครื่องจักร CNC-1 และ CNC-4 ส่งผลให้เครื่องจักรไม่พร้อมทำงาน ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น เกิดการล้าช้าในการทำงาน นอกจากนี้ในการซ่อมบำรุงยังไม่มีแผนการบำรุงรักษาที่เหมาะสม จากข้อมูลที่ได้ในเดือนตุลาคม และพฤศจิกายน 2559 จะพบว่าโรงงานมีเวลาการทำงานของเครื่องจักรในแต่ละเดือน คือ 192 ชั่วโมง และมีจำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดรวมถึงเวลาที่หยุดของเครื่องจักรแต่ละเครื่องในแต่ละเดือนที่ต่างกัน แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เวลาการทำงานและเวลาหยุดเครื่อง CNC-1 และ CNC-4

เครื่อง	ตุลาคม 2559			พฤศจิกายน 2559		
	เวลาการทำงานทั้งหมด (ชม.)	จำนวนครั้งที่หยุด	เวลารวมที่หยุดเครื่องจักร (ชม.)	เวลาการทำงานทั้งหมด (ชม.)	จำนวนครั้งที่หยุด	เวลารวมที่หยุดเครื่องจักร (ชม.)
เครื่อง CNC-1	192	5	45	192	5	48
เครื่อง CNC-4	192	6	48	192	7	52

1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1 เพื่อปรับปรุงและพัฒนาระบบ PM ของเครื่องจักร

1.1.2 เพื่อลดอัตราความสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักรลงอย่างน้อย 10%

1.2 ขอบเขตของการศึกษา

การจัดทำระบบ PM ของเครื่องจักร CNC-1 และ CNC-4 ในโรงงานกรณีศึกษา

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพงานบำรุงรักษาของเครื่องจักร

1.3.2 สามารถลดความเสียหายเนื่องจากการเกิด Breakdown ของเครื่องจักร

1.3.3 ลดอัตราการขัดข้องของเครื่องจักรโดยรวมลง

2. ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เป็นแนวความคิดที่ต้องการป้องกันการหยุดของเครื่องจักรเนื่องจากเครื่องจักรเสีย ไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ การที่ต้องหยุดเครื่องจักรไม่ว่ากรณีใด ๆ เป็นการสร้างความสูญเสียในอุตสาหกรรม การจัดทำระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันขึ้นเพื่อทำการตรวจสอบสภาพเครื่องจักร การเติมน้ำมันการหล่อลื่น การถอดเปลี่ยนชิ้นส่วน การซ่อมแซม และการจัดทำเอกสาร PM [3] เช่น มาตรฐานการทำความสะอาด การหล่อลื่นก่อนและหลังการทำงานของเครื่องจักร แบบการตรวจเช็คประจำวัน แบบตรวจเช็คประจำเดือน ใบแจ้งซ่อมรวมถึงแบบสรุปการซ่อมการบำรุงรักษา โดยพนักงานปฏิบัติการกับเครื่องจักร หรือพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงจะเป็นผู้ดำเนินการ ณัฐธีร์ [4] ศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยเรื่อง การลดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรเพื่อลดจำนวนเหตุขัดข้องของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตสปริง วางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรประจำวันประจำสัปดาห์ และประจำเดือนของเครื่องม้วนสปริง แล้วหาค่าระยะเวลาใช้งานเฉลี่ยสามารถลดจำนวนเหตุขัดข้องของเครื่องจักรลดลงจาก 21 ครั้ง เหลือ 18 ครั้งต่อเครื่อง หรือลดลงประมาณ 14.28% ของจำนวนครั้งการขัดข้อง และระยะเวลาการใช้งานเฉลี่ยก่อนการขัดข้องเพิ่มขึ้นจาก 457.20 ชั่วโมงเป็น 649.30 ชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 42.01% ของระยะเวลาการใช้งานได้ของเครื่องจักร อรรถชัย และคณะ [5] ศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยเรื่อง บำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยลดอัตราการทำงานหรือการแจ้งงานแบบฉุกเฉิน ได้จัดทำเอกสารงานระบบ PM มีการเปรียบเทียบเวลาการขัดข้องของเครื่องจักรทั้ง 2 เครื่อง เครื่องจักร NC 4 มีเวลาขัดข้องเฉลี่ยก่อนนำระบบ PM มาใช้ คิดเป็น 64.58 ชั่วโมงต่อเดือน หลังการนำระบบ PM มาใช้เวลาขัดข้องเฉลี่ยเป็น 32 ชั่วโมงต่อเดือน คิดเป็น 89.74% เครื่องจักร EDM 2 มีเวลาขัดข้องเฉลี่ยก่อนนำระบบ PM มาใช้ คิดเป็น 8.50 ชั่วโมงต่อเดือนหลังการนำระบบ PM มาใช้เวลาขัดข้องเฉลี่ยเป็น 2 ชั่วโมงต่อเดือน คิดเป็น 99% สรุปก่อนนำระบบ PM มาใช้ เวลาขัดข้องเฉลี่ยโดยรวมต่อเดือน 73.08 ชั่วโมง ลดลงเฉลี่ยโดยรวมต่อเดือน 34 ชั่วโมง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การลดการขัดข้องลง 53.47% เชี่ยวชาญ [6] ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักร โดยการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งการวิจัยได้เริ่มเก็บข้อมูลการผลิตและการทำงานของเครื่องจักร โดยวิเคราะห์สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดมอเตอร์ชำรุด จากนั้นกำหนดแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และนำแผนมาใช้ โดยก่อนการปรับปรุงมีจำนวนครั้งในการเกิดความเสียหายของเครื่องจักรโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 18.70 ครั้งต่อเครื่อง เวลาที่ต้องสูญเสียเนื่องจากเกิดการขัดข้อง และเสียหายของเครื่องจักรในระหว่างการผลิต โดยเฉลี่ย 121.10 ชั่วโมงต่อเครื่อง ค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักร (Mean Time Between Failure: MTBF) โดยเฉลี่ย 20.21 ชั่วโมงต่อเครื่อง อัตราความพร้อมในการทำงานของเครื่องจักร (Availability Rate) โดยเฉลี่ย 75.97% ต่อเครื่อง วิวัฒน์ และคณะ [7] ได้ศึกษาระบบการ

บำรุงรักษาเชิงป้องกัน เครื่อง OM Cartoning และเครื่อง Stripping มีการจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับเครื่องจักร โดยการจัดทำแผนบำรุงรักษาประจำวัน แผนบำรุงรักษาประจำเดือน แผนบำรุงรักษาประจำปี โดยได้จัดทำระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร 2 เครื่อง ได้แก่ เครื่อง OM Cartoning และเครื่อง Stripping 6 (เบอร์7) เวลาการขัดข้องรวมของเครื่องอยู่ที่ 277.57 ชั่วโมง ภายหลังจากการนำระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้ พบว่าเวลาขัดข้องรวมอยู่ที่ 11.43 ชั่งโมง คิดเป็นสัดส่วนที่ลดลงเท่ากับ 95.88%

3. วิธีการดำเนินงาน

จากข้อมูลจะพบว่าทั้ง2เดือนเครื่องจักรจะมีเวลาการทำงานทั้งหมด 192 ชั่วโมง แต่จะมีเวลารวมที่หยุดเครื่องจักรแตกต่างกันโดยค่าการวัดประสิทธิภาพเครื่องจักร CNC ทั้งหมดในโรงงานเฉลี่ยทั้ง 2เดือน หาจากสูตรการคำนวน ในสมการที่ 1

- เวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้อง (Mean Time Between Failure: MTBF) ในสมการที่ 1

$$MTBF = \frac{\text{เวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้อง (ชม.)}}{\text{จำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุด (ครั้ง)}} \quad (1)$$

- เวลาเฉลี่ยของการซ่อม (Mean Time To Repair: MTTR) ในสมการที่ 2

$$MTTR = \frac{\text{เวลาหยุดของเครื่องจักรทั้งหมด (ชม.)}}{\text{จำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุด (ครั้ง)}} \quad (2)$$

- อัตราความสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักร ในสมการที่ 3

$$= \frac{\text{เวลาหยุดของเครื่องจักรทั้งหมด (ชม.)}}{\text{เวลาเครื่องจักรทำงานทั้งหมด (ชม.)}} \quad (3)$$

- ความพร้อมใช้งานเครื่องจักร ในสมการที่ 4

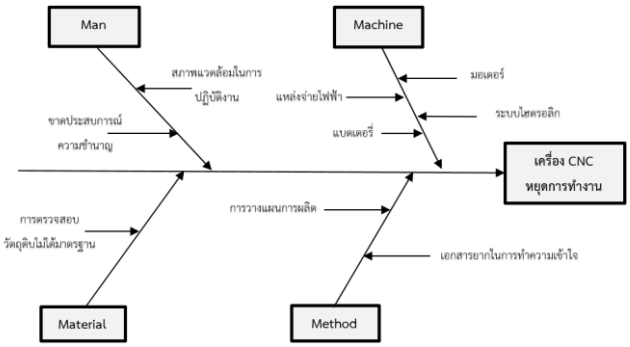
= เวลาเครื่องจักรทำงานทั้งหมด (ชม.) - เวลาหยุดของเครื่องจักรทั้งหมด (ชม.) / เวลาเครื่องจักรทำงานทั้งหมด (ชม.) x 100 (4)

ตารางที่ 2 การประเมินผลเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง

เครื่อง	MTBF (ชม./ครั้ง)	MTTR (ชม. /ครั้ง)	อัตราความสูญเสีย (%)	ความพร้อมการใช้งาน (%)
CNC-1	29.10	9.30	24.22	25.78
CNC-4	22.00	7.71	26.04	73.96

จะเห็นว่าเครื่องจักร CNC-1 และ CNC-4 มีอัตราความสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักรมาก คือ 24.22% และ 26.04% ตามลำดับ จึงนำมาสู่การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา และจัดทำระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา เครื่องจักร CNC-1 และ CNC-4 จากข้อมลูที่ได้รับ นำมาวิเคราะห์ในรูปแบบของแผนภูมิก้างปลา โดยใช้ทฤษฎี 4M เพื่อการวิเคราะห์ให้ทราบถึงสาเหตุของปัญหาการหยุดทำงานของเครื่องจักร CNC โดยผู้วิจัยให้ความสำคัญของปัญหาที่เกิดจากเครื่องจักร (Machine) มากที่สุดที่ทำให้เครื่องจักรมีอัตราความสูญเสียสูง



รูปที่ 1 แผนภูมิก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา การหยุดทำงานของเครื่องจักร ปัญหาเกิดจากมีการขัดข้องทางกลและทางไฟฟ้า แหล่งจ่ายไฟฟ้ามอเตอร์ ระบบไฮดรอลิก การทำความสะอาด สาเหตุเกิดจากกระแสไฟฟ้าขัดข้องแรงดันในการป้อนมอเตอร์ต่ำ ระบบไฮดรอลิกสายรั่ว ไม่ได้ทำความสะอาดหลังการทำงาน แนวทางการปรับปรุงจัดทำระบบการ บำรุงรักษาเชิงป้องกัน เอกสารการตัวเช็คเครื่องจักร ประจำวัน ประจำเดือน ประจำปี และทำการบำรุงรักษาการตรวจสภาพเครื่องจักร การทำความสะอาด และหล่อลื่นอย่างถูกวิธี

การจัดทำเอกสาร PM จะมีรายละเอียดการปฏิบัติการบำรุงรักษา ประกอบด้วยเอกสาร มาตรฐานการใช้เครื่องจักร มาตรฐานการตรวจเช็คเครื่องจักร มาตรฐานการทำความสะอาด/หล่อลื่น มาตรฐานการแก้ไขการขัดข้อง แบบตรวจเช็คประจำวัน ประจำเดือน ใบแจ้งซ่อม แบบบันทึกการซ่อม แบบสรุปการซ่อมประจำปี

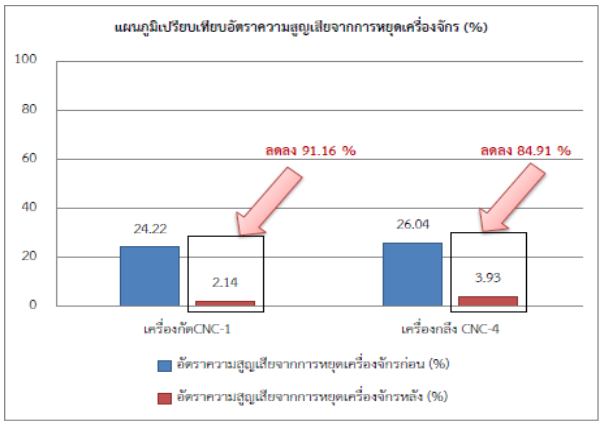
4. ผลการดำเนินงาน

หลังจากได้ทำการจัดทำระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และนำไปใช้กับเครื่องจักรทั้ง 2 แล้วเก็บข้อมูลผลการดำเนินงานในเดือนมีนาคม และเมษายน 2560 พบว่าเวลาอัตราความสูญเสียของเครื่องจักรลดลง ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การประเมินผลเครื่องจักรหลังการปรับปรุง

เครื่อง	MTBF (ชม./ครั้ง)	MTTR (ชม. /ครั้ง)	อัตราความสูญเสีย (%)	ความพร้อมการใช้งาน (%)
CNC-1	91.33	2.00	2.14	97.86
CNC-4	44.83	1.83	3.93	96.07

จากตารางที่3 การประเมินผล หลังนำระบบ PM มาใช้เดือนมีนาคม 2560 พบว่า เครื่องจักร CNC-1 มีค่า MTBF คิดเป็น 91.33 ชั่วโมง/ครั้ง ค่า MTTR คิดเป็น 2 ชั่วโมง/ครั้ง อัตราความสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักร คิดเป็น 2.14% มีความพร้อมการใช้งาน คิดเป็น 97.86% และเครื่องจักร CNC-4 มีค่า MTBF คิดเป็น 44.83 ชั่วโมง/ครั้ง ค่า MTTR คิดเป็น 1.83 ชั่วโมง/ครั้ง อัตราความสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักร คิดเป็น 3.93% มีความพร้อมการใช้งานคิดเป็น 96.07% ซึ่งในรูปที่ 2 กราฟเปรียบเทียบการประเมินผลก่อน และหลังนำระบบ PM มาใช้จะเห็นได้ว่าผลการประเมินการใช้งานของเครื่องจักรทั้ง 2 เครื่อง มีอัตราความสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักรลดลง



รูปที่ 2 กราฟเปรียบเทียบผลก่อนและหลังปรับปรุง

5.สรุปผลการวิจัย

จากการที่คณะผู้จัดทำงานวิจัยเรื่อง การจัดทำระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันกรณีศึกษาบริษัท พี พี เอส อินดัสตรี จำกัด ในการศึกษาข้อมูลของเครื่องจักรก่อนนำระบบ PM มาใช้ในเดือนตุลาคม และพฤศจิกายน 2559 ของเครื่องจักร CNC-1 และCNC-4 ซึ่งมีอัตราความสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักรมากสุด และได้ทำการจัดการทำมาตรฐานการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรทั้ง 2เครื่อง หลังจากได้ทำการจัดทำระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และเก็บข้อมูลในเดือนมีนาคม และเดือนเมษายน 2560 พบว่าเครื่องจักร CNC-1 มีอัตราความสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักรก่อนนำระบบ PM มาใช้เท่ากับ 24.22% และหลังการนำระบบ PM มาใช้ เท่ากับ 2.14% ซึ่งลดลง 91.16% และเครื่องจักร CNC-4 มีอัตราความสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักรก่อนนำระบบ PM มาใช้เท่ากับ 26.04% และหลังการนำระบบ PM มาใช้ เท่ากับ 3.93% ซึ่งลดลง 84.91% ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตสูงขึ้น\

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท พี พี เอส อินดัสตรี จำกัด และสาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] วินัย เวชวิทยาขลัง. ระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงปฏิบัติ. พิมพ์ครั้งที่ 12 กรุงเทพฯ:ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2556

[2] สมบัติ ชิวหา. พื้นฐานเทคโนโลยีซีเอ็นซี. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : สกายบุ๊คส์. 2546

[3] SIMPRO CMMS. งานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน Preventive Maintenance – PM *(บทความออนไลน์)* จาก http://www.tpa.or.th (สืบค้น 15 มกราคม 2560)

[4] ณัฐธีร์ วิจิตร์กีรติกุล.(2553). การลดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรโดยประยุกต์ใช้ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน. กรณีศึกษาโรงงานผลิตสปริง *สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ* (สืบค้น 15 มกราคม 2560)

[5] อรรถชัย ปินใจ.(2556) .การจัดทำระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร. กรณีศึกษา บริษัท ไทยสแตนเลยการไฟฟ้า จำกัด (มหาชน) *มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต* (สืบค้น 15 มกราคม 2560)

[6] เชี่ยวชาญ พันธ์กุ่ม.(2555). การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักร โดยการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน. *สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ* (สืบค้น 15 มกราคม 2560)

[7] วิวัฒน์ และคณะ.(2558). การจัดทำระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักร. กรณีศึกษา บริษัท เรกคิทท์ เบนคีเซอร์ เฮลธ์แคร์ ประเทศไทย จำกัด *คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต* (สืบค้น 15 มกราคม 2560)