การเพิ่มผลิตภาพเครื่องขัดผิวอัตโนมัติโดยเทคนิคการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักร

Productivity Improvement of Auto Blasting Machine by Single Minute Exchange of Die Technique

เวทรินทร์ อธิจิระสิงห์[1] ธนารักษ์ หีบแก้ว[2] และ รวินท์ธนัตถ์ ทิพย์เสนา[3]
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม[1, 2]
สาขาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ[3]
E-mail: visessingh@gmail.com[1], thanarak.heeb@siam.edu[2], rawintanath.th@rmutsb.ac.th[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางในการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องขัดผิวอัตโนมัติลงร้อยละ 50 ด้วยเทคนิค SMED เนื่องจากในโรงงานกรณีศึกษานี้ ผู้วิจัยได้เข้าไปศึกษากระบวนการผลิตการขัดผิวอัตโนมัติ จากการประชุมของฝ่ายบริหารได้กำหนดถึงปัญหาสำคัญที่ต้องมีการแก้ไขอย่างเร่งเพื่อการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องขัดผิวอัตโนมัติ โดยทำการวิเคราะห์ด้วยแผนผังกระบวนการไหลและเวลาการทำงานแต่ละกิจกรรมพบว่าการเปลี่ยนฝาเครื่องด้านหน้าและด้านหลังของกระบวนการขัดผิวอัตโนมัติให้เหมาะสมกับขนาดความกว้างของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อแต่ละครั้งนั้นมีกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรใช้เวลานาน ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิตโดยเปล่าประโยชน์ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตน้อยลงจึงมีผลกระทบต่อการซื้อของลูกค้าซึ่งหากเป็นเช่นนี้อาจทำให้สูญเสียลูกค้าในอนาคต จากการปรับปรุงแก้ไขปัญหาด้วยเทคนิค SMED พบว่าเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรลดลงก่อนการปรับปรุงซึ่งใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร 173 นาที ได้จากการจับเวลาเฉลี่ยจากการทำงาน 10 ครั้ง หลังการปรับปรุงใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรคงเหลือ 72 นาที จากการจับเวลาเฉลี่ยของการทำงาน 10 ครั้ง ลดลงทั้งหมด 101 นาที หรือลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรลงร้อยละ 58.38 อีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 26.6 และยังสามารถลดต้นทุนค่าแรงของการทำงาน ซึ่งก่อนปรับปรุงต้นทุนค่าแรงในการทำงาน 24,796.70 บาทต่อปี หลังการปรับปรุงต้นทุนค่าแรงในการทำงาน 5,139.36 บาทต่อปี ทำให้ค่าแรงต้นทุนลดลง 19,657.34 บาท ส่งผลให้บริษัทสามารถลดต้นทุนค่าแรงต่อปีได้ถึงร้อยละ 79.2 โดยมีระยะเวลาคืนทุน ภายใน 1 ปี

คำสำคัญ: กระบวนการผลิต, การลดเวลา, เครื่องขัดผิวอัตโนมัติ, ประสิทธิภาพ, ระยะเวลาคืนทุน

Abstract

The purpose of this research is to reduce the tool changed time of the automatic blasting machine by 50 percent by SMED techniques and analyzed flow process diagrams of the production process at each activity, it was found that changing the front and back cover to suit the width of each pipe diameter caused delays in the automatic polishing process. The additional time

spent setting up the machine is wasted production time resulting in less efficiency, therefore affect to the customer's order which may loss of customer in the future. The results from problem solving by SMED techniques revealed that the time to set up the machine was reduced after the improvement. Adjusting the machine originally took 173 minutes but after improvement only 72 minutes are required for set up. Improved 101 minutes (58.38 percent) reduced in the time to set up the machine. This increased the efficiency of the machine by 26.6 percent and can also reduce labor costs. Before, labor costs were 24,796.70 baht per year improved labor cost 5,139.36 baht per year. This caused labor costs decreased 19,657.34 baht. As the result, the company reduced 79.2 percent of annual labor costs. There is a payback period within 1 year.

Keywords: Production, Time reduction, Automatic polishing machine, Efficiency, Payback period

1. บทนำ

หัวใจสำคัญสำหรับการดำเนินธุรกิจทางการผลิต คือ การผลิตเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าอย่างถูกต้องและรวดเร็ว เพื่อให้วัตถุประสงค์ของการดำเนินธุรกิจดังกล่าวได้บรรลุผล ทางผู้ผลิตจะต้องดำเนินการจัดหาทรัพยากรและปัจจัยต่างๆ เพื่อสร้างผลิตผลได้ตามความต้องการของลูกค้า เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด ซึ่งในสภาวะการแข่งขันทุกวันนี้ ประสิทธิภาพของระบบการผลิตและการตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าจึงเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในองค์กรที่ต้องให้ความสำคัญ อุตสาหกรรมการผลิตท่อเหล็กเหนียวมีผลิตภัณฑ์จำนวนมากหลายรุ่น หลายขนาด และยังมีการวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ความต้องการของลูกค้าและการจัดจำหน่ายภายในประเทศมีปริมาณความต้องการเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามการเจริญเติบโตของประเทศโดยเฉพาะการประปาและชลประทาน

บริษัทกรณีศึกษาเป็นหนึ่งในบริษัทอุตสาหกรรมการผลิตท่อเหล็กเหนียวที่มีประวัติยาวนาน ได้จัดตั้งขึ้นในปี 2508 ตั้งอยู่ที่จังหวัดระยอง โดยเป็นบริษัทที่ทำธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตและจำหน่ายท่อน้ำและอุปกรณ์เหล็กเหนียว ในกระบวนการผลิตท่อจะผลิตด้วยเครื่องเชื่อมท่อ สไปรัล (Spiral pipe) โดยบริษัทกรณีศึกษามีเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตจำนวน 6 เครื่อง ผลิตท่อแต่ละประเภทที่มีหลายขนาด และมีหลายรุ่น วัดตามความกว้างของเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 200 มิลลิเมตร ไปจนถึง 2,400 มิลลิเมตร และ ซึ่งในกระบวนการขัดผิวอัตโนมัติ ความสามารถของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตสามารถใช้งานร่วมกันได้ ตั้งแต่ 200 มิลลิเมตร จนถึง 1,200 มิลลิเมตร ถ้าต้องการเปลี่ยนขนาดท่อจะต้องมีการถอดฝาเครื่องด้านหน้าและด้านหลัง และปรับให้เหมาะสมกับขนาดความกว้างของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ

จากการประชุมของฝ่ายบริหาร ได้กำหนดถึงปัญหาสำคัญที่ต้องมีการแก้ไขอย่างเร่งด่วนในการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องขัดผิวอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้เข้าไป

ศึกษากระบวนการผลิตพบว่า การเปลี่ยนฝาเครื่องด้านหน้าและด้านหลังของกระบวนการขัดผิวอัตโนมัติเพื่อให้เหมาะสมกับขนาดความกว้างของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ แต่ละครั้งนั้นมีกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรที่ยาวนาน ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิตโดยเปล่าประโยชน์ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตน้อยลง จึงมีผลกระทบต่อนโยบายการรับคำสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งหากเป็นเช่นนี้อาจทำให้สูญเสียลูกค้า การปรับตั้งเครื่องจักรจัดเป็นกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าในการผลิต ยิ่งมีช่วงการปรับตั้งเครื่องจักรที่ยาวนานยิ่งทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง ดังนั้นผู้วิจัยจึงตัดสินใจเลือกเครื่องขัดผิวอัตโนมัติ มาศึกษาแนวทางในการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร ซึ่งการศึกษาและประยุกต์ใช้ระบบวิธีคิดในการลดเวลาการปรับตั้งซึ่งการศึกษาและประยุกต์ใช้ระบบวิธีคิดในการลดเวลาการปรับตั้ง เครื่องจักร จะสามารถลดเวลาที่สูญเปล่าดังกล่าวลง และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและนำมาเป็นแนวทางการปรับปรุงเครื่องจักรอื่นเป็นลำดับต่อไป

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 เทคนิคการลดเวลาการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร (Machine Setup Time)

2.1.1.1 งานจัดเตรียมความพร้อม (Preparation) คือ งานที่ต้องทำก่อนและหลังการปรับตั้งเครื่องจักร

2.1.1.2 งานถอดเปลี่ยน/ติดตั้ง อุปกรณ์แม่พิมพ์ต่างๆ (Mold Exchange)

2.1.1.3 งานปรับความถูกต้องของอุปกรณ์แม่พิมพ์ แม่พิมพ์ต่างๆ รวมทั้งการปรับค่าขณะทดลองเดินเครื่องจักร (Trial Runs and Adjustments)

2.1.2 SMED (Single Minute Exchange of Dies)

SMED คือ เทคนิคในการลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร เป็นทฤษฎีและชุดเทคนิคที่ช่วยให้สามารถดำเนินการติดตั้งและปรับเปลี่ยนเครื่องจักรได้ภายใน 10 นาที ได้ถูกคิดกันขึ้นโดย Dr. Shingeo Shingo ซึ่งเป็นผู้ร่วมกันคิดระบบการผลิตแบบโตโยต้าร่วมกับ Taiichi Ohno โดยจุดเริ่มต้นของการวัดเวลานั้นขึ้นอยู่กับองค์กรว่าจะวัดอย่างไร เช่น นับตั้งแต่เครื่องจักรหยุดจนกระทั่งเครื่องจักรเริ่มปฏิบัติงาน เพราะจะละเลยต่อการปรับงาน (Adjustment) และการทดลองผลิต (Trial run) ซึ่งทั้งสองส่วนนี้จะละเลยไม่ได้ ดังนั้นตัวชี้วัดที่เหมาะสมควรจะวัดตั้งแต่ชิ้นงานดีชิ้นสุดท้ายจนกระทั่งชิ้นงานดีชิ้นแรกได้ถูกผลิต (Last goods piece to first good piece) หรือชิ้นงานดีได้ถูกอนุมัติผลิตจาก QA เป็นต้น

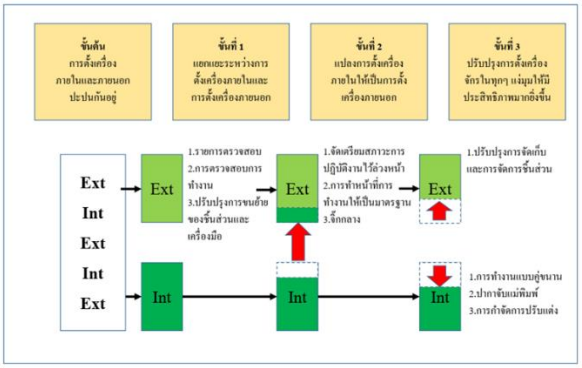
SMED สามารถปรับใช้ได้กับทุกอุตสาหกรรม โดยเฉพาะการเปลี่ยนโมลและดายน์ (Mold and Dies) โดยหลักการพื้นฐานเริ่มจากการสำรวจการติดตั้งโดยแยกแยะให้ออกก่อนว่าส่วนใดเป็นงานนอกและส่วนใดเป็นงานใน จากนั้นศึกษารายละเอียดและวิเคราะห์กระบวนการเพื่อปรับเปลี่ยนงานในมาเป็นงานนอกให้มากที่สุด จากนั้นจึงปรับปรุงโดยนำเทคนิคต่างๆ เข้ามาช่วยในแต่ละขั้นตอน

2.1.2.1 หลักการพื้นฐานของ SMED แบ่งงานปรับตั้งเครื่องจักรออกเป็น 2 ประเภทคือ

- งานใน (Internal Setup) หมายถึง งานที่จำเป็นต้องหยุดเครื่องจักรเท่านั้นจึงจะสามารถทำได้

เช่น การถอดเปลี่ยน การติดตั้งแม่พิมพ์ การปรับตั้งศูนย์

● งานนอก (External Setup) หมายถึง งานที่ไม่จำเป็นต้องหยุดเครื่องจักรก็สามารถทำได้ เช่น การขนย้ายแม่พิมพ์ใหม่มารอการติดตั้ง การขนย้ายแม่พิมพ์เก่าไปเก็บ เป็นต้น ในการปรับตั้งเครื่องจักรโดยทั่วไปจะประกอบด้วยงานในและงานนอกรวมอยู่เป็นงานเดียวกัน ไม่ได้มีการแยกงานออกจากกันอย่างชัดเจน เป็นเหตุให้กระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรนั้นใช้เวลานานกว่าที่ควรจะเป็น เนื่องจากมีงานในและงานนอกผสมปะปนกันอยู่ซึ่งส่งผลให้ในระหว่างการปรับตั้งเครื่องจักรนั้น เครื่องจักรมีการสูญเสียเวลาจากการรอคอยที่มากนั่นเอง



รูปที่ 1 ขั้นเชิงแนวคิดและเทคนิคในทางปฏิบัติของ SMED

2.1.2.2 ขั้นตอนในการทำ SMED

หลักเกณฑ์พื้นฐานมากนัก โดยมี 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: แยกแยะระหว่างการติดตั้งเครื่องภายในและการติดตั้งเครื่องงานภายนอก (Separating Internal and External Setup)

ขั้นที่สำคัญที่สุดในการนำ SMED มาใช้ คือ การแยกแยะระหว่างการตั้งเครื่องภายในและการตั้งเครื่องภายนอกด้วยการทำสิ่งที่เห็นได้อย่างชัดเจน อย่างเช่น การจัดเตรียมและการขนย้ายในขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงานอยู่ เวลาที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการตั้งเครื่องภายในโดยที่เครื่องจักรต้องหยุดทำงานโดยปกติแล้วจะสามารถลดลงได้ร้อยละ 30-50 และเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ในขั้นตอนนี้ ได้แก่

1. การใช้ใบรายการตรวจสอบ (Check List)

2. การใช้ใบรายการตรวจสอบหน้าที่ (Function Check)

3. การปรับปรุงการขนย้ายแม่พิมพ์หรือชิ้นส่วนอื่นๆ (Improving transportation of Dies and Other Parts)

ขั้นตอนที่ 2: แปลงการตั้งเครื่องภายในให้เป็นการตั้งเครื่องภายนอก (Convert Internal to External Setup) การลดเวลาที่ใช้ในการติดตั้งเครื่องจักรลงไปจนถึงจำนวนนาทีที่เป็นเลขหลักเดียว (Single-minute Range) เกี่ยวข้องกับกิจกรรมสำคัญ 2 อย่าง คือ

1. พิจารณาการปฏิบัติการใหม่อีกครั้ง เพื่อดูว่ามีขั้นตอนใดที่ถูกเข้าใจผิดว่าเป็นการตั้งเครื่องภายในบ้างหรือไม่

2. หาทางแปลงขั้นตอนเหล่านี้ให้เป็นการตั้งเครื่องภายนอก มีแนวทางปรับปรุงได้ 2 แนวทาง คือ

● ทำการตรวจสอบ วิเคราะห์ต่างๆ ในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอีกครั้งหนึ่งโดยแบ่งงานเป็นงานย่อย ที่เล็กหรือละเอียดขึ้น แล้วพิจารณาให้ถี่ถ้วนในแต่ละงานย่อยนั้น เพราะการปรับปรุงในขั้นที่ 1 การแบ่งงานย่อยอาจจะมีขนาดใหญ่เกินไป ทำให้เกิดความผิดพลาดได้

● การค้นหาวิธีการใหม่ๆ มาแทนวิธีการเดิมในการปรับตั้งเครื่องจักรโดยมีเป้าหมายเพื่อที่จะเปลี่ยนงานที่ทำในขณะเครื่องจักรหยุดทำงานให้เป็น

งานที่ทำได้ในขณะที่เครื่องจักรทำงานวิธีการนั้นจะต้องทำให้เป็นมาตรฐานและงานที่ได้จะต้องสร้างให้เป็นมาตรฐานง่ายต่อการปฏิบัติ

เครื่องมือที่ใช้เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ในขั้นตอนที่ 2 นั้นมี 3 อย่าง ได้แก่

1. จัดเตรียมล่วงหน้า (Preparing Operation Condition in Advance)

2. จัดทำการทำงานให้เป็นมาตรฐาน (Function Standardization)

3. การใช้ Jigs ตัวกลาง (Using Intermediary)

ขั้นตอนที่ 3: ปรับปรุงการติดตั้งเครื่องจักรในทุกๆ แง่มุมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Streamlining All Aspects of the Setup Operation) เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการติดตั้งเครื่องจักร

2.1.3 การวิเคราะห์กระบวนการด้วยแผนภูมิการไหล

แผนภูมิการไหล (Flow Process Chart) เป็นเครื่องมือที่ใช้บันทึกการปฏิบัติงานตามขั้นตอนมาตรฐานของกระบวนการ โดยการนำมาเขียนร่วมกับการใช้สัญลักษณ์แทนขั้นตอนต่างๆ เริ่มจากการแบ่งกระบวนการทั้งหมดออกเป็น ขั้นตอนย่อย โดยแต่ละขั้นตอนย่อยต้องเป็นการกระทำอย่างหนึ่งอย่างใดในบรรดาการปฏิบัติงาน การเคลื่อนย้าย การรอคอย การตรวจสอบ และการเก็บพัก โดยมีสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นสากลดังตารางที่ 1 จากนั้นข้อมูลที่ได้จึงสามารถนำมาวิเคราะห์หาขั้นตอนการทำงานที่ถือว่าเป็นความสูญเปล่าและต้องการการปรับปรุงโดยใช้เทคนิค ECRS ในลำดับต่อไป

สัญลักษณ์	ความหมาย
○	การปฏิบัติงาน
D	การรอคอย
□	การตรวจสอบ
▽	การเก็บพัก
⇨	การเคลื่อนย้าย

รูปที่ 2 สัญลักษณ์ที่มีในแผนภูมิการไหล

2.1.4 การลดความสูญเปล่า ด้วยหลักการ ECRS

ความสูญเปล่า (Waste) หมายถึง สิ่งที่ไม่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่สินค้าซึ่งความสูญเปล่าประกอบด้วย การผลิตมากเกินไป (Overproduction), การรอคอย (Waiting), การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น (Transporting),การทำงานที่ไม่เกิดประโยชน์ (Processing), การเก็บสินค้าที่มากเกินไป (Inventory), การเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็น (Motions) และของเสีย (Defect) ความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการนี้เป็นสิ่งที่ไม่มีความจำเป็นและไม่ได้ก่อให้เกิดประโยชน์ ดังนั้น จึงควรทำการลดความสูญเปล่าเหล่านี้ลงโดยใช้หลักการ ECRS ซึ่งประกอบไปด้วย

1) การกำจัด (Eliminate)

2) การรวมกัน (Combine)

3) การจัดเรียงใหม่ (Rearrange)

4) การทำให้ง่าย (Simplify)

2.1.5 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Breakeven Analysis)[2]

เป็นการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณ

รายได้ ต้นทุนและกำไร เพื่อคำนวณหาว่าต้องผลิตหรือขายสินค้า เท่าใดจึงจะคุ้มทุนพอดี แนวทางในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนนั้นจำเป็นจะต้องทราบถึงข้อมูล 2 ข้อ ดังต่อไปนี้คือ

1. ปัจจัยในการหาจุดคุ้มทุน

2. วิธีการหาจุดคุ้มทุน

ปัจจัยในการหาจุดคุ้มทุนนั้นแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ 2 ประเภทดังนี้คือ

1. ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) เป็นกลุ่มต้นทุนที่มีพฤติกรรมไม่เปลี่ยนแปลงไปตามระดับกิจกรรมการขายหรือการผลิตที่เกิดขึ้น

2. ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) เป็นกลุ่มที่มีพฤติกรรมผันแปรไปตามระดับกิจกรรมการขายหรือการผลิตที่เกิดขึ้นกล่าวคือถ้าขายหรือผลิตสินค้ามากขึ้นต้นทุนผันแปรเหล่านี้จะสูงขึ้นตาม แต่ถ้าขายสินค้าหรือผลิตสินค้าน้อยลง ต้นทุนผันแปรรวมเหล่านี้ก็จะลดลงตาม

2.1.6 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) [7]

เป็นการหาระยะเวลาที่ผลตอบแทนจากการดำเนินงานแต่ละปีรวมกันเท่ากับจำนวนเงินที่ลงทุนทั้งหมด โดยกำหนดการตัดสินใจแบบไม่คำนึงค่าของเงินตามเวลา วิธีนี้จะใช้ได้ดีเมื่อหาผลตอบแทนแล้วใกล้เคียงกันและเปรียบเทียบโครงการที่คืนทุนเร็วที่สุด เนื่องจากโครงการที่คืนทุนเร็วกว่านั้นย่อมมีความเสี่ยงน้อยกว่า ดังนั้น ผลตอบแทนจากโครงการลงทุนเท่ากันทุกปี ในการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนนี้ สามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณี

กรณีที่ 1 ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการลงทุนเท่ากันทุกปี

กรณีที่ 2 ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการลงทุนแต่ละปี ไม่เท่ากัน การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนจะใช้วิธีบวกกระแสเงินสดรับจาก โครงการลงทุนในแต่ละปีจนกระทั่งมียอดรวมเท่ากับเงินจ่ายลงทุนของโครงการพอดี

ข้อดีและข้อเสียของ วิธีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)

3. สภาพของปัญหา

3.1.1 พฤติกรรมของลูกค้า

จากกรณีศึกษาพบว่าอุตสาหกรรมการผลิตท่อเหล็กเหนียวนั้นจะผลิตท่อเหล็กเหนียวตามความต้องการคำสั่งซื้อของลูกค้า โดยคำสั่งซื้อของลูกค้าจะสั่งเป็นจำนวนชิ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเหล็กทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลาย ส่งผลให้มีผลกระทบต่อการวางแผนการผลิต ทางผู้ผลิตจะต้องดำเนินการจัดหาทรัพยากรและปัจจัยต่าง ๆ เพื่อสร้างผลิตผลได้ตามความต้องการของลูกค้า เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด

อุตสาหกรรมการผลิตท่อเหล็กเหนียว มีผลิตภัณฑ์จำนวนมากหลายรุ่น หลายขนาด และยังมีการวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ความต้องการของลูกค้าและการจัดจำหน่ายภายในประเทศมีปริมาณความต้องการเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามการเจริญเติบโตของประเทศ โดยเฉพาะการประปาและชลประทาน เพื่อรองรับความต้องการของประชากรของประเทศที่เพิ่มสูงขึ้น

3.1.2 แผนผังการไหลของกระบวนการในกรณีศึกษา

การวางแผนการผลิตในปัจจุบัน ผู้วางแผนอาศัย

ประสบการณ์ความชำนาญของผู้วางแผน ไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลนำมาวิเคราะห์ปัญหา ไม่มีการจัดระบบช่วยแนะนำในการตัดสินใจในการวางแผน ส่งผลให้เวลาในการผลิตของกระบวนการเครื่องขัดผิวอัตโนมัติมีเวลาในการผลิต แต่ละครั้งนั้นมีกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรที่ยาวนาน ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิตโดยเปล่าประโยชน์ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตน้อยลง จึงมีผลกระทบต่อนโยบายการรับคำสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งหากเป็นเช่นนี้อาจทำให้สูญเสียลูกค้า ผู้วิจัยจึงศึกษาแนวทางในการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร และประยุกต์ใช้ระบบวิธีคิดในการลดเวลาการปรับตั้ง เครื่องจักร สามารถลดเวลาที่สูญเปล่าดังกล่าวลง และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และนำมาเป็นแนวทางการปรับปรุงเครื่องจักรอื่นเป็นลำดับต่อไปซึ่งขั้นตอนการผลิตมีดังนี้

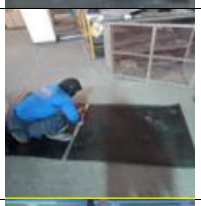
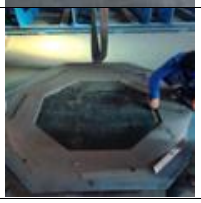
ตารางที่ 1 ขั้นตอนกระบวนการผลิต

กระบวนการ	รูปภาพ
1. Spiral Forming Mach	
2. Hydrostatic Test	
3. Blasting	
4. INTERNAL COATING	
5. EXTERNAL COATING	
6. FINISH PRODUCT	

3.1.2.1 ขั้นตอนเตรียมฝาหน้าสภาพการปัจจุบัน

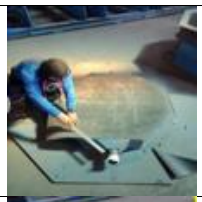
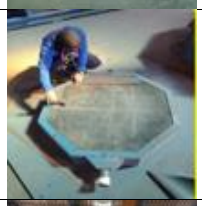
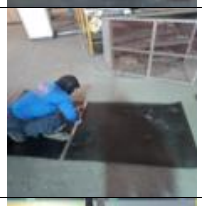
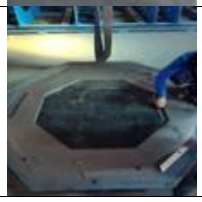
ตารางที่ 2 ขั้นตอนกระบวนการผลิตการเตรียมฝาหน้าสภาพการปัจจุบัน

กระบวนการ	รูปภาพ
1. นำฝาจากที่เก็บมาวางเพื่อเปลี่ยนยาง	
2. ถอดนัทฝาครอบนำปะเก็นยางออก	
3. เย็บตัดปะเก็นยาง	
4. ตัดปะเก็นยางตามขนาด	
5. เจาะรูปะเก็นยางและใส่ฝาครอบปะเก็นยาง	

กระบวนการ	รูปภาพ
6. ใช้เครนยกฝาพลิกด้านลงเพื่อใส่ปะเก็นยางฝาด้านใน	
7. ถอดนัทฝาครอบนำปะเก็นยางออก	
8. ตัดปะเก็นยาง	
9. ตัดปะเก็นยางตามขนาด	
10. เจาะรูปะเก็นยางและใส่ฝาครอบปะเก็นยาง	

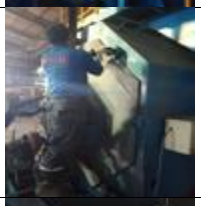
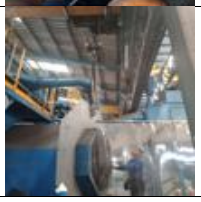
3.1.2.2 ขั้นตอนเตรียมฝาหลังสภาพการปัจจุบัน

ตารางที่ 3 ขั้นตอนกระบวนการผลิตการเตรียมฝาหลังสภาพการปัจจุบัน

กระบวนการ	รูปภาพ
1. นำฝาจากที่เก็บมาวางเพื่อเปลี่ยนยาง	
2. ถอดนัทฝาครอบนำปะเก็นยางออก	
3. ตัดปะเก็นยางตามขนาดฝา	
4. เจาะรูและใสฝาครอบปะเก็นยาง	
5. ใช้เครนยกฝาพลิกด้านลงเพื่อใส่ปะเก็นยางฝาด้านใน	
6. ถอดนัทฝาครอบนำปะเก็นยางออก	
7. เดินไปหยิบตัดปะเก็นยาง	
8. ตัดปะเก็นยางตามขนาดฝา	
9. เจาะรูปะเก็นยางและใสฝาครอบปะเก็นยาง	

3.1.2.3 ขั้นตอนเปลี่ยนฝาหน้าสภาพการปัจจุบัน

ตารางที่ 4 ขั้นตอนกระบวนการผลิตการเปลี่ยนฝาหน้าสภาพการปัจจุบัน

กระบวนการ	รูปภาพ
1. ใช้เครนเกี่ยวฝาหน้าบนเครื่อง	
2. ถอด Bolt ฝาหน้าออก 8 ตัว	
3. ยกฝาหน้าที่ถอดออกไปเก็บ	
4. ใช้เครนยกฝาท่อที่เตรียมไว้ขึ้นไปติดตั้ง	
5. ตัดปะเก็นยางฝาหลังตามรอยที่มาร์คไว้	
6. ตัดปะเก็นยางฝาหน้าตามรอยที่มาร์คไว้	
7. ถอด Bolt และยกฝาหลังบนเครื่องออกไปเก็บ	
8. ยึด Bolt ฝา 8 ตัว เข้ากับห้องพ่น	

3.2 สรุปเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast ด้วยผังกระบวนการไหล (ก่อนปรับปรุง)

ตารางที่ 5 สรุปผังกระบวนการไหลก่อนปรับปรุง

	สภาพปัจจุบัน		
	จำนวน (ครั้ง)	เวลา (นาที)	ระยะทาง (เมตร)
●	34	123	
▷	-	-	-
➡	13	50	67
■	-	-	-
▼	-	-	-
รวม	47	173	67

3.2.1 ต้นทุนที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาก่อนปรับปรุง

3.2.1.1 ต้นทุนค่าแรง

ตารางที่ 6 ต้นทุนค่าแรงก่อนปรับปรุง

เวลาทำงาน (นาที)	เวลา (ชั่วโมง)	พนักงาน (คน)	ค่าแรง (บาท/นาที)	ต้นทุน (บาท/ครั้ง)	จำนวนครั้งที่เปลี่ยน (ครั้ง/ปี)	ต้นทุนค่าแรง (บาท/ปี)
173	253	2	0.83	288.30	86	24,796.70

3.2.1.2 ต้นทุนค่าวัสดุ

ตารางที่ 7 ต้นทุนค่าวัสดุ

ปะเก็นยาง (บาท/เมตร)	ปริมาณที่ใช้/ครั้ง (เมตร)	ต้นทุนวัสดุ (บาท/ครั้ง)	จำนวนครั้งที่เปลี่ยน (ครั้ง/ปี)	ต้นทุนวัสดุ (บาท/ปี)
599	4.5	2,695	86	231,770

ตารางที่ 8 สรุปต้นทุนต้นทุนที่ใช้ในการเปลี่ยนฝา

ต้นทุนที่ใช้ในการเปลี่ยนฝา	ต้นทุน (บาท/ปี)
ค่าแรง	24,796.70
ค่าวัสดุ	231,770.00
รวมค่าใช้จ่าย	256,566.70

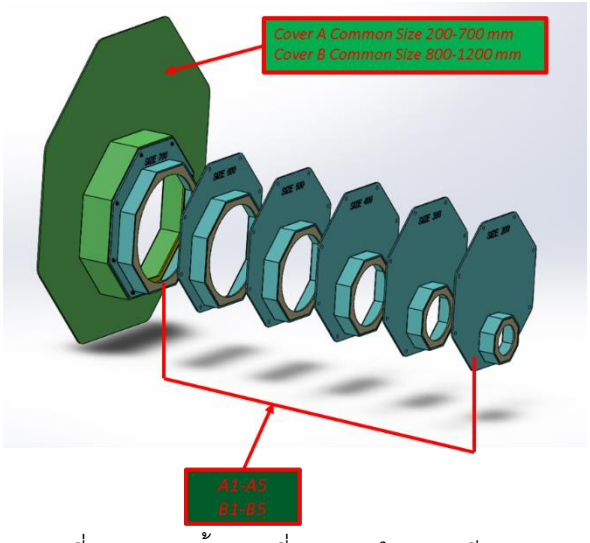
3.2.2 ผลิตภาพเครื่องจักร

ผลิตภาพเครื่องจักร = ผลผลิต/จำนวนชั่วโมงการเดินเดินเครื่อง

ผลิตภาพเครื่องจักร = 30 ท่อน / (480 นาที/60 นาที) = 3.75 ท่อน/ชั่วโมง

3.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุงโดยใช้หลักการ SMED

ดำเนินการปรับปรุงโดยใช้หลักการ SMED (Single Minute Exchange of Die) ท่อที่ผลิตที่ Auto Bast มีตั้งแต่ขนาด Diameter 200-1200 mm จึงมีแนวคิดในการขจัดขั้นตอนที่สูญเปล่าในการเตรียมการฝาหน้าและฝาหลังของเครื่อง โดยจัดกลุ่มขนาดฝา ได้ดังนี้



รูปที่ 3 การขจัดขั้นตอนที่สูญเปล่าในการเตรียมการฝาหน้าและฝาหลังของเครื่อง

3.3.1 ตารางขนาดฝาที่แบ่งกลุ่มตามขนาด

A Size: 200-700 mm

ตารางที่ 9 ขนาดฝา A Size: 200-700 mm

Size	ขนาด (มิลลิเมตร)
A1	200
A2	300
A3	500
A4	600
A5	700

B Size: 800-1,200 mm

ตารางที่ 10 ขนาดฝา B Size: 800-1200 mm

Size	ขนาด (มิลลิเมตร)
B1	800
B2	900
B3	1000
B4	1100
B5	1200

3.3.2 ดำเนินการจัดทำฝาหน้าและฝาหลังเครื่อง Auto Blast

ตารางที่ 11 ขั้นตอนการจัดจัดทำฝาหน้าและฝาหลังเครื่อง Auto Blast

กระบวนการ	รูปภาพ
1. ฝาหน้าเครื่อง Auto Blast	
2. ฝาหลัง เครื่อง Auto Blast	

กระบวนการ	รูปภาพ
3. ฝาหลัง เครื่อง Auto Blast	

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 สรุปเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast ด้วยผังกระบวนการไหล (หลังปรับปรุง)

4.1.1 สรุปเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast ด้วยผังกระบวนการไหล (หลังปรับปรุง)

ตารางที่ 12 สรุปผังกระบวนการไหลหลังปรับปรุง

	สภาพปัจจุบันหลังปรับปรุง		
	จำนวน (ครั้ง)	เวลา (นาที)	ระยะทาง (เมตร)
●	6	37	-
D	-	-	-
→	7	35	35
■	-	-	-
▼	-	-	-
รวม	13	72	35

4.2 สรุปผลการปรับปรุง

4.2.1 ตารางผังกระบวนการไหล การเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast หลังการปรับปรุง

ตารางที่ 13 สรุปผังกระบวนการไหลการเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast ก่อนปรับปรุง

	สภาพปัจจุบันก่อนปรับปรุง		
	จำนวน (ครั้ง)	เวลา (นาที)	ระยะทาง (เมตร)
●	34	123	
D	-	-	-
→	13	50	67
■	-	-	-
▼	-	-	-
รวม	47	173	67

4.2.2 ตารางผังกระบวนการไหล การเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast หลังการปรับปรุง

ตารางที่ 14 สรุปผังกระบวนการไหลการเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast หลังปรับปรุง

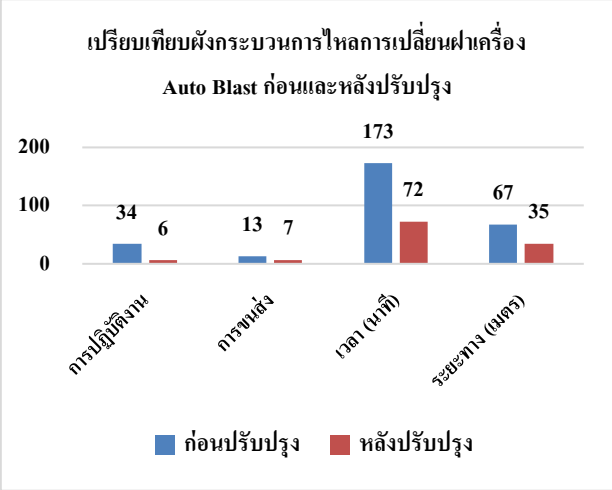
	สภาพปัจจุบันหลังปรับปรุง		
	จำนวน (ครั้ง)	เวลา (นาที)	ระยะทาง (เมตร)
●	6	37	-
D	-	-	-
→	7	35	35
■	-	-	-
▼	-	-	-
รวม	13	72	35

4.2.3 ตารางเปรียบเทียบผังกระบวนการไหล การเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast ก่อนและหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบผังกระบวนการไหลการเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast ก่อนและหลังการปรับปรุง

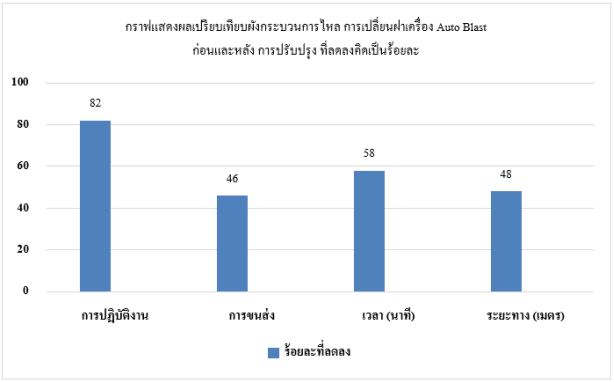
	ก่อน ปรับปรุง	หลัง ปรับปรุง	ลดลง	ร้อยละที่ลดลง
การปฏิบัติงาน	34	6	28	82
การขนส่ง	13	7	6	46
เวลา (นาที)	173	72	101	58
ระยะทาง (เมตร)	67	35	32	48

4.2.4 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบผังกระบวนการไหลการเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast ก่อนและหลังการปรับปรุง



รูปที่ 4 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบผังกระบวนการไหลการเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast ก่อนและหลังการปรับปรุง

4.2.5 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบผังกระบวนการไหลการเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast ก่อนและหลังการปรับปรุงที่ลดลงคิดเป็นร้อยละ



รูปที่ 5 กราฟแสดงผลร้อยละที่ลดลงของผังกระบวนการไหลการเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast ก่อนและหลังการปรับปรุง

4.2.6 ต้นทุนค่าแรงที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาก่อนปรับปรุง

ตารางที่ 16 ต้นทุนค่าแรงที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาก่อนปรับปรุง

เวลาทำงาน (นาที)	เวลา (ชั่วโมง)	พนักงาน (คน)	ค่าแรง (บาท/นาที)	ต้นทุน (บาท/ครั้ง)	จำนวนครั้งที่เปลี่ยน (ครั้ง/ปี)	ต้นทุนค่าแรง (บาท/ปี)
173	2.88	2	0.83	288.30	86	24,796.70

4.2.7 ต้นทุนค่าแรงที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาหลังปรับปรุง

ตารางที่ 17 ต้นทุนค่าแรงที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาหลังปรับปรุง

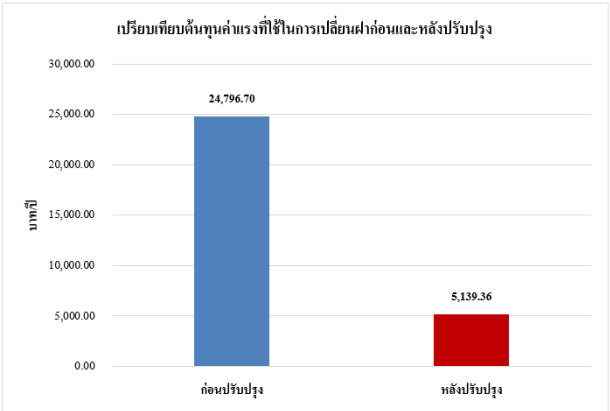
เวลาทำงาน (นาที)	เวลา (ชั่วโมง)	พนักงาน (คน)	ค่าแรง (บาท/นาที)	ต้นทุน (บาท/ครั้ง)	จำนวนครั้งที่เปลี่ยน (ครั้ง/ปี)	ต้นทุนค่าแรง (บาท/ปี)
72	1.13	2	0.83	59.76	86	5,139.36

4.2.8 เปรียบเทียบต้นทุนค่าแรงที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาก่อนและหลังปรับปรุง

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบต้นทุนค่าแรงที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาก่อนและหลังปรับปรุง

	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ค่าแรงลดลง	คิดเป็นร้อยละ
ต้นทุนค่าแรง (บาท/ปี)	24,796.7	5,139.36	19,657.34	79.2

4.2.9 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบต้นทุนค่าแรงที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast ก่อนและหลังการปรับปรุงที่ลดลง



รูปที่ 6 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบต้นทุนค่าแรงที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast

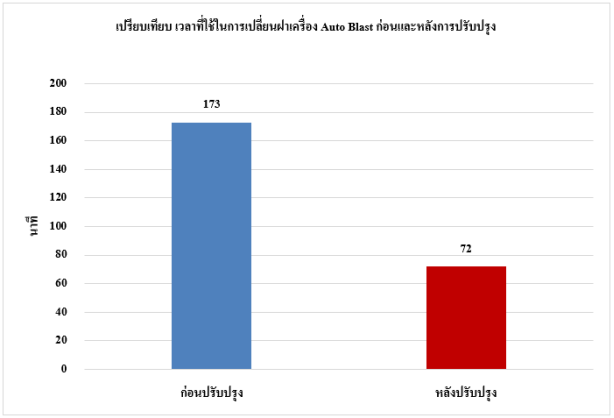
4.2.10 เปรียบเทียบเวลาทำงานที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาก่อนและหลังปรับปรุง

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาก่อนและหลังปรับปรุง

	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	เวลาลดลง	คิดเป็นร้อยละ
เวลาทำงาน (นาที)	173	72	101	58.38

4.2.11 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบเวลาทำงานที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast ก่อนและหลังการปรับปรุงที่ลดลง

เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาเครื่องขัดผิวอัตโนมัติก่อนการปรับปรุง 173 นาที โดยหลังปรับปรุงสามารถลดเวลาเหลือ 72 นาที ดังแสดงในกราฟ



รูปที่ 7 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบเวลาผังกระบวนการไหลการเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast

4.2.12 ผลิตภาพเครื่องจักร

4.2.12.1 ผลิตภาพเครื่องจักรก่อนปรับปรุง

ผลิตภาพเครื่องจักร = ผลผลิต/จำนวนชั่วโมงการเดินเครื่อง

ผลิตภาพเครื่องจักร = 30 ท่อน / (480 นาที/60นาที) = 3.75 ท่อน/ชั่วโมง

4.2.12.2 ผลิตภาพเครื่องจักรหลังปรับปรุง

ผลิตภาพเครื่องจักร = ผลผลิต/จำนวนชั่วโมงการเดินเครื่อง

เวลา 480 – (173-72) = 379 นาที

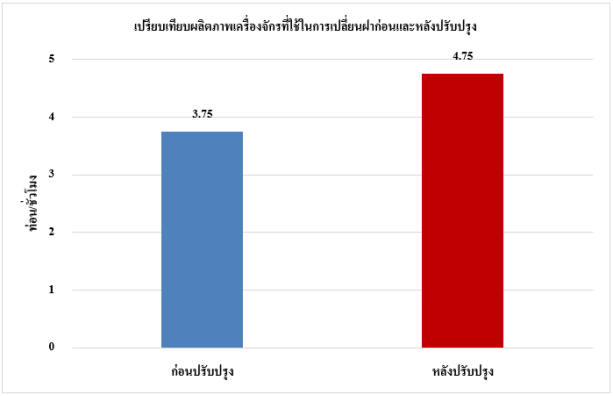
ผลิตภาพเครื่องจักร = 30 ท่อน / (379 นาที/60นาที) = 4.75 ท่อน/ชั่วโมง

4.2.13 เปรียบเทียบผลิตภาพเครื่องจักรที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาก่อนและหลังปรับปรุง

ตารางที่ 20 เปรียบเทียบผลิตภาพเครื่องจักรที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาก่อนและหลังปรับปรุง

	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	เพิ่มขึ้น	คิดเป็นร้อยละ
ผลิตภาพเครื่องจักร	3.75	4.75	1.0	26.6

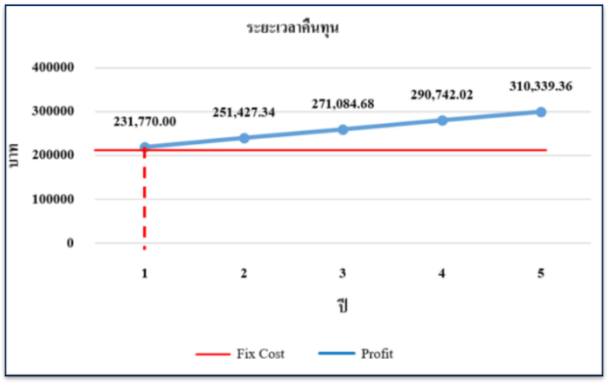
4.2.14 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบผังผลิตภาพเครื่องจักรที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast ก่อนและหลังการปรับปรุงที่ลดลง



รูปที่ 8 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบผลิตภาพเครื่องจักรที่ใช้ในการเปลี่ยนฝาเครื่อง Auto Blast

4.2.15 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)

ในการดำเนินการปรับปรุงการเปลี่ยนฝาเครื่องขัดผิวอัตโนมัตินั้นมีค่าใช้จ่ายในลงทุนทำฝาเครื่องจักร 220,000 บาท ก่อนการปรับปรุงการเปลี่ยนปะเก็นยาง 1 ครั้ง ต้นทุนยางแผ่นมีค่าใช้จ่าย 2,695 บาท/ครั้ง จากข้อมูลจำนวนครั้งที่เปลี่ยน 86 ครั้ง/ปี คิดเป็นต้นทุน 231,770 บาท/ปี ค่าแรงในการเปลี่ยนฝาหน้าและฝาหลังเครื่องจักร 288.3 บาท/ครั้ง จากข้อมูลจำนวนครั้งที่เปลี่ยน 86 ครั้ง/ปี คิดเป็นต้นทุน ค่าแรง 24,796.7 บาท/ปี หลังการปรับปรุงทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนปะเก็นยางในทุกครั้งที่เปลี่ยนฝา โดยความถี่ในการเปลี่ยนคือเปลี่ยนเมื่อชำรุด ทำให้สามารถลดต้นทุนยางแผ่นลงได้ ค่าแรงในการเปลี่ยนฝาหน้าและฝาหลังเครื่องจักร 59.76 บาท/ครั้ง จากข้อมูลจำนวนครั้งที่เปลี่ยน 86 ครั้ง/ปี คิดเป็นต้นทุน ค่าแรง 5,139.36 บาท/ปี จากการปรับปรุงทำให้ลดการใช้ยางและลดเวลาการเปลี่ยนฝาเครื่องขัดผิวอัตโนมัติลง เมื่อนำมาคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนพบว่าสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 1 ปี ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 กราฟแสดงผลระยะเวลาคืนทุน Auto Blast

สรุปผลจากการปรับปรุงแก้ไขปัญหาด้วยเทคนิค SMED พบว่าเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรลดลงก่อนการปรับปรุงซึ่งใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร 173 นาที หลังการปรับปรุงใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักร 72 นาที ลดลงทั้งหมด 101 นาที หรือลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรลงร้อยละ 58.38 อีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 26.6 และยังสามารถลดต้นทุนค่าแรงของการทำงาน ซึ่งก่อนปรับปรุงต้นทุนค่าแรงในการทำงาน 24,796.70 บาทต่อปี หลังการปรับปรุงต้นทุนค่าแรงในการทำงาน 5,139.36 บาทต่อปี ทำให้ค่าแรงต้นทุนลดลง 19,657.34 บาท ส่งผลทำให้บริษัทประหยัดต้นทุนค่าแรงต่อปีได้ถึงร้อยละ 79.2 มีระยะเวลาคืนทุน ภายใน 1 ปี

5. สรุป

จากบริษัทกรณีศึกษา เป็นหนึ่งในบริษัทอุตสาหกรรมการผลิตท่อเหล็กเหนียว โดยเป็นบริษัทที่ทำธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตและจำหน่ายท่อน้ำและอุปกรณ์เหล็กเหนียว ในกระบวนการผลิตท่อจะผลิตด้วยเครื่องเชื่อมท่อสไปรัล (Spiral pipe) โดยมีเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตจำนวน 6 เครื่อง ผลิตท่อแต่ละประเภทที่มีหลายขนาด และมีหลายรุ่น วัดตามความกว้างของเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 200 มิลลิเมตร ไปจนถึง 2,400 มิลลิเมตร ซึ่งในกระบวนการขัดผิวอัตโนมัติความสามารถของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตสามารถใช้งานร่วมกันได้ ตั้งแต่ 200 มิลลิเมตร จนถึง 1,200 มิลลิเมตร จากการดำเนินศึกษาในโรงงานกรณีศึกษานี้ ผู้ศึกษาได้เข้าไปศึกษากระบวนการผลิตทั้งหมดของกระบวนการพบว่า การเปลี่ยนฝาเครื่องด้านหน้าและด้านหลังของกระบวนการขัดผิวอัตโนมัติเพื่อให้เหมาะสมกับขนาดความกว้างของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อแต่ละครั้งนั้นมี

กระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรที่ยาวนาน ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิตโดยเปล่าประโยชน์ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตน้อยลงจึงมีผลกระทบต่อนโยบายการรับคำสั่งซื้อของลูกค้า

สรุปผลจากการปรับปรุงแก้ไขปัญหาด้วยเทคนิค SMED พบว่าเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรลดลงก่อนการปรับปรุงซึ่งใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร 173 นาที หลังการปรับปรุงใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักร 72 นาที ลดลงทั้งหมด 101 นาที หรือลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรลงร้อยละ 58.38 อีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 26.6 และยังสามารถลดต้นทุนค่าแรงของการทำงาน ซึ่งก่อนปรับปรุงต้นทุนค่าแรงในการทำงาน 24,796.70 บาทต่อปี หลังการปรับปรุงต้นทุนค่าแรงในการทำงาน 5,139.36 บาทต่อปี ทำให้ค่าแรงต้นทุนลดลง 19,657.34 บาท ส่งผลทำให้บริษัทประหยัดต้นทุนค่าแรงต่อปีได้ถึงร้อยละ 79.2 มีระยะเวลาคืนทุน ภายใน 1 ปี

เอกสารอ้างอิง

[1] มงคล กิตติญาณขจร, มณีมณฑ์ วงหาจัก, มัทนา สุสมบูรณ์, การประยุกต์ใช้เทคนิคการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอย่างรวดเร็วและ ECRS เพื่อลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร: กรณีศึกษากระบวนการผลิตหัวเชื้อเครื่องดื่มชนิดผง. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2563.

[2] ธนารักษ์ หีบแก้ว, อดิศักดิ์ สมสูตร, การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต, การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี, 2561.

[3] ประยูร สุรินทร์ และคณะ, การเพิ่มผลผลิตโดยวิธีการทำงานกรณีศึกษาบริษัทเซมิตอนดักเตอร์จำกัด, การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี, 2551.

[4] ไพรินทร์ หลวงมูล, การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องตัดขึ้นรูปชิฟโดยใช้เทคนิคการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550.

[5] จันทร์ทา นาควชิรตระกูล และคณะ, การปรับปรุงประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแผ่นกรองในกระบวนการผลิตแผ่นฟิล์มโพลีเอสเตอร์, การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี, 2550.

[6] ไพสิฐ สุคันธรส, การลดเวลาสูญเสียในกระบวนการฉีดท่อพลาสติก, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549.

[7] สิรินันท์ บุตรเต, วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนเพื่อขยายโรงงานผลิตเครื่องมือตัด, สารนิพนธ์หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาบัญชี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี, 2555.