

การลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรในสายการประกอบกรณีศึกษา Setup Time Reduction in Assembly Line - A Case Study

พัทธนันท์ หิรัญจิตทิวิกุล^{1*}, ดำรงเกียรติรัตนอมรพิน²

^{1, 2} คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

1771/1 ถนนพัฒนาการแขวงสวนหลวงเขตสวนหลวงกรุงเทพ 10250

*ติดต่อ: hi.phatthanant_st@tni.ac.th, 09-0897-3955, 0-2723-3073

บทคัดย่อ

การลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร เป็นวิธีการหนึ่งในการลดเวลาสูญเสียของการผลิต การเพิ่มอัตราความพร้อม การเดินเครื่องจักร เพิ่มอัตราการใช้งานของสายการประกอบ ทำให้สายการประกอบมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น การผลิตมีความยืดหยุ่น และเป็นแนวทางสำคัญเพื่อพัฒนาเป็นระบบการผลิตแบบลีน งานวิจัยนี้ เน้นการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการผลิตโดยใช้กรณีศึกษาของสายการประกอบ 11 สถานี เป็นสายการประกอบขึ้นส่วนโดยพนักงานของโรงงานผลิตวิทยุรถยนต์ เริ่มต้นด้วยการนำหลักการศึกษางานและแผนภูมิ Yamazumi วิเคราะห์การปรับตั้งเครื่องจักร เพื่อลดเวลา งานปรับตั้งเครื่องจักรของสถานีที่ใช้เวลามากที่สุด และปรับปรุงโดยใช้หลักการการปรับตั้งเครื่องจักรในหลักนาที่ เพื่อให้ทุกสถานีมีเวลาใกล้เคียงกันซึ่งสามารถลดเวลางานปรับตั้งเครื่องจักรของสถานีที่ใช้แรงงานมากที่สุดจาก 16.62 นาที แรงงาน เป็น 10.87 นาทีแรงงานต่อจากนั้น ศึกษาและวิเคราะห์โดยแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณและปรับปรุงโดยการสมดุลย์ การปรับตั้งเครื่องจักร ทำให้สามารถลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของทั้งสายการประกอบจาก 17.54 นาที เป็น 9.37 นาที และลดเวลารอคอยการปรับตั้งเครื่องจักรจาก 48.37 นาที เป็น 10.05 นาที เพื่อเพิ่มสมรรถภาพงานและเพิ่มอัตราการใช้งานของสายการประกอบให้เกิดผลผลิตสูงขึ้น

คำหลัก: การปรับตั้งเครื่องจักรในหลักนาที่; สายการประกอบ; เวลาสูญเสีย

Abstract

The reduction of setup time claimed more production time, machine availability, line utilization, obstruction of the way to improve lean production system and limit production flexibility. This research is aimed to improve the setup time of assembly production line. A case study of a car audio assembly line with 11 work stations is introduced. The first improvement, work study and Yamazumi chart analysis in current assembly line. The single minute exchange of dies (SMED) are conducted to improve the setup time for the station where the longest task time is taken in order to balance the task time of all the stations in the line. The improvement was found, the task time is reduced from 16.62man-minutes to 10.87man-minutes. After that, multiple activity chart and setup time balancing are conducted to reduce total set up time of all stations in the line. The improvement was found, the total setup time is reduced from 17.54minutes to 9.37minutes and the total waiting time is reduced from 48.37minutes to 10.05minutes.

Keywords: Single Minute Exchange of Dies (SMED); Production Assembly line; Losses.

1. บทนำ

การผลิตแบบ Lean Manufacturing มีบทบาทสำคัญในระบบโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมต่างๆ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมยานยนต์ซึ่งมีวัตถุดิบและชิ้นส่วนการผลิตเป็นจำนวนมาก การควบคุมเรื่องวัสดุคงคลัง พื้นที่จัดเก็บและค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาชิ้นส่วนเหล่านั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นโดยไม่จำเป็นบริษัทผู้ผลิตรถยนต์พยายามลดต้นทุนในส่วนนี้เพื่อให้ทั้งระบบโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ส่งมอบวัตถุดิบและชิ้นส่วนยานยนต์อื่นเพียงพอต่อความต้องการการผลิตในแต่ละครั้งเท่านั้น เพราะไม่มีพื้นที่จัดเก็บที่เพียงพอและต้องบริหารสินค้าคงคลังซึ่งเป็นเรื่องความสูญเสียเปล่า การผลิตในแนวคิดใหม่จึงต้องปรับเปลี่ยนแผนการผลิตให้สอดคล้องกับการผลิตแบบทันเวลาพอดีด้วยการลดจำนวนการผลิตต่อครั้งให้น้อยลง [1,2] เพื่อให้สามารถส่งมอบชิ้นส่วนแต่ละรุ่นได้ทันเวลา กับความต้องการของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ ผลกระทบที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน คือ จำนวนที่ผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นมากขึ้น ทำให้จำนวนครั้งในการปรับตั้งเครื่องจักรมากขึ้นเพื่อรองรับการผลิตที่หลากหลาย

การวิจัยนี้ได้เลือกกรณีศึกษาในโรงงานผลิตวิทยุติดรถยนต์ เป็นการผลิตแบบสายการประกอบชิ้นส่วนซึ่งแนวโน้มลักษณะการสั่งซื้อในแต่ละวัน จะมีจำนวนรุ่นของวิทยุหลากหลายแต่จำนวนการสั่งซื้อแต่ละรุ่นน้อย ทำให้เกิดเวลาสูญเสียในการปรับตั้งเครื่องจักร ซึ่งเป็นเวลาสูญเสียอันดับ 1 ของการผลิตในแต่ละวัน

วัตถุประสงค์ เพื่อลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบชิ้นส่วนให้น้อยลง ด้วยหลักการการปรับตั้งเครื่องจักรในหลักนาที (Single Minute Exchange of Dies: SMED) มาใช้งานและมีเป้าหมาย คือ เวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบลดลง 50% ของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรปัจจุบันหรือ ใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบในหลักนาที(ไม่เกิน 10 นาที)

2. หลักการพื้นฐาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรเป็นเรื่องสำคัญที่ทุกคนในองค์กรต้องมีส่วนร่วม [2] ซึ่งได้แนะนำไว้ใน Set-Up house โดยการนำหลักการ SMED และเครื่องมือวิศวกรรมอุตสาหกรรมมาช่วยในการวิเคราะห์และศึกษางาน เพื่อให้การปรับปรุงดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น [3]

2.1 หลักการการปรับตั้งเครื่องจักรในหลักนาที (Single Minute Exchange of Dies: SMED)

ซึ่งหลักการนี้ได้ถูกคิดค้นขึ้น โดย Dr. Shingeo Shingo โดยหลักการพื้นฐานของ SMED จะแบ่งลักษณะการปฏิบัติงานเป็น 2 ส่วนหลัก คืองานภายใน (Internal Setup) และ งานภายนอก (External Setup) และมี 3 กระบวนการ คือแยกงานภายในและงานภายนอกออกจากกันเปลี่ยนงานภายในเป็นงานภายนอกและเปลี่ยนทุกกิจกรรมให้ง่ายต่อการปรับตั้ง [3,4]

2.2 ความสำคัญของการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรในสายการประกอบ

มีความจำเป็นในการทำให้สายการประกอบที่ต่อเนื่องหลายสถานี หลายพนักงานผลิตมีความยืดหยุ่น และแต่ละสถานีได้ปรับปรุงเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรให้น้อยลง โดยลดความสูญเสียเปล่า และกำหนดตารางการปรับตั้งเครื่องจักร Set-up Schedule ไว้ก่อนล่วงหน้า ซึ่งการปรับตั้งเครื่องจักรที่รวดเร็วนั้น ทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น และลดเวลาสูญเสียเปล่า [5] ดังเช่น โรงงานกรณีศึกษา [6-9] ได้วิเคราะห์เพียงการปรับตั้งเครื่องจักรที่เป็นเครื่องเดียวไม่มีกล่าวถึงการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรทั้งสายการผลิต

3. วิธีการดำเนินงานและแผนการวิจัย

การวิจัยนี้ได้นำกรณีศึกษาจากโรงงานผลิตวิทยุติดรถยนต์ มีพนักงานทั้งหมด 1,100 คน สายการผลิตเป็นแบบสายการประกอบชิ้นส่วนโดยพนักงาน ซึ่งที่ผู้วิจัยศึกษาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรทั้งสายการประกอบ

3.1 กระบวนการการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบกรณีศึกษาสถานะปัจจุบัน

เวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบกำหนดให้เริ่มตั้งแต่เวลาที่ขึ้นงานสุดท้ายของรุ่นก่อนหน้าผลิตเสร็จที่สถานีงานที่ 11 (สถานีสุดท้าย) จนถึงเวลาที่ขึ้นงานแรกของรุ่นถัดมา ผลิตเสร็จที่สถานีงานที่ 11 โดยสายการประกอบ มีทั้งหมด 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การประกอบจอของเครื่องวิทยุ(LCD) ใช้พนักงานผลิต 3 คน (3 สถานี)

ส่วนที่ 2 การประกอบหน้ากากของเครื่องวิทยุและชิ้นส่วนปุ่มกดวิทยุ ใช้พนักงานผลิต 4 คน (4 สถานี)

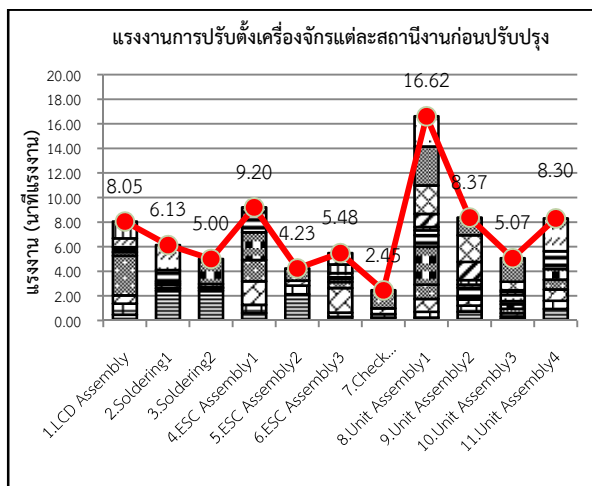
ส่วนที่ 3 การประกอบตัวเครื่องวิทยุเป็นขั้นตอน การประกอบแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์จนเป็นเครื่องวิทยุที่สมบูรณ์ ใช้พนักงานผลิต 4 คน (4 สถานี)

3.2 วิเคราะห์เวลาการปรับตั้งเครื่องจักร โดยใช้ Yamazumi Chart

ได้วิเคราะห์หาสถานีที่ใช้แรงงานการปรับตั้งเครื่องจักรมาก ซึ่งเป็นคอขวดของการปรับตั้งเครื่องจักรที่ต้องทำการปรับปรุงให้ใกล้เคียงกัน[8,9]พบว่า สถานีงานที่ 8

สถานี	เวลาการทำงานปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)			ใช้วิธีการปรับปรุง
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุงครั้งที่ 1	ลดลง	
1. LCD Assembly	8.05	6.48	1.57	ข้อ 1และ2
2. Soldering 1	6.13	5.82	0.31	ข้อ 1และ2
3. Soldering 2	5.00	5.00	-	-
4. ESC Assembly 1	9.20	7.93	1.27	ข้อ 1และ2
5. ESC Assembly 2	4.23	4.23	-	-
6. ESC Assembly 3	5.48	4.85	0.63	ข้อ 1และ2
7. Check Function & Appearance	3.87	3.87	-	-
8. Unit Assembly 1	16.62	10.87	5.75	ข้อ 1, 2และ3
9. Unit Assembly 2	8.37	8.37	-	-
10. Unit Assembly 3	5.07	4.75	0.32	ข้อ 1และ2
11. Unit Assembly 4	8.30	8.30	-	-
รวม	78.90	69.05	9.85	

Unit Assembly 1 ใช้แรงงานการปรับตั้งเครื่องจักรมากที่สุด ในสายการประกอบ คือ 16.62 นาทีแรงงาน ดังรูปที่ 1 และมี Work elements ปรับตั้งเครื่องจักร 12 ขั้นตอน เป็นงานภายใน 11 ขั้นตอน และงานภายนอก 1 ขั้นตอน ดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 แรงงานการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานก่อนปรับปรุง
ตารางที่ 1 ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรสถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1

3.3 ปรับปรุงกระบวนการการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานโดยใช้หลักการSMED

การปรับปรุงงาน 3 รายการ คือการเตรียมป้ายชี้บ่ง และการเปลี่ยนป้ายชี้บ่ง Part No. ให้พนักงานเตรียมวัตถุดิบ จัดเตรียมไว้ก่อนสายการประกอบหยุด ลดแรงงานได้

1.53นาทีแรงงาน และเปลี่ยนการถอดและใส่ pallet jig โดยการขันน็อตและสกรู เป็นแบบ Pin ล็อค ลดแรงงานได้ 4.23 นาทีแรงงานทำให้สามารถลดแรงงานการปรับตั้งเครื่องจักรที่สถานีงานที่ 8 จาก 16.62 นาทีแรงงาน เป็น 10.87 นาทีแรงงาน ลดลง 5.75 นาทีแรงงาน

3.4 กำหนดวิธีการและผลการดำเนินงานการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานหลังการปรับปรุงโดยหลักการ SMED

จากการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรในข้อ 3.3 สามารถขยายผลที่สถานีงานที่ 1, 2,4,6 และ 10 นำหลักการเดียวกันมาประยุกต์ใช้ ดังตารางที่ 2 ตารางที่ 2 การลดแรงงานการปรับตั้งเครื่องจักรหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1

สรุปการปรับปรุงครั้งที่ 1 สามารถลดแรงงานปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวมจาก 78.90 นาทีแรงงาน เป็น 69.05 นาทีแรงงาน ลดลง 9.85 นาทีแรงงาน

3.5 วิเคราะห์การปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบโดย Multiple activity chart (สถานะปัจจุบัน)

จากการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงาน

ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน	แรงงาน (นาทีแรงงาน)	งานภายนอก	งานภายใน
1	ตั้งค่า Program traceability	0.23		✓
2	เตรียม card แสดง part number	0.47	✓	
3	เปลี่ยน card แสดง part number	1.05		✓
4	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	1.17		✓
5	เปลี่ยน Screw position Jig	3.08		✓
6	เปลี่ยน Screw driver	0.93		✓
7	เปลี่ยน Screw feeder	0.40		✓
8	ตั้งค่า Screw counter	0.27		✓
9	วัดค่าแรงบิดของ Screw driver และบันทึกค่าใน Check sheet	1.07		✓
10	นำ Unit part pallet jig เดิมออกจากสายการประกอบ	2.32		✓
11	นำ Unit part pallet jig รุ่นใหม่เข้าสายการประกอบ	3.17		✓
12	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	2.47		✓
รวม		16.62	1	11

โดยหลักการ SMED นั้น พบว่า การปรับตั้งเครื่องจักร

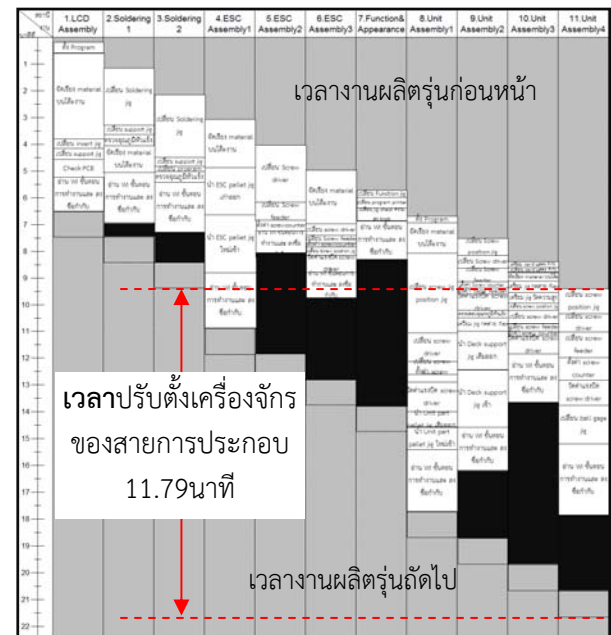
ของสายการประกอบดังกล่าว ยังเกิดการรอคอยระหว่าง
สถานงาน ได้วิเคราะห์การทำงานร่วมกันระหว่างทุก
สถานี และพนักงานทั้งหมด โดยใช้ Multiple activity
chart ก่อนและหลังปรับปรุงครั้งที่ 1 ดังรูปที่ 2 และรูปที่
3ตามลำดับ เช่น รายละเอียด Work Elements ของ
สถานีที่ 8อ้างอิงตารางที่ 1และจากแผนภูมิกิจกรรม
พหุคูณรูปที่ 2 สรุปเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการ
ประกอบก่อนการปรับปรุง คือ

- 1) แรงงานการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม 78.90
นาที่แรงงาน
- 2) เวลารอคอยในการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม
48.37 นาที่
- 3) เวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบก่อนการ
ปรับปรุง 17.54 นาที่



□ เวลาปรับตั้งเครื่องจักร □ เวลาการผลิต ■ เวลารอคอย
รูปที่ 2 Multiple activity chart แสดงเวลาการปรับตั้ง
เครื่องจักรของสายการประกอบก่อนปรับปรุง

3.6 วิเคราะห์การปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบ โดย Multiple activity chart หลังปรับปรุงครั้งที่ 1



□ เวลาปรับตั้งเครื่องจักร □ เวลาการผลิต ■ เวลารอคอย

รูปที่ 3 Multiple activity chart เวลาการปรับตั้ง
เครื่องจักรของสายการประกอบหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1
จากแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณรูปที่ 3 สรุปเวลาปรับตั้ง
เครื่องจักรของสายการประกอบกรณีศึกษาหลังการ
ปรับปรุงครั้งที่ 1 คือ

- 1) แรงงานการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม 69.05
นาที่แรงงาน
- 2) เวลารอคอยการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม
25.45 นาที
- 3) เวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบหลังการ
ปรับปรุงครั้งที่ 1 เท่ากับ 11.79 นาที

3.7 การเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุง ครั้งที่ 1 โดยใช้ Multiple activity chart

ผลการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรครั้งที่ 1 โดยการ
ปรับปรุงทุกสถานีงานโดยหลักการSMED และวิเคราะห์
โดย Multiple activity chart สามารถลดเวลาการ
ปรับตั้งเครื่องจักร ดังนี้

- 1) ลดแรงงานการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม
9.85 นาทีแรงงาน
- 2) ลดเวลารอคอยการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม
22.92 นาที
- 3) ลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบ 3.41 นาที
ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3เปรียบเทียบเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรก่อน
และหลังปรับปรุงครั้งที่ 1

รายการ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)			% การปรับปรุง
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง ครั้งที่ 1	ลดลง	
เวลางานการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม	78.90	69.05	9.85	12.48%
เวลารอคอยทุกสถานีงานรวม	48.37	25.45	22.92	47.38%
เวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบ	17.54	11.79	5.75	32.78%

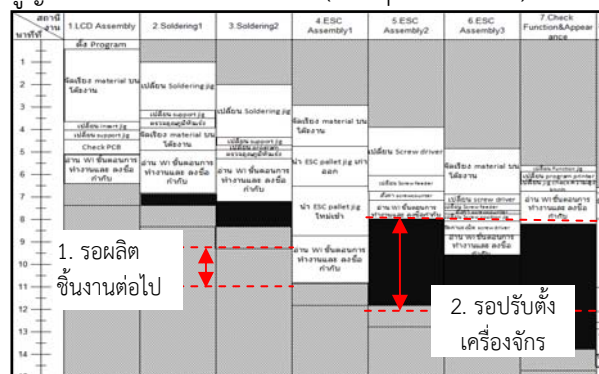
จากการวิเคราะห์ Multiple activity chart จากการปรับปรุงครั้งที่ 1 พบว่า การเกิดความสูญเสียจากการรอกอมี 2 ลักษณะ ดังรูปที่ 4 รายละเอียดดังนี้

1. พนักงานสถานีก่อนหน้าปรับตั้งเครื่องจักรเสร็จก่อนสถานีถัดไป

การรอกของพนักงานสถานีถัดไปนำชิ้นงานไปผลิตสาเหตุเกิดจากพนักงานสถานีถัดไปมีงานปรับตั้งเครื่องจักรที่มากเกินไป ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิตชิ้นงานต่อไปของสถานีก่อนหน้าเรียกว่า การสูญเสียเวลาผลิตชิ้นงาน (Production time loss)

2. พนักงานสถานีถัดไปปรับตั้งเครื่องจักรเสร็จก่อนสถานีก่อนหน้า

การรอชิ้นงานจากสถานีก่อนหน้ามาผลิตของพนักงานสถานีถัดไปสาเหตุเกิดจากสถานีถัดไปมีงานน้อยเกินไปทำให้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรยาวนานขึ้น เรียกว่า การสูญเสียเวลาปรับตั้งเครื่องจักร (Setup time loss)



รูปที่ 4 สองลักษณะสูญเสียจากการรอกคอยในสายการประกอบกรณีศึกษา

3.8 ปรับปรุงกระบวนการการปรับตั้งเครื่องจักรของทั้งสายการประกอบ

ใช้วิธีการสมดุลการทำงานปรับตั้งเครื่องจักร (Line balancing) และใช้หลักการ ECRS ในหัวข้อ การจัดเรียง

งานใหม่ (Rearrange) โดยพิจารณา Work element ที่สามารถย้าย หรือฝากให้สถานีงานอื่นทำ และจัดเรียงลำดับงานย่อยใหม่ให้เหมาะสม ดังนี้

1. การปรับปรุงสถานีงานที่ 4 ESC assembly 1 โดยการย้ายงานย่อยของสถานีที่ 4 จำนวน 1 งานย่อย คือ การนำ ESC part pallet jig เดิมออกจากสายการประกอบให้กับพนักงานผลิตของสถานีที่ 7 เสริมปฏิบัติเนื่องจากพนักงานผลิตของสถานีที่ 7 เดิมปฏิบัติงานปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุดแต่เกิดการรอกคอยมากที่สุด ทำให้ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องของสถานีงานที่ 4 ลดลง 1 งานย่อยและเวลางานการปรับตั้งเครื่องจักรลดลง 1.73 นาที

2. การปรับปรุงสถานีที่ 8 Unit assembly 1

โดยการย้ายงานย่อยของสถานีที่ 8 ให้กับพนักงานผลิตของสถานีที่ 10 เสริมปฏิบัติ จำนวน 3 งานย่อย คือ

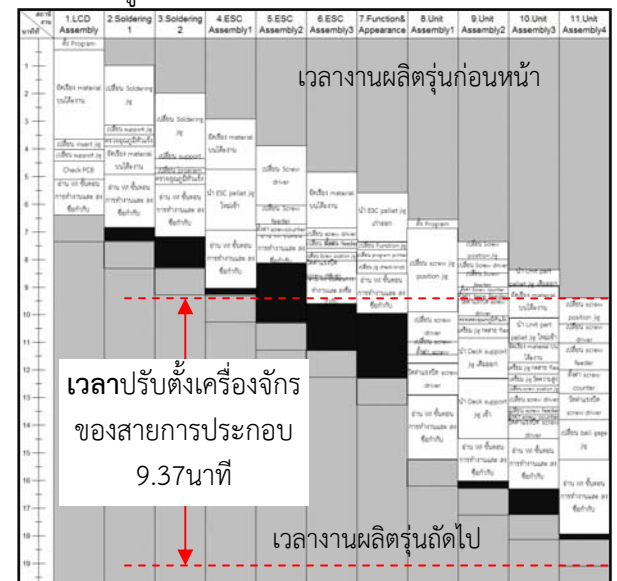
1) นำ Unit part pallet jig เดิมออกจากสายการประกอบ (0.50 นาที)

2) นำ Unit part pallet jig รุ่นใหม่เข้าสายการประกอบ (0.75 นาที)

3) นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะงาน (1.17 นาที)

ทำให้งานย่อยการปรับตั้งเครื่องของสถานีที่ 8 ลดลง 3 งานย่อย เวลางานการปรับตั้งเครื่องจักรลดลง 2.42 นาที

จากการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรที่สถานีที่ 4 และสถานีที่ 8 เขียนเป็นแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบกรณีศึกษาหลังการปรับปรุงครั้งที่ 2 ดังรูปที่ 5



เวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ 9.37 นาที

เวลาการผลิตรุ่นก่อนหน้า

เวลาการผลิตรุ่นถัดไป

เวลาปรับตั้งเครื่องจักร เวลาการผลิต เวลารอกคอย

รูปที่ 5 Multiple activity chart เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบหลังการปรับปรุงครั้งที่ 2 จากรูปที่ 5 สรุปเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบกรณีศึกษาหลังการปรับปรุงครั้งที่ 2 คือ

- 1) แรงงานการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม 69.05 นาที แรงงาน
- 2) เวลารอคอยการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม 10.05 นาที
- 3) เวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบหลังการปรับปรุงครั้งที่ 2 เป็นเวลาเท่ากับ 9.37 นาที

3.9 การเปรียบเทียบผลลัพธ์หลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

ผลการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรครั้งที่ 2 ลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร ดังนี้

- 1) แรงงานการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวมไม่ลดลง เนื่องจากไม่ใช่วิธีการปรับปรุงของงานวิจัย
- 2) ลดเวลาการรอคอยการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม 10.05 นาที
- 3) ลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบ จากการปรับปรุงครั้งที่ 2 จาก 11.79 นาที เป็น 9.37 นาที ลดลงได้ 2.42 นาที ดังตารางที่ 4

3.10 สรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

สามารถสรุปแผนผังขั้นตอนการวิจัย ได้ดังรูปที่ 6

Study and Analysis	ศึกษากระบวนการการปรับตั้งเครื่องจักรปัจจุบันของสายการประกอบกรณีศึกษา
Improve longest setup time	ใช้ Yamazumi chart วิเคราะห์เวลาปรับตั้งเครื่องจักร ปรับปรุงกระบวนการการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้เทคนิค SMED แต่ละสถานีงาน
Improve line setup time	ใช้ Multiple activity chart วิเคราะห์การปรับตั้งเครื่องจักร ปรับปรุงกระบวนการการปรับตั้งเครื่องจักรของทั้งสายการประกอบด้วย ECRS
Result & Standardize	เปรียบเทียบผลก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุง กำหนดวิธีการและมาตรฐานหลังการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบกรณีศึกษา

รูปที่ 6 สรุปขั้นตอนการดำเนินงานการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบกรณีศึกษา

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบครั้งที่ 1

การลดแรงงานปรับตั้งเครื่องจักรที่สถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1 และนำวิธีการนั้นขยายผลที่สถานีงานที่ 1, 2, 4, 6 และ 10 สามารถลดขั้นตอนงานย่อยจาก 84 งานย่อยเป็น 72 งานย่อย (ไม่ได้ลงรายละเอียดในเอกสารนี้ เนื่องจากพื้นที่จำกัด) ลดแรงงานปรับตั้งเครื่องจักรรวมทุกสถานีงาน จาก 78.90 นาที แรงงาน เป็น 69.05 นาที แรงงาน ลดลง 9.85 นาที แรงงาน เท่ากับ 12.48%

4.2 ผลการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบครั้งที่ 2

โดยหลักการสมดุลงานปรับตั้งเครื่องจักรและการจัดเรียงงานใหม่ในการปรับปรุงเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรสถานีที่ 4 และสถานีที่ 8 โดยย้ายงานย่อย 1 ขั้นตอน จากสถานีที่ 4 ให้กับสถานีที่ 7 และย้ายงานย่อย 3 ขั้นตอน จากสถานีที่ 8 ให้กับสถานีที่ 10 สามารถลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ จาก 17.54 นาที เป็น 9.37 นาที ลดลง 8.17 นาที เท่ากับ 46.58% และลดเวลาการรอคอยทุกสถานีงานรวมจาก 48.37 นาที เป็น 10.05 นาที ลดลง 38.32 นาที เท่ากับ 79.22% ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลสรุปการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบและลดเวลาการรอคอย

รายการ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)				% การปรับปรุง
	ก่อนปรับปรุง	การปรับปรุงครั้งที่ 1	การปรับปรุงครั้งที่ 2	ลดลง	
เวลาการทำงานปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม	78.90	69.05	-	9.85	12.48%
เวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบ	17.54	11.79	9.37	8.17	46.58%
เวลาการรอคอยทุกสถานีงานรวม	48.37	25.45	10.05	38.32	79.22%

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปของงานวิจัย

1. การวิจัยและดำเนินการปรับปรุงเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบกรณีศึกษานี้ สามารถลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ จาก 17.54 นาที เป็น 9.37 นาที ดังตารางที่ 3 ซึ่งเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียวทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

2. ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย คือ ลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ และลดเวลารอคอยซึ่งเป็นงานไม่เกิดคุณค่า ทำให้เพิ่มอัตราความพร้อมใช้งาน (Availability) และเพิ่มอัตราการใช้งานของสายการประกอบ (Utilization) ให้เกิดผลผลิตสูงขึ้นทำให้สายการประกอบมีกำลังการผลิต (Capacity) มากขึ้น

3. การปรับปรุงเพื่อลดแรงงานการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงาน เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการปรับปรุงเวลาปรับตั้งเครื่องจักรเฉพาะเครื่องของสายการประกอบ เนื่องจากในสายการประกอบที่ต่อเนื่อง ประกอบด้วยหลายสถานีงาน และหลายพนักงานผลิตนั้น การปรับตั้งเครื่องจักรของแต่ละสถานีงานจะมีความสัมพันธ์ และสอดคล้องกันในเรื่องลำดับเวลาปรับตั้งเครื่องจักร และการรอคอยที่เกิดขึ้นจากการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการผลิตที่ต่อเนื่อง ดังนั้นต้องวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์นี้ จึงทำให้สามารถลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ในสายการผลิตที่ต่อเนื่อง ประกอบด้วยหลายสถานีงาน และหลายพนักงานผลิต นอกจากจะออกแบบกระบวนการผลิตให้แต่ละสถานีงานมีเวลารอบการทำงานที่ใกล้เคียงกัน คือ line balancing cycle time ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญเบื้องต้น นอกจากนั้นสิ่งที่ขาดไม่ได้ ควรคำนึงถึงเวลาของการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานที่ใกล้เคียงกันด้วยซึ่งในงานวิจัยนี้ เรียกว่า Setup time balancing.

5. การดำเนินการวิจัย ได้ค้นพบว่า ถ้าวรอบเวลากระบวนการผลิตขึ้นงาน (Cycle time) ที่ยาว หรือใกล้เคียงกันกับเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรนั้น จะไม่ได้รับผลกระทบจากการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ เนื่องจากเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรจะถูกดูดกลืน (Absorb) โดยรอบเวลากระบวนการผลิตขึ้นงาน (Cycle time) นั้น ในทางกลับกัน ถ้าหากรอบเวลากระบวนการผลิตขึ้นงานที่สั้น และเวลาปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละเครื่องใช้เวลายาว ผลกระทบจากการปรับตั้งเครื่องจักรจะต้องศึกษาวิเคราะห์ และปรับปรุงรูปแบบการวิจัยข้างต้น

6. ในงานวิจัยนี้ ไม่ได้ดำเนินการปรับปรุงเพื่อลดแรงงานการปรับตั้งเครื่องจักรอีกครั้ง เนื่องจากต้องการเป็นข้อมูลเทียบเคียง (Bench Marking) ของการดำเนินการวิจัยเพื่อใช้บรรทัดฐานเปรียบเทียบการปรับปรุงที่เป็นประเด็นหลักของงานวิจัยนี้ ดังนั้น ในอนาคตต่อไปนี้ ควรได้รับ

การปรับปรุงเวลาของการปรับตั้งเครื่องจักร อาจใช้เครื่องมือ IE, SMED, KAIZEN และ ECRS โดยเฉพาะเวลาของการปรับตั้งเครื่องจักรที่ยาวต้องได้รับการปรับปรุงเป็นกรณีแรก

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในอนาคต ผู้วิจัยหรือผู้สนใจการปรับปรุงเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ อาจวิจัยเพิ่มเติม โดยนำหลักการแบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Simulation) มาศึกษาวิเคราะห์เพื่อระบุอัตราส่วนรอบเวลากระบวนการผลิตขึ้นงาน ที่มีผลต่อเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบที่เหมาะสม ให้ชัดเจนมากขึ้น เพื่อช่วยให้สามารถตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว ในการเลือกสายการประกอบ หรือสถานีงานที่จะปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรเป็นลำดับต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Heizer, J. and Render, B. (2013). Operations management, England: Pearson Education.
- [2] Goubergen, D.V. (2000). Set-up time reduction as an organization-wide problem. paper presented in the solutions 2000 conference, Ohio, USA.
- [3] Goubergen, D.V. et al. (2001). An integrated Methodology for more effective set-up reduction, paper presented in the IIE SOLUTIONS 2001 Conference, Dallas, USA.
- [4] Goubergen, D.V. and Landeghem, H.V. (2002). Reducing set-up times of manufacturing lines, paper presented in the International conference on flexible automation and intelligent manufacturing 2002, Dresden, Germany.
- [5] Moreira A.C. and Campos, G.S. (2011). Single minute exchange of die: a case study implementation, Journal of technology Management & Innovation, vol. 6(1), March 2011. pp. 126 - 146.
- [6] Cakmakci, M. (2006). Process improvement: performance analysis of the setup time reduction- SMED in the automobile industry, International Journal Advance Manufacturing Technology, vol. 33(5), July 2006. pp. 334 - 344.

- [7] Chaveewong, M. (2010). Productivity improvement of assembly line operation using takt time management a case study. M.B.A. Term Paper (Industrial Management), Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- [8] Yashwant, R.M. and Inadar, K.H. (2012). Changeover time reduction using SMED technique of lean manufacturing, International Journal of Engineering Research and Applications, vol. 2(3), July 2012, pp. 2,411-2,445.
- [9] Faccio, M. (2013). Setup time reduction : SMED-balancing integrated model for manufacturing systems with automated transfer, International Journal of Engineering and Technology, vol. 5(5), October-November 2013, pp. 4075-4084.