การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรในสายการประกอบกรณีศึกษา

พัทธนันท์ หิรัญฐิติทวีกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2558

SETUP TIME REDUCTION IN ASSEMBLY LINE A CASE STUDY

Phatthanan Hiranthitithaweekul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for The Degree of Master of Engineering Program in Engineering Technology

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2015

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรในสายการประกอบ กรณีศึกษา
โดย	พัทธนันท์ หิรัญฐิติทวีกุล
สาขาวิชา	เทคโนโลยีวิศวกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิสุทธิ์ สุพิทักษ์)

.....กรรมการ
(ดร. กรกฎ เหมสถาปัตย์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์))

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน)

พัทธนันท์ หิรัญฐิติทวีกุล : การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรในสายการประกอบกรณีศึกษา. อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน, 88 หน้า.

การลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร เป็นสาเหตุหลักของการลดเวลาสูญเปล่าของการผลิต การเพิ่มอัตราการเดินให้เครื่องจักร เพิ่มอัตราการใช้งานของสายการประกอบ ทำให้สายการประกอบมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น การผลิตมีความยืดหยุ่น และเป็นแนวทางสำคัญเพื่อพัฒนาเป็นระบบการผลิตแบบลีน

งานวิจัยนี้ ได้เน้นการปรับตั้งเครื่องจักรในกรณีของสายการผลิต โดยใช้กรณีศึกษาของสายการประกอบ 11 สถานี เป็นสายการประกอบชิ้นส่วนโดยพนักงานของโรงงานผลิตวิทยุรถยนต์ ในขั้นตอนแรก นำหลักการของการศึกษางาน และแผนภูมิ Yamazumi วิเคราะห์เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร เพื่อลดเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรของสถานีที่ใช้เวลามากที่สุด และปรับปรุงโดยใช้หลักการการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว เพื่อให้ทุกสถานีมีเวลาใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถลดงานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรของสถานีที่ใช้เวลามากที่สุด จาก 16.62 นาทีแรงงาน เป็น 10.87 นาทีแรงงาน ต่อจากนั้น ศึกษาและวิเคราะห์โดยแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ และปรับปรุงโดยการสมดุลย์การปรับตั้งเครื่องจักร ทำให้สามารถลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของทั้งสายการประกอบจาก 17.54 นาที เป็น 9.37 นาที และลดเวลารอคอยการปรับตั้งเครื่องจักร จาก 48.37 นาที เป็น 10.05 นาที เพื่อเพิ่มสมรรถภาพงาน และเพิ่มอัตราการใช้งานของสายการประกอบให้เกิดผลผลิตสูงสุด

TNI
THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

บัณฑิตวิทยาลัย ลายมือชื่อนักศึกษา .....
สาขาวิชา เทคโนโลยีวิศวกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2558

PHATTHANAN HIRANTHITITHAWEEKUL : SETUP TIME REDUCTION IN ASSEMBLY LINE A CASE STUDY. ADVISOR : DR. DUMRONGKIAT RATANA-AMORNPIN, 88 PP.

The setup time is the big losses of 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 16.62 man-minutes to 10.87 man-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 17.54 minutes to 9.37 minutes and the total waiting time is reduced from 48.37 minutes to 10.05 minutes. Line is more utilized.

TNI
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Graduate School Student's Signature.....

Field of Engineering of Technology Advisor's Signature.....

Academic Year 2015

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ได้นั้น ด้วยการให้คำปรึกษาจากท่านอาจารย์ ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน ท่านอาจารย์ได้สั่งสอน ให้ความรู้ คุณธรรม และจริยธรรม ขอขอบคุณท่านอาจารย์ทุกท่าน ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิสุทธิ์ สุพิทักษ์ ท่านอาจารย์ ดร. กรกฎ เหมสถาปัตย์ ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์ ที่ได้ให้แนวความคิด ความคิดเห็นต่างๆ ตรวจสอบข้อบกพร่อง และสิ่งสำคัญที่สุดคือความเอื้ออาทรที่อาจารย์มีให้ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยครั้งนี้ จึงใคร่ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณท่านประธานผู้จัดการฝ่ายผลิต โรงงานกรณีศึกษา ที่ให้การสนับสนุน และขอขอบคุณเพื่อนพนักงานที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้สนับสนุนในการดำเนินการและข้อมูลต่างๆ ในการทำงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณบิดา มารดา เพื่อน พี่ น้อง ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนให้ข้าพเจ้ามาศึกษาจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

พัทธนันท์ หิรัญฐิติทวีกุล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูป ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.5 แผนการดำเนินงาน 3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ 4

2 หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 การปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Dies : SMED) 5
2.2 แผนภูมิยามาซูมิ (Yamazumi Chart) 7
2.3 แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart) 7
2.4 ความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Wastes) 8
2.5 หลักการกำจัด การรวม การจัดใหม่ และการทำให้ง่ายขึ้น (ECRS) 9
2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

3 วิธีดำเนินงานวิจัย 17
3.1 ศึกษากระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรปัจจุบันของสายการประกอบกรณีศึกษา 18

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	3.2 ใช้ Yamazumi Chart วิเคราะห์เวลาปรับตั้งเครื่องจักรของแต่ละสถานีงาน	24
	3.3 ปรับปรุงกระบวนการการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้เทคนิค SMED แต่ละสถานีงาน	25
	3.4 กำหนดวิธีการและผลการดำเนินงานการปรับตั้งเครื่องจักรหลังการปรับปรุงโดยหลักการ SMED แต่ละเครื่องจักร	28
	3.5 วิเคราะห์การปรับตั้งเครื่องจักรโดย Multiple Activity Chart ก่อนการปรับปรุง	31
	3.6 วิเคราะห์การปรับตั้งเครื่องจักรโดย Multiple Activity Chart หลังการปรับปรุงครั้งที่ 1	33
	3.7 การเปรียบเทียบ Multiple Activity Chart ก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1	36
	3.8 ปรับปรุงกระบวนการการปรับตั้งเครื่องจักรของทั้งสายการประกอบ	38
	3.9 การเปรียบเทียบ Multiple Activity Chart หลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	46
	3.10 สรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	47
4	ผลการดำเนินงานวิจัย	48
	4.1 ผลการดำเนินการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรครั้งที่ 1	48
	4.2 ผลการดำเนินการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรครั้งที่ 2	54
5	บทสรุปและข้อเสนอแนะ	56
	5.1 บทสรุปของงานวิจัย	56
	5.2 ข้อเสนอแนะ	58
บรรณานุกรม		59

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

ภาคผนวก 62

ภาคผนวก ก. การศึกษางาน (Work Study) ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง..... 63

ภาคผนวก ข. เวลารอคอยและเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรจากการวิเคราะห์โดยแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ 84

ประวัติย่อผู้วิจัย..... 88

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1.1 แผนและระยะเวลาการดำเนินงาน 3
2.1 ประโยชน์ที่ได้รับจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14
3.1 เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานก่อนการปรับปรุง 19
3.2 แยกขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรภายในและภายนอกของสถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1 25
3.3 การลดเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 29
3.4 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนและหลังปรับปรุงครั้งที่ 1 30
3.5 เวลารอคอยในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานก่อนการปรับปรุง 31
3.6 เวลารอคอยในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 33
3.7 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนและหลังปรับปรุงครั้งที่ 1 36
3.8 ขั้นตอนงานย่อยสถานีงานที่ 4 ESC Assembly 1 ก่อนและหลังการปรับปรุง 39
3.9 ขั้นตอนงานย่อยสถานีงานที่ 7 Function & Appearance Check ก่อนและหลังการปรับปรุง 40
3.10 ขั้นตอนงานย่อยสถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1 ก่อนและหลังการปรับปรุง 42
3.11 ขั้นตอนงานย่อยสถานีงานที่ 10 Unit Assembly 3 ก่อนและหลังการปรับปรุง 43
3.12 เวลารอคอยในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานหลังการปรับปรุงครั้งที่ 2 44
3.13 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 46
4.1 ผลการลดเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรที่สถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1 48
4.2 ขั้นตอนและเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 50
4.3 ผลการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบและลดเวลารอคอย 55
ก.1 เวลารอบการทำงาน (Cycle Time) รุ่นการผลิตกรณีศึกษา 64
ก.2 ขั้นตอนงานย่อยและเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีก่อนการปรับปรุง 65
ก.3 จำนวนครั้ง (n) ในการจับเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงที่ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 5% 76
ก.4 ขั้นตอนงานย่อยที่จับเวลาเพิ่มเติม 83

TNI
THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ข.1 เวลารอคอยและเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานก่อนการปรับปรุง 85

ข.2 เวลารอคอยและเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานหลังการปรับปรุง ครั้งที่ 1 86

ข.3 เวลารอคอยและเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานหลังการปรับปรุง ครั้งที่ 2 87

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

สารบัญรูป

รูป		หน้า
2.1	กระบวนการการใช้เทคนิค SMED ตามทฤษฎี	6
2.2	Yamazumi Chart ของสายการผลิตที่มีพนักงาน 11 คน	7
2.3	แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบหลอดไฟ	8
2.4	องค์ประกอบหลักในการลดเวลาปรับตั้ง	11
3.1	สายการประกอบกรณีศึกษา	17
3.2	กราฟแสดงเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานก่อนการปรับปรุง	24
3.3	การเตรียมและเปลี่ยน Card แสดง Part Number ก่อนและหลังปรับปรุง	27
3.4	การเปลี่ยน Unit Part Pallet Jig จากการขันสกรูเป็นแบบ Pin ล๊อค	28
3.5	เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1	30
3.6	แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบก่อนการปรับปรุง	32
3.7	แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบหลังการปรับปรุง ครั้งที่ 1	35
3.8	สองลักษณะสูญเสียจากการรอคอยในสายการประกอบกรณีศึกษา	37
3.9	การย้ายขั้นตอนงานย่อยของสถานีงานที่ 4 (ESC Assembly 1) ในสถานีงานส่วนที่ 2 ของสายการประกอบกรณีศึกษา	38
3.10	การย้ายขั้นตอนงานย่อยของสถานีงานที่ 4 (ESC Assembly 1) ในสถานีงานส่วนที่ 3 ของสายการประกอบกรณีศึกษา	40
3.11	แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบหลังปรับปรุงครั้งที่ 2	45
3.12	ขั้นตอนการดำเนินงานการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบกรณีศึกษา	47
5.1	เวลาปรับตั้งเครื่องจักรไม่มีผลต่อสายการประกอบที่มี Cycle Time ยาว	57

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การผลิตแบบ Lean Manufacturing มีบทบาทสำคัญ ในระบบโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมต่างๆ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งมีวัตถุดิบและชิ้นส่วนการผลิตเป็นจำนวนมาก การควบคุมเรื่องวัสดุคงคลัง ทั้งพื้นที่จัดเก็บและค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาชิ้นส่วนเหล่านั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นโดยไม่จำเป็น บริษัทผู้ผลิตรถยนต์จึงพยายามลดต้นทุนในส่วนนี้ เพื่อให้ทั้งระบบโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ ส่งมอบวัตถุดิบและชิ้นส่วนยานยนต์อื่นๆ ทันเวลาพอดีต่อความต้องการการผลิตในแต่ละครั้งเท่านั้น ทำให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ คือ ไม่สามารถผลิตชิ้นส่วนแต่ละรุ่นในปริมาณครั้งละมากๆ เพื่อเป็นสินค้าคงคลัง เพราะพื้นที่จัดเก็บมีจำกัดและต้องบริหารสินค้าคงคลังซึ่งเป็นเรื่องความสูญเสีย การผลิตในแนวคิดใหม่จึงต้องปรับเปลี่ยนแผนการผลิตให้สอดคล้องกับการผลิตแบบทันเวลาพอดี ด้วยการลดจำนวนการผลิตต่อครั้งให้น้อยลง [1] เพื่อให้สามารถส่งมอบชิ้นส่วนแต่ละรุ่นได้ทันเวลากับความต้องการของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ ผลกระทบที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน คือ จำนวนครั้งที่ผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นมากขึ้น ทำให้ใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรมากขึ้นด้วยเพื่อรองรับการผลิตที่หลากหลาย

การวิจัยนี้ ได้เลือกกรณีศึกษาในโรงงานผลิตวิทยุติดรถยนต์ โดยการผลิตแบบสายการประกอบชิ้นส่วน ซึ่งแนวโน้มลักษณะการสั่งซื้อในแต่ละวัน จะมีจำนวนรุ่นของวิทยุหลากหลายแต่จำนวนการสั่งซื้อแต่ละรุ่นน้อย ทำให้เกิดเวลาสูญเสียในการปรับตั้งเครื่องจักร ซึ่งเป็นเวลาสูญเสียอันดับ 1 ของการผลิตในแต่ละวัน

วิธีการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรในปัจจุบัน คือ การรวมล็อตการส่งมอบหลายๆ เที่ยวการขนส่ง (Shipment) ล่วงหน้ามาผลิตรวมกัน เพื่อให้จำนวนการผลิตแต่ละล๊อตมากขึ้น ทำให้ประสบปัญหาเรื่องพื้นที่การจัดเก็บชิ้นงาน และบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุชิ้นงานไม่เพียงพอ การนำวัตถุดิบล่วงหน้ามาใช้ในรุ่นที่ยังไม่ถึงกำหนดส่งมอบงาน อาจทำให้รุ่นที่ต้องส่งก่อนไม่มีวัตถุดิบในการผลิต การผลิตไม่ทันเวลา และการเหลือชิ้นงานเป็นสินค้าคงคลัง กรณีที่ผลิตล่วงหน้าไว้ก่อน แต่มีการลดแผนหรือเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบในภายหลัง ซึ่งกระทบต่อต้นทุนการดูแลรักษาและพื้นที่การจัดเก็บชิ้นงานและเกิดต้นทุนการรอคอยในกระบวนการอื่นๆ มากขึ้น ซึ่งไม่สอดคล้องกับระบบการผลิตแบบ Lean ที่ต้องการลดความสูญเสียเหล่านั้นให้หมดไป การนำหลักการการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Dies: SMED) เพื่อลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรของแต่ละสถานีงาน คือการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุอย่างแท้จริง

จากนั้น ได้ศึกษาและวิเคราะห์เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรในสายการประกอบ ที่มีสถานีงานที่ต่อเนื่องหลายสถานี หลายพนักงานผลิต ให้ใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรให้น้อยลง โดยลดความสูญเสีย ซึ่งการปรับตั้งเครื่องจักรที่รวดเร็วนั้น ทำให้ความสามารถในการผลิตเพิ่มมากขึ้น ลดเวลาสูญเสีย และลดเวลารวมในการปรับตั้งเครื่องจักรของทั้งสายการประกอบชิ้นส่วน ทำให้การผลิตดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง สามารถจัดตารางการผลิตได้ยืดหยุ่นมากขึ้น เป็นส่วนหนึ่งของระบบการผลิตแบบ Lean คือ มีความยืดหยุ่นในการรองรับความต้องการของลูกค้าให้ทันเวลา สนองตอบต่อลูกค้าดีขึ้น และลดจำนวนสินค้าคงคลังได้ เพราะทำให้การปรับตั้งเครื่องจักรมีลำดับกระบวนการการทำงานที่ชัดเจน และกำหนดเป็นมาตรฐานที่ทุกคนปฏิบัติตามได้ พนักงานมีความเข้าใจถึงความสำคัญของการร่วมมือกันในการเพิ่มสมรรถภาพการทำงาน และเพิ่มอัตราเดินเครื่องให้เครื่องจักร (Availability) และเพิ่มอัตราการใช้งานของสายการประกอบ (Utilization) ให้เกิดผลผลิตสูงสุด ทำให้สายการประกอบมีกำลังการผลิต (Capacity) มากขึ้นและเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า ลดต้นทุนการผลิตของบริษัท และเพิ่มความได้เปรียบในการแข่งขันได้อย่างมั่นคงต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร ของกระบวนการผลิตแบบสายการประกอบให้น้อยลง ด้วยหลักการการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of dies: SMED) มาใช้งานและมีเป้าหมาย คือ เวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบลดลง 50% ของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรปัจจุบัน หรือ ใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (ไม่เกิน 10 นาที)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษากระบวนปรับตั้งเครื่องจักรของสายการผลิตแบบการประกอบชิ้นส่วนประกอบด้วยสถานีการผลิต 11 สถานี

1.3.2 พนักงานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร 11 คน (พนักงานควบคุมการผลิต 11 คน พนัก งานสนับสนุน 1 คน และหัวหน้าสายการประกอบ 1 คน)

1.3.3 เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร เริ่มตั้งแต่เวลาที่ชิ้นงานสุดท้ายของรุ่นก่อนหน้าผลิตเสร็จที่สถานีงานที่ 11 (สถานีสุดท้าย) จนถึงเวลาที่ชิ้นงานแรกของรุ่นถัดมา ผลิตเสร็จที่สถานีงานที่ 11 เช่นกัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ 50% ของปัจจุบัน หรือ ใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (ไม่เกิน 10 นาที)

1.4.2 ลดเวลารอคอยในการปรับตั้งเครื่องจักรที่เป็นงานไม่เกิดคุณค่า

1.4.3 สร้างความร่วมมือภายในองค์กร และตระหนักถึงความสำคัญในการลดความสูญเปล่าจากเวลาปรับตั้งเครื่องจักร

1.5 แผนการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ ได้กำหนดแผนการดำเนินงานได้ ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนและระยะเวลาการดำเนินงาน

แผนงาน	ปี 2558					ปี 2559	
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. ทบทวนงานวิจัย							
2. ศึกษากระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบปัจจุบัน							
3. เก็บข้อมูลการทำงานและคัดเลือกเครื่องจักร ปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรด้วยหลักการ SMED							
4. การปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้ Yamazumi Chart แต่ละเครื่องจนใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรใกล้เคียงกัน							
5. ปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักร ของทั้งสายการผลิต โดยใช้หลักการ SMED และ Multiple Activity Chart							
6. ทำมาตรฐานการปรับตั้งเครื่องจักรทั้งสายการประกอบและอบรมพนักงาน							
7. ประเมินและสรุปผลการวิจัย							
8. ทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์และนำเสนอผลงาน							

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

งานวิจัยนี้ ได้นิยามศัพท์เฉพาะที่เกี่ยวกับการปรับตั้งเครื่องเครื่องจักร ดังนี้

1.6.1 เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร (Task Time)

เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร (Task Time) คือ ปริมาณแรงงานที่ใช้ปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานของสายการประกอบให้เสร็จลุล่วง มีหน่วยเป็น ชั่วโมงแรงงาน (Man-Hour) [2] แต่เนื่องจากในงานวิจัยนี้ เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีไม่เกิน 1 ชั่วโมง จึงใช้หน่วย นาทีแรงงาน (Man-minute)

1.6.2 เวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ (Setup Time)

เวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ (Setup Time) คือ เวลาที่สายการประกอบหยุดเพื่อปรับตั้งเครื่องจักรในการผลิตจากรุ่นหนึ่งไปอีกรุ่น และไม่มีชิ้นงานที่ผลิตได้จากสายการประกอบนั้น มีหน่วยเป็น นาที (Minute)

บทที่ 2
หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ลำดับการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับหัวข้อดังนี้

2.1 การปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Dies : SMED)

2.2 แผนภูมิยามาซูมิ (Yamazumi Chart)

2.3 แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart)

2.4 ความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Wastes)

2.5 หลักการกำจัด การรวม การจัดใหม่ และการทำให้ง่ายขึ้น (Elimination, Combination, Rearrangement and Simpliflying : ECRS)

2.6 ทบทวนเอกสาร งานวิจัย (Literature Review)

2.1 การปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Dies : SMED)

Single Minute Exchange of Dies (SMED) คือ หลักการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (ไม่เกิน 10 นาที) ซึ่งเทคนิคนี้ โดยหลักการพื้นฐานของ SMED จะแบ่งลักษณะการปฏิบัติงาน เป็น 2 ส่วนหลัก คือ งานภายใน (Internal Setup) และ งานภายนอก (External Setup) โดย งานภายใน หมายถึง กิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นขณะที่เครื่องจักรหยุดจนกระทั่งชิ้นงานดีชิ้นแรกได้ผลิตออกมา ส่วนงานภายนอก หมายถึง กิจกรรมใด ที่ทำขณะเครื่องจักรกำลังผลิตงานอยู่ ซึ่งทฤษฎี SMED นั้นมี 3 กระบวนการหลักๆ [3] ดังนี้

2.1.1 แยกงานภายในและงานภายนอกออกจากกัน (Separating Internal and External Setup)

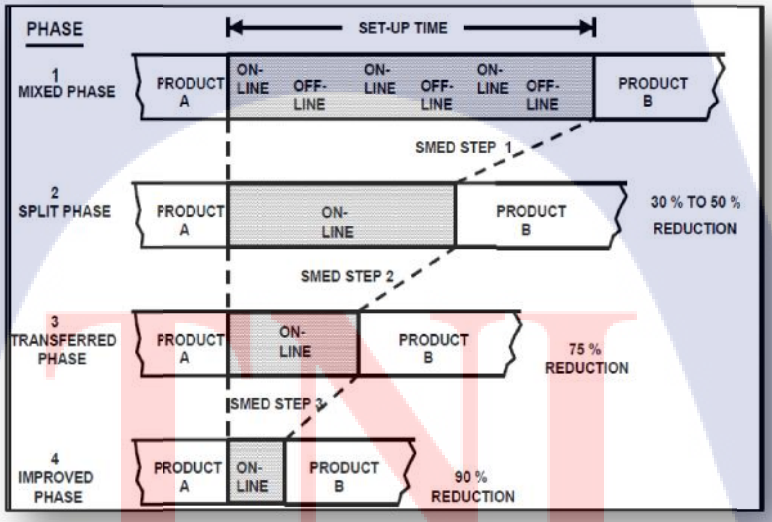
ในเบื้องต้น การปรับตั้งเครื่องจักรจะมีงานที่เป็นทั้งงานภายในและงานภายนอกปะปนกันอยู่ ศึกษาวิเคราะห์เพื่อแยกให้ออกว่า กิจกรรมใดคืองานภายใน และงานภายนอก ซึ่งกิจกรรมที่เป็นงานภายนอก จะทำก่อนที่เครื่องจักรจะหยุด เหลือแต่ส่วนที่เป็นงานภายใน จึงทำให้เวลารวมลดลง 30-50%

2.1.2 เปลี่ยนงานภายใน ให้เป็นงานภายนอก (Converting Internal to External Setup)

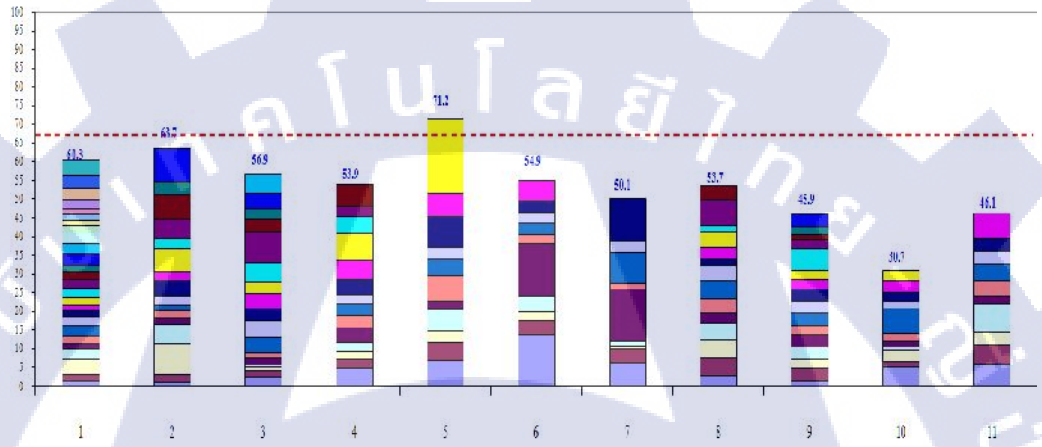
ในกระบวนการนี้การปรับตั้งเครื่องจักร โดยกิจกรรมที่เป็นงานภายในทั้งหมด จึงต้องเปลี่ยนงานภายใน ให้เป็นงานภายนอกให้ได้ ซึ่งเป็นส่วนที่ยาก และท้าทายที่สุดในการใช้เทคนิค SMED ในการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักร แม้ในกระบวนการแรกเราจะสามารถลดเวลาลงได้ 30-50% แล้วก็ตาม แต่ก็ยังถือว่าเป็นกิจกรรม SMED ที่ไม่มีสมรรถภาพ การปรับปรุงในส่วนนี้อาจต้องใช้เทคนิคหลายตัว ในการยกระดับการปรับปรุง ในหัวข้อนี้ เวลารวมจะลดลง 75%”

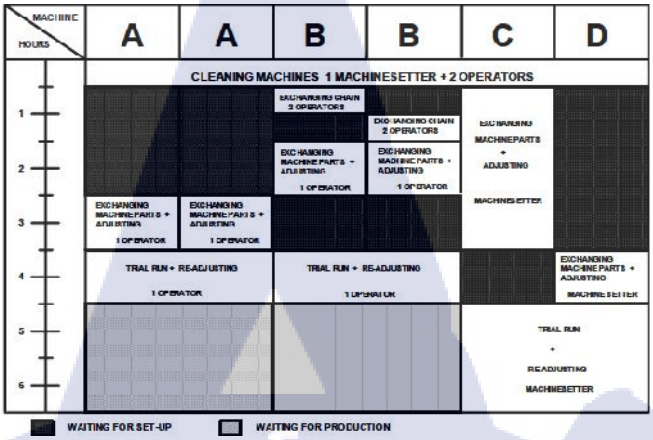
2.1.3 เปลี่ยนทุกกิจกรรมให้ง่ายต่อการปรับตั้ง (Stream Lining All Aspects of the Setup Operation)

หลังจากผ่านกระบวนการที่ 1 และ 2 มาแล้ว ในกระบวนการนี้จะต้องทำทุกกิจกรรม ให้ง่ายและรวดเร็ว โดยให้อยู่ในรูปแบบ Visual Control การใช้อุปกรณ์ช่วยในการปรับตั้ง เช่น การเปลี่ยนจากการขันด้วย Bolt เปลี่ยนเป็น Quick Clamp อาจกล่าวได้ว่า หากนำหลักการ SMED มาใช้อย่างถูกต้องและมีสมรรถภาพแล้ว จะสามารถลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรได้ถึง 90% ขึ้นไปของเวลารวม ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กระบวนการการใช้เทคนิค SMED ตามทฤษฎี


63.3
63.7
56.9
53.9
71.2
54.9
50.1
53.7
45.9
30.7
46.1
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11


MACHINE
HOURS
A
A
B
B
C
D
CLEANING MACHINES 1 MACHINESETTER + 2 OPERATORS
EXCHANGING CHAIN
2 OPERATORS
EXCHANGING CHAIN
2 OPERATORS
EXCHANGING
MACHINEPARTS
+
ADJUSTING
MACHINESETTER
EXCHANGING
MACHINE PARTS +
ADJUSTING
1 OPERATOR
EXCHANGING
MACHINE PARTS +
ADJUSTING
1 OPERATOR
EXCHANGING
MACHINE PARTS +
ADJUSTING
1 OPERATOR
EXCHANGING
MACHINE PARTS +
ADJUSTING
1 OPERATOR
TRIAL RUN + READJUSTING
1 OPERATOR
TRIAL RUN + READJUSTING
1 OPERATOR
EXCHANGING
MACHINE PARTS +
ADJUSTING
MACHINESETTER
TRIAL RUN
+
READJUSTING
MACHINESETTER
1
2
3
4
5
6
WAITING FOR SET-UP
WAITING FOR PRODUCTION

2.4.4 ความสูญเปล่าเนื่องจากการเคลื่อนไหว (Motion)

เกิดจากการเคลื่อนไหวเกินความจำเป็น เช่น การเอื้อม การก้ม การเดินในการทำงาน ทำให้เกิดความเมื่อยล้าและอาจทำให้พนักงานทำงานผิพลาดได้

2.4.5 ความสูญเปล่าเนื่องจากกระบวนการผลิต (Over Processing)

คือ การผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้ชิ้นงานที่ผลิตออกมาไม่คุ้มค่ากับวัตถุดิบ หรือปัจจัยที่ใช้ไป

2.4.6 ความสูญเปล่าเนื่องจากการรอคอย (Delay)

เป็นลักษณะที่เกี่ยวกับการเตรียมการทำงานให้กระบวนการถัดไปล่าช้า

2.4.7 ความสูญเปล่าเนื่องจากการผลิตของเสีย (Defect)

การผลิตชิ้นงานที่ไม่คุณภาพ ทำให้เกิดการสูญเปล่าในเรื่องของวัตถุดิบ เวลา แรงงาน และปัจจัยที่ใช้ เนื่องจากชิ้นงานที่ผลิตออกมาแล้วไม่สามารถนำไปใช้ได้ หรือต้องทำงานซ่อม หรือตรวจสอบซ้ำอีกครั้ง

2.5 หลักการกำจัด การรวม การจัดใหม่ และการทำให้ง่ายขึ้น (ECRS)

ECRS เป็นหลักการที่ประกอบด้วย การกำจัด (Elimination) การรวมกัน (Combination) การจัดใหม่ (Rearrangement) และการทำให้ง่าย (Simplifying) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ในการลดความสูญเปล่าได้เป็นอย่างดี

การลดความสูญเปล่าในการผลิตเป็นสิ่งจำเป็นและควรให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นจะทำให้สมรรถภาพในการทำงานลดลง หากสามารถลดความสูญเปล่าลงจะส่งผลให้การทำงานรวดเร็วและมีสมรรถภาพมากซึ่งหลักการ ECRS [7] มีดังนี้

2.5.1 การกำจัด (Elimination)

หมายถึง การพิจารณาการทำงานปัจจุบันและทำการกำจัดความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการตามที่กล่าวไว้เบื้องต้น ที่พบในการผลิตออกไป

2.5.2 การรวมกัน (Combination)

สามารถลดการทำงานที่ไม่จำเป็นลงได้ โดยการพิจารณาว่าสามารถรวมขั้นตอนการทำงานให้ลดลงได้หรือไม่ เช่น จากเดิมเคยทำ 5 ขั้นตอน รวมบางขั้นตอนเข้าด้วยกัน ทำให้ขั้นตอนที่

ต้องทำลดลงจากเดิม การผลิตสามารถทำได้เร็วขึ้นและลดการเคลื่อนที่ระหว่างขั้นตอนลง เพราะการรวมขั้นตอน การเคลื่อนที่ระหว่างขั้นตอนก็ลดลง

2.5.3 การจัดใหม่ (Rearrangement)

คือ การจัดขั้นตอนการผลิตใหม่เพื่อให้ลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็น หรือ การรอคอย เช่น ในกระบวนการผลิต หากทำการสลับขั้นตอนที่ 2 กับ 3 โดยทำขั้นตอนที่ 3 ก่อน 2 จะทำให้ระยะทางการเคลื่อนที่ลดลง เป็นต้น

2.5.4 การทำให้ง่าย (Simplifying)

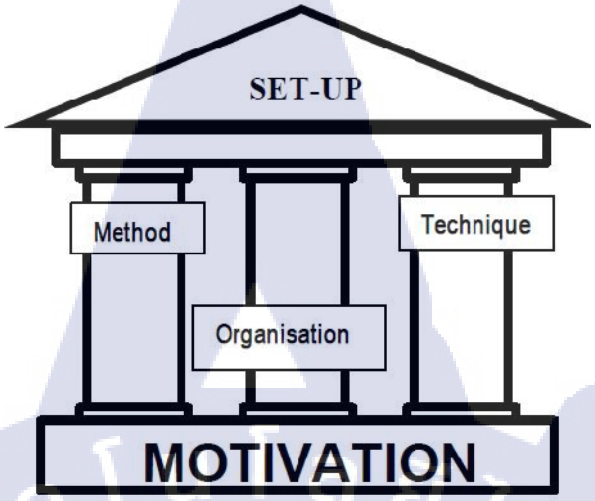
หมายถึง การปรับปรุงการทำงานให้ง่ายและสะดวกขึ้น โดยอาจจะออกแบบ Jig หรือ Fixture เข้าช่วยในการทำงานเพื่อให้การทำงานสะดวกและแม่นยำมากขึ้น ซึ่งสามารถลดของเสียลงได้ จึงเป็นการลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นและลดการทำงานที่ไม่จำเป็น

2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และให้แนวคิดเพื่อนำมาประยุกต์ในการปรับปรุง การปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ กรณีศึกษา ดังนี้

D. V. Goubergen and H. V. Landeghem [8] กล่าวถึงการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Dies : SMED) ของ สายการผลิตแบบต่อเนื่อง โดยนำ Multiple Activity Chart มาใช้ในการวิเคราะห์เวลาและความ สัมพันธ์ในการปรับตั้งของเครื่องจักรหลายเครื่อง และจำนวนคนทำงานหลายคน ให้เห็นอย่างชัดเจนถึงเวลาการทำงานที่ไม่มีสมรรถภาพและการรอคอย ได้พัฒนาปรับปรุงให้การจัดลำดับการทำงานได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

D. V. Goubergen [9] กล่าวถึงการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Dies : SMED) โดยนำเสนอรูปแบบของ Setup House ที่เป็นหัวใจหลักของการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักร ซึ่งมีรากฐานมาจากแรงจูงใจในองค์การให้ทุกคนมีความรับผิดชอบร่วมกัน ประกอบด้วย วิธีการทำงาน องค์กร และการนำเทคนิคมาใช้ในการปรับปรุงการทำงาน ดังรูปที่ 2.4


SET-UP
Method
Technique
Organisation
MOTIVATION

สุดท้าย นักวิจัย ได้สรุปว่า ในการทำให้การปรับตั้งเครื่องจักรที่รวดเร็วให้สำเร็จนั้น ระดับการจัดการต้องให้ความสำคัญและเป็นเป้าหมายอย่างหนึ่งในการทำงานขององค์กร โดยต้องสนับสนุนในเรื่อง เวลา เครื่องมือ เงินลงทุน และกิจกรรมต่างๆ ให้ทุกคนเห็นถึงความตั้งใจจริงในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

D. V. Goubergen et al. [10] ได้กล่าวไว้ว่าวิธีการปรับตั้งเครื่องจักรโดยปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Dies : SMED) ในเชิงบูรณาการ และมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยนำหลักการและเครื่องมือของ IE มาใช้ร่วมกันเพื่อใช้การวิเคราะห์และการปรับปรุงงานอย่างมีระเบียบปฏิบัติที่ชัดเจน คือ การปฏิบัติงานต้องบรรลุผลสำเร็จตามหลักการ Plan-Do-Check-Action และสามารถลดเวลาได้จริง หรือถ้าไม่ใช่ต้องสามารถพิจารณาได้ว่าทำไมไม่บรรลุตามเป้าหมาย

A. C. Moreira and G. S. Campos [11] กล่าวถึงการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Dies: SMED) และสรุปขั้นตอนในการวิจัยและปรับปรุงเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์วิธีการปรับตั้งเครื่องจักรที่พื้นที่การทำงานจริง
2. แยกขั้นตอนการทำงานภายใน และภายนอกออกจากกัน
3. เปลี่ยนขั้นตอนการทำงานภายเป็นภายนอก
4. ปรับปรุงทุกขั้นตอนการทำงานให้ง่ายและรวดเร็วขึ้น
5. ประเมินผลการปรับปรุง
6. เตรียมการดำเนินงานด้วยหลักการ SMED สำหรับโรงงานอื่นต่อไป

วันชัย ลีลากวีวงศ์ และคณะ [12] ได้ปรับปรุงโปรแกรมช่วยปรับอัตโนมัติ (Auto Macro Offset Program) ค่าระยะชดเชยของมีดตัด ในการผลิตชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์ โดยการทดลองและแปรผลทางสถิติ เพื่อช่วยลดเวลาในการปรับตั้งค่าระยะชดเชยของมีดตัดและลดความผิดพลาดในการปรับตั้งเครื่องจักรของพนักงาน

M. Faccio [13] ได้นำหลักการ SMED และ Balancing มาประยุกต์ใช้ในการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการผลิตอัตโนมัติ 2 แบบ คือ สายการผลิตเคลื่อนที่อัตโนมัติแบบเส้นตรงและแบบสายการผลิตเคลื่อนที่อัตโนมัติแบบหมุนวน ซึ่งแยกขั้นตอนการปรับตั้งเป็น 2 ส่วน คือ การปรับตั้งที่เครื่องจักร และการปรับตั้งที่ระบบการเคลื่อนที่ เพื่อเปรียบเทียบเวลาการปรับตั้ง 2 ส่วนนี้ว่าจุดคอขวดอยู่ที่ใด และปรับปรุงการปรับตั้งโดย SMED โดยนำมาประยุกต์ใช้และปรับปรุงการทำงานในการวิจัยนี้

R. Yashwant Mali and K. H. Inadar [14] ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Dies : SMED) โดยใช้การศึกษาเวลา ซึ่งเป็นเครื่องมือของ IE Technique มาใช้ในการวิเคราะห์เครื่องจักร โดยมุ่งเน้นเครื่องจักรที่จำเป็น หรือเครื่องจักรที่วิกฤต เพื่อเลือกมาทำ SMED โดยแยกงานออกเป็นงานย่อยในการปรับตั้งเครื่องจักรสำหรับกรณีศึกษา ซึ่งสามารถริเริ่มวิธีการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว ดังนี้

1. จัดตั้งทีม โดยทีมงานหลักเป็นบุคคลที่คุ้นเคยกับพื้นที่
2. จัดการอบรมแก่พนักงาน และให้ศึกษากับทีมงานอย่างต่อเนื่อง
3. มีการบ่งชี้ปัญหา

B. Boztinaztepe and F. Canan [15] ได้ทำการวิจัย เรื่อง Lean Tool for Reducing Production Time and Satisfying Employees A Case Study โดยศึกษาการลดเวลาและความพึงพอใจของพนักงานในเวลาเดียวกัน เนื่องจากเห็นว่าความพึงพอใจของพนักงานมีผลต่อการทำงานและคุณภาพชิ้นงานที่ดีขึ้น โดยเสนอวิธีการสร้างความพึงพอใจและลดเวลาการทำงาน โดยใช้เทคนิค 5ส และ SMED โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมที่ใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรมาก และใช้เวลาในการผลิตนาน เพื่อให้การทำงานสะดวกสบายขึ้น และสร้างสภาพแวดล้อมการทำงานที่ดีและปลอดภัย จากนั้นจึงติดตามผลความพึงพอใจของพนักงานโดยใช้แบบสอบถาม พบว่า พนักงานมีความพึงพอใจมากขึ้น เวลาในการผลิตลดลง และสามารถลดความสูญเปล่าในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรด้วย

M. Cakmakci [16] ได้วิจัยเรื่อง Process Improvement Performance Analysis of the Setup Time Reduction-SMED in the Automobile Industry โดยศึกษาความยืดหยุ่นของกระบวนการและการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อความสำเร็จขององค์กร โดยกล่าวว่าโดยทั่วไปแล้วเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรที่เพิ่มขึ้น สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการออกแบบ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรไม่ดี ดังนั้นจึงปรับปรุงแก้ไขและนำหลักการ SMED เข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดแนวทางการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) และเพื่อทำให้เกิดการปรับตั้งเครื่องจักรที่รวดเร็ว (Quick Changeover) ดังนั้นจึงนำหลักการ Process Capability Analysis และ SMED มาวิเคราะห์การออกแบบเครื่องมือเครื่องจักรให้สอดคล้องกับการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรโดยที่ประสิทธิภาพของเครื่องจักรไม่ลดลง เพื่อทำให้เกิดการผลิตที่ยืดหยุ่น และสามารถควบคุณภาพตลอดกระบวนการได้

M. Cakmakci and M. K. Karasu [17] ได้วิจัยเรื่อง Setup Time Reduction Process and Integrated Predetermined Time System MTM-USA : A Study of Application in a Large Size Company of Automobile Industry โดยศึกษา การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรด้วยหลักการ SMED และใช้การวัดเป้าหมายของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรแบบ MTM (Method Time Measurement) โดย

องค์ประกอบของการปรับปรุงวิธีการปรับตั้งเครื่องจักรนำหลักการ TPM และการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง โดยพบว่าสิ่งสำคัญในการทำ SMED คือ การสร้างแรงจูงใจให้กับพนักงาน และการออกแบบเครื่องจักรที่ดี เพื่อทำให้การปรับตั้งเครื่องจักรได้เร็วขึ้น และการนำระบบ MTM มาใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร ทำให้เวลาทำงานในแต่ละขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรมีความแน่นอน และสามารถออกแบบสายการผลิตใหม่โดยประเมินเวลาปรับตั้งเครื่องจักรล่วงหน้าได้

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถสรุปถึงวิธีการวิจัยและประโยชน์ที่ได้รับ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ประโยชน์ที่ได้รับจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

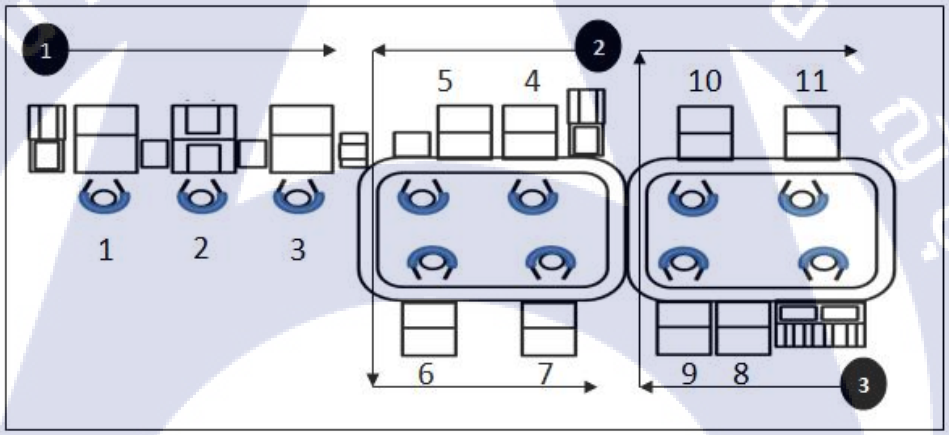
ลำดับ	ผู้แต่ง	ชื่อเรื่อง	วิธีการ	ประโยชน์ที่ได้รับ
1	D. V. Goubergen and H. V. Landeghem [8]	Reducing Setup Times of Manufacturing Lines	การนำ Multiple Activity Chart มาใช้ในการวิเคราะห์การปรับตั้งเครื่องจักรหลายเครื่องและหลายคนของ Manufacturing Line	สามารถนำ Multiple Activity Chart มาประยุกต์ใช้งานวิจัยที่เป็น Manufacturing Line
2	D. V. Goubergen [9]	Setup Reduction as an Organization Wide Problem	สรุปองค์ประกอบของ Setup House และวิธีปรับปรุงเวลาการทำงานที่เกิดคุณค่า	Setup Reduction จะสำเร็จได้ทุกหน่วยงานต้องตระหนักถึงความสำคัญและร่วมมือกัน
3	D. V. Goubergen et al. [10]	An Integrated Methodology for More Effective Set-Up Reduction	การนำหลักการและเครื่องมือวิศวกรรมอุตสาหการมาช่วยในการวิเคราะห์และศึกษางานเพื่อให้การปรับปรุงด้วย SMED มีประสิทธิภาพมากขึ้น	การหาเครื่องมือวิศวกรรมอุตสาหการที่เหมาะสมต่องานวิจัยเพื่อให้การปรับปรุงด้วย SMED มีประสิทธิภาพและยั่งยืน

ตารางที่ 2.1 ประโยชน์ที่ได้รับจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้แต่ง	ชื่อเรื่อง	วิธีการ	ประโยชน์ที่ได้รับ
4	A. C. Moreira and G. S. Campos [11]	Single Minute Exchange of Dies A Case Study Implementation	ลดเวลาความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นและสรุปเป็น 6 ขั้นตอนหลัก เพื่อปรับปรุงกรณีศึกษา	นำขั้นตอนการทำ SMED มาเป็นรูปแบบเริ่มต้นและนำมาประยุกต์ในงานวิจัยนี้ เพื่อลดความสูญเปล่าในการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ
5	วันชัย ลีลากวีวงศ์ และคณะ [12]	Reduction Adjustment Time in Case of Electronic Parts Factory	ใช้ Program ในการช่วยคำนวณค่าในการปรับตั้ง Machine Parameter	การนำเทคนิคใหม่หรือโปรแกรมอัตโนมัติมาใช้เพื่อลดการทำงานและความผิดพลาดของคน
6	M. Faccio [13]	Setup Time Reduction : SMED-Balancing Integrated Model for Manufacturing Systems with Automated Transfer.	นำการสมดุลงานมาใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรที่มีพนักงานปรับตั้งหลายคน เพื่อลดจำนวนการรอคอยและลดจำนวนพนักงานได้	สามารถนำเรื่องการสมดุลงานมาเป็นตัวอย่างและประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้
7	R. M. Yashwant and K. H. Inadar [14]	Changeover Time Reduction Using SMED Technique of Lean Manufacturing	ใช้การศึกษาเวลา มาใช้ในการวิเคราะห์เครื่องจักร โดยมุ่งเน้นเครื่องจักรที่จำเป็น หรือเครื่องจักรที่วิกฤต	ในการเลือกเครื่องจักรที่จะปรับปรุงก่อนหลังนั้น ควรเลือกเครื่องจักรที่ส่งผลกระทบมากต่อเวลาทั้งสายการประกอบก่อน

ตารางที่ 2.1 ประโยชน์ที่ได้รับจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้แต่ง	ชื่อเรื่อง	วิธีการ	ประโยชน์ที่ได้รับ
8	B. Boztinaztepe and F. Canan [15]	Tool for Reducing Production Time and Satisfying Employees A Case Study	ศึกษาการลดเวลาและความพึงพอใจของพนักงานในเวลาเดียวกัน โดยเสนอวิธีการสร้างความพึงพอใจและลดเวลาการทำงาน โดยใช้เทคนิค 5ส และ SMED	ความพึงพอใจของพนักงานมีส่วนสำคัญต่อการทำงานและคุณภาพชิ้นงานที่ดีขึ้น จึงควรปรับปรุงง่ายได้ง่ายและสะดวกและอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ดีและปลอดภัยต่อการทำงาน
9	M. Cakmakci [16]	Process Improvement : Performance Analysis of the Setup Time Reduction-SMED in the Automobile Industry	นำ Process Capability Analysis มาวิเคราะห์การออกแบบเครื่องมือเครื่องจักรให้สอดคล้องกับการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรโดยที่ประสิทธิภาพของเครื่องจักรไม่ลดลง	สามารถนำมาเป็นข้อคิดใช้ในการเลือกเครื่องมือที่นำมาทดแทนในการปรับตั้งเครื่องจักรหลักการปรับปรุง ว่าควรออกแบบให้ง่ายต่อการปรับตั้งเครื่องจักรมาตั้งแต่ต้น
10	M. Cakmakci and M. K. Karasu [17]	Set-Up Time Reduction Process and Integrated Predetermined Time System MTM-USA : A Study of Application in a Large Size Company of Automobile Industry	ใช้ Predetermine Time System ทำให้เวลาทำงานในแต่ละขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรมีความแน่นอน และสามารถออกแบบสายการผลิตใหม่โดยประเมินเวลาปรับตั้งเครื่องจักรล่วงหน้าได้	ได้เรียนรู้วิธีการใหม่ในการศึกษางานและเวลาในการออกแบบเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรจากการวิเคราะห์การเครื่องที่และระยะทางตามมาตรฐาน Predetermine Time


1
2
3
5
4
10
11
1
2
3
6
7
9
8

3.1.2 ส่วนที่ 2 การประกอบหน้ากากของเครื่องวิทยุ จำนวน 4 สถานี

เป็นขั้นตอนประกอบหน้ากากของเครื่องวิทยุโดยนำหน้ากากจากสถานีที่ 4 มาประกอบกับจอที่ได้จากการประกอบในส่วนที่ 1 และชิ้นส่วนอื่นที่เป็นปุ่มกดสำหรับการใช้งานวิทยุ โดยการประกอบและยึดติดโดยสกรู (Screw) ในส่วนที่ 2 นี้มีสถานีงานทั้งหมด 4 สถานี ดังกล่าวข้างต้น และใช้พนักงานในการประกอบชิ้นส่วน 4 คน

3.1.3 ส่วนที่ 3 การประกอบตัวเครื่องวิทยุ จำนวน 4 สถานี

เป็นขั้นตอนการประกอบตัวเครื่องวิทยุกับแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยนำหน้ากากที่ได้จากการประกอบของสถานีประกอบที่ 7 ของส่วนที่ 2 ประกอบเข้าด้วยกันกับโครงวิทยุที่ได้ประกอบในสถานีที่ 8 เป็นเครื่องวิทยุที่สมบูรณ์ โดยใช้การประกอบและยึดติดโดยสกรู (Screw) ในส่วนนี้มีสถานีงาน ทั้งหมด 4 สถานี ประกอบด้วย Unit Assembly 1-4 และใช้พนักงานทั้งหมด 4 คน

จากกระบวนการผลิตของสายการประกอบกรณีศึกษาที่ได้กล่าวมาข้างต้น ได้นำมาศึกษาวิธีการปรับตั้งเครื่องจักร โดยศึกษาวิธีทำงาน (Method Study) และได้แยกงานเป็นงานย่อย (Work Element) จาก 11 สถานีเป็น 84 งานย่อย และเก็บข้อมูลเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรปัจจุบันของแต่ละสถานี ของแต่ละงานย่อย (Work Element) ได้ดังตารางที่ 3.1

หลักการการเก็บรวบรวมข้อมูลเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานของกรณีศึกษา คำนวณจำนวนรอบการจับเวลาโดยขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อยกว่า 30 ค่า ซึ่ง S2 หรือ Sample Valiance จะมีค่าแปรปรวนสูง จึงใช้ T-Distribution ในการคำนวณที่ความเชื่อมั่น 95% เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษามีความน่าเชื่อถือ และถูกต้องตามหลักสถิติ ซึ่งจำนวนรอบการจับเวลาเริ่มต้นที่ 10 ครั้ง และเพิ่มขึ้น 5 ครั้งในแต่ละงานย่อย กรณีค่าความแปรปรวนเกินที่กำหนด [18], [19] ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.2 ก.3 และ ก.4

ตารางที่ 3.1 เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานก่อนการปรับปรุง

สถานี	ลำดับ	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	เวลางาน (นาที แรงงาน)	รวม (นาที แรงงาน)
1. LCD Assembly (ส่วนที่ 1)	1	1	ตั้งค่า Program Traceability	-	0.47	8.05
	2	2	เตรียม Card แสดง Part Number	6 ชิ้น	0.90	
	3	3	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	6 ชิ้น	0.67	
	4	4	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	6 รายการ	3.23	
	5	5	เปลี่ยน Part Insertion Jig	1 ชิ้น	0.30	
	6	6	เปลี่ยน PCB support jig	2 ชิ้น	0.40	
	7	7	Check PCB Number ก่อนผลิต	-	0.72	
	8	8	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	1.37	
2. Solering 1 (ส่วนที่ 1)	9	1	เปลี่ยน Soldering Jig	1 ชิ้น	2.42	6.13
	10	2	เปลี่ยน PCB Support Jig	1 ชิ้น	0.20	
	11	3	ตรวจสอบอุณหภูมิหัวแร้งและลงบันทึก	-	0.27	
	12	4	เตรียม Card แสดง Part Number	1 ชิ้น	0.15	
	13	5	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	1 ชิ้น	0.17	
	14	6	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	1 รายการ	0.90	
	15	7	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ		2.03	

ตารางที่ 3.1 เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	เวลางาน (นาทีแรงงาน)	รวม (นาทีแรงงาน)
3. Soldering 2 (ส่วนที่ 1)	16	1	เปลี่ยน Soldering Jig	1 ชิ้น	2.42	5.00
	17	2	เปลี่ยน PCB Support Jig ในเครื่องตรวจสอบวงจร	1 ชิ้น	0.20	
	18	3	เปลี่ยนโปรแกรมเครื่องตรวจสอบวงจร	-	0.08	
	19	4	ตรวจสอบอุณหภูมิหัวแร้งและลงบันทึก	-	0.27	
	20	5	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	2.03	
4. ESC* Part Assembly 1 (ส่วนที่ 2)	21	1	เตรียม Card แสดง Part Number	4 ชิ้น	0.60	9.20
	22	2	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	4 ชิ้น	0.67	
	23	3	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	4 รายการ	1.92	
	24	4	นำ ESC Part Pallet Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	5 ชิ้น	1.73	
	25	5	นำ ESC Part Pallet Jig ใหม่เข้าสายการประกอบ	5 ชิ้น	2.25	
	26	6	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	2.03	
5. ESC Part Assembly 2	27	1	เปลี่ยน Screw Driver	2 เครื่อง	2.13	4.23
	28	2	เปลี่ยน Screw Feeder	2 เครื่อง	0.70	
	29	3	ตั้งค่า Screw Counter	2 เครื่อง	0.40	
	30	4	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	1.00	

ตารางที่ 3.1 เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

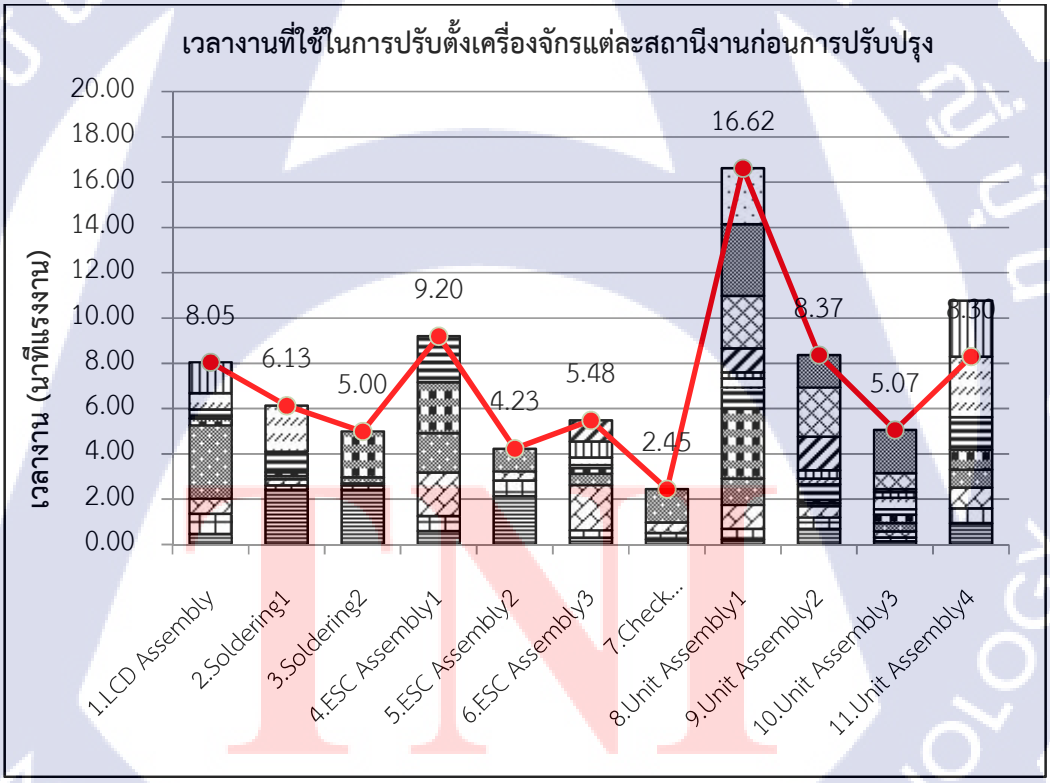
สถานี	ลำดับ	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	เวลางาน (นาที แรงงาน)	รวม (นาที แรงงาน)
6. ESC Part Assembly 3 (ส่วนที่ 2)	31	1	เตรียม Card แสดง Part Number	2 ชิ้น	0.30	5.48
	32	2	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	2 ชิ้น	0.33	
	33	3	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	2 รายการ	2.00	
	34	4	เปลี่ยน Screw Driver	1 เครื่อง	0.50	
	35	5	เปลี่ยน Screw Feeder	1 เครื่อง	0.25	
	36	6	ตั้งค่า Screw Counter	1 เครื่อง	0.13	
	37	7	เปลี่ยน Screw Position Jig	2 ชิ้น	0.33	
	38	8	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	1 เครื่อง	0.70	
	39	9	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	0.93	
7. Function & Appearance (ส่วนที่ 2)	40	1	เปลี่ยน Function Jig	1 ชิ้น	0.23	2.45
	41	2	ตั้งค่าโปรแกรมเครื่อง Printer	-	0.28	
	42	3	เตรียม Jig วัดความสูงของ Knob	1 ชิ้น	0.47	
	43	4	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	1.47	
8. Unit Assembly 1 (ส่วนที่ 3)	44	1	ตั้งค่า Program traceability	-	0.23	16.62
	45	2	เตรียม Card แสดง Part Number	7 ชิ้น	0.47	
	46	3	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	7 ชิ้น	1.05	

ตารางที่ 3.1 เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	เวลางาน (นาที แรงงาน)	รวม (นาที แรงงาน)
	47	4	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	7 รายการ	1.17	
	48	5	เปลี่ยน Screw Position Jig	2 ชิ้น	3.08	
	49	6	เปลี่ยน Screw Driver	2 เครื่อง	0.93	
	50	7	เปลี่ยน Screw Feeder	2 เครื่อง	0.40	
	51	8	ตั้งค่า Screw Counter	2 เครื่อง	0.27	
	52	9	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	2 เครื่อง	1.07	
	53	10	นำ Unit Part Pallet Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	5 ชิ้น	2.32	
	54	11	นำ Unit Part Pallet Jig รุ่นใหม่เข้าสายการประกอบ	5 ชิ้น	3.17	
	55	12	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	2.47	
9. Unit Assembly 2 (ส่วนที่ 3)	56	1	เปลี่ยน Screw Position Jig	2 ชิ้น	0.70	8.37
	57	2	เปลี่ยน Screw Driver	1 เครื่อง	0.50	
	58	3	เปลี่ยน Screw Feeder	2 เครื่อง	0.50	
	59	4	ตั้งค่า Screw Counter	1 เครื่อง	0.13	
	60	5	ตั้งค่า Tape Feeder	1 เครื่อง	0.13	
	61	6	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	1 เครื่อง	0.70	
	62	7	ตรวจสอบอุณหภูมิหัวแร้งและลงบันทึก	-	0.25	
	63	8	เตรียม Jig กดสาย Flex	1 ชิ้น	0.37	
	64	9	นำ Deck Support Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	1 ชิ้น	1.48	
	65	10	นำ Deck Support Jig เข้าสายการประกอบ	1 ชิ้น	2.17	
	66	11	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	1.43	

ตารางที่ 3.1 เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	เวลางาน (นาที แรงงาน)	รวม (นาที แรงงาน)
10. Unit Assembly 3 (ส่วนที่ 3)	67	1	เตรียม card แสดง part Number	1 ชิ้น	0.15	5.07
	68	2	เปลี่ยน card แสดง part Number	1 ชิ้น	0.17	
	69	3	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	1 รายการ	0.27	
	70	4	เตรียม Jig กดสาย Flex	1 ชิ้น	0.37	
	71	5	เตรียม Jig วัดความสูง	1 ชิ้น	0.37	
	72	6	เปลี่ยน Screw Position Jig	1 ชิ้น	0.25	
	73	7	เปลี่ยน Screw Driver	1 เครื่อง	0.50	
	74	8	เปลี่ยน Screw Feeder	1 เครื่อง	0.25	
	75	9	ตั้งค่า Screw Counter	1 เครื่อง	0.13	
	76	10	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	1 เครื่อง	0.70	
	77	11	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	1.92	
11. Unit Assembly 4 (ส่วนที่ 3)	78	1	เปลี่ยน Screw Position Jig	2 ชิ้น	0.93	8.30
	79	2	เปลี่ยน Screw Driver	2 เครื่อง	0.67	
	80	3	เปลี่ยน Screw Feeder	1 เครื่อง	0.92	
	81	4	ตั้งค่า Screw Counter	2 เครื่อง	0.80	
	82	5	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	1 เครื่อง	0.87	
	83	6	เปลี่ยน Ball Gauge	1 ชิ้น	1.45	
	84	7	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	2.67	
รวม						**78.90**


เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานก่อนการปรับปรุง
เวลางาน (นาทีแรงงาน)
20.00
18.00
16.00
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
8.05
6.13
5.00
9.20
4.23
5.48
2.45
16.62
8.37
5.07
8.30
1.LCD Assembly
2.Soldering1
3.Soldering2
4.ESC Assembly1
5.ESC Assembly2
6.ESC Assembly3
7.Check...
8.Unit Assembly1
9.Unit Assembly2
10.Unit Assembly3
11.Unit Assembly4

3.3 ปรับปรุงกระบวนการการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้เทคนิค SMED แต่ละสถานีงาน

จากการวิเคราะห์โดย Yamazumi Chart เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรในสายการประกอบกรณีศึกษาในข้อ 3.2 ข้างต้น ได้ผลลัพธ์เครื่องจักรในการปรับปรุงลำดับแรก คือ สถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1 เนื่องจากใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรมากที่สุดของสายการประกอบ จึงทำการพิจารณากระบวนการการปรับตั้งเครื่องจักร ที่สถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1 และใช้หลักการ SMED ในการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักร โดยวิธีการดังนี้

3.3.1 แยกงานภายในและงานภายนอกออกจากกัน

3.3.2 เปลี่ยนงานภายในให้เป็นงานภายนอก

3.3.3 ปรับปรุงกิจกรรมต่างๆ ให้ง่ายและสะดวกต่อการปรับตั้งเครื่องจักร

นำทุกขั้นตอนในกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร มาวิเคราะห์ว่าขั้นตอนใดเป็นงานภายในหรืองานภายนอกตามหลักการ SMED เพื่อแยกงานภายนอกออกมาทำก่อนที่เครื่องจักรหยุด ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แยกขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรภายในและภายนอกของสถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1

ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวนชิ้นงาน	เวลางาน (นาที (แรงงาน)	งานภายนอก	งานภายใน	หมายเหตุ
1	ตั้งค่า Program Traceability	-	0.23		✓	
2	เตรียม Card แสดง Part Number	7 ชิ้น	0.47	✓		เดิมปฏิบัติเป็นงานภายใน
3	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	7 ชิ้น	1.05		✓	สามารถเปลี่ยนเป็นงานภายนอกได้
4	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	7 รายการ	1.17		✓	
5	เปลี่ยน Screw Position Jig	2 ชิ้น	3.08		✓	
6	เปลี่ยน Screw Driver	2 เครื่อง	0.93		✓	
7	เปลี่ยน Screw Feeder	2 เครื่อง	0.40		✓	
8	ตั้งค่า Screw Counter	2 เครื่อง	0.27		✓	
9	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	2 เครื่อง	1.07		✓	

ตารางที่ 3.2 แยกขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรภายในและภายนอกของสถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1 (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวนชิ้นงาน	เวลางาน (นาที (แรงงาน)	งานภายนอก	งานภายใน	หมายเหตุ
10	นำ Unit Part Pallet Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	5 ชิ้น	2.32		✓	
11	นำ Unit Part Pallet Jig รุ่นใหม่เข้าสายการประกอบ	5 ชิ้น	3.17		✓	
12	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	2.47		✓	
รวม			**16.62**	**1**	**11**	

สถานีงานที่ 8 Unit assembly 1 ใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรมากที่สุดในสายการประกอบ คือ 16.62 นาทีแรงงาน จำนวนงานย่อย 12 ขั้นตอน เป็นงานภายนอก 1 ขั้นตอน (ขั้นตอนที่ 2 การเตรียม Card แสดง Part Number) และงานภายใน 11 ขั้นตอน ใช้หลักการ SMED ในการปรับปรุงงาน 3 รายการ คือ

3.3.1 การปรับปรุงโดยแยกงานภายในและงานภายนอกออกจากกัน

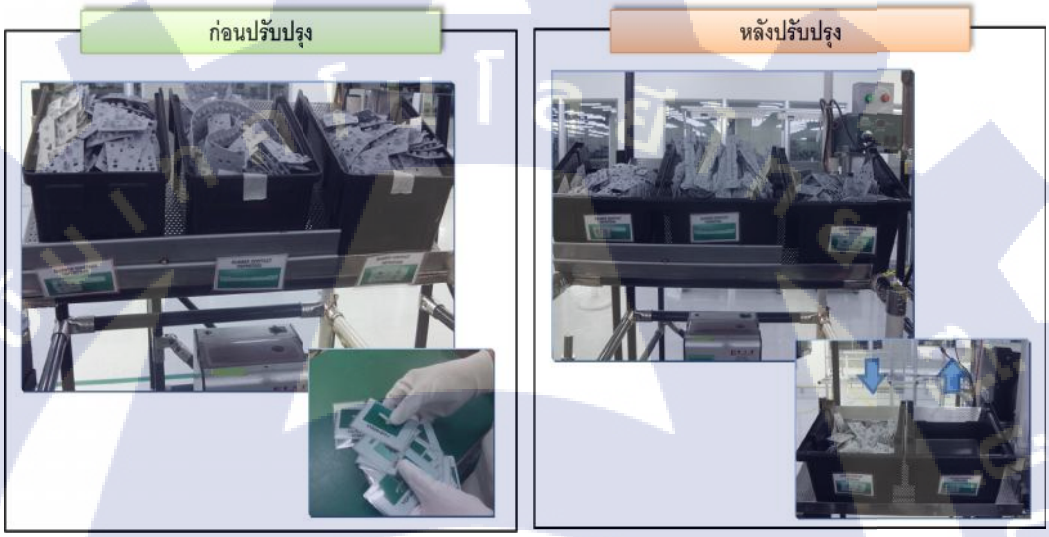
จากการแยกขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรภายในและภายนอกของสถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1 ดังตารางที่ 3.2 พบว่า มีงานภายนอก 1 ขั้นตอน แต่พนักงานปฏิบัติเป็นงานภายใน ทำให้เกิดเวลาสูญเสียจากงานภายในการปรับตั้งเครื่องจักรเพิ่มขึ้น คือ

ขั้นตอนงานย่อยที่ 2 การเตรียม Card แสดง Part Number 7 ชิ้น ก่อนการปรับปรุงพนักงานผลิตเตรียม Card โดยใช้เป็นเวลาภายในเวลาปรับตั้งเครื่องจักร (Internal Setup Time) จึงกำหนดผู้รับผิดชอบใหม่ เป็นพนักงานเตรียมวัตถุดิบ เตรียม Card แสดง Part Number ก่อนสายการผลิตหยุด ดังนั้น งานย่อยที่ 2 ได้กำจัดออกจากการเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร จึงทำให้ลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร 0.47 นาทีแรงงาน

3.3.2 การปรับปรุงโดยเปลี่ยนงานภายในให้เป็นงานภายนอก

จากขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรภายในและภายนอกของสถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1 พบว่า มีงานภายใน 1 ขั้นตอน สามารถเปลี่ยนจากงานภายในเป็นงานภายนอกได้ คือ

ขั้นตอนงานย่อยที่ 3 การเปลี่ยน Card แสดง Part Number 7 ชิ้น ปรับปรุงโดยให้พนักงานเตรียมวัตถุดิบดำเนินการต่อเนื่อง โดยติดป้ายที่กล่องวัตถุดิบก่อนเข้าสายการประกอบ ลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร 1.05 นาทีแรงงาน ดังรูปที่ 3.3



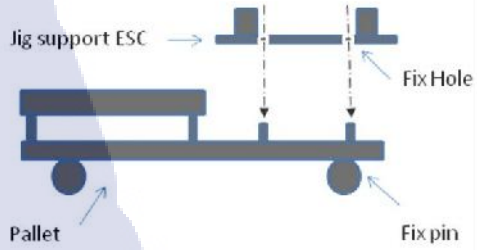
รูปที่ 3.3 การเตรียมและเปลี่ยน Card แสดง Part Number ก่อนและหลังปรับปรุง

3.3.3 การปรับปรุงกิจกรรมต่างๆ ให้ง่ายและสะดวกต่อการปรับตั้งเครื่องจักร

จากขั้นตอนงานย่อยที่ 10 และ 11 การนำ Unit Part Pallet Jig เดิมออกและนำรุ่นใหม่เข้าสายการประกอบ ก่อนการปรับปรุง ใช้การขันน็อตและสกรูเพื่อยึดติด Unit Part Pallet Jig ทำให้ใช้เวลานาน จึงปรับปรุงโดยเปลี่ยน Unit Part Pallet Jig เป็นแบบ Pin ล๊อค ลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร 4.23 นาทีแรงงาน

ก่อนการปรับปรุง

หลังการปรับปรุง

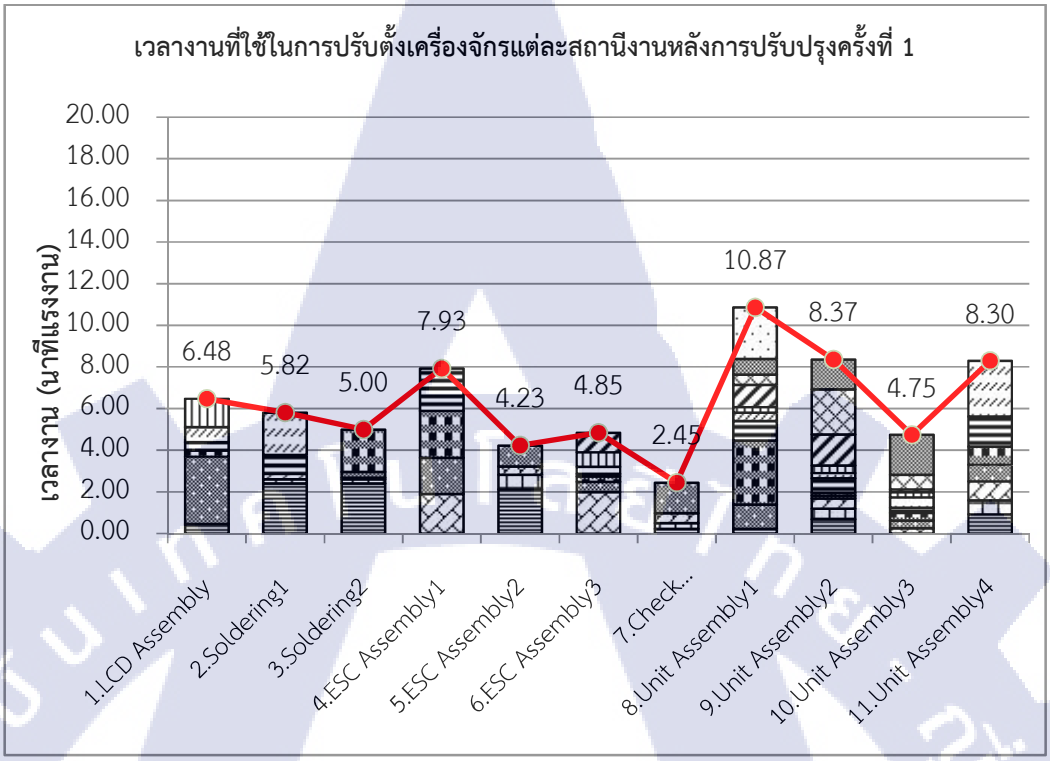


สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY
TNI

ตารางที่ 3.3 การลดเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1

สถานี	เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร (นาทีแรงงาน)			ใช้วิธีการปรับปรุง
	ก่อน การปรับปรุง	หลังการปรับปรุง ครั้งที่ 1	ลดลง	
1. LCD Assembly	8.05	6.48	1.57	ข้อ 3.3.1 และข้อ 3.3.2
2. Soldering 1	6.13	5.82	0.31	ข้อ 3.3.1 และข้อ 3.3.2
3. Soldering 2	5.00	5.00	-	-
4. ESC Assembly 1	9.20	7.93	1.27	ข้อ 3.3.1 และข้อ 3.3.2
5. ESC Assembly 2	4.23	4.23		-
6. ESC Assembly 3	5.48	4.85	0.63	ข้อ 3.3.1 และข้อ 3.3.2
7. Check Function & Appearance	3.87	3.87	-	-
8. Unit Assembly 1	16.62	10.87	5.75	ข้อ 3.3.1 ข้อ 3.3.2 และข้อ 3.3.3
9. Unit Assembly 2	8.37	8.37	-	-
10. Unit Assembly 3	5.07	4.75	0.32	ข้อ 3.3.1 และข้อ 3.3.2
11. Unit Assembly 4	8.30	8.30	-	-
รวม	**78.90**	**69.05**	**9.85**	

จากนั้นจัดเตรียมอุปกรณ์ Work Instruction (WI) กระบวนการการปรับตั้งเครื่องจักรหลังการปรับปรุง และอบรมวิธีการใหม่ให้แก่พนักงานเข้าใจและสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ทำการเก็บข้อมูลวิธีการทำงาน และบันทึกเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรเพื่อเป็นเวลามาตรฐานหลังการปรับปรุง ได้แสดงรายละเอียดงานย่อยเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานี โดยใช้ Yamazumi Chart ดังรูปที่ 3.5 โดยรูปแบบของแท่งกราฟ (Texture) ที่แตกต่างกันเหล่านี้ แสดงรายละเอียดงานย่อย (Work Element) และลำดับการทำงาน ดังตารางที่ 4.2



รายการ	เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร (นาทีแรงงาน)		
	ก่อนปรับปรุง	การปรับปรุงครั้งที่ 1	ลดลง
เวลาปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานรวม	78.90	69.05	9.85
จำนวนขั้นตอนงานภายใน	84	72	12

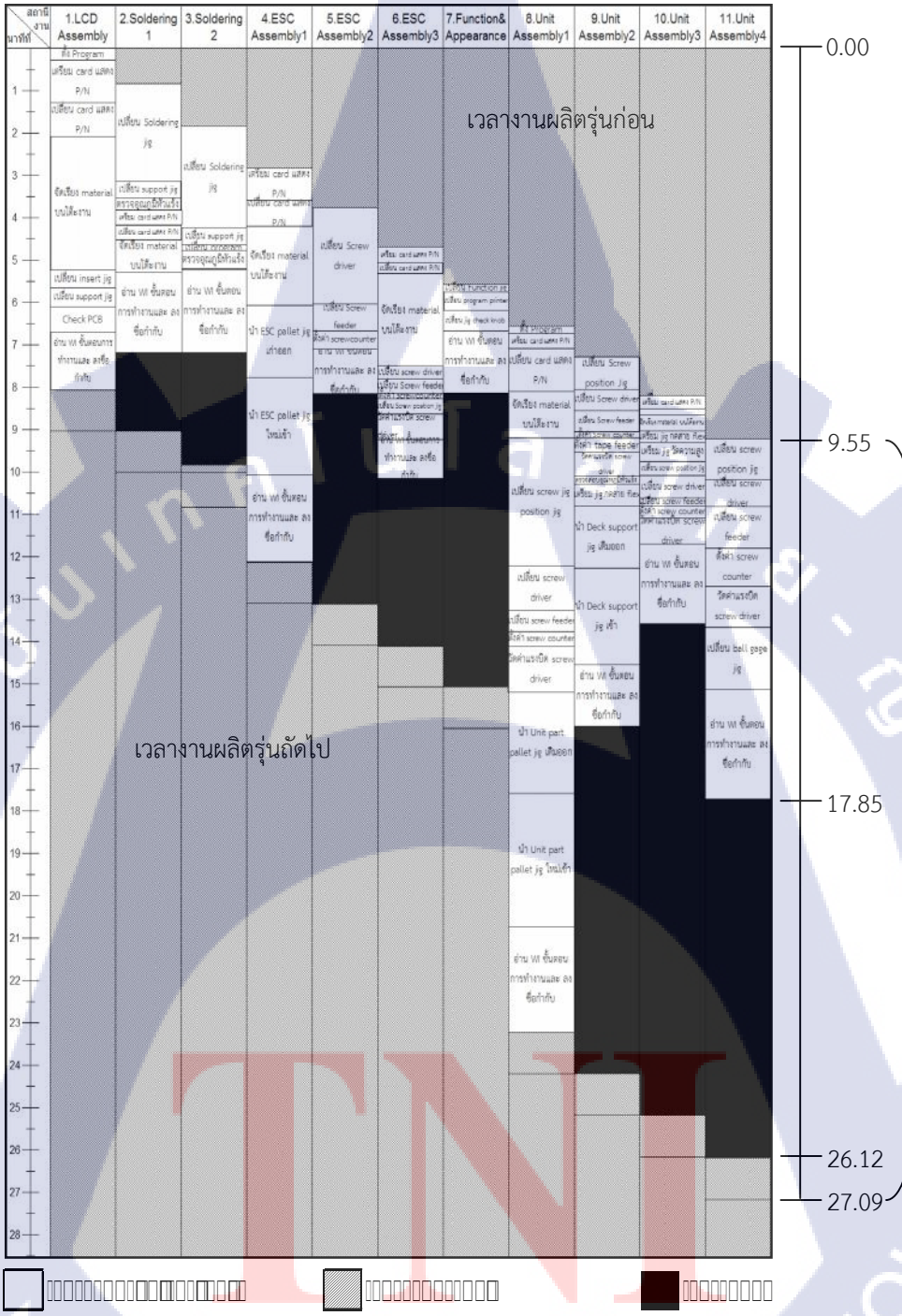
3.5 วิเคราะห์การปรับตั้งเครื่องจักรโดย Multiple Activity Chart ก่อนการปรับปรุง

จากการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานโดยหลักการ SMED มาแล้วข้างต้น พบว่า การปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบนั้น ยังเกิดการรอคอยระหว่างสถานีงาน จึงวิเคราะห์การทำงานร่วมกันระหว่างทุกสถานีงาน และพนักงานทั้งหมด โดยใช้ Multiple Activity Chart เพื่อหาความสัมพันธ์ของการทำงานของสายการประกอบทั้งหมด ให้เห็นชัดเจน ในการปรับปรุงเวลาการทำงานที่เกิดจากความไม่สมดุลของพนักงานแต่ละคน การรอคอย การเคลื่อนที่ หรือการทำงานที่ไม่เกิดประสิทธิผลต่างๆ โดยการกำจัดความสูญเปล่าให้หมดไป

โดยนำเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงแต่ละสถานีงาน เขียนในแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์และเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรทั้งสายการประกอบกรณีศึกษา พบว่าในการปรับตั้งเครื่องจักร มีเวลาสูญเปล่าจากการรอคอยเกิดขึ้นสูง เนื่องจากแต่ละสถานีงานใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรไม่สมดุลกัน ดังรูปที่ 3.6 สรุปเวลารอคอยของแต่ละสถานีงาน ดังตารางที่ 3.5 รายละเอียดในภาคผนวก ก ตารางที่ ข.1

ตารางที่ 3.5 เวลารอคอยในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานก่อนการปรับปรุง

สถานีงาน	เวลารอคอย (นาที)
1. LCD Assembly	0.00
2. Soldering 1	1.95
3. Soldering 2	3.02
4. ESC Assembly 1	0.00
5. ESC Assembly 2	5.02
6. ESC Assembly 3	3.73
7. Check Function & Appearance	6.73
8. Unit Assembly 1	0.00
9. Unit Assembly 2	8.18
10. Unit Assembly 3	11.47
11. Unit Assembly 4	8.27
รวม	**48.37**



รูปที่ 3.6 แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบก่อนการปรับปรุง

จากแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ พบว่า ที่สถานีงานที่ 11 ผลิตชิ้นงานสุดท้ายของรุ่นก่อนหน้าเสร็จนาทีที่ 9.55 คือ เวลาหลังจากสถานีที่ 1 เริ่มปรับตั้งเครื่องจักรแล้ว หรือเป็นเวลาที่สายการประกอบได้หยุดการผลิตแล้ว เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเสร็จนาทีที่ 17.85 (เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเฉพาะสถานีที่ 11 เป็นเวลางาน 8.30 นาที ดังตารางที่ 3.3) รอชิ้นงานจากสถานีก่อนหน้าถึงนาทีที่ 26.12 (มีเวลารอคอย 8.27 นาที ดังตารางที่ 3.5) และผลิตงานชิ้นแรกของรุ่นถัดไปเสร็จนาทีที่ 27.09 (เวลาผลิตชิ้นงานแรกของรุ่นถัดมา 0.97 นาที) ดังนั้น เวลาปรับตั้งเครื่องจักร คือ เวลาเริ่มตั้งแต่ชิ้นงานสุดท้ายของรุ่นก่อนหน้าผลิตเสร็จที่สถานีสุดท้าย (สถานีที่ 11 Unit Assembly 4) ถึง ชิ้นงานแรกของรุ่นถัดไปผลิตเสร็จที่สถานีสุดท้ายนี้ จึงสรุปเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบกรณีศึกษาก่อนการปรับปรุง คือ

1. เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม 78.90 นาทีแรงงาน ดังตารางที่ 3.4
2. เวลารอคอยในการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม 48.37 นาที ดังตารางที่ 3.5
3. เวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบก่อนการปรับปรุง 17.54 นาที คือ เวลาที่ชิ้นงานรุ่นถัดไปผลิตเสร็จที่ 27.09 นาที หักออกจากเวลาที่ชิ้นงานชิ้นสุดท้ายรุ่นก่อนหน้าผลิตเสร็จที่ 9.55 นาที ดังรูป 3.6

3.6 วิเคราะห์การปรับตั้งเครื่องจักรโดย Multiple Activity Chart หลังการปรับปรุงครั้งที่ 1

จากการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละเครื่องโดย SMED หัวข้อ 3.4 ที่กล่าวมาข้างต้น นำมาเขียนเป็นแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ เพื่อเปรียบเทียบเวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบกรณีศึกษาก่อนการปรับปรุง หัวข้อ 3.5 และเวลารอคอย ดังรูป 3.7 สรุปเวลารอคอยของแต่ละสถานีงานหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 ดังตารางที่ 3.6 รายละเอียดในภาคผนวก ก ตารางที่ ข.2

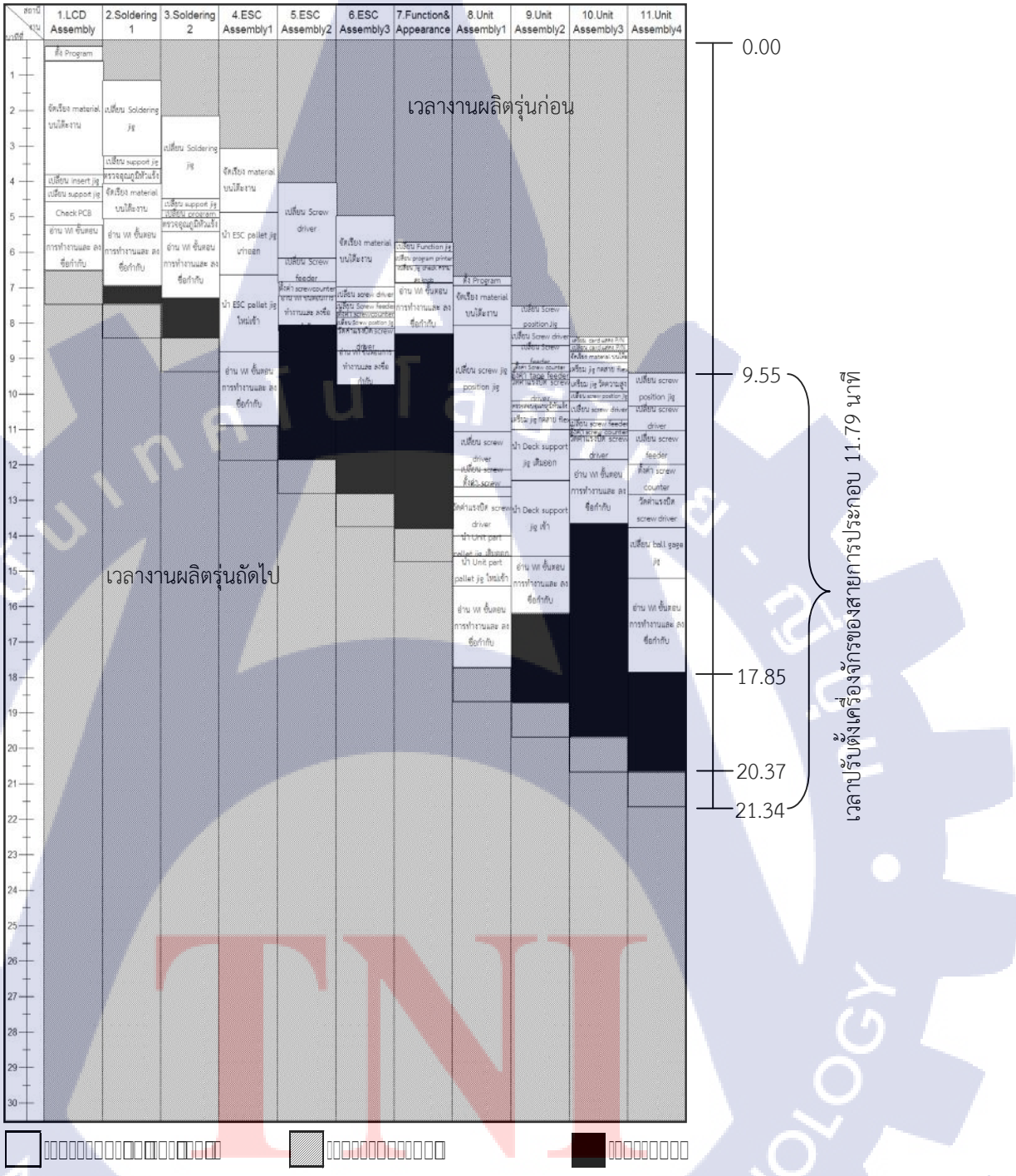
ตารางที่ 3.6 เวลารอคอยในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1

สถานีงาน	เวลารอคอย (นาที)
1. LCD Assembly	0.00
2. Soldering 1	0.70
3. Soldering 2	1.45
4. ESC Assembly 1	0.00
5. ESC Assembly 2	3.75
6. ESC Assembly 3	3.10
7. Check Function & Appearance	5.47

ตารางที่ 3.6 เวลารอคอยในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 (ต่อ)

สถานีงาน	เวลารอคอย (นาที)
8. Unit Assembly 1	0.00
9. Unit Assembly 2	2.43
10. Unit Assembly 3	6.03
11. Unit Assembly 4	2.52
รวม	**25.45**

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI



รูปที่ 3.7 แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1

จากรูปที่ 3.7 พบว่า ที่สถานีงานที่ 11 ผลิตชิ้นงานสุดท้ายของรุ่นก่อนหน้าเสร็จนาทีที่ 9.55 คือ เวลาหลังจากสถานีที่ 1 เริ่มปรับตั้งเครื่องจักรแล้ว หรือเป็นเวลาที่สายการประกอบได้หยุดการผลิตแล้ว เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเสร็จนาทีที่ 17.85 (เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเฉพาะสถานีที่ 11 เป็นเวลางาน 8.30 นาที ดังตารางที่ 3.3) รอชิ้นงานจากสถานีก่อนหน้าถึงนาทีที่ 20.37 (มีเวลารอคอย 2.52 นาที ดังตารางที่ 3.6) และผลิตงานชิ้นแรกของรุ่นถัดไปเสร็จนาทีที่ 21.34 (เวลาผลิตชิ้นงานแรกของรุ่นถัดมา 0.97 นาที) ดังนั้น จึงสรุปเวลาปรับตั้งเครื่องเครื่องจักรของสายการประกอบกรณีศึกษาหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 คือ

1. เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม 69.05 นาทีแรงงาน ดังตารางที่ 3.4
2. เวลารอคอยในการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม 25.45 นาที ดังตารางที่ 3.6
3. เวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 เท่ากับ 11.79 นาที คือ เวลาที่ชิ้นงานรุ่นถัดไปผลิตเสร็จที่ 21.34 นาที หักออกจากเวลาที่ชิ้นงานชิ้นสุดท้ายรุ่นก่อนหน้าผลิตเสร็จที่ 9.55 นาที ดังรูป 3.7

3.7 การเปรียบเทียบ Multiple Activity Chart ก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1

ผลการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรครั้งที่ 1 โดยการปรับปรุงทุกสถานีงานโดยเทคนิค SMED และวิเคราะห์โดย Multiple activity chart สามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร ดังนี้

1. ลดเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม 9.85 นาทีแรงงาน
2. ลดเวลารอคอยในการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม 22.92 นาที
3. ลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบ 3.41 นาที ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนและหลังปรับปรุงครั้งที่ 1

รายการ	**เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)**			**% การปรับปรุง**
	ก่อนปรับปรุง	**การปรับปรุงครั้งที่ 1**	**ลดลง**	
เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม	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%

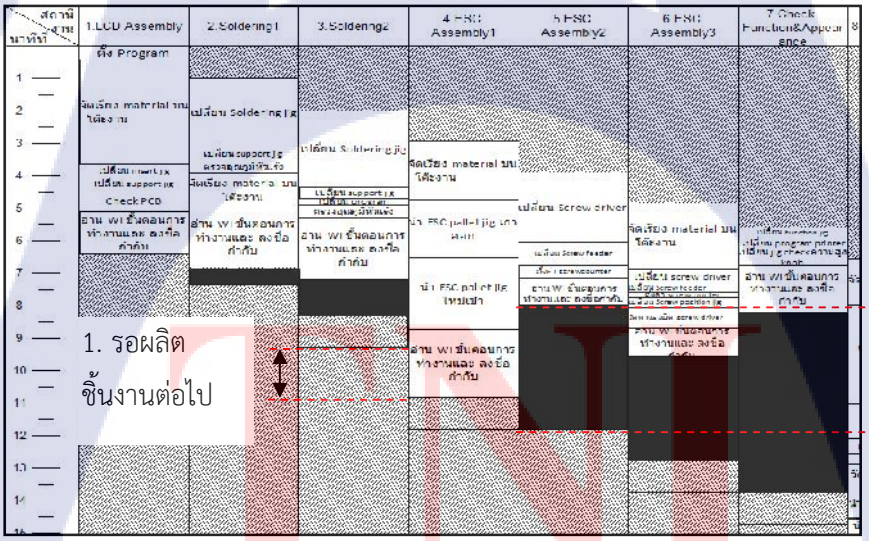
จากการวิเคราะห์ Multiple Activity Chart จากการปรับปรุงครั้งที่ 1 พบว่า การเกิดความสูญเสียจากการรอคอยมี 2 ลักษณะ ดังนี้

3.7.1 พนักงานสถานีก่อนหน้าปรับตั้งเครื่องจักรเสร็จก่อนสถานีถัดไป

เนื่องจากพนักงานสถานีก่อนหน้าปรับตั้งเครื่องจักรเสร็จก่อนสถานีถัดไป จึงรอพนักงานสถานีถัดไปนำชิ้นงานไปผลิตต่อ สาเหตุเกิดจากพนักงานสถานีถัดไปมีงานปรับตั้งเครื่องจักรที่มากเกินไป ลักษณะนี้ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิตชิ้นงานต่อไปของสถานีก่อนหน้า เรียกว่า การสูญเสียเวลาผลิตชิ้นงาน (Production Time Loss)

3.7.2 พนักงานสถานีถัดไปปรับตั้งเครื่องจักรเสร็จก่อนสถานีก่อนหน้า

เนื่องจากพนักงานสถานีถัดไปปรับตั้งเครื่องจักรเสร็จก่อนสถานีก่อนหน้า แต่รอชิ้นงานจากสถานีก่อนหน้ามาผลิตต่อ สาเหตุเกิดจาก สถานีถัดไปมีงานน้อยเกินไป ลักษณะนี้ทำให้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรยาวนานขึ้น เรียกว่า การสูญเสียเวลาปรับตั้งเครื่องจักร (Setup Time Loss)



รูปที่ 3.8 สองลักษณะสูญเสียจากการรอคอยในสายการประกอบกรณีศึกษา

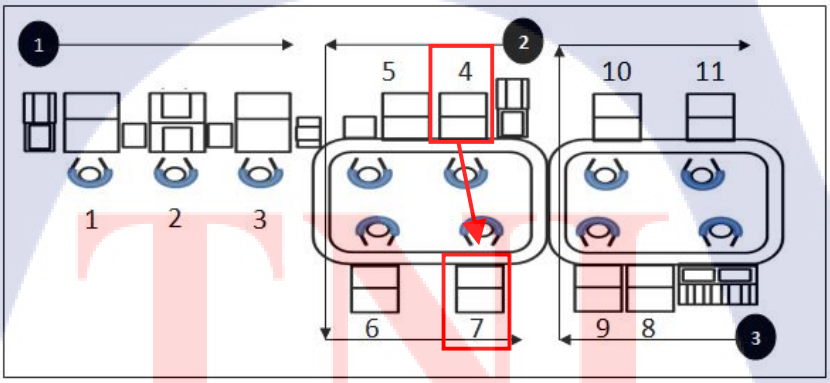
ดังนั้น สรุปได้ว่าการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ ซึ่งประกอบด้วยหลายๆ สถานีงาน การปรับตั้งเครื่องจักรจะต้องมีความสมดุลย์กัน คือ ต้องมีเวลางานปรับตั้งเครื่องจักรที่ใกล้เคียงกัน จะทำให้ไม่เกิดความสูญเสียเรื่องการรอคอย

3.8 ปรับปรุงกระบวนการการปรับตั้งเครื่องจักรของทั้งสายการประกอบ

จากการวิเคราะห์การปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบโดย Multiple Activity Chart พบว่า มีความสูญเสียจากการรอคอย 2 ลักษณะ ตามที่กล่าวในหัวข้อ 3.7 จึงทำการปรับปรุงครั้งที่ 2 ที่สถานีงานที่ 4 ESC Assembly 1 และสถานีที่ 8 Unit Assembly 1 ดังรูปที่ 3.7 เนื่องจากทั้งสองสถานีเป็นคอขวดการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ จึงปรับปรุงโดยใช้วิธีการสมดุลย์การทำงานปรับตั้งเครื่องจักร (Line Balancing) และใช้หลักการ ECRS ในหัวข้อ การจัดเรียงงานใหม่ (Rearrange) โดยพิจารณาขั้นตอนงานย่อย (Work Element) ที่สามารถย้าย หรือฝากให้สถานีงานอื่นทำ และจัดเรียงลำดับงานย่อยใหม่ให้เหมาะสม ดังนี้

3.8.1 การปรับปรุงสถานีงานที่ 4 ESC Assembly 1

สถานีงานที่ 4 ESC Assembly 1 เป็นสถานีงานในส่วนที่ 2 ของสายการประกอบกรณีศึกษา ดังรูปที่ 3.9 สถานีประกอบส่วนนี้ประกอบด้วย 4 สถานีงาน คือ สถานีงานที่ 4, 5, 6 และ 7 ตามลำดับ และจากรูปที่ 3.7 แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 และรูปที่ 3.8 สองลักษณะสูญเสียจากการรอคอยในสายการประกอบ พบว่า สถานีงานที่ 4 ESC Assembly 1 ใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรมากที่สุดของส่วนที่ 2 ทำให้สถานีที่ 5, 6 และ 7 เกิดเวลาสูญเสียจากการรอคอย



รูปที่ 3.9 การย้ายขั้นตอนงานย่อยของสถานีงานที่ 4 (ESC Assembly 1) ในสถานีงานส่วนที่ 2 ของสายการประกอบกรณีศึกษา

ปรับปรุงการสมดุลย์งานปรับตั้งเครื่องจักร โดยการย้ายขั้นตอนงานย่อยของสถานีงานที่ 4 (ESC Assembly 1) จำนวน 1 งานย่อย คือ การนำ ESC Part Pallet Jig เดิมออกจากสายการประกอบ เท่ากับ 1.73 นาที ให้กับพนักงานผลิตของสถานีงานที่ 7 (Function & Appearance Check) เสริมปฏิบัติแทรกเป็นลำดับแรกของการปรับตั้งเครื่องจักรที่สถานีงานนี้ เนื่องจากพนักงานผลิตของสถานีงานที่ 7 เดิมปฏิบัติงานปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุด แต่เกิดการรอคอยมากที่สุดของสายการประกอบในส่วนที่ 2 และ ESC Part Pallet Jig เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกันในสายประกอบส่วนที่ 2 โดย Jig ทั้ง 5 ชิ้นใช้หมุนเวียนอยู่ในส่วนที่ 2 เมื่อสถานีงานที่ 9 (Unit Assembly 2) ยกชิ้นงานลงจาก Jig แล้ว เมื่อ Jig ว่างเปล่าจึงโยกย้ายมาให้พนักงานผลิตของสถานีงานที่ 7 เป็นผู้นำ ESC Part Pallet Jig ออกจากสายการประกอบในส่วนที่ 2 นี้ และการย้ายขั้นตอนงานย่อยนี้ไม่ทำให้ขั้นตอนงานย่อยการปรับตั้งเครื่องของสถานีงานที่ 4 ลดลง 1 งานย่อย เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรลดลง 1.73 นาที ดังตารางที่ 3.8 และทำให้ขั้นตอนงานย่อยการปรับตั้งเครื่องของสถานีงานที่ 7 เพิ่มขึ้น 1 งานย่อย เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรเพิ่มขึ้น 1.73 นาที ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.8 ขั้นตอนงานย่อยสถานีงานที่ 4 ESC Assembly 1 ก่อนและหลังการปรับปรุง

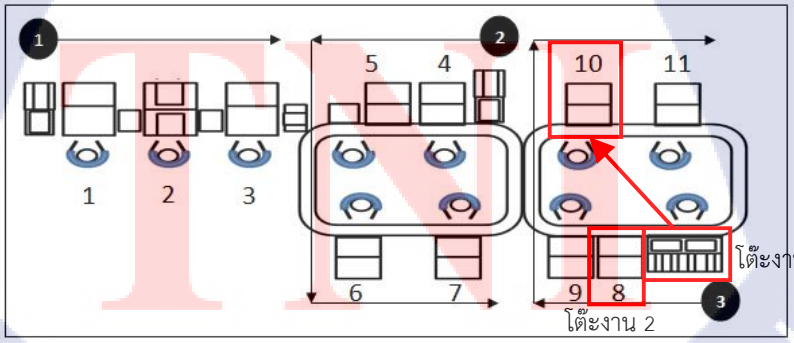
ลำดับงานย่อย	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง	
	ขั้นตอนงานย่อย	เวลา (นาที)	ขั้นตอนงานย่อย	เวลา (นาที)
1	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	1.92	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	1.92
2	นำ ESC Part Pallet Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	1.73	นำ ESC Part Pallet Jig ใหม่เข้าสายการประกอบ	2.25
3	นำ ESC Part Pallet Jig ใหม่เข้าสายการประกอบ	2.25	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	2.03
4	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	2.03		
	รวม	**7.93**	**รวม**	**6.20**

ตารางที่ 3.9 ขั้นตอนงานย่อยสถานีงานที่ 7 Function & Appearance Check ก่อนและหลังการปรับปรุง

ลำดับงานย่อย	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง	
	ขั้นตอนงานย่อย	เวลา (นาที)	ขั้นตอนงานย่อย	เวลา (นาที)
1	เปลี่ยน Function Jig	0.23	นำ ESC Part Pallet Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	1.73
2	ตั้งค่าโปรแกรมเครื่อง Printer	0.28	เปลี่ยน Function Jig	0.23
3	เตรียม Jig วัดความสูงของ Knob	0.47	ตั้งค่าโปรแกรมเครื่อง Printer	0.28
4	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	1.47	เตรียม Jig วัดความสูงของ Knob	0.47
5			อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	1.47
	รวม	**2.45**	**รวม**	**4.18**

3.8.2 การปรับปรุงสถานีที่ 8 Unit Assembly 1

สถานีงานที่ 8 (Unit Assembly 1) เป็นสถานีงานในส่วนที่ 3 ของสายการประกอบกรณีศึกษา ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การย้ายขั้นตอนงานย่อยของสถานีงานที่ 4 (ESC Assembly 1) ในสถานีงานส่วนที่ 3 ของสายการประกอบกรณีศึกษา

สถานีประกอบส่วนนี้ประกอบด้วย 4 สถานีงาน คือ สถานีงานที่ 8, 9, 10 และ 11 ตามลำดับ และจากรูปที่ 3.7 แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 และรูปที่ 3.8 สองลักษณะสูญเสียจากการรอคอยในสายการประกอบ พบว่า สถานีงานที่ 8 (Unit Assembly 1) ใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรมากที่สุดของส่วนที่ 3 ทำให้สถานีที่ 9, 10 และ 11 เกิดเวลาสูญเสียจากการรอคอย

ปรับปรุงการสมดุลย์งานปรับตั้งเครื่องจักร โดยการย้ายขั้นตอนงานย่อยของสถานีงานที่ 8 ให้กับพนักงานผลิตของสถานีงานที่ 10 Unit Assembly 3 เดิมปฏิบัติเป็นลำดับที่ 1, 2 และ 3 ของการปรับตั้งเครื่องจักรที่สถานีงานนี้ เนื่องจากก่อนการปรับปรุงสถานีงานที่ 10 (Unit Assembly 3) มีเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรน้อย และมีเวลารอคอยมากที่สุด 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 จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน (1.17 นาที)

โดยงานย่อย (1) นำ Unit Part Pallet Jig เดิมออกจากสายการประกอบ และ (2) นำ Unit Part Pallet Jig รุ่นใหม่เข้าสายการประกอบ เดิมพนักงานผลิตของสถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1 เป็นผู้ปฏิบัติ เนื่องจากอยู่ใกล้ตำแหน่งการนำ Unit Part Pallet Jig เข้า-ออก ของสายการประกอบ ซึ่ง Jig ทั้ง 5 ชิ้นนี้ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกันในสายประกอบส่วนที่ 3 โดยใช้หมุนเวียนอยู่ในส่วนที่ 3 เมื่อสถานีงานที่ 11 (Unit Assembly 1) ยกชิ้นงานลงจาก Jig ส่งไปยังสถานีงานตรวจสอบแล้ว เมื่อ Jig ว่างเปล่าพนักงานผลิตของสถานีงานที่ 8 จะนำ ESC Part Pallet Jig ออกจากสายการประกอบในส่วนที่ 3 นี้ จึงโยกย้ายมาให้พนักงานผลิตของสถานีงานที่ 10 เป็นผู้ปฏิบัติหลังจากผลิตชิ้นงานของสถานีงานที่ 10 เสร็จแล้ว โดยที่พนักงานผลิตของสถานีงานที่ 10 ต้องมาปฏิบัติงานที่โต๊ะงานที่ 1 ของสถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1 ดังรูป 3.10 และเสริมปฏิบัติงานย่อย (3) นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงานของสถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1 ที่ตำแหน่งนี้เช่นกัน

หลังการปรับปรุงขั้นตอนงานย่อยการปรับตั้งเครื่องของสถานีงานที่ 8 ลดลง 3 งานย่อย เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรลดลง 2.42 นาที ดังตารางที่ 3.10 ทำให้ขั้นตอนงานย่อยการปรับตั้งเครื่องของสถานีงานที่ 10 เพิ่มขึ้น 3 งานย่อย เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรเพิ่มขึ้น 2.42 นาที ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ขั้นตอนงานย่อยสถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1 ก่อนและหลังการปรับปรุง

ลำดับงานย่อย	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง	
	ขั้นตอนงานย่อย	เวลา (นาที)	ขั้นตอนงานย่อย	เวลา (นาที)
1	ตั้งค่า Program Traceability	0.23	ตั้งค่า Program Traceability	0.23
2	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	1.17	เปลี่ยน Screw Position Jig	3.08
3	เปลี่ยน Screw Position Jig	3.08	เปลี่ยน Screw Driver	0.93
4	เปลี่ยน Screw Driver	0.93	เปลี่ยน Screw Feeder	0.40
5	เปลี่ยน Screw Feeder	0.40	ตั้งค่า Screw Counter	0.27
6	ตั้งค่า Screw Counter	0.27	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	1.07
7	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	1.07	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	2.47
8	นำ Unit Part Pallet Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	0.50		
9	นำ Unit Part Pallet Jig รุ่นใหม่เข้าสายการประกอบ	0.75		
10	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	2.47		
	รวม	**10.87**	**รวม**	**8.45**

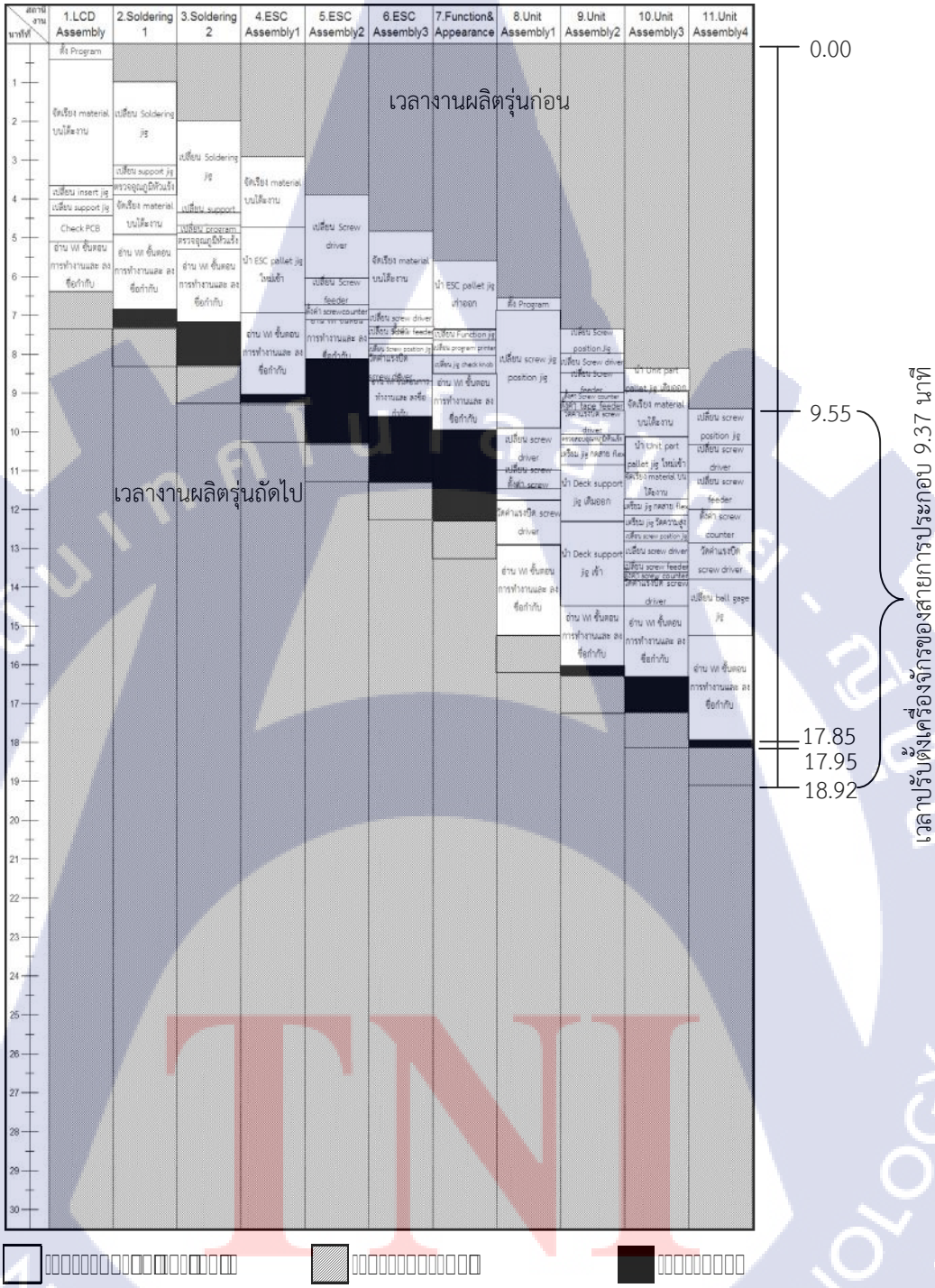
ตารางที่ 3.11 ขั้นตอนงานย่อยสถานีงานที่ 10 Unit Assembly 3 ก่อนและหลังการปรับปรุง

ลำดับงานย่อย	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง	
	ขั้นตอนงานย่อย	เวลา (นาที)	ขั้นตอนงานย่อย	เวลา (นาที)
1	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	0.27	นำ Unit Part Pallet Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	0.50
2	เตรียม Jig กดสาย Flex	0.37	นำ Unit Part Pallet Jig รุ่นใหม่เข้าสายการประกอบ	0.75
3	เตรียม Jig วัดความสูง	0.37	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงานสถานีงานที่ 8	1.17
4	เปลี่ยน Screw Position Jig	0.25	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงานสถานีงานที่ 10	0.27
5	เปลี่ยน Screw Driver	0.50	เตรียม Jig กดสาย Flex	0.37
6	เปลี่ยน Screw Feeder	0.25	เตรียม Jig วัดความสูง	0.37
7	ตั้งค่า Screw Counter	0.13	เปลี่ยน Screw Position Jig	0.25
8	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	0.70	เปลี่ยน Screw Driver	0.50
9	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	1.92	เปลี่ยน Screw Feeder	0.25
10			ตั้งค่า Screw Counter	0.13
11			วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	0.70
12			อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	1.92
	รวม	**4.75**	**รวม**	**7.17**

จากการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรครั้งที่ 2 ที่สถานีงานที่ 4 (ESC Assembly 1) และสถานีที่ 8 (Unit Assembly 1) โดยใช้วิธีการสมดุลย์การทำงานปรับตั้งเครื่องจักร (Line Balancing) และใช้หลักการ ECRS ในหัวข้อ การจัดเรียงงานใหม่ (Rearrange) ดังที่กล่าวมาข้างต้น นำมาเขียนเป็นแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ เพื่อเปรียบเทียบเวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบกรณีศึกษาหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 หัวข้อ 3.7 และเวลารอคอย ดังรูป 3.11 สรุปเวลารอคอยของแต่ละสถานีงานหลังการปรับปรุงครั้งที่ 2 ดังตารางที่ 3.12 รายละเอียดในภาคผนวก ก ตารางที่ ข.3

ตารางที่ 3.12 เวลารอคอยในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานหลังการปรับปรุงครั้งที่ 2

สถานีงาน	เวลารอคอย (นาที)
1. LCD Assembly	0.00
2. Soldering 1	0.70
3. Soldering 2	1.45
4. ESC Assembly 1	0.30
5. ESC Assembly 2	2.32
6. ESC Assembly 3	1.67
7. Check Function & Appearance	2.30
8. Unit Assembly 1	0.00
9. Unit Assembly 2	0.02
10. Unit Assembly 3	1.20
11. Unit Assembly 4	0.10
รวม	**10.05**



รูปที่ 3.11 แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบหลังปรับปรุงครั้งที่ 2

จากรูปที่ 3.11 พบว่า ที่สถานีงานที่ 11 ผลิตชิ้นงานสุดท้ายของรุ่นก่อนหน้าเสร็จนาทีที่ 9.55 คือ เวลาหลังจากสถานีที่ 1 เริ่มปรับตั้งเครื่องจักรแล้ว หรือเป็นเวลาที่สายการประกอบได้หยุดการผลิตแล้ว เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเสร็จนาทีที่ 17.85 (เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเฉพาะสถานีที่ 11 เป็นเวลางาน 8.30 นาที ดังตารางที่ 3.3) รอชิ้นงานจากสถานีก่อนหน้าถึงนาทีที่ 17.95 (มีเวลารอคอย 0.10 นาที ดังตารางที่ 3.10) และผลิตงานชิ้นแรกของรุ่นถัดไปเสร็จนาทีที่ 18.92 (เวลาผลิตชิ้นงานแรกของรุ่นถัดมา 0.97 นาที) ดังนั้น จึงสรุปเวลาปรับตั้งเครื่องเครื่องจักรของสายการประกอบกรณีศึกษาหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 คือ

1. เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม 69.05 นาทีแรงงาน ดังตารางที่ 3.4
2. เวลารอคอยในการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม 10.05 นาที ดังตารางที่ 3.10
3. เวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบหลังการปรับปรุงครั้งที่ 9.37 นาที คือ เวลาที่ชิ้นงานรุ่นถัดไปผลิตเสร็จที่ 18.92 นาที หักออกจากเวลาที่ชิ้นงานชิ้นสุดท้ายรุ่นก่อนหน้าผลิตเสร็จที่ 9.55 นาที ดังรูป 3.11

3.9 การเปรียบเทียบ Multiple Activity Chart หลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

ผลการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรครั้งที่ 2 โดยการปรับปรุงทุกสถานีงานโดยการสมดุลย์งานปรับตั้งเครื่องจักร และวิเคราะห์โดย Multiple Activity Chart สามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรดังนี้

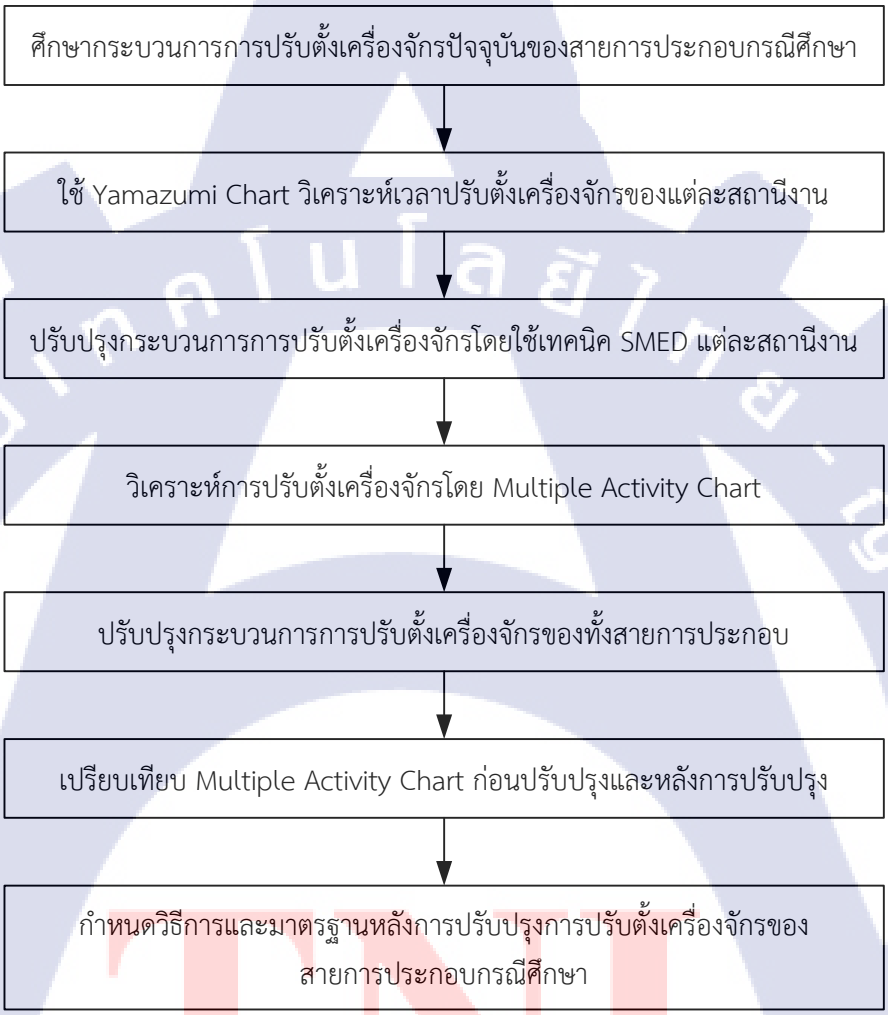
1. เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวมไม่ลดลง
2. ลดเวลารอคอยในการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม 10.05 นาที
3. ลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบ 2.42 นาที ดังตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

รายการ	**เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)**			**% การปรับปรุง**
	การปรับปรุงครั้งที่ 1	**การปรับปรุงครั้งที่ 2**	**ลดลง**	
เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรทุกสถานีงานรวม	69.05	69.05	-	-
เวลารอคอยทุกสถานีงานรวม	25.45	10.05	15.40	60.51%
เวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบ	11.79	9.37	2.42	20.53%

3.10 สรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัย การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบกรณีศึกษาที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.1-3.9 สามารถสรุปเป็นขั้นตอนการวิจัย ได้ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการดำเนินงานการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบกรณีศึกษา

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการปรับปรุงเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบกรณีศึกษา ที่กล่าวมาในบทที่ 3 สรุปผลการดำเนินงาน ได้ดังนี้

4.1 ผลการดำเนินการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรครั้งที่ 1

การลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบครั้งที่ 1 ใช้ Yamazumi Chart วิเคราะห์เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงาน ทั้งหมด 11 สถานี ขั้นตอนงานย่อยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม 84 งานย่อย เพื่อหาสถานีที่ใช้เวลางานในการปรับตั้งเครื่องจักรมากที่สุด และปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้หลักการ SMED ได้ผลการปรับปรุงดังนี้

4.1.1 ผลการลดเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรที่สถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1

การปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรสถานีงานที่ 8 (Unit Assembly 1) สามารถลดขั้นตอนงานย่อยจาก 12 งานย่อยเป็น 10 งานย่อย ลดเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร จาก 16.62 นาทีแรงงาน เป็น 10.87 นาทีแรงงาน ลดลง 5.75 นาทีแรงงาน การปรับปรุง 34.60% ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการลดเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรที่สถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1

ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน	จำนวนชิ้นงาน	เวลางาน (นาทีแรงงาน)		
			ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ลดลง
1	ตั้งค่า Program Traceability	-	0.23	0.23	-
2	เตรียม Card แสดง Part Number	7 ชิ้น	0.47	0	0.47
3	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	7 ชิ้น	1.05	0	1.05
4	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	7 รายการ	1.17	1.17	-
5	เปลี่ยน Screw Position Jig	2 ชิ้น	3.08	3.08	-
6	เปลี่ยน Screw Driver	2 เครื่อง	0.93	0.93	-
7	เปลี่ยน Screw Feeder	2 เครื่อง	0.40	0.40	-
8	ตั้งค่า Screw Counter	2 เครื่อง	0.27	0.27	-

ตารางที่ 4.1 ผลการลดเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรที่สถานีงานที่ 8 Unit Assembly 1 (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน	จำนวนชิ้นงาน	เวลางาน (นาทีแรงงาน)		
			ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ลดลง
9	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	2 เครื่อง	1.07	1.07	-
10	นำ Unit Part Pallet Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	5 ชิ้น	2.32	0.50	1.82
11	นำ Unit Part Pallet Jig รุ่นใหม่เข้าสายการประกอบ	5 ชิ้น	3.17	0.75	2.42
12	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	2.47	2.47	-
รวม			**16.62**	**10.87**	**5.75**

4.1.2 ผลการลดเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรจากการขยายผลที่สถานีงานที่ 1, 2, 4, 6 และ 10

นำวิธีการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักร ที่สถานีงานที่ 8 (Unit Assembly 1) ขยายผลที่สถานีงานที่ 1, 2, 4, 6 และ 10 สามารถลดขั้นตอนงานย่อยจาก 84 งานย่อยเป็น 72 งานย่อย ลดเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมทุกสถานีงาน จาก 78.90 นาทีแรงงาน เป็น 69.05 นาทีแรงงาน ลดลง 9.85 นาทีแรงงาน การปรับปรุง 12.48% ดังตารางที่ 3.3 และสรุปเป็นขั้นตอนและเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ขั้นตอนและเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1

สถานี	ลำดับ	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	เวลางาน (นาที แรงงาน)	รวม (นาที แรงงาน)
1. LCD Assembly (ส่วนที่ 1)	1	1	ตั้งค่า Program Traceability	-	0.47	6.48
	2	2	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	6 รายการ	3.23	
	3	3	เปลี่ยน Part insertion Jig	1 ชิ้น	0.30	
	4	4	เปลี่ยน PCB Support Jig	2 ชิ้น	0.40	
	5	5	Check PCB Number ก่อนผลิต	-	0.72	
	6	6	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	1.37	
2. Solering 1 (ส่วนที่ 1)	7	1	เปลี่ยน Soldering Jig	1 ชิ้น	2.42	5.82
	8	2	เปลี่ยน PCB Support Jig	1 ชิ้น	0.20	
	9	3	ตรวจสอบอุณหภูมิหัวแร้งและลงบันทึก	-	0.27	
	10	4	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	1 รายการ	0.90	
	11	5	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ		2.03	
3. Soldering 2 (ส่วนที่ 1)	12	1	เปลี่ยน Soldering Jig	1 ชิ้น	2.42	5.00
	13	2	เปลี่ยน PCB Support Jig ในเครื่องตรวจสอบวงจร	1 ชิ้น	0.20	
	14	3	เปลี่ยนโปรแกรมเครื่องตรวจสอบวงจร	-	0.08	
	15	4	ตรวจสอบอุณหภูมิหัวแร้งและลงบันทึก	-	0.27	
	16	5	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	2.03	

ตารางที่ 4.2 ขั้นตอนและเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	เวลางาน (นาที แรงงาน)	รวม (นาที แรงงาน)
4. ESC Part Assembly 1 (ส่วนที่ 2)	17	1	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	4 รายการ	1.92	7.93
	18	2	นำ ESC Part Pallet Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	5 ชิ้น	1.73	
	19	3	นำ ESC Part Pallet Jig ใหม่เข้าสายการประกอบ	5 ชิ้น	2.25	
	20	4	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	2.03	
5. ESC Part Assembly 2 (ส่วนที่ 2)	21	1	เปลี่ยน Screw Driver	2 เครื่อง	2.13	4.23
	22	2	เปลี่ยน Screw Feeder	2 เครื่อง	0.70	
	23	3	ตั้งค่า Screw Counter	2 เครื่อง	0.40	
	24	4	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	1.00	
6. ESC Part Assembly 3 (ส่วนที่ 2)	25	1	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	2 รายการ	2.00	4.85
	26	2	เปลี่ยน Screw Driver	1 เครื่อง	0.50	
	27	3	เปลี่ยน Screw Feeder	1 เครื่อง	0.25	
	28	4	ตั้งค่า Screw Counter	1 เครื่อง	0.13	
	29	5	เปลี่ยน Screw Position Jig	2 ชิ้น	0.33	
	30	6	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	1 เครื่อง	0.70	
	31	7	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	0.93	

ตารางที่ 4.2 ขั้นตอนและเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	เวลางาน (นาที แรงงาน)	รวม (นาที แรงงาน)
7. Function & Appearance (ส่วนที่ 2)	32	1	เปลี่ยน Function Jig	1 ชิ้น	0.23	3.87
	33	2	ตั้งค่าโปรแกรมเครื่อง Printer	-	0.28	
	34	3	เตรียม Jig วัดความสูงของ Knob	1 ชิ้น	0.47	
	35	4	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	1.47	
8. Unit Assembly 1 (ส่วนที่ 3)	36	1	ตั้งค่า Program Traceability	-	0.23	10.87
	37	2	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	7 รายการ	1.17	
	38	3	เปลี่ยน Screw Position Jig	2 ชิ้น	3.08	
	39	4	เปลี่ยน Screw Driver	2 เครื่อง	0.93	
	40	5	เปลี่ยน Screw Feeder	2 เครื่อง	0.40	
	41	6	ตั้งค่า Screw Counter	2 เครื่อง	0.27	
	42	7	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	2 เครื่อง	1.07	
	43	8	นำ Unit Part Pallet Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	5 ชิ้น	0.50	
	44	9	นำ Unit Part Pallet Jig รุ่นใหม่เข้าสายการประกอบ	5 ชิ้น	0.75	
	45	10	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	2.47	

ตารางที่ 4.2 ขั้นตอนและเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	เวลางาน (นาทีแรงงาน)	รวม (นาทีแรงงาน)
9. Unit Assembly 2 (ส่วนที่ 3)	46	1	เปลี่ยน Screw Position Jig	2 ชิ้น	0.70	8.37
	47	2	เปลี่ยน Screw Driver	1 เครื่อง	0.50	
	48	3	เปลี่ยน Screw Feeder	2 เครื่อง	0.50	
	49	4	ตั้งค่า Screw Counter	1 เครื่อง	0.13	
	50	5	ตั้งค่า Tape Feeder	1 เครื่อง	0.13	
	51	6	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	1 เครื่อง	0.70	
	52	7	ตรวจสอบอุณหภูมิหัวแร้งและลงบันทึก	-	0.25	
	53	8	เตรียม Jig กดสาย Flex	1 ชิ้น	0.37	
	54	9	นำ Deck Support Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	1 ชิ้น	1.48	
	55	10	นำ Deck Support Jig เข้าสายการประกอบ	1 ชิ้น	2.17	
	56	11	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	1.43	
10. Unit Assembly 4 (ส่วนที่ 3)	57	1	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	1 รายการ	0.27	4.75
	58	2	เตรียม Jig กดสาย Flex	1 ชิ้น	0.37	
	59	3	เตรียม Jig วัดความสูง	1 ชิ้น	0.37	
	60	4	เปลี่ยน Screw Position Jig	1 ชิ้น	0.25	
	61	5	เปลี่ยน Screw Driver	1 เครื่อง	0.50	
	62	6	เปลี่ยน Screw Feeder	1 เครื่อง	0.25	
	63	7	ตั้งค่า Screw Counter	1 เครื่อง	0.13	
	64	8	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	1 เครื่อง	0.70	
	65	9	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	1.92	

ตารางที่ 4.2 ขั้นตอนและเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	เวลางาน (นาที แรงงาน)	รวม (นาที แรงงาน)
	66	1	เปลี่ยน Screw Position Jig	2 ชิ้น	0.93	
	67	2	เปลี่ยน Screw Driver	1 เครื่อง	0.67	
	68	3	เปลี่ยน Screw Feeder	1 เครื่อง	0.92	
	69	4	ตั้งค่า Screw Counter	1 เครื่อง	0.80	
	70	5	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	1 เครื่อง	0.87	8.30
	71	6	เปลี่ยน Ball Gage	1 ชิ้น	1.45	
	72	7	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	2.67	
รวม						**69.05**

4.2 ผลการดำเนินการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรครั้งที่ 2

การปรับปรุงครั้งที่ 2 ดำเนินการปรับปรุงเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของทั้งสายการประกอบได้ผลลัพธ์ ดังนี้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ Multiple Activity Chart ของสายการประกอบ

ใช้ Multiple Activity Chart หาความสัมพันธ์เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรและเวลารอคอยของสายการประกอบ พบว่า สถานีงานที่ 4 (ESC Assembly 1) และสถานีที่ 8 (Unit Assembly 1) เป็นสถานีงานที่เป็นคอขวดการปรับตั้งเครื่องจักร ดังรูปที่ 3.7 เนื่องจากใช้เวลางานในการปรับตั้งเครื่องจักรมากเกินไป ทำให้สถานีงานอื่นเกิดการรอคอย และทำให้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรของทั้งสายการประกอบยาวนานขึ้น

4.2.2 ใช้การสมดุลย์งานปรับตั้งเครื่องจักร และการจัดเรียงงานใหม่ ในการปรับปรุงเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร

สถานีงานที่ 4 (ESC Assembly 1) และสถานีที่ 8 (Unit Assembly 1) โดยย้ายขั้นตอนงานย่อย 1 ขั้นตอน จากสถานีงานที่ 4 (ESC Assembly 1) ให้กับสถานีงานที่ 7 (Function & Appearance Check) ดังตารางที่ 3.7 และย้ายขั้นตอนงานย่อย 3 ขั้นตอน จากสถานีงานที่ 8

(Unit Assembly 1) ให้กับสถานีงานที่ 10 (Unit Assembly 3) ดังตารางที่ 3.10 สามารถลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ จาก 17.54 นาที เป็น 9.37 นาที ลดลง 8.17 นาที การปรับปรุง 46.58% และลดเวลารอคอยทุกสถานีงานรวม จาก 48.37 นาที เป็น 10.05 นาที ลดลง 38.32 นาที การปรับปรุง 79.22% ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบและลดเวลารอคอย

รายการ	**เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)**			**%**
	ก่อน การปรับปรุง	**การปรับปรุง ครั้งที่ 2**	**ลดลง**	**การ ปรับปรุง**
เวลาปรับตั้งเครื่องจักรสายการประกอบ	17.54	9.37	8.17	46.58%
เวลารอคอยทุกสถานีงานรวม	48.37	10.05	38.32	79.22%

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยและดำเนินการปรับปรุงเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายประกอบกรณีศึกษาดังที่กล่าวมาแล้ว ในบทที่ 3 และบทที่ 4 สามารถสรุป ได้ดังนี้

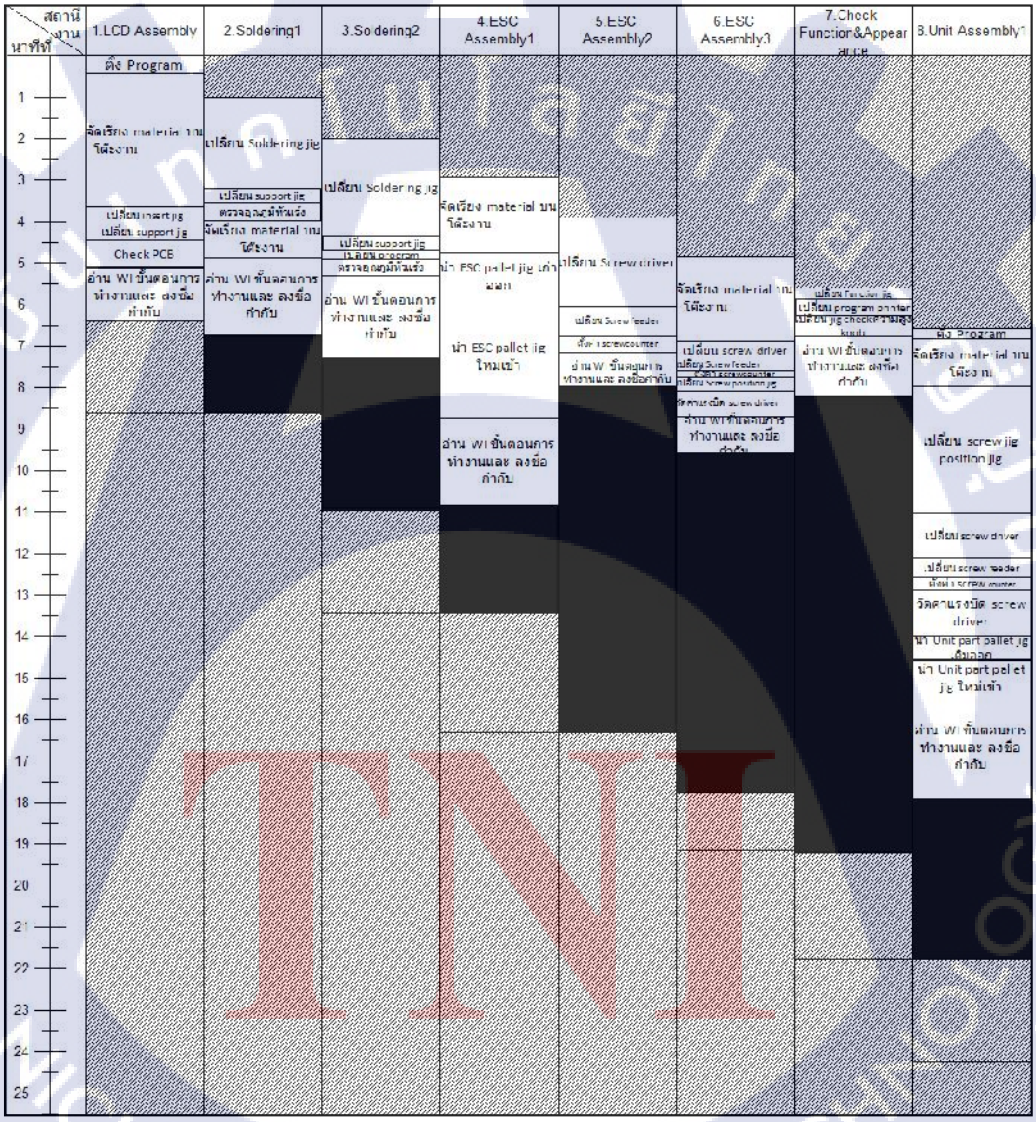
5.1 บทสรุปของงานวิจัย

1. การวิจัยและดำเนินการปรับปรุงเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายประกอบกรณีศึกษานี้ สามารถลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ จาก 17.54 นาที เป็น 9.37 นาที ซึ่งเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว ทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ เวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบลดลง 50% ของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรปัจจุบัน หรือ ใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (ไม่เกิน 10 นาที)

2. ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย คือ ลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ และลดเวลารอคอยในการปรับตั้งเครื่องจักรที่เป็นงานไม่เกิดคุณค่า ทำให้เพิ่มอัตราเดินเครื่องให้เครื่องจักร (Availability) และเพิ่มอัตราการใช้งานของสายการประกอบ (Utilization) ให้เกิดผลผลิตสูงสุด สายการประกอบมีกำลังการผลิต (Capacity) มากขึ้นและมีความยืดหยุ่น พนักงานมีความเข้าใจถึงความสำคัญและร่วมมือกันในการเพิ่มสมรรถภาพการทำงาน เพื่อลดต้นทุนการผลิตของบริษัท

3. การปรับปรุงเพื่อลดเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงาน เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการปรับปรุงเวลาปรับตั้งเครื่องจักรเฉพาะเครื่องของสายการประกอบ เนื่องจากในสายการประกอบที่ต่อเนื่อง ประกอบด้วยหลายสถานีงาน และหลายพนักงานผลิตนั้น การทำงานปรับตั้งเครื่องจักรของแต่ละสถานีงานจะมีความสัมพันธ์ และสอดคล้องกันในเรื่องลำดับเวลาปรับตั้งเครื่องจักรและการรอคอยกันที่เกิดขึ้น จากการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการผลิตที่ต่อเนื่อง ดังนั้นต้องวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์นี้ จึงจะทำให้สามารถลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรได้อย่างมีสมรรถภาพ

4. ในสายการผลิตที่ต่อเนื่อง ประกอบด้วยหลายสถานีงาน และหลายพนักงานผลิต นอกจากจะออกแบบการผลิตให้แต่ละสถานีงานมีเวลารอบการทำงาน (Cycle Time) ที่ใกล้เคียงกัน คือ Line Balancing Cycle Time ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญเบื้องต้น นอกจากนั้นสิ่งที่ขาดไม่ได้ ควรคำนึงถึงเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานที่ใกล้เคียงกันด้วย เนื่องจากทำให้ลดเวลาสูญเสียจากการรอคอยแต่ละสถานีงาน และทำให้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรของทั้งสายสายการผลิตรวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ เรียกว่า Setup Time Balancing.


สถานีงาน
นาทีที่
1.LCD Assembly
2.Soldering1
3.Soldering2
4.ESC Assembly1
5.ESC Assembly2
6.ESC Assembly3
7.Check Function&Appear
8.Unit Assembly1
ติ๊ง Program
จัดเรียง material บนโต๊ะงาน
เปลี่ยน Soldering jig
เปลี่ยน support jig
ตรวจอุณหภูมิหัวแร้ง
จัดเรียง material บนโต๊ะงาน
เปลี่ยน support jig
เปลี่ยน program
ตรวจอุณหภูมิหัวแร้ง
เปลี่ยน insert jig
เปลี่ยน support jig
Check PCB
อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและ ลงชื่อกำกับ
อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและ ลงชื่อกำกับ
อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและ ลงชื่อกำกับ
จัดเรียง material บนโต๊ะงาน
นำ ESC pallet jig เก่าออก
นำ ESC pallet jig ใหม่เข้า
อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและ ลงชื่อกำกับ
เปลี่ยน Screw driver
เปลี่ยน Screw feeder
ตั้งค่า screwcounter
อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและ ลงชื่อกำกับ
จัดเรียง material บนโต๊ะงาน
เปลี่ยน screw driver
เปลี่ยน Screw feeder
ตั้งค่า screwcounter
เปลี่ยน screw position jig
วัดความแน่น screw driver
อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและ ลงชื่อกำกับ
เปลี่ยน program scanner
เปลี่ยน jig check ความสูง body
อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและ ลงชื่อกำกับ
ติ๊ง Program
จัดเรียง material บนโต๊ะงาน
เปลี่ยน screw jig position jig
เปลี่ยน screw driver
เปลี่ยน screw feeder
ตั้งค่า screw counter
วัดความแน่น screw driver
นำ Unit part pallet jig เก่าออก
นำ Unit part pallet jig ใหม่เข้า
อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและ ลงชื่อกำกับ

6. ในงานวิจัยนี้ ไม่ได้ดำเนินการปรับปรุงเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรที่ เนื่องจากต้องการเป็นข้อมูลเทียบเคียง (Bench Marking) ของการดำเนินการวิจัย เพื่อใช้บรรทัดฐานในการเปรียบเทียบการปรับปรุงที่เป็นประเด็นหลักของงานวิจัยนี้ ดังนั้น การปรับปรุงในอนาคตต่อไปนี้ควรได้รับการปรับปรุงเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร อาจใช้เครื่องมือ SMED, KAIZEN และ ECRS โดยเฉพาะเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรที่ยาว ต้องได้รับการปรับปรุงเป็นกรณีแรก

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากบทสรุปงานวิจัย ข้อที่ 5 ซึ่งพบว่า ถ้ารอบเวลากระบวนการผลิตชิ้นงาน (Cycle Time) ที่ยาว หรือใกล้เคียงกันกับเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรนั้น จะไม่ได้รับผลกระทบจากการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ เนื่องจากเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรจะถูกดูดกลืน (Absorb) โดยรอบเวลากระบวนการผลิตชิ้นงาน (Cycle Time) แต่ในทางกลับกัน ถ้าหากรอบเวลากระบวนการผลิตชิ้นงานที่สั้น จะเกิดผลกระทบจากการเวลาปรับตั้งเครื่องจักรนั้น ยังไม่สามารถระบุให้ชัดเจนได้ว่ารอบเวลากระบวนการผลิตชิ้นงานที่ยาว หรือสั้น เมื่อเทียบกับเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร คือ จำนวนเวลาเท่าใด และจะส่งผลกระทบต่อเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบที่สถานีงานใด

ดังนั้น ในอนาคต ผู้วิจัยหรือผู้สนใจการปรับปรุงเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบอาจวิจัยเพิ่มเติม โดยนำหลักการแบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Simulation) มาใช้ในการระบุ รอบเวลากระบวนการผลิตชิ้นงาน ที่มีผลต่อเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบ ให้ชัดเจนมากขึ้น เพื่อช่วยให้สามารถตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว ในการเลือกสายการประกอบ หรือสถานีงานที่จะปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักรเป็นลำดับต่อไป

TNI
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

[1] J. Heizer and B. Render, Operations management, England: Pearson Education, 2013.

[2] Nullzerobot, *"ชั่วโมงแรงงาน,"* [Online]. Available : https://th.m.wikipedia.org/wiki/ชั่วโมงแรงงาน. [Accessed : 29 กุมภาพันธ์ 2559].

[3] พรเทพ เหลือทรัพย์สุข, *การปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว Quick Changeover for Operator : The SMED System,* กรุงเทพฯ : อี.ไอ.สแควร์, 2550.

[4] Manida Chaveewong, "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, 2010.

[5] วันชัย ริจิรวนิช, *การศึกษาการทำงาน : หลักการและกรณีศึกษา,* กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.

[6] วิโรจน์ ลักขณาอดิสร, *ลีนอย่างไร...สร้างกำไรให้องค์กร (Profitable Lean Manufacturing),* กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2552.

[7] ประเสริฐ อัครประถมพงศ์, *"การลดความสูญเปล่า ด้วยหลักการ ECRS,"* [Online]. Available : http://cpico.wordpress.com/2009/11/29/การลดความสูญเปล่า. [Accessed : 20 เมษายน 2558].

[8] D. V. Goubergen and H. V. Landeghem, "Reducing set-up times of manufacturing lines," *International conference on flexible automation and intelligent manufacturing 2002,* Dresden, Germany, April 23-25, 2002, pp. 144-150.

[9] D. V. Goubergen, "Set-up time reduction as an organization-wide problem," *The Solutions 2000 conference,* Ohio, USA, May 22-24, 2000, pp. 312-319.

[10] D. V. Goubergen et al. "An integrated methodology for more effective set-up reduction," *IIE SOLUTIONS 2001 Conference,* Dallas, USA, May 21-23, 2001, pp. 86-93.

[11] A. C. Moreira and G. S. Campos, "Single minute exchange of die : A case study implementation," *Journal of Technology Management & Innovation,* vol. 6, no.1, pp. 126-146, March 2011.

[12] วันชัย ลีลากวีวงศ์ และคณะ, “การลดเวลาในการปรับตั้งค่าเครื่องจักร กรณีศึกษา โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์,” *การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติประจำปี 2554,* OR-NET, กรุงเทพฯ, 8-9 กันยายน 2554, หน้า 169-176.

[13] M. Faccio, “Setup time reduction : SMED-balancing integrated model for manufacturing systems with automated transfer,” *International Journal of Engineering and Technology,* vol. 5, no.5, pp. 4075-4084, October-November 2013.

[14] R. M. Yashwant and K. H. Inadar, “Changeover time reduction using SMED technique of lean manufacturing,” *International Journal of Engineering Research and Applications,* vol. 2, no.3, pp. 2,411-2,445, July 2012.

[15] B. Boztinaztepe and F. Canan, *“Changeover time reduction using SMED technique of lean manufacturing,”* [Online]. Available : http://www.essays.se/ essay/e1725aaf2d. [Accessed : November 27, 2015].

[16] M. Cakmakci, “Process improvement: performance analysis of the setup time reduction- SMED in the automobile industry,” *International Journal Advance Manufacturing Technology,* vol. 33, no.5 pp. 334-344, July 2006.

[17] M. Cakmakci and M. K. Karasu, “Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-USA: A study of application in a large size company of automobile industry,” *International Journal Advance Manufacturing Technology,* vol. 41, no.2 pp. 168-179, May 2009.

[18] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, *การศึกษางานอุตสาหกรรม,* กรุงเทพฯ : ท๊อป, 2552.

[19] C. D. Montgomery and C. G. Runger, Applied statistic and probability for engineers, USA : John Wiley & Sons, 2014.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การศึกษางาน (Work Study) ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง

ผู้วิจัยได้หาค่าเวลาการปฏิบัติงาน โดยการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง จากเวลารอบการทำงาน (Cycle Time) รุ่นการผลิตและเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรของสายประกอบกรณีศึกษาก่อนการปรับปรุง ดังนี้

ตารางที่ ก.1 เวลารอบการทำงาน (Cycle Time) รุ่นการผลิตกรณีศึกษา

สถานี	ครั้งที่จับเวลา (วินาที)										ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. LCD Assembly	58.6	57.6	56.9	60.0	58.0	58.6	58.0	59.5	56.9	57.4	58.1
2. Soldering 1	55.1	56.3	54.9	57.1	56.6	57.1	57.3	55.7	55.1	54.7	56.0
3. Soldering 2	61.1	60.3	60.4	59.0	59.4	60.6	59.0	58.4	59.2	60.6	59.8
4. ESC Assembly 1	58.4	57.0	57.3	57.1	57.0	55.1	56.8	56.9	57.9	57.7	57.1
5. ESC Assembly 2	54.1	54.2	53.9	55.1	53.8	53.0	55.0	52.9	54.5	55.0	54.1
6. ESC assembly 3	56.1	56.1	56.6	54.4	56.1	56.7	55.8	56.3	56.5	55.8	56.0
7. Check Function & Appearance	58.9	57.9	59.0	58.0	57.7	58.6	56.4	59.0	58.3	58.1	58.2
8. Unit Assembly 1	54.4	55.6	55.8	56.0	54.9	54.5	55.0	55.2	55.3	54.9	55.2
9. Unit Assembly 2	59.0	60.0	59.0	58.8	59.4	59.1	59.2	58.7	58.4	59.0	59.0
10. Unit Assembly 3	60.7	61.1	59.6	60.4	59.9	59.6	59.4	58.7	60.5	60.3	60.0
11. Unit Assembly 4	58.4	59.0	57.4	58.1	58.5	58.4	59.1	57.7	58.3	57.9	58.3
รวม	634.8	635.1	630.7	634.0	631.3	631.2	631.0	629.1	630.8	631.1	631.9

TNI
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

ตารางที่ ก.2 ขั้นตอนงานย่อยและเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีก่อนการปรับปรุง

สถานี	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	ครั้งที่จับเวลา (นาทีแรงงาน)										ค่าเฉลี่ย
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. LCD Assembly (ส่วนที่ 1)	1	ตั้งค่า Program Traceability	-	0.46	0.48	0.45	0.48	0.48	0.47	0.46	0.46	0.45	0.49	0.47
	2	เตรียม Card แสดง Part Number	6 ชิ้น	0.92	0.90	0.90	0.90	0.91	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
	3	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	6 ชิ้น	0.67	0.64	0.66	0.70	0.70	0.69	0.67	0.66	0.67	0.67	0.67
	4	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	6 รายการ	3.19	3.22	3.24	3.21	3.23	3.24	3.24	3.25	3.25	3.22	3.23
	5	เปลี่ยน Part Insertion jig	1 ชิ้น	0.31	0.30	0.30	0.32	0.30	0.31	0.32	0.30	0.30	0.29	0.30
	6	เปลี่ยน PCB Support Jig	2 ชิ้น	0.40	0.38	0.41	0.40	0.41	0.42	0.39	0.39	0.41	0.40	0.40
	7	Check PCB Number ก่อนผลิต	-	0.72	0.73	0.74	0.71	0.72	0.73	0.72	0.71	0.72	0.71	0.72
	8	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	1.39	1.35	1.37	1.37	11.40	1.36	1.36	1.38	1.37	1.38	1.37

ตารางที่ ก.2 ขั้นตอนงานย่อยและเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	ครั้งที่จับเวลา (นาทีแรงงาน)										ค่าเฉลี่ย
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2. Soldering 1 (ส่วนที่ 1)	9	เปลี่ยน Soldering Jig	1 ชิ้น	2.41	2.41	2.42	2.42	2.43	2.42	2.42	2.41	2.41	2.41	2.42
	10	เปลี่ยน PCB Support Jig	1 ชิ้น	0.21	0.19	0.18	0.22	0.21	0.19	0.20	0.21	0.20	0.20	0.20
	11	ตรวจสอบอุณหภูมิหัวแร้งและลงบันทึก	-	0.27	0.27	0.29	0.26	0.26	0.28	0.27	0.27	0.26	0.27	0.27
	12	เตรียม Card แสดง Part Number	1 ชิ้น	0.14	0.15	0.17	0.14	0.16	0.16	0.16	0.15	0.14	0.14	0.15
	13	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	1 ชิ้น	0.17	0.17	0.19	0.17	0.16	0.17	0.15	0.16	0.16	0.18	0.17
	14	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	1 รายการ	0.89	0.90	0.91	0.91	0.88	0.89	0.90	0.91	0.89	0.90	0.90
	15	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ		2.05	2.03	2.01	2.00	2.02	2.06	2.02	2.01	2.03	2.03	2.03

ตารางที่ ก.2 ขั้นตอนงานย่อยและเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	ครั้งที่จับเวลา (นาทีแรงงาน)										ค่าเฉลี่ย
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3. Soldering 2 (ส่วนที่ 1)	16	เปลี่ยน Soldering Jig	1 ชิ้น	2.44	2.43	2.41	2.42	2.43	2.42	2.41	2.41	2.41	2.42	2.42
	17	เปลี่ยน PCB Support Jig ในเครื่องตรวจสอบวงจร	1 ชิ้น	0.19	0.21	0.20	0.19	0.20	0.19	0.21	0.20	0.18	0.20	0.20
	18	เปลี่ยนโปรแกรมเครื่องตรวจสอบวงจร	-	0.09	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	19	ตรวจสอบอุณหภูมิหัวแร้งและลงบันทึก	-	0.26	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.28	0.27
	20	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	2.02	2.04	2.01	2.03	2.02	2.00	2.04	2.06	2.02	2.03	2.03
4. ESC Part Assembly 1 (ส่วนที่ 2)	21	เตรียม Card แสดง Part Number	4 ชิ้น	0.61	0.61	0.61	0.59	0.62	0.63	0.60	0.59	0.59	0.59	0.60
	22	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	4 ชิ้น	0.67	0.69	0.67	0.66	0.65	0.69	0.67	0.68	0.65	0.66	0.67
	23	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	4 รายการ	1.92	1.95	1.94	1.90	1.90	1.91	1.91	1.92	1.93	1.94	1.92
	24	นำ ESC Part Pallet Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	5 ชิ้น	1.71	1.74	1.73	1.75	1.73	1.69	1.71	1.75	1.76	1.73	1.73

ตารางที่ ก.2 ขั้นตอนงานย่อยและเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	ครั้งที่จับเวลา (นาทีแรงงาน)										ค่าเฉลี่ย
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	25	นำ ESC part pallet jig ใหม่เข้าสายการประกอบ	5 ชิ้น	2.24	2.26	2.26	2.27	2.22	2.26	2.24	2.25	2.27	2.24	2.25
	26	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	2.04	2.02	2.01	2.05	2.04	2.00	2.06	2.04	2.03	2.02	2.03
5. ESC Part Assembly 2 (ส่วนที่ 2)	27	เปลี่ยน Screw Driver	2 เครื่อง	2.13	2.11	2.13	2.11	2.10	2.15	2.12	2.14	2.15	2.14	2.13
	28	เปลี่ยน Screw Feeder	2 เครื่อง	0.69	0.69	0.71	0.69	0.70	0.71	0.69	0.69	0.72	0.70	0.70
	29	ตั้งค่า Screw Counter	2 เครื่อง	0.42	0.39	0.39	0.42	0.41	0.39	0.39	0.41	0.39	0.40	0.40
	30	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	0.99	1.01	1.03	1.00	1.00	1.00	0.99	1.01	1.02	0.98	1.00

ตารางที่ ก.2 ขั้นตอนงานย่อยและเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	ครั้งที่จับเวลา (นาทีแรงงาน)										ค่าเฉลี่ย
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
6. ESC Part Assembly 3 (ส่วนที่ 2)	31	เตรียม Card แสดง Part Number	2 ชิ้น	0.29	0.31	0.30	0.31	0.33	0.32	0.30	0.31	0.30	0.29	0.30
	32	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	2 ชิ้น	0.32	0.35	0.33	0.34	0.33	0.32	0.31	0.31	0.32	0.33	0.33
	33	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	2 รายการ	2.02	2.06	2.01	1.98	2.00	1.99	1.98	1.99	2.00	2.02	2.00
	34	เปลี่ยน Screw Driver	1 เครื่อง	0.49	0.51	0.53	0.47	0.49	0.48	0.50	0.51	0.52	0.51	0.50
	35	เปลี่ยน Screw Feeder	1 เครื่อง	0.27	0.25	0.25	0.22	0.26	0.26	0.25	0.23	0.25	0.24	0.25
	36	ตั้งค่า Screw Counter	1 เครื่อง	0.12	0.11	0.12	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.12	0.13
	37	เปลี่ยน Screw Position Jig	2 ชิ้น	0.33	0.32	0.31	0.32	0.34	0.31	0.33	0.33	0.34	0.34	0.33
	38	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	1 เครื่อง	0.72	0.69	0.71	0.73	0.70	0.69	0.69	0.68	0.69	0.68	0.70
	39	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	0.95	0.92	0.94	0.92	0.92	0.90	0.93	0.90	0.94	0.95	0.93

ตารางที่ ก.2 ขั้นตอนงานย่อยและเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	ครั้งที่จับเวลา (นาทีแรงงาน)										ค่าเฉลี่ย
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
7. Function & Appearance (ส่วนที่ 2)	40	เปลี่ยน Function Jig	1 ชิ้น	0.22	0.23	0.24	0.22	0.23	0.24	0.24	0.23	0.22	0.24	0.23
	41	ตั้งค่าโปรแกรมเครื่อง Printer	-	0.27	0.25	0.28	0.29	0.28	0.26	0.26	0.28	0.29	0.29	0.28
	42	เตรียม Jig วัดความสูงของ Knob	1 ชิ้น	0.49	0.48	0.47	0.47	0.48	0.49	0.46	0.47	0.45	0.46	0.47
	43	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	1.49	1.47	1.48	1.49	1.46	1.44	1.48	1.50	1.45	1.46	1.47
8. Unit Assembly 1 (ส่วนที่ 3)	44	ตั้งค่า Program Traceability	-	0.21	0.23	0.23	0.24	0.23	0.23	0.21	0.23	0.23	0.23	0.23
	45	เตรียม Card แสดง Part Number	7 ชิ้น	0.46	0.47	0.47	0.50	0.50	0.48	0.48	0.47	0.46	0.46	0.47
	46	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	7 ชิ้น	1.06	1.06	1.05	1.04	1.05	1.07	1.07	1.05	1.04	1.04	1.05
	47	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	7 รายการ	1.17	1.18	1.14	1.16	1.18	1.20	1.17	1.18	1.19	1.16	1.17
	48	เปลี่ยน Screw Position Jig	2 ชิ้น	3.07	3.11	3.05	3.08	3.09	3.10	3.08	3.06	3.08	3.05	3.08

ตารางที่ ก.2 ขั้นตอนงานย่อยและเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	ครั้งที่จับเวลา (นาทีแรงงาน)										ค่าเฉลี่ย
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	49	เปลี่ยน Screw Driver	2 เครื่อง	0.93	0.95	0.94	0.91	0.89	0.93	0.93	0.93	0.91	0.93	0.93
	50	เปลี่ยน Screw Feeder	2 เครื่อง	0.41	0.42	0.39	0.40	0.41	0.41	0.38	0.39	0.40	0.40	0.40
	51	ตั้งค่า Screw Counter	2 เครื่อง	0.27	0.29	0.26	0.28	0.28	0.26	0.26	0.26	0.27	0.26	0.27
	52	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	2 เครื่อง	1.06	1.08	1.08	1.05	1.07	1.06	1.07	1.08	1.05	1.06	1.07
	53	นำ Unit Part Pallet Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	5 ชิ้น	2.32	2.32	2.34	2.31	2.33	2.32	2.31	2.34	2.34	2.32	2.32
	54	นำ Unit Part Pallet Jig รุ่นใหม่เข้าสายการประกอบ	5 ชิ้น	3.19	3.14	3.14	3.16	3.19	3.16	3.18	3.16	3.17	3.18	3.17
	55	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	2.50	2.48	2.47	2.46	2.47	2.46	2.46	2.47	2.47	2.49	2.47

ตารางที่ ก.2 ขั้นตอนงานย่อยและเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	ครั้งที่จับเวลา (นาทีแรงงาน)										ค่าเฉลี่ย
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
9. Unit Assembly 2 (ส่วนที่ 3)	56	เปลี่ยน Screw Position Jig	2 ชิ้น	0.70	0.71	0.70	0.70	0.69	0.70	0.68	0.66	0.73	0.71	0.70
	57	เปลี่ยน Screw Driver	1 เครื่อง	0.49	0.48	0.49	0.51	0.51	0.53	0.53	0.49	0.49	0.48	0.50
	58	เปลี่ยน Screw Feeder	2 เครื่อง	0.54	0.52	0.51	0.48	0.49	0.49	0.49	0.51	0.50	0.50	0.50
	59	ตั้งค่า Screw Counter	1 เครื่อง	0.13	0.12	0.13	0.14	0.14	0.12	0.12	0.12	0.12	0.14	0.13
	60	ตั้งค่า Tape Feeder	1 เครื่อง	0.11	0.12	0.14	0.15	0.13	0.12	0.14	0.13	0.12	0.12	0.13
	61	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	1 เครื่อง	0.71	0.69	0.72	0.71	0.68	0.69	0.71	0.70	0.66	0.71	0.70
	62	ตรวจสอบอุณหภูมิหัวแร้งและลงบันทึก	-	0.27	0.26	0.26	0.27	0.24	0.24	0.26	0.25	0.24	0.25	0.25
	63	เตรียม Jig กดสาย Flex	1 ชิ้น	0.33	0.35	0.37	0.38	0.33	0.35	0.39	0.37	0.39	0.39	0.37
	64	นำ Deck Support Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	1 ชิ้น	1.50	1.49	1.46	1.50	1.48	1.50	1.46	1.46	1.46	1.45	1.48
	65	นำ Deck Support Jig เข้าสายการประกอบ	1 ชิ้น	2.17	2.14	2.17	2.19	2.16	2.15	2.19	2.17	2.18	2.15	2.17
	66	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	1.40	1.43	1.42	1.46	1.45	1.44	1.42	1.43	1.41	1.43	1.43

ตารางที่ ก.2 ขั้นตอนงานย่อยและเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	ครั้งที่จับเวลา (นาทีแรงงาน)										ค่าเฉลี่ย
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10. Unit Assembly 3 (ส่วนที่ 3)	67	เตรียม Card แสดง Part Number	1 ชิ้น	0.15	0.15	0.15	0.16	0.13	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.15
	68	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	1 ชิ้น	0.19	0.21	0.18	0.16	0.16	0.18	0.16	0.17	0.15	0.16	0.17
	69	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	1 รายการ	0.29	0.29	0.27	0.26	0.27	0.25	0.26	0.27	0.29	0.27	0.27
	70	เตรียม Jig กดสาย Flex	1 ชิ้น	0.35	0.39	0.39	0.37	0.35	0.36	0.35	0.39	0.37	0.38	0.37
	71	เตรียม Jig วัดความสูง	1 ชิ้น	0.34	0.37	0.37	0.36	0.35	0.39	0.36	0.37	0.38	0.38	0.37
	73	เปลี่ยน Screw Driver	1 เครื่อง	0.47	0.49	0.51	0.51	0.52	0.47	0.48	0.49	0.50	0.52	0.50
	74	เปลี่ยน Screw Feeder	1 เครื่อง	0.24	0.26	0.26	0.28	0.27	0.26	0.25	0.25	0.24	0.24	0.25
	75	ตั้งค่า Screw Counter	1 เครื่อง	0.13	0.13	0.14	0.11	0.12	0.13	0.12	0.11	0.13	0.14	0.13
	76	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	1 เครื่อง	0.67	0.70	0.70	0.73	0.72	0.68	0.69	0.72	0.70	0.70	0.70
	77	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	1.92	1.94	1.91	1.89	1.95	1.93	1.92	1.91	1.92	1.94	1.92

ตารางที่ ก.2 ขั้นตอนงานย่อยและเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	จำนวนงาน	ครั้งที่จับเวลา (นาทีแรงงาน)										ค่าเฉลี่ย
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
11. Unit Assembly 4 (ส่วนที่ 3)	78	เปลี่ยน Screw Position Jig	2 ชิ้น	0.92	0.93	0.92	0.92	0.90	0.93	0.93	0.93	0.95	0.94	0.93
	79	เปลี่ยน Screw Driver	2เครื่อง	0.67	0.69	0.70	0.69	0.66	0.66	0.67	0.65	0.66	0.65	0.67
	80	เปลี่ยน Screw Feeder	1 เครื่อง	0.89	0.90	0.92	0.94	0.92	0.96	0.94	0.92	0.91	0.92	0.92
	81	ตั้งค่า Screw Counter	2เครื่อง	0.80	0.81	0.95	0.80	0.77	0.78	0.79	0.77	0.79	0.78	0.80
	82	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	1 เครื่อง	0.87	0.87	0.88	0.89	0.88	0.87	0.88	0.88	0.86	0.87	0.87
	83	เปลี่ยน Ball Gage	1 ชิ้น	1.48	1.45	1.44	1.47	1.46	1.49	1.42	1.46	1.45	1.45	1.45
	84	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	-	2.68	2.71	2.68	2.70	2.69	2.65	2.66	2.64	2.68	2.65	2.67
รวม				**78.85**	**79.14**	**79.18**	**79.09**	**78.88**	**78.94**	**78.72**	**78.78**	**78.84**	**78.82**	**78.90**

นำหลักสถิติมาใช้ในการตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการจับเวลางานย่อย เพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องแม่นยำ และน่าเชื่อถือ โดยใช้การศึกษาเวลาโดยตรง (Direct Time Study) กำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ ± 5% และมีระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ซึ่งการคำนวณหารอบในการจับเวลาที่เหมาะสมในกรณีที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อยกว่า 30 ค่า ซึ่ง S^2 หรือ Sample Valiance จะมีค่าแปรปรวนสูง ในกรณีนี้ควรใช้ T-Distribution [18], [19] ซึ่งจะมีค่า Standard Error ของข้อมูล ดังนี้

$$S_x = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}}{n-1}$$

เมื่อ S_x = ค่าความแปรปรวนของการกระจายของตัวอย่าง

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

X_i = ค่าของตัวอย่าง

i = ลำดับของตัวอย่าง ตั้งแต่ตัวที่ 1 – n

n = จำนวนตัวอย่าง

และ

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}}$$

เมื่อ $S_{\bar{x}}$ = ค่าความแปรปรวนของการกระจายของค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

S_x = ค่าความแปรปรวนของการกระจายของตัวอย่าง

n = จำนวนตัวอย่าง

เมื่อค่า S_x หรือความแปรปรวนจะแปรเปลี่ยนไปตามขนาดของข้อมูล จึงควรใช้ค่าสถิติ ในการคำนวณค่าความแปรปรวน โดยค่า t หาได้จากสูตร

$$t_{\frac{a}{2}.\nu} = \frac{\bar{X} - \mu}{S_{\bar{x}}}$$

ซึ่งค่า t นี้แปรผันตามขนาดของข้อมูล หรือ Degree of Freedom ถ้าต้องการให้ค่า $\bar{X}$ คลาดเคลื่อนจากค่า μ ไม่เกิน ± 5% และมีระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และสามารถหาความคลาดเคลื่อนของข้อมูลได้จาก สูตรค่าความแม่นยำสัมพัทธ์ หรือ $|\bar{X} - \mu|$ ดังนี้

$$\text{rel.acc.} = \pm \frac{t_{\frac{a}{2}.\nu} \times S_{\bar{x}}}{\bar{X}} \times 100\%$$

เพื่อเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนที่กำหนดที่ ± 5% และมีระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ถ้ามีค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่า จึงเพิ่มค่าของ N ออกไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ค่าความแม่นยำสัมพัทธ์ (rel.acc.) ไม่เกิน ± 5% ซึ่งจากการจับเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรในแต่ละงานย่อยได้ผล ดังตารางที่ ก.3

ตารางที่ ก.3 จำนวนครั้ง (n) ในการจับเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงที่ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 5%

สถานี	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	n	$\bar{X}$	S_x	$S_{\bar{x}}$	$t_{\frac{a}{2}}$	rel.acc.	หมายเหตุ
1. LCD Assembly (ส่วนที่ 1)	1	ตั้งค่า Program Traceability	10	0.47	0.0135	0.0043	2.262	2.07%	
	2	เตรียม Card แสดง Part Number	10	0.90	0.0068	0.0022	2.262	0.54%	
	3	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	10	0.67	0.0190	0.0060	2.262	2.02%	
	4	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	10	3.23	0.0193	0.0061	2.262	0.43%	
	5	เปลี่ยน Part Insertion Jig	10	0.30	0.0089	0.0028	2.262	2.09%	
	6	เปลี่ยน PCB Support Jig	10	0.40	0.0126	0.0040	2.262	2.25%	
	7	Check PCB Number ก่อนผลิต	10	0.72	0.0117	0.0037	2.262	1.16%	
	8	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	10	1.37	0.0151	0.0048	2.262	0.79%	
2. Soldering 1 (ส่วนที่ 1)	9	เปลี่ยน Soldering Jig	10	2.42	0.0070	0.0022	2.262	0.21%	
	10	เปลี่ยน PCB Support Jig	10	0.20	0.0119	0.0037	2.262	4.21%	
	11	ตรวจสอบอุณหภูมิหัวแร้งและลงบันทึก	10	0.27	0.0093	0.0029	2.262	2.45%	
	12	เตรียม Card แสดง Part Number	10	0.15	0.0093	0.0029	2.262	4.40%	

ตารางที่ ก.3 จำนวนครั้ง (n) ในการจับเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงที่ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 5% (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	n	$\bar{X}$	S_x	$S_{\bar{x}}$	$t_{\frac{a}{2}}$	rel.acc.	หมายเหตุ
	13	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	10	0.17	0.0118	0.0037	2.262	5.03%	จับเวลาเพิ่ม 5 ครั้ง
	14	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	10	0.90	0.0122	0.0038	2.262	0.97%	
	15	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	10	2.03	0.0198	0.0063	2.262	0.70%	
3. Soldering 2 (ส่วนที่ 1)	16	เปลี่ยน Soldering Jig	10	2.42	0.0104	0.0033	2.262	0.31%	
	17	เปลี่ยน PCB Support Jig ในเครื่องตรวจสอบวงจร	10	0.20	0.0083	0.0026	2.262	3.02%	
	18	เปลี่ยนโปรแกรมเครื่องตรวจสอบวงจร	10	0.08	0.0051	0.0016	2.262	4.52%	
	19	ตรวจสอบอุณหภูมิหัวแร้งและลงบันทึก	10	0.27	0.0060	0.0019	2.262	1.61%	
	20	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	10	2.03	0.0175	0.0055	2.262	0.62%	
4. ESC Part Assembly 1 (ส่วนที่ 2)	21	เตรียม Card แสดง Part Number	10	0.60	0.0144	0.0046	2.262	1.70%	
	22	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	10	0.67	0.0155	0.0049	2.262	1.66%	
	23	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	10	1.92	0.0175	0.0055	2.262	0.65%	
	24	นำ ESC Part Pallet Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	10	1.73	0.0223	0.0071	2.262	0.92%	

ตารางที่ ก.3 จำนวนครั้ง (n) ในการจับเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงที่ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 5% (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	n	$\bar{X}$	S_x	$S_{\bar{x}}$	$t_{\frac{a}{2},\nu}$	rel.acc.	หมายเหตุ
	25	นำ ESC Part Pallet Jig ใหม่เข้าสายการประกอบ	10	2.25	0.0169	0.0053	2.262	0.54%	
	26	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	10	2.03	0.0190	0.0060	2.262	0.67%	
5. ESC Part Assembly 2 (ส่วนที่ 2)	27	เปลี่ยน Screw Driver	10	2.13	0.0194	0.0061	2.262	0.65%	
	28	เปลี่ยน Screw Feeder	10	0.70	0.0103	0.0033	2.262	1.05%	
	29	ตั้งค่า Screw Counter	10	0.40	0.0115	0.0036	2.262	2.06%	
	30	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	10	1.00	0.0163	0.0052	2.262	1.16%	
6. ESC Part Assembly 3 (ส่วนที่ 2)	31	เตรียม Card แสดง Part Number	10	0.30	0.0138	0.0044	2.262	3.25%	
	32	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	10	0.33	0.0128	0.0040	2.262	2.80%	
	33	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	10	2.00	0.0248	0.0078	2.262	0.88%	
	34	เปลี่ยน Screw Driver	10	0.50	0.0184	0.0058	2.262	2.63%	
	35	เปลี่ยน Screw Feeder	10	0.25	0.0152	0.0048	2.262	4.37%	
	36	ตั้งค่า Screw Counter	10	0.13	0.0071	0.0022	2.262	3.91%	
	37	เปลี่ยน Screw Position Jig	10	0.33	0.0125	0.0040	2.262	2.75%	

ตารางที่ ก.3 จำนวนครั้ง (n) ในการจับเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงที่ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 5% (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	n	$\bar{X}$	S_x	$S_{\bar{x}}$	$t_{\frac{a}{2},\nu}$	rel.acc.	หมายเหตุ
	38	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	10	0.70	0.0178	0.0056	2.262	1.83%	
	39	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	10	0.93	0.0179	0.0057	2.262	1.38%	
7. Function & Appearance (ส่วนที่ 2)	40	เปลี่ยน Function Jig	10	0.23	0.0093	0.0029	2.262	2.88%	
	41	ตั้งค่าโปรแกรมเครื่อง Printer	10	0.28	0.0134	0.0042	2.262	3.47%	
	42	เตรียม Jig วัดความสูงของ Knob	10	0.47	0.0140	0.0044	2.262	2.13%	
	43	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	10	1.47	0.0195	0.0062	2.262	0.95%	
8. Unit Assembly 1 (ส่วนที่ 3)	44	ตั้งค่า Program Traceability	10	0.23	0.0092	0.0029	2.262	2.89%	
	45	เตรียม Card แสดง Part Number	10	0.47	0.0162	0.0051	2.262	2.44%	
	46	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	10	1.05	0.0105	0.0033	2.262	0.71%	
	47	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	10	1.17	0.0181	0.0057	2.262	1.10%	
	48	เปลี่ยน Screw Position Jig	10	3.08	0.0208	0.0066	2.262	0.48%	
	49	เปลี่ยน Screw Driver	10	0.93	0.0162	0.0051	2.262	1.25%	
	50	เปลี่ยน Screw Feeder	10	0.40	0.0135	0.0043	2.262	2.39%	
	51	ตั้งค่า Screw Counter	10	0.27	0.0114	0.0036	2.262	3.04%	

ตารางที่ ก.3 จำนวนครั้ง (n) ในการจับเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงที่ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 5% (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	n	$\bar{X}$	S_x	$S_{\bar{x}}$	$t_{\frac{a}{2}}$	rel.acc.	หมายเหตุ
	52	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check sheet	10	1.06	0.0115	0.0036	2.262	0.77%	
	53	นำ Unit Part Pallet Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	10	2.32	0.0108	0.0034	2.262	0.33%	
	54	นำ Unit Part Pallet Jig รุ่นใหม่เข้าสายการประกอบ	10	3.17	0.0191	0.0061	2.262	0.43%	
	55	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	10	2.47	0.0139	0.0044	2.262	0.40%	
9. Unit Assembly 2 (ส่วนที่ 3)	56	เปลี่ยน Screw Position Jig	10	0.70	0.0199	0.0063	2.262	2.04%	
	57	เปลี่ยน Screw Driver	10	0.50	0.0196	0.0062	2.262	2.80%	
	58	เปลี่ยน Screw Feeder	10	0.50	0.0185	0.0059	2.262	2.63%	
	59	ตั้งค่า Screw Counter	10	0.13	0.0097	0.0031	2.262	5.48%	จับเวลาเพิ่ม 15 ครั้ง
	60	ตั้งค่า Tape Feeder	10	0.13	0.0100	0.0032	2.262	5.45%	จับเวลาเพิ่ม 15 ครั้ง
	61	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	10	0.70	0.0191	0.0061	2.262	1.96%	
	62	ตรวจสอบอุณหภูมิหัวแร้งและลงบันทึก	10	0.25	0.0115	0.0036	2.262	3.23%	
	63	เตรียม Jig กดสาย Flex	10	0.37	0.0255	0.0081	2.262	4.98%	

ตารางที่ ก.3 จำนวนครั้ง (n) ในการจับเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงที่ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 5% (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	n	$\bar{X}$	S_x	$S_{\bar{x}}$	$t_{\frac{a}{2},\nu}$	rel.acc.	หมายเหตุ
	64	นำ Deck Support Jig เดิมออกจากสายการประกอบ	10	1.48	0.0216	0.0068	2.262	1.05%	
	65	นำ Deck Support Jig เข้าสายการประกอบ	10	2.17	0.0188	0.0059	2.262	0.62%	
	66	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	10	1.43	0.0183	0.0058	2.262	0.91%	
10. Unit Assembly 3 (ส่วนที่ 3)	67	เตรียม Card แสดง Part Number	10	0.15	0.0095	0.0030	2.262	4.62%	
	68	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	10	0.17	0.0125	0.0039	2.262	5.31%	จับเวลาเพิ่ม 10 ครั้ง
	69	นำ Material จัดเรียงบนโต๊ะทำงาน	10	0.27	0.0149	0.0047	2.262	3.92%	
	70	เตรียม Jig กดสาย Flex	10	0.37	0.0178	0.0056	2.262	3.43%	
	71	เตรียม Jig วัดความสูง	10	0.37	0.0158	0.0050	2.262	3.08%	
	72	เปลี่ยน Screw Position Jig	10	0.25	0.0120	0.0038	2.262	3.42%	
	73	เปลี่ยน Screw Driver	10	0.50	0.0184	0.0058	2.262	2.65%	
	74	เปลี่ยน Screw Feeder	10	0.25	0.0129	0.0041	2.262	3.65%	
	75	ตั้งค่า Screw Counter	10	0.13	0.0096	0.0030	2.145	5.13%	จับเวลาเพิ่ม 15 ครั้ง
	76	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	10	0.70	0.0173	0.0055	2.262	1.76%	

ตารางที่ ก.3 จำนวนครั้ง (n) ในการจับเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงที่ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 5% (ต่อ)

สถานี	ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน (งานย่อย)	n	$\bar{X}$	S_x	$S_{\bar{x}}$	$t_{\frac{a}{2},\neg}$	rel.acc.	หมายเหตุ
	77	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	10	1.92	0.0175	0.0055	2.262	0.65%	
11. Unit Assembly 4 (ส่วนที่ 3)	78	เปลี่ยน Screw Position Jig	10	0.93	0.0149	0.0047	2.262	1.15%	
	79	เปลี่ยน Screw Driver	10	0.67	0.0203	0.0064	2.262	2.16%	
	80	เปลี่ยน Screw Feeder	10	0.92	0.0187	0.0059	2.262	1.45%	
	81	ตั้งค่า Screw Counter	10	0.80	0.0569	0.0180	2.262	5.07%	จับเวลาเพิ่ม 5 ครั้ง
	82	วัดค่าแรงบิดของ Screw Driver และบันทึกค่าใน Check Sheet	10	0.87	0.0093	0.0029	2.262	0.76%	
	83	เปลี่ยน Ball Gage	10	1.45	0.0194	0.0061	2.262	0.95%	
	84	อ่าน WI ขั้นตอนการทำงานและลงชื่อกำกับ	10	2.67	0.0227	0.0072	2.262	0.61%	

จากการตรวจสอบความแม่นยำของข้อมูลโดย T-Distribution ที่ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5% และในระดับความเชื่อในที่ 95% พบว่า มีขั้นตอนงานย่อย 6 ขั้นตอน ต้องจับเวลาการทำงานเพิ่มเนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนเกินกำหนด และทำการจับเวลาเพิ่มเติม ดังตารางที่ ที่ ก.4

ตารางที่ ก.4 ขั้นตอนงานย่อยที่จับเวลาเพิ่มเติม

ลำดับ	ขั้นตอนงานย่อย	n เพิ่ม	ครั้งที่จับเวลา (นาที)					rel.acc.	
			1	2	3	4	5	ค่าเดิม	ค่าใหม่
13	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	5	0.19	0.16	0.17	0.18	0.19	5.03%	3.92%
59	ตั้งค่า Screw Counter	15	0.13	0.14	0.13	0.13	0.12	5.48%	2.15%
			0.13	0.14	0.13	0.14	0.13		
			0.13	0.13	0.13	0.13	0.13		
60	ตั้งค่า Tape Feeder	15	0.12	0.14	0.12	0.13	0.13	5.45%	3.39%
			0.15	0.13	0.12	0.13	0.12		
			0.15	0.13	0.12	0.13	0.12		
68	เปลี่ยน Card แสดง Part Number	10	0.15	0.15	0.17	0.19	0.17	5.31%	3.64%
			0.16	0.18	0.17	0.16	0.15		
75	ตั้งค่า Screw Counter	15	0.13	0.13	0.12	0.13	0.13	5.13%	3.14%
			0.13	0.12	0.14	0.13	0.14		
			0.14	0.13	0.16	0.12	0.15		
81	ตั้งค่า Screw Counter	5	0.79	0.76	0.80	0.81	0.79	5.07%	3.27%

TNI
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

ภาคผนวก ข.

เวลารอคอยและเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรจากการวิเคราะห์

โดยแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ

วิธีการคำนวณเวลารอคอยการปรับตั้งเครื่องจักรของสายการประกอบกรณีศึกษา พิจารณาจากแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณที่ได้ จากเวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงาน หากพบว่ากรณี สถานีงานถัดไปทำงานปรับตั้งเครื่องจักรเสร็จก่อนสถานีก่อนหน้า จะคำนวณเวลารอคอย ดังนี้

ให้ n = ลำดับสถานีงานก่อนหน้า

n+1 = ลำดับสถานีงานถัดไป

m = รุ่นผลิตก่อนหน้า

m+1 = รุ่นผลิตถัดไป

$$\text{เวลารอคอย} = \text{เวลารอคอย}_n + \text{เวลาปรับตั้งเครื่องจักร}_n + \text{เวลารอบการทำงาน}_m + \\ - (\text{เวลาตั้งเครื่องจักร}_{n+1} - \text{เวลารอบการทำงานm}$$

และกรณี สถานีงานถัดไปทำงานปรับตั้งเครื่องจักรเสร็จหลังจากสถานีก่อนหน้า จะถือว่าไม่เกิดเวลารอคอยในการปรับตั้งเครื่องจักร

จากการพิจารณาแผนภูมิกิจกรรมพุคูณ พบว่า เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมเกิดจากเวลารอการการปรับตั้งเครื่องจักรและเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรในละสถานีงาน จึงสรุปดังตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 เวลารอคอยและเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานก่อนการปรับปรุง

สถานี	**รอบเวลาทำงาน**	**เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร**	**เวลารอคอย**	**เวลารวมที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร**
1. LCD Assembly	58.1	8.05	0.00	8.05
2. Soldering 1	56.0	6.13	1.95	8.08
3. Soldering 2	59.8	5.00	3.02	8.02
4. ESC Assembly 1	57.1	9.20	0.00	9.20
5. ESC Assembly 2	54.1	4.23	5.02	9.25
6. ESC Assembly 3	56.0	5.48	3.73	9.22
7. Check Function & Appearance	58.2	3.87	6.73	9.18
8. Unit Assembly 1	55.2	16.62	0.00	16.62

ตารางที่ ข.1 เวลารอคอยและเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

สถานี	รอบเวลาทำงาน	เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร	เวลารอคอย	เวลารวมที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร
9. Unit Assembly 2	59.0	8.37	8.18	16.55
10. Unit Assembly 3	60.0	5.07	11.47	16.53
11. Unit Assembly 4	58.3	8.30	8.27	16.57
รวม	**631.9**	**78.90**	**48.37**	**127.27**

ตารางที่ ข.2 เวลารอคอยและเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1

สถานี	รอบเวลาทำงาน	เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร	เวลารอคอย	เวลารวมที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร
1. LCD Assembly	58.1	6.48	0	6.48
2. Soldering 1	56.0	5.82	0.7	6.52
3. Soldering 2	59.8	5.00	1.45	6.45
4. ESC Assembly 1	57.1	7.93	0.00	7.93
5. ESC Assembly 2	54.1	4.23	3.75	7.98
6. ESC Assembly 3	56.0	4.85	3.10	7.95
7. Check Function & Appearance	58.2	2.45	5.47	7.92
8. Unit Assembly 1	55.2	10.87	0.00	10.87
9. Unit Assembly 2	59.0	8.37	2.43	10.80
10. Unit Assembly 3	60.0	4.75	6.03	10.78
11. Unit Assembly 4	58.3	8.30	2.52	10.82
รวม	**631.9**	**69.05**	**25.45**	**94.50**

ตารางที่ ข.3 เวลารอคอยและเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละสถานีงานหลังการปรับปรุงครั้งที่ 2

สถานี	รอบเวลาทำงาน	เวลางานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร	เวลารอคอย	เวลารวมที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร
1. LCD Assembly	58.1	6.48	0.00	6.48
2. Soldering 1	56.0	5.82	0.70	6.52
3. Soldering 2	59.8	5.00	1.45	6.45
4. ESC Assembly 1	57.1	6.20	0.30	6.50
5. ESC Assembly 2	54.1	4.23	2.32	6.55
6. ESC Assembly 3	56.0	4.85	1.67	6.52
7. Check Function & Appearance	58.2	4.18	2.30	6.48
8. Unit Assembly 1	55.2	8.45	0.00	8.45
9. Unit Assembly 2	59.0	8.37	0.02	8.38
10. Unit Assembly 3	60.0	7.17	1.20	8.37
11. Unit Assembly 4	58.3	8.3	0.1	8.40
รวม	**631.9**	**69.05**	**10.05**	**79.10**