การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้
Performance Improvement of Lek-Numpi Mixing Machine

ดุษฎี บุญธรรม[1]
[1]ภาควิชาไฟฟ้า คอมพิวเตอร์ และอุตสาหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ 53000

บทคัดย่อ

เครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้นั้นแต่เดิมเป็นเครื่องจักรที่ถูกออกแบบและจัดทำขึ้นมาโดยมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาเทคโนโลยีและถ่ายทอดองค์ความรู้ใหม่เพื่อตอบสนองต่อชุมชน ซึ่งมหาวิทยาลัยได้มอบให้ชุมชนไว้ใช้งาน โดยที่เครื่องผสมแร่เหล็กนี้เป็นเครื่องจักรที่ช่วยในการนวดผสมระหว่างผงแร่เหล็ก ดินเหนียวและน้ำ ให้เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อทดแทนแรงงานคนและช่วยลดระยะเวลาการนวดผสมผงแร่เหล็กน้ำพี้ แต่เครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้ที่อยู่ในชุมชนนั้นขาดการบำรุงรักษาทำให้เครื่องจักรชำรุดบ่อยครั้ง ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้และทำให้เครื่องจักรที่มหาวิทยาลัยมอบให้นั้นอยู่อย่างยั่งยืนร่วมกับชุมชนได้ โดยชุมชนสามารถจัดการและดูแลด้วยตนเองได้ ซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมมาประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรในชุมชนโดยมีการเลือกปัญหาของเครื่องจักรมาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงโดยใช้เทคนิค Why-Why Analysis และกำหนดแนวทางการปรับปรุงเครื่องจักร คือ การแก้ไขเกลียวยึดสเตอร์ที่ชำรุด การเปลี่ยน Housing การทำอุปกรณ์ป้องกันน้ำที่ไหลลงไปโดนมอเตอร์ รวมถึงการวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร จากการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรนั้นสามารถปรับปรุงเครื่องจักรที่ไม่สามารถทำงานได้ทำให้มีประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้อยู่ที่ 49.1 %

คำสำคัญ: ประสิทธิผลโดยรวม การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

Abstract

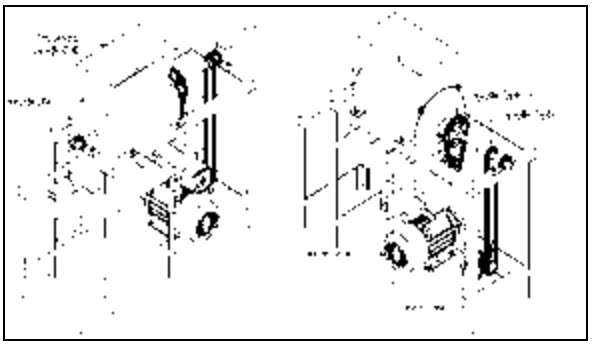
A Lek-Numpi mixing machine was designed and made for the purpose to develop technology and transfer new knowledges to a community. This machine has been used and served the community’s demands for a long period before breakdown. The machine works to create a homogeneous substance by mixing the combination of iron powder, clay and water. It is created to replace workforces and reduce operating time of Lek-Numpi productions. A major concern of improper machine maintenance is to be considered. The community had not provided a good maintenance resulting in frequent machine breakdown. Therefore, the author has presented an idea of machine improvement to the community for sustainable autonomous. The author adapted industrial technique for machine maintenance. Why-Why analysis was used to indicate the root of machine breakdown. The analysis show that the machine can be effectively improved by modifying screw stick to sprocket, changing bearing housing units, installing cover of motor for protections and planing a maintenance schedule. After the improvement, the machine is able to work with overall-efficiency of 49.1%

Keyword: Overall Equipment Effectiveness, Preventive Maintenance

1. บทนำ

เครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้ [1] เป็นเครื่องจักรที่ถูกออกแบบและจัดทำขึ้นโดยมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนในชุมชน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีและถ่ายทอดองค์ความรู้ใหม่ต่อชุมชนและท้องถิ่น ซึ่งเป็นพันธกิจหนึ่งของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ แต่การนำเทคโนโลยีหรือเครื่องจักรใหม่ๆที่เข้าสู่ชุมชนนั้นยังพบปัญหาในเรื่องของการจัดการดูแลรักษา ทำให้เครื่องจักรทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพและเกิดการชำรุดบ่อยครั้ง ปัจจุบันเครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้ไม่ได้ถูกใช้งานโดยถูกเก็บไว้ในมหาวิทยาลัยเพื่อรอการแก้ไขปรับปรุง

ผู้วิจัยเห็นถึงปัญหาในข้อนี้จึงมีแนวคิดในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้ โดยมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มผลผลิตและลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักร โดยนำแนวทางการปรับปรุงเครื่องจักรในอุตสาหกรรมมาประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรในชุมชน เพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริงและสามารถนำไปใช้งานในชุมชนได้จริง โดยมีตัวชี้วัดประสิทธิภาพเครื่องจักรคือประสิทธิผลโดยรวม (OEE)



รูปที่ 1 เครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้ [1]

2. วัตถุประสงค์

1) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้โดยการลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรทางด้านอัตราการเดินเครื่องและประสิทธิภาพการเดินเครื่อง

2) ชุมชนสามารถดูแลรักษาเครื่องจักรด้วยตนเองเพื่อให้เทคโนโลยีอยู่คู่กับชุมชนได้อย่างยั่งยืน

3. แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิดการวิจัยและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

เป็นวิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรอุปกรณ์ในอุตสาหกรรม ทำให้ทราบถึงสาเหตุของการสูญเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นทั้งในระบบ คือ สามารถแยกการสูญเสียและรายละเอียดของสาเหตุนั้น ทำให้สามารถที่จะปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง ในการประเมินค่าประค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรนั้นจะประกอบด้วยตัวแปรหลัก 3 ตัวแปรคือ
อัตราการเดินเครื่องจักร (Availability Rate: A) คือความพร้อมของเครื่องจักรในการทำงาน

$$\text{อัตราการเดินเครื่อง} = \frac{\text{เวลาที่เครื่องจักรเดินจริง}}{\text{เวลาที่ต้องการทำงาน}}$$

ประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักร (Performance Efficiency: P) คือค่าที่แสดงถึงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร

$$\text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}}$$

อัตราคุณภาพ (Quality Rate: Q) คือค่าที่แสดงถึงความสามารถของเครื่องจักรในการผลิตสินค้าที่มีคุณลักษณะตรงตามข้อกำหนดของลูกค้าต่อจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้งหมด

$$\text{อัตราคุณภาพ} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานดี}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมด}}$$

ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness: OEE) คือผลคูณของอัตราการเดินเครื่องจักรประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักรและอัตราคุณภาพ

$$OEE = A \times P \times Q$$

3.2 การวิเคราะห์ Why-Why Analysis

เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นสาเหตุรากเหง้าของปัญหา โดยหากเราสามารถค้นพบสาเหตุรากเหง้าและกำจัดได้แล้ว ปัญหาเดิมจะไม่เกิดซ้ำ หากปัญหาเดิมเกิดซ้ำแสดงว่าการวิเคราะห์ของเรานั้นมาผิดทางหรือ อาจมีสาเหตุตกหล่นไป อาจจะต้องมาทำการวิเคราะห์ใหม่ วิธีการมองปัญหาของ Why-Why Analysis

1) การมองจากสภาพที่ควรจะเป็น เป็นการค้นหาสาเหตุโดยการนึกภาพขึ้นมา ว่าการจะทำให้ดีนั้นจะต้องมีรูปแบบลักษณะ และเงื่อนไขอย่างไร การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น คือ การเปรียบเทียบวิธีการของตนเองกับสิ่งที่เป็นมาตรฐานหรือเป็นที่ยอมรับของคนทั่วไป “การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น” เป็นการกำหนดแนวทางในการค้นหาสาเหตุของปัญหาโดยการเปรียบเทียบปัญหาที่เกิดกับสภาพที่ควรจะเป็น หลังจากกำหนดแนวทางได้แล้วก็จะตั้งคำถามว่า “ทำไม”ไปเรื่อยๆ เพื่อค้นหาปัจจัยหรือสาเหตุออกมา

2) การมองจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎี เป็นการมองปัญหาจากการทำความเข้าใจกับหลักเกณฑ์หรือจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง กับการทำงานของเครื่องจักรนั้นๆ

3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อินทนนท์ สีตลพฤกษ์ [2] ประเมินประสิทธิภาพของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติกแผ่น โดยได้มีการออกแบบใบตรวจสอบเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลที่จำเป็น จากการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องจักรพบว่ามีค่าประสิทธิผลโดยรวมที่ 66.62 % พบว่าสาเหตุสำคัญที่ทำให้ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรมีค่าต่ำ คือ อัตราการเดินเครื่อง สิ่งที่ทำให้อัตราการเดินเครื่องต่ำก็มีปัจจัยอยู่สองประการคือ เหตุขัดข้องของเครื่องจักรเกิดขึ้นบ่อยครั้งและเวลาสูญเสียจากการปรับตั้งเครื่องในการเริ่มผลิตหรือการเปลี่ยนชนิดของชิ้นงาน ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวทีมงานได้ทำการฟื้นฟูสภาพของเครื่องจักรและปรับปรุงวิธีการปรับตั้งเครื่องจักร หลังจากการปรับปรุงพบว่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นจาก 66.62 % เป็น 84.5%

ฟ้าแล้ง บุญเพ็ชร [3] ทำการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องผิวเลนส์พลาสติกกันแสงซึ่งเป็นกระบวนการที่เป็นจุดคอขวด โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์หา “ความสูญเปล่า” ตามแนวคิดลีนที่เป็นเหตุให้เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้เต็มกำลัง และทำการปรับปรุงเพื่อลดความสูญเปล่านั้น ผลจากการปรับปรุงสามารถเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องเคลือบผิวเลนส์กันแสงพลาสติกกันแสงจาก 61.8 % เป็น 76.3%

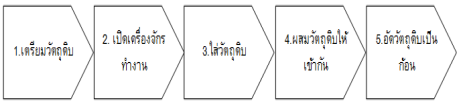
วีรชัย มัฏฐารักษ์ และคณะ [4] ทำการปรับปรุงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องอัดเม็ดโรงงานผลิตอาหารสัตว์น้ำทางทีมงานได้ทำการปรับปรุงปัญหาที่เกิดขึ้นโดยทำมาตรฐานการปรับตั้งเครื่องจักรเพื่อลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรส่วนการรอคอย เนื่องจากการรอคอยชิ้นงานก็ทำการปรับเปลี่ยนเวลาการทำงานโดยให้พนักงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเครื่องจักรเข้าทำงานก่อนหลังจากการปรับปรุงพบว่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นจาก 74.0% เป็น 84.0%

สมโชค ไสลเพชร [5] ทำการศึกษาวิธีการเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในโรงงานผลิตอุปกรณ์เซมิคอนดัคเตอร์ประเภทโฟโต้คัปเปลอร์ ได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้หลักการระดมสมอง (Brain Strom) แล้วใช้หลักการพาเรโต (Pareto Diagram) เพื่อคัดเลือกปัญหาแล้วนำปัญหาที่เลือกมาหาสาเหตุโดยพิจารณาจาก คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วิธีการ (Method) และ วัตถุดิบ (Material) พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นหลังจากการปรับปรุงตามแนวทางที่กำหนดไว้ก็พบว่าในแต่ละกระบวนการสามารถเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรได้ เช่น เครื่องจักรประเภท Die Bondจาก 66.90% เป็น 77.5% เครื่อง Wire Bond จาก 66.90% เป็น 74.02% เป็นต้น

4. วิธีดำเนินงาน

4.1 ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องจักร

หลักการทำงานของเครื่องจักรนั้นเป็นการนำส่วนผสมระหว่างดินเหนียว แร่เหล็กน้ำพี้ และน้ำ มาผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้ใบพัดที่ถูกขับโดยมอเตอร์ไฟฟ้าทำหน้าที่ในการคลุกเคล้าส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อนำไปใช้ในการผลิตวัตถุมงคลต่าง เช่นพระพุทธรูป สร้อยประคำ เป็นต้น ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของจังหวัดอุตรดิตถ์



รูปที่ 2 หลักการทำงานของเครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้

เมื่อพิจารณาจากรูปที 2 ที่แสดงขั้นการทำงานของเครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้ โดยหลักการทำงาน 5 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมวัตถุดิบ เป็นการเตรียมส่วนผสมที่ประกอบไปด้วย ดินเหนียว แร่เหล็กน้ำพี้ และน้ำ

ขั้นตอนที่ 2 เปิดเครื่องจักร โดยการเปิดสวิตช์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรให้เครื่องจักรทำงาน

ขั้นตอนที่ 3 ทำการใส่ส่วนผสมทั้งหมดลงไปในเครื่องจักร

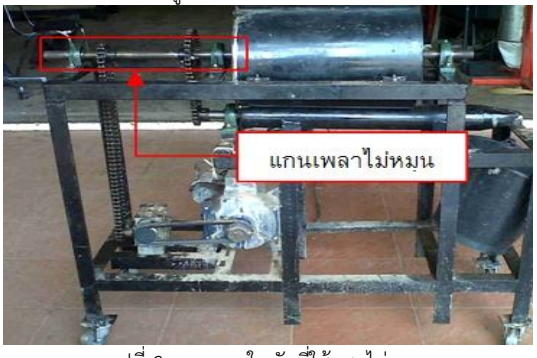
ขั้นตอนที่ 4 เครื่องจักรทำการผสมวัตถุดิบให้เข้ากันใช้เวลาประมาณ 20 นาที

ขั้นตอนที่ 5 ทำการดึงแผ่นเหล็กที่กั้นระหว่างช่องผสมวัตถุดิบกับช่องที่ทำหน้าอัดวัตถุดิบออกมา ให้วัตถุดิบไหลลงไปช่องอัดวัตถุดิบ และส่วนผสมจะถูกอัดออกมาเป็นลักษณะก้อนๆ

4.2 สำรวจสภาพปัจจุบันการและความสูญเสียของเครื่องจักร

สำรวจสภาพของเครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้เพื่อพิจารณาถึงความเสียหายหรือปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักร โดยการนำเครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้มาทดสอบเดินเครื่องจักร จากการทดสอบพบว่าเครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้เนื่องจากเพลาเหวี่ยงที่เป็นส่วนผสมของวัตถุดิบตามรูปที่ 3 ไม่สามารถหมุนได้

เนื่องจากลักษณะของเครื่องจักรที่เลือกมาทำการปรับปรุงไม่ใช่เครื่องจักรที่สามารถทำงานได้ ณ ช่วงเวลานั้น จึงไม่มีการเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องจักรเบื้องต้นเพื่อนำมาเลือกปัญหาที่จะแก้ไขตามหลักการของแผนภูมิพาเรโต



รูปที่ 3 เพลาของใบพัดที่ใช้ผสมไม่หมุน

4.3 วิเคราะห์หาสาเหตุและมาตรการการแก้ไข

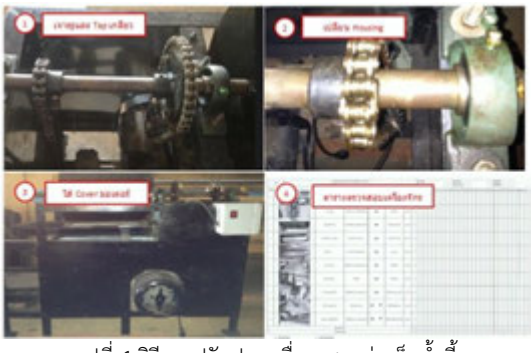
เมื่อทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้ ได้นำปัญหาดังกล่าวมาวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักร โดยให้ทีมงานในคณะทำการระดมความคิด (Brain Strom) ในการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้แกนเพลาที่ใช้ในขับใบพัดสำหรับคลุกเคล้าส่วนผสมไม่หมุนโดยใช้เครื่องมือที่ชื่อว่า Why-Why Analysis และนำสาเหตุต่างๆมากำหนดเป็นมาตรการแก้ไขปรับปรุงเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้ต่อไป

รูปที่ 4 การหาสาเหตุและมาตรการแก้ไขโดยใช้ Why Why Analysis

4.4 ดำเนินการปรับปรุง

หลังจากทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและกำหนดมาตรการแก้ไขปรับปรุงเครื่องผสมแร่เหล็กนำพี้แล้ว ก็ได้เริ่มลงมือดำเนินการปรับปรุงเครื่องจักรตามมาตรการแก้ไขที่ระบุไว้ใน Why Why Analysis ซึ่งมี 4 มาตรการ ที่ประกอบไปด้วย

1) การเจาะรูและ Tap เกลียวเพื่อยึดสเตอร์ให้แน่น
2) เปลี่ยน Housing ใหม่เพื่อให้การหมุนของเพลามีประสิทธิภาพมากขึ้น
3) ทำ Cover ป้องกันน้ำไหลใส่มอเตอร์
4) ทำแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร



รูปที่ 4 วิธีการปรับปรุงเครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้

4.5 ตรวจสอบผลการปรับปรุง

เมื่อทำการปรับปรุงเครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้ตามมาตรการที่ได้จากการระดมความคิดแล้ว ได้นำเครื่องจักรไปทดสอบใช้ในการทดสอบแล้วตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องโดยใช้ตัวชี้วัดที่เรียกว่าการวัดประสิทธิผลโดยรวม ในการคำนวณหาค่าประสิทธิผลโดยรวม ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้ก่อนและหลังปรับปรุง

	ก่อนปรับปรุง[2]	หลังปรับปรุง	Diff
อัตราการเดินเครื่องจักร (Availability Rate: A)	0.0%	73.0%	**73.0%**
ประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักร (Performance Efficiency: P)	0.0%	80.0%	**80.0%**
อัตราคุณภาพ (Quality Rate: Q)	0.0%	84.0%	**84.0%**
ประสิทธิผลโดยรวม (OEE)	**0.0%**	**49.1%**	**49.1%**

5. การวิเคราะห์ผล

ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้ตามมาตรการทั้ง 4 แบบคือ 1) การเจาะรูและ Tapเกลียวเพื่อยึดสเตอร์ใหม่ให้แน่น 2) เปลี่ยน Housing ใหม่เพื่อให้การหมุนของเพลามีประสิทธิภาพมากขึ้น 3) ทำ Cover ป้องกันน้ำใส่มอเตอร์ 4) ทำแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นแผนการตรวจสอบเครื่องจักรเพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร พบว่าสามารถทำให้ประสิทธิผลโดยรวม (OEE) ของเครื่องจักรคือ 49.1% ในการปรับปรุงตามมาตรการ 3 แบบแรกจะช่วยให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้แบบต่อเนื่องลดการสูญเสียจากการปรับตั้งเครื่องจักรหรือหยุดเล็กๆน้อยๆได้ทำให้อัตราการเดินเครื่อง (A) และประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (P) เพิ่มขึ้น (เครื่องจักรที่เลือกมาปรับปรุงนั้นช่วงแรกไม่สามารถทำงานได้ทำให้ไม่สามรถวัดค่าประสิทธิผลโดยรวมก่อนการปรับปรุงได้) การปรับปรุงมาตรการที่ 1 และ 3 คือ การแก้ไขเกลียวยึดสเตอร์ที่ชำรุดและสร้าง Cover เพื่อป้องกันน้ำเข้ามอเตอร์จะช่วยลดปัญหาในเรื่องการหยุดเล็กๆน้อยของเครื่องจักรทำให้อัตราการเดินเครื่อง (A) เพิ่มขึ้นเป็น 73.0% การปรับปรุงมาตรการที่ 2 คือ การเปลี่ยน Housing จะช่วยให้การหมุนของแกนเพลาลื่นไหลมากขึ้นความฝืดต่างๆก็จะลดลงทำให้ประสิทธิภาพการเดินเครื่องเป็น 80.0% สำหรับมาตรการที่ 4 จะทำให้ยืดอายุของการใช้งานทั้งด้านอัตราการเดินเครื่อง (A) และประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (P) ให้ยืดอายุการทำงานของเครื่องจักรและสามารถทำให้คนในชุมชนนั้นสามารถบำรุงรักษาเครื่องจักรได้เองซึ่งจะทำให้เทคโนโลยีอยู่คู่กับท้องถิ่นได้อย่างยั่งยืน

6. ข้อเสนอแนะ

ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้มีค่าประสิทธิผลโดยรวมที่ 49% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (เกณฑ์มาตรฐาน 80%) โดยเฉพาะค่าอัตราการเดินเครื่อง (A) ที่เป็นส่วนหนึ่งของการคิดค่าประสิทธิผลโดยรวมที่มีค่าต่ำมากเท่ากับ 73 % ควรจะนำปัญหาที่เกิดขึ้นทำการปรับปรุงอีกครั้งเพื่อให้ค่าประสิทธิผลโดยรวมมีค่ามากขึ้นกว่าเดิม

7. กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมประจำปีงบประมาณ 2556

8. การอ้างอิง

[1] ณัฐกิตติ์ แสนสามารถ และคณะ, “เครื่องนวดผสมผงแร่เหล็กน้ำพี้”, ภาคนิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ 2554.

[2] อินทนนท์ สีตลพฤกษ์, “การปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติกแผ่น”, การค้นคว้าแบบอิสระวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2552.

[3] ฟ้าแล้ง บุญเพชร, “การการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตด้วยเทคนิคลดความสูญเปล่ากรณีศึกษา: โรงงานผลิตเลนส์แว่นตาพลาสติก”, บริหารธุรกิจบัณฑิต 2552.

[4] วีรชัย มัฏฐารักษ์ และ วิมล จันนินวงศ์,” การการเพิ่มผลผลิตด้วยวิธีการปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร: กรณีศึกษาโรงงานผลิตอาหารสัตว์” วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมปีที่ 6 ฉบับที่ 2, 2553.

[5] สมโชค ไสลเพชร, “ศึกษาวิธีการเพิ่มค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในโรงงานผลิตอุปกรณ์เซมิคอนดัคเตอร์ ประเภทมินิโฟโต้คัปเปลอร์”, ปัญหาพิเศษอุตสาหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2553.