การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทอิเล็กทรอนิกส์

ปิยะพร บุปผาชาติ

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ธันวาคม 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ ปิยะพร บุปผาชาติ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธีรวัฒน์ สมสิริกาญจนคุณ)

คณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธีรวัฒน์ สมสิริกาญจนคุณ)

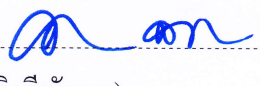
.....กรรมการ

(ดร. บัญชา อริยะจรรยา)

.....กรรมการ

(ดร. สัญญา ยิ้มศิริ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพา



.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)

วันที่ 30 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา ตลอดจนข้อคิดเห็นในการแก้ไขปัญหา และกรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่ผู้วิจัย จนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จอย่างสมบูรณ์ในที่สุด

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือและการสนับสนุนข้อมูลต่าง ๆ จึงทำให้ผู้วิจัยสามารถทำงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีตามวัตถุประสงค์ของการจัดทำทุกประการ รวมทั้งได้ให้แนวคิดที่เป็นประโยชน์อย่างมากจนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จอย่างสมบูรณ์ในที่สุด

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัยที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยเสมอมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

ปิยะพร บุปผาชาติ

53920664: สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
คำสำคัญ: การเพิ่มผลผลิต/ ผังโรงงาน/ สายพาน

ปิยะพร บุปผาชาติ: การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทอิเล็กทรอนิกส์ (PROCESS IMPROVEMENT AND PRODUCTIVITY IMPROVEMENT IN ELECTRONICS MANUFACTURING.) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: ธีรวัตน์ สมสิริกาญจนคุณ, M.Eng., 95 หน้า. ปี พ.ศ. 2559.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต การใช้ประโยชน์สูงสุดจากทรัพยากรการผลิตสืบเนื่องจากความต้องการชิ้นส่วนที่เพิ่มขึ้นถึงเกือบ 5 เท่า ของกำลังการผลิตในปัจจุบัน จาก 9 บอร์ดต่อวันเป็น 42 บอร์ดต่อวัน ขณะที่รอบเวลาการผลิตของทุกสถานีงานสูงกว่าค่าแทคไทม์ที่ 23.9 นาทีต่อบอร์ด จากการศึกษาพบว่าไม่สามารถเพิ่มกำลังการผลิตด้วยการเพิ่มจำนวนสถานีงานตามความต้องการที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่ที่มีเพียง 1,458 ตารางฟุต จึงได้ออกแบบสายการผลิตใหม่ด้วยการจัดวางแผนผังสถานีงานใหม่ โดยการลดระยะระหว่างสถานีงาน ลดพื้นที่การใช้อุปกรณ์ขนย้ายบอร์ดจากเดิมที่ใช้รถขนย้าย (Cart) มาเป็นการใช้สายพานลำเลียงแทน ทำให้สามารถมี 15 สถานีงานตามความต้องการในพื้นที่ที่กำหนด ส่งผลให้สามรถเพิ่มผลผลิตจาก 9 บอร์ดต่อวันเป็น 50 บอร์ดต่อวันหรือเพิ่มขึ้น 556%

53920664: MAJOR: INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng.
(INDUSTRIAL ENGINEERING)
KEYWORD: PRODUCTION IMPROVEMENT/ WASTE REDUCTION/ LINE DESIGN
PIYAPORN BUPPHACHAT: PROCESS IMPROVEMENT AND PRODUCTIVITY IMPROVEMENT IN ELECTRONICS MANUFACTURING. ADVISORY COMMITTEE: THEERAWAT SOMSIRIKARNJANAKOON, M.Eng., 95 P. 2016.

The objective of this research is to improve the efficiency and reduce waste in production processes. Currently, maximum resource utilization increases 5 times of the production capacity, from 9 boards/day to 42 boards/day according to the increasing demand. Moreover, all of the workstations had cycle times higher than Takt time at 23.9 minute/board. However, based on the study, the workstations cannot be increased in order to support the increasing demand because of the limited workspace at 1.458 square feet. This research designed new production line by rearranging layout of the workstations. The new line reduced distance between the workstations, and reduced areas of board handling equipment by changing the equipment from cart to conveyor, hence 15 workstations can arrange in the specific areas as intend. As the result, output of the production process increases from 9 boards/day to 50 boards/day, or 556% increasing.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญภาพ ..... ซ

บทที่

1 บทนำ 1

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 1

ขอบเขตงานวิจัย 1

ขั้นตอนการวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

3 วิธีการดำเนินการวิจัย 20

ความเป็นมาและการดำเนินงาน 20

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 21

ดำเนินการวิจัย 21

4 การปรับปรุงและผลการวิจัย 56

5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 83

สรุปผลการดำเนินงาน 83

ข้อเสนอแนะ 87

บรรณานุกรม 88

ภาคผนวก 89

ภาคผนวก ก 90

ประวัติย่อของผู้วิจัย 95

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1-1 ระยะเวลาขั้นตอนการวิจัย 3

2-1 ข้อสังเกตที่ชี้บ่งให้เห็นถึงความสูญเปล่าและแนวทางแก้ไข 11

2-2 การปรับปรุงด้วยหลักการของวิศวกรรมอุตสาหการ 13

3-1 เวลามาตรฐานของขั้นตอน Kitting & Preparation 31

3-2 เวลามาตรฐานของขั้นตอน Optical assembly และ Mechanical 36

3-3 เวลามาตรฐานของขั้นตอน Splicing 39

3-4 เวลามาตรฐานของขั้นตอน Final assembly 43

3-5 Maytag สำหรับการหาจำนวนรอบที่เหมาะสมสำหรับค่าความคลาดเคลื่อน +5% ภายใน 95% ของความเชื่อมั่น 46

3-6 ข้อมูลของพัสดุคงคลังและเวลานำการผลิต 49

3-7 ข้อมูลการปฏิบัติงานของผลิตภัณฑ์ 40G 50

3-8 แนวทางการแก้ไขของการผลิตบอร์ดรุ่น 40G 54

4-1 เปอร์เซ็นต์ของ C/ T เทียบกับ Takt time ของงานทั้ง 4 สถานี 56

4-2 รอบเวลาในการผลิตงานต่อจำนวน Station ของผลิตภัณฑ์ 40G 59

4-3 วิธีการเพิ่ม Line การผลิตแบบ Duplicate line และวิธีการเพิ่ม Line การผลิต 62

4-4 ชนิดของ Fixtuer ที่ใช้บน Station ต่าง ๆ 67

4-5 เกณฑ์การวัดผลของการวางแผนปรับปรุงการผลิต 70

4-6 แผนการปรับปรุง Line การผลิตเป็นแบบ Line conveyor 71

4-7 เวลาการทำงานของขั้นตอน Kitting 75

4-8 เวลาการทำงานของขั้นตอน Optical assembly และ Mechanical assembly 75

4-9 เวลาการทำงานของขั้นตอน Splicing 76

4-10 เวลาการทำงานของขั้นตอน Final assembly 78

4-11 รอบเวลาในการผลิตของแต่บอร์ด 79

4-12 ปริมาณสินค้าคงคลัง (WIP) และเวลานำในการผลิต (TTL) 80

5-1 ขั้นตอนการทำงานเปรียบเทียบก่อนและหลัง 84

5-2 เปรียบเทียบเวลาแต่ละกระบวนการก่อนปรับปรุงสายการผลิต 85

5-3 เปรียบเทียบยอดการผลิตโดยรวมก่อนและหลังการปรับปรุงสายการผลิต 86

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2-1 องค์ประกอบของการศึกษางาน 14

3-1 ผลิตภัณฑ์บอร์ดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม 22

3-2 จำนวนการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น 40G และ 10G จากพยากรณ์ล่วงหน้า 14 เดือน 23

3-3 ผังภูมิพาเรโต-แสดงการวิเคราะห์แบบ PQ ของจำนวนการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น 40G และ 10G 23

3-4 แบบแสดงการประกอบชิ้นส่วนบอร์ดรุ่น 40G 24

3-5 Process flow ของการผลิต Front end และ Back end รุ่น 40G 25

3-6 ภาพการผลิต Front end และ Back end รุ่น 40G 26

3-7 แผนภาพสรุปความต้องการการผลิตของ Functional test 28

3-8 แผนผังขั้นตอนการไหลของผลิตภัณฑ์ รุ่น 40G ในขั้นตอนการผลิตประกอบ 28

3-9 พื้นที่การทำงานปัจจุบันการเคลื่อนย้ายชิ้นงานต้องใช้ CART 29

3-10 ภาพ CART ซึ่งใช้ในการขนย้ายผลิตภัณฑ์เพื่อส่งต่อไปยังแต่ละสถานีงานถัดไป 30

3-11 จำนวน Input และ Output ของขั้นตอน Kitting & Preparation 35

3-12 จำนวน Input และ Output ของขั้นตอน Optical assembly และ Mechanical assembly 38

3-13 จำนวน Input และ Output ของขั้นตอน Splicing 42

3-14 เวลาที่เครื่องชำรุดหรือหยุดทำงาน (Breakdown time: B/ T) = 11.33 นาทีต่อวัน 42

3-15 จำนวน Input และ Output ของขั้นตอน Final assembly 45

3-16 จำนวนบอร์ดที่เข้ากระบวนการทดสอบด้วยการเก็บข้อมูลใน 1 เดือน (มีนาคม ปี 2559) 47

3-17 จำนวนการผลิตจากพยากรณ์ล่วงหน้า 14 เดือนที่ชดเชยจากอัตราคุณภาพ 48

3-18 แผนผังสถานะปัจจุบันจากกระบวนการผลิตส่วนหลัง (Back end) ของผลิตภัณฑ์ 40G 51

3-19 YAMAZUMI Chart แสดงรอบเวลาการทำงานและ Takt time 52

4-1 ออกแบบ Line layout ด้วยวิธีการเพิ่ม Line การผลิตแบบ Duplicate line 58

4-2 ออกแบบ Line layout ด้วยวิธีการเพิ่ม Line การผลิตโดยการลด Cycle time 60

4-3 พื้นที่ที่ทางโรงงานสามารถจัดสรรค์ให้ได้ 1,458 Sq.ft 63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-4 ออกแบบ Line การผลิตแบบ เป็นแบบ Line conveyor ต้องการที่จะปรับปรุง และแบบก่อนการการปรับปรุง 66

4-5 แนวคิด Line การผลิตแบบ เป็นแบบ Line conveyor ต้องการที่จะปรับปรุง และแบบก่อนการปรับปรุง 67

4-6 การทำงานของ Conveyor 69

4-7 Line conveyer ที่ทำการปรับปรุงเสร็จสมบูรณ์แล้ว 72

4-8 พนักงานหยิบงานขึ้นมาประกอบในส่วนที่ได้รับมอบหมาย จาก Line conveyor 73

4-9 Tray ที่ใช้วาง Optic component และ PCB 73

4-10 Hand soldering fixture ที่สามารถเคลื่อนย้ายบน Conveyor และใช้ประกอบงานได้ 74

4-11 เวลาที่เครื่องชำรุดหรือหยุดทำงาน (Breakdown time: B/ T) = 9.58 นาทีต่อวัน 77

4-12 รอบเวลาการทำงานต่อบอร์ดและ Takt time หลังปรับปรุง 79

4-13 Output ที่ได้จากการผลิตด้วย Conveyor 81

4-14 แผนผังสถานะหลังการปรับปรุงของกระบวนการผลิตส่วนหลัง (Back end) ของผลิตภัณฑ์ 40G 82

5-1 กราฟเปรียบเทียบเวลาการทำงานก่อนปรับปรุงเทียบ Takt time สายการผลิต 85

5-2 กราฟแสดงการเปรียบยอดการผลิตต่อวันก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง 86

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

ธุรกิจประเภท EMS (Electronics manufacturing service) เป็นการรับจ้างผลิตสินค้าให้กับลูกค้า ภายใต้เครื่องหมายการค้าของลูกค้าเอง โดยผู้ผลิต (Manufacture) รับผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์โทรคมนาคม เครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์ แล้วส่งให้กับบริษัทที่เป็นเจ้าของแบรนด์เนม (Brand name) ต่าง ๆ ทั้งในเอเชีย ยุโรป และอเมริกา ซึ่งผู้บริหารมีนโยบายในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าด้วยความรวดเร็ว ซื่อสัตย์ และมีคุณภาพเพื่อรักษากลุ่มลูกค้าเอาไว้ ทั้งนี้ บริษัทกรณีศึกษาต้องแสดงให้ลูกค้าได้เห็นถึงความสามารถในการผลิตที่จะสามารถรองรับความต้องการต่าง ๆ จากลูกค้าให้ได้ และให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุดในสินค้าและบริการ

บริษัทกรณีศึกษาจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตของตนด้วย เพื่อเป็นการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อองค์กร จึงจำเป็นต้องนำเทคนิคการเพิ่มผลผลิตทางอุตสาหกรรมมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหานี้ และเป็นที่มาของปัญหาและงานวิจัยครั้งนี้ เนื่องมาจากลูกค้ามีความต้องการผลผลิตที่มากขึ้นจากไตรมาสที่ 2 ของปี 2559 (Y2016 Q2) เพิ่มเป็น 5 เท่าภายในไตรมาสที่ 3 ของปี 2559 (Y2016 Q3) แต่ทางผู้ผลิตมีปัจจัยการผลิต ด้านพื้นที่ที่จำกัด จึงจะทำการศึกษาหาแนวทางเพื่อการปรับปรุงโดยใช้หลักการทางวิศวกรรมอุตสาหการมาเป็นแนวทางในการปรับปรุง

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพิ่มผลผลิต (Productivity improvement) โดยประยุกต์ใช้หลักการปรับปรุงวิธีการทำงานและกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตผลที่มากขึ้น ตรงตามความต้องการของลูกค้าภายใต้ปัจจัยการผลิตที่มีจำกัด

ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาและปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตของอุปกรณ์เชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตจากผลิตภัณฑ์กลุ่ม CO (Core optics) รุ่น 40G ที่อยู่ในกระบวนการผลิตส่วนหลัง (Back end process) ของบริษัท

ขั้นตอนการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการผลิตของอุปกรณ์เชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต จากผลิตภัณฑ์รุ่น 40G ในกระบวนการผลิตส่วนหลัง (Backend process)
2. สำรวจข้อมูลจากผลผลิตในปัจจุบัน ศึกษากระบวนการผลิต เวลาการทำงาน วิธีการทำงาน
3. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สรุป เพื่อพิจารณาเป็นแนวทางที่จะเพิ่มผลผลิต
4. นำข้อมูลที่ได้และรูปแบบการทำงานที่ออกแบบไปดำเนินการ
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ตารางขั้นตอนการวิจัย จะแสดงในตารางที่ 1-1

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต
2. ลดความสูญเปล่าต่าง ๆ เพื่อเพิ่มผลการผลิตโดยใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด
3. ตอบสนองความต้องการผลิตภัณฑ์ของลูกค้า

ตารางที่ 1-1 ระยะเวลาขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย	มี.ค. 2559	เม.ย 2559	พ.ค. 2559	มิ.ย. 2559	ก.ค. 2559	ส.ค. 2559	ก.ย. 2559	ต.ค. 2559
1. ศึกษากระบวนการผลิตของอุปกรณ์เชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตจากผลิตภัณฑ์รุ่น 40G ในกระบวนการผลิตส่วนหลัง (Backend process)								
2. สำรวจข้อมูลจากผลผลิตในปัจจุบัน ศึกษากระบวนการผลิต เวลาการทำงาน วิธีการทำงาน								
3. ข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สรุปเพื่อพิจารณาเป็นแนวทางที่จะเพิ่มผลผลิต								
4. นำข้อมูลที่ได้และรูปแบบการทำงานที่ออกแบบไปดำเนินการ								
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ								

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ประสิทธิภาพ (Efficiency)

ในทางวิศวกรรมสามารถอธิบายด้วยสูตร ดังนี้ Efficiency = Output/ Input โดยความหมาย Output จะอยู่ในรูปของพลังงานหรืองานก็ได้ ส่วน Input จะอยู่ในรูปของพลังงานหรืองานที่ป้อนเข้าไปด้วยเช่นกัน การออกแบบทางวิศวกรรมที่ดีจึงเป็นการออกแบบที่ Input ต้องใกล้เคียงกับ Output มากที่สุด

2. ประสิทธิผล (Effectiveness)

เป็นองศาของความสำเร็จในการบรรลุเป้าหมาย การดำเนินงานเพื่อให้เกิดประสิทธิผลจึงเป็นความสำเร็จขององค์กรในการเพิ่มผลผลิต ดังนั้น ประสิทธิภาพและประสิทธิผลจึงไม่จำเป็นเป็นไปในแนวทางเดียวกัน ผลงานที่มีประสิทธิภาพสูงอาจมีประสิทธิผลต่ำเพราะประสิทธิภาพมุ่งเน้นเรื่องการให้ผลงานโดยมีความสูญเสียของทรัพยากรที่ใช้ต่ำ แต่ประสิทธิผลมุ่งเน้นผลประโยชน์ที่ได้จากผลผลิตตามเป้าหมายโดยที่ประสิทธิภาพอาจต่ำก็ได้ เพราะผลประโยชน์ที่ต้องการให้ได้ตามเป้าหมายจะแตกต่างจากผลประโยชน์ที่ได้จากการลดความสูญเสียของทรัพยากรที่น้อยกว่า ขณะที่ต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายเพื่อการนี้สูงขึ้น

3. อัตราผลิตภาพ (Productivity)

มีความหมายเช่นเดียวกับคำว่า ประสิทธิภาพ (Efficiency) กล่าวคือ อัตราผลิตภาพเป็นดัชนีแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อทรัพยากรที่ใช้ในการก่อเกิดผลผลิตนั้น ดังสูตร

Productivity = Output/ Input

แม้ว่าจะใช้สูตรแบบเดียวกัน แต่ความหมายของผลิตภาพนั้น มีความสัมพันธ์ของผลผลิตต่อทรัพยากรที่ใช้ต่าง ๆ กัน โดยมีการคำนวณเชิงเศรษฐกิจทั้งผลผลิตและทรัพยากรที่ใช้ จึงไม่ได้วัดออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ แต่จะวัดออกมาเป็นตัวเลข โดยไม่จำเป็นต้องน้อยกว่าหนึ่ง และโดยหลักการที่ถูกต้องจะต้องมากกว่าหนึ่งเสมอ

อัตราผลิตภาพ สามารถแบ่งประเภทได้ ดังนี้

3.1 อัตราผลิตภาพเฉพาะส่วน (Partial productivity) คือ อัตราส่วนระหว่างผลผลิตต่อทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละชนิด เช่น อัตราผลิตภาพวัตถุดับ (Material productivity) อัตราผลิตภาพแรงงาน (Labor productivity) อัตราผลิตภาพค่าใช้จ่าย (Expense productivity)

3.2 อัตราผลิตภาพองค์ประกอบรวม (Total factor productivity) คือ อัตราส่วนผลผลิตสุทธิต่อผลรวมของทรัพยากรด้านเงินทุนและแรงงาน ผลผลิตสุทธิอธิบายได้จากผลผลิตรวมลบด้วยค่าวัสดุและค่าบริการที่ต้องซื้อ

3.3 อัตราผลิตภาพรวม (Total productivity) คือ อัตราส่วนของผลผลิตต่อทรัพยากรที่ใช้ทั้งสิ้น

4. การเพิ่มผลผลิต (Productivity improvement) สามารถสรุปได้ ดังนี้

4.1 การลงทุน (Investment)

4.2 อัตราส่วนเงินทุน/ แรงงาน (Capital/ Labor)

4.3 การวิจัยและพัฒนา (Research and Development)

4.4 การใช้เงินทุน (Capital utilization)

4.5 กฎระเบียบแห่งรัฐ (Government regulation)

4.6 อายุของโรงงานและเครื่องจักร (Age of plant & Equipment)

4.7 ต้นทุนพลังงาน (Energy cost)

4.8 การผสมประสานของแรงงาน (Workforce mix) เช่น แรงงานชำนาญการและแรงงานทั่วไปผสมประสานกัน

4.9 จริยธรรมในงาน (Work ethic)

4.10 การบริหารงาน (Management)

4.11 อิทธิพลของสมาพันธ์แรงงาน (Union’s influence)

4.12 ความหวั่นเกรงของแรงงานต่อการตกงาน (Worker’s fear about loss of job)

ในการเพิ่มผลผลิตในอุตสาหกรรม Productivity = Output/ Input สามารถเพิ่มได้ 5 แนวทาง ดังนี้

แนวทางที่ 1 Output เพิ่ม Input เท่าเดิม

แนวทางที่ 2 Output เพิ่ม Input ลดลง

แนวทางที่ 3 Output เพิ่ม Input เพิ่มน้อยกว่า

แนวทางที่ 4 Output คงที่ Input ลดลง

แนวทางที่ 5 Output ลดลง Input ลดลงมากกว่า

5. ตัวชี้วัดในระบบการผลิตแบบลีน

5.1 เวลานำในการผลิต (Production lead time) เป็นระยะเวลาเริ่มตั้งแต่มีคำสั่งให้ผลิต เวลาที่ใช้ในการติดตั้งเครื่อง เวลาที่เครื่องจักรทำงานจนกระทั่งผลิตเสร็จ เวลานำในการผลิตเป็นตัวชี้วัดถึงความสามารถในการตอบสนองลูกค้าของระบบการผลิตขององค์กร ซึ่งองค์กรต้องพิจารณา

ว่าเวลานำของระบบการผลิตขององค์กรเมื่อเทียบกับคู่แข่งเป็นอย่างไร หากเวลานำในการผลิตของระบบการผลิตขององค์กรใช้เวลามากกว่าคู่แข่งก็สามารถแปลความหมายได้ว่าองค์กรกำลังเสียเปรียบคู่แข่งขันในมิติของการตอบสนองความต้องการของลูกค้า ซึ่งหากพบว่าเวลานำในการผลิตมากกว่าคู่แข่งขัน ก็คงต้องวิเคราะห์ว่าในระบบการผลิตมี “การรอคอย (Waiting)” ที่กระบวนการใดหรือไม่

เวลานำในการผลิตมีความแตกต่างจากเวลานำ (Lead time) ในการรับคำสั่งซื้อจากลูกค้า เพราะเวลานำเริ่มนับตั้งแต่วันที่ลูกค้ามีคำสั่งซื้อจนกระทั่งสินค้าส่งมอบถึงมือลูกค้า ซึ่งบางองค์กรมักจะแก้ไขปัญหาเวลานำในการผลิตที่มีระยะเวลานานด้วยการเก็บสะสมสต๊อกสินค้าไว้ปริมาณมาก ๆ เพื่อตอบสนองลูกค้า โดยจะพบว่าเวลานำในการสั่งซื้อจะสั้นกว่าเวลานำในการผลิตแต่หากปัญหานี้เป็นปัญหาเรื้อรัง สุดท้ายสต๊อกสินค้าที่เตรียมไว้ก็จะร่อยหรอลงไปเรื่อย ๆ เพราะการผลิตสินค้าต้องใช้เวลานานมาก การมีสต๊อกเป็นเพียงการถ่วงเวลาให้ปัญหาชะลอตัวก่อนจะระเบิดออกมาเท่านั้น ดังนั้น ผู้บริหารที่ควบคุมการผลิต จะต้องควบคุมเวลานำในการผลิตให้สมดุลกับเวลานำในการสั่งซื้อสินค้า การมีสต๊อกสินค้าก็เพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้าระยะสั้น ๆ เท่านั้น

5.2 เวลาแท็กต์ (Takt time) เป็นเวลาที่ต้องใช้ในการผลิตสินค้า 1 ชิ้น เพื่อที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้

Take time = เวลาการทำงานต่อวัน/ จำนวนผลผลิตที่ต้องการต่อวัน

เวลาแท็กต์นั้นสะท้อนถึงภาระของระบบการผลิตที่ต้องทำให้ได้เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า สมมุติว่ารอบเวลาในการผลิตที่ต้องทำให้ได้เพื่อตอบสนองความต้องการขอลูกค้าได้ไม่ทันท่วงที ซึ่งนั่นหมายความว่าลูกค้าอาจจะเปลี่ยนใจไปซื้อผลิตภัณฑ์ของคู่แข่งแทนหากลูกค้าไม่ต้องการที่จะรอ ดังนั้น ผู้บริหารผู้ควบคุมการผลิตจะต้องติดตามเวลาแท็กต์เพื่อนำมาวางแผนในการปรับเปลี่ยนรอบเวลาในการผลิตให้มีความสอดคล้องกัน

5.3 รอบเวลาในการผลิต (Cycle time) หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตในขั้นตอนหนึ่ง ๆ จนแล้วเสร็จและส่งต่อให้กับกระบวนการถัดไป เช่น กระบวนการประกอบรถยนต์นั้นมีจุดประกอบ (Assembly stages) หลายขั้นตอนมาก แต่ว่าในแต่ละขั้นตอนนั้นจะใช้รอบเวลาในการผลิตที่เท่า ๆ กัน รอบเวลาในการผลิตนั้นแตกต่างกับเวลาแท็กต์ (Takt time) ตรงที่รอบเวลาในการผลิตนั้นเป็นเวลาจริงที่จะได้ผลิตภัณฑ์ออกมา 1 ชิ้น ในกระบวนการผลิตต่อเนื่อง แต่เวลาแท็กต์นั้นสะท้อนถึงเวลาที่เป็นภาระในการผลิตสินค้า 1 ชิ้น เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้

ดังนั้น ถ้ารอบเวลาในการผลิตมีค่าน้อยกว่าเวลาแท็กต์ นั่นเท่ากับว่าระบบการผลิตยังมีกำลังการผลิต (Production capacity) หลงเหลืออยู่สามารถผลิตเพิ่มได้ แต่หากรอบเวลาในการผลิตมีค่ามากกว่าเวลาแท็กต์ก็เท่ากับว่าระบบการผลิตมีกำลังผลิตที่ไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ ซึ่งผู้บริหารจะต้องพิจารณาว่าจะปรับปรุงกระบวนการใด เพื่อลดรอบเวลาในการผลิต เช่น อาจเพิ่มความเร็วของสายพาน พร้อมกับเพิ่มจำนวนพนักงานในสายพานการผลิต หรืออาจจะต้องพิจารณาลงทุนสร้างสายการผลิตเพิ่มขึ้น เพิ่มกะในการปฏิบัติงาน รวมทั้งลดเวลาที่ต้องหยุดระหว่างการผลิตซึ่งอาจจะเกิดจากการประกอบผิดพลาดหรือการขาดวัตถุดิบลง เป็นต้น

5.4 ประสิทธิผลในการผลิต (Effectiveness or yield)

$$\text{สูตร} = \frac{\text{Actual output x 100}}{\text{Planned output}}$$

เพื่อให้ทราบว่าในระยะที่ใช้ในการผลิตตามทฤษฎี หากใช้รอบเวลาในการผลิต (Cycle time) คำนวณ และระบบการผลิตไม่มีการติดขัดใด ๆ แล้ว จะสามารถผลิตได้เท่าไหร่ เพื่อมาเปรียบเทียบกับจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จริงในระยะเวลาดังกล่าว

การวัดประสิทธิผลในการผลิตนั้นทำให้องค์กรทราบว่าระบบการผลิตมีความสูญเปล่าเกิดขึ้นมากน้อยเพียงไร มีการสูญเปล่าของเวลาโดยเปล่าประโยชน์หรือไม่ เพื่อจะได้วิเคราะห์ต่อไปว่าการสูญเปล่าของเวลาในการผลิตโดยเปล่าประโยชน์นั้นมีสาเหตุมาจากอะไร จะได้วางแผนและรีบดำเนินการแก้ไขเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาขึ้นอีกในวันถัดไป

5.5 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall equipment effectiveness: OEE) เป็นตัวชี้วัดสำคัญในกิจกรรม TPM (Total productive maintenance) ซึ่งเป็นกิจกรรมตัวหนึ่งในระบบการผลิตแบบลีน เพื่อให้เครื่องจักรและระบบการผลิตมีประสิทธิภาพในการผลิตสูงสุด โดยประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) นั้นประกอบไปด้วยตัวชี้วัดย่อย 3 ตัว ดังนี้

5.5.1 อัตราการเดินเครื่อง (Available rate) เป็นสัดส่วนระหว่างเวลาที่เครื่องจักรเดินเครื่องได้เทียบกับระยะเวลาที่เครื่องจักรต้องรับผิดชอบในการผลิต

5.5.2 ประสิทธิภาพของการเดินเครื่อง (Performance rate) ปัจจัยที่ทำให้ประสิทธิภาพในการเดินเครื่องลดลง ได้แก่ การเกิดปัญหาทำให้เครื่องจักรต้องหยุดเล็ก ๆ น้อย ๆ (Minor stoppage) หรือต้องลดความเร็วในการเดินเครื่องลง (Speed loss)

5.5.3 อัตราคุณภาพ (Quality rate) เป็นการวัดอัตราส่วนของการเดินเครื่องของเครื่องจักรว่าสามารถผลิตของดีหรือชิ้นงานที่มีคุณภาพในอัตราส่วนร้อยละเท่าไหร่

5.6 ผลิตภาพ (Productivity) เป็นการวัดประสิทธิภาพในมิติของมูลค่า โดยมีสูตร คือ

$$\text{Productivity} = \frac{\text{Value of output}}{\text{Cost of input}}$$

ดังนั้น ผลิตภาพขององค์กรที่ยังอยู่รอดได้จะมีค่ามากกว่า 1 เสมอ การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนอย่างมีประสิทธิภาพก็จะทำให้ระบบการผลิตขององค์กรลดความสูญเปล่าจากการผลิตของเสียลง ใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ได้อย่างคุ้มค่ามากขึ้น ซึ่งจะทำให้ต้นทุนต่อหนึ่งหน่วยชิ้นงานที่ผลิตออกมาลดต่ำลง ซึ่งจะทำให้ผลิตภาพเพิ่มมากขึ้น

5.7 สมรรถนะในการเปลี่ยนงานการผลิต (Job change performance) ในกระบวนการผลิตทั่ว ๆ ไป อาจจะต้องมีการเปลี่ยนแบบแม่พิมพ์ หรือต้องมีการตั้งค่าการผลิตใหม่ เมื่อมีการเปลี่ยนรูปแบบชิ้นงาน (Job model) ในการผลิต โรงงานการผลิตส่วนใหญ่จะมีการวัด Job change performance หรือสมรรถนะในการเปลี่ยนงานการผลิต โดยทั่วไปจะวัดเป็นจำนวนเท่าของรอบเวลาในการผลิต (Cycle time) ของรูปแบบชิ้นงานใหม่ที่กำลังจะผลิต ซึ่งมีสูตรการคำนวณ คือ

$$\text{Job change performance} = \frac{\text{ระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนอุปกรณ์และ Set up การผลิต}}{\text{รอบเวลาในการผลิตของรูปแบบชิ้นงานใหม่ที่กำลังจะผลิต}}$$

การวัดในลักษณะนี้จะทำให้ผู้บริหารการผลิตรับทราบมูลค่าความเสียหายหรือค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้นในการเปลี่ยนรูปแบบชิ้นงานในการผลิต ถ้า Job change performance มีค่าเท่ากับ 4 นั่นก็ หมายความว่า ในการเปลี่ยนรูปแบบชิ้นงานใหม่ 4 ชิ้น หากชิ้นหนึ่ง ๆ สามารถทำยอดขายได้ 100,000 บาทต่อชิ้น ก็เท่ากับว่าองค์กรจะต้องสูญเสียโอกาสในการทำยอดขายเนื่องจากการเปลี่ยนรูปแบบชิ้นงานในการผลิตถึง 400,000 บาท เลยทีเดียว

องค์กรจะต้องหมั่นค้นหาวิธีการต่าง ๆ ที่จะทำให้ Job change performance ดีขึ้น ซึ่งต้องใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น Poka-Yoka หรือการฝึกอบรมพนักงานให้มีความชำนาญในการเปลี่ยนรูปแบบชิ้นงานอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งการใช้การวบคุมด้วยสายตา (Visual control) ในการเปลี่ยนรูปแบบชิ้นงาน เป็นต้น

5.8 อัตราการผลิตของเสีย (Defect rate) เป็นตัวชี้วัดที่ใช้วัดว่าระบบการผลิตขององค์กรผลิต “ของเสีย” เท่าไหร่ ซึ่งคำว่า “ของเสีย” นั้น ก็คือ ผลผลิตที่ออกมาจากกระบวนการหนึ่ง ๆ ซึ่งมีคุณสมบัติหรือคุณลักษณะที่ไม่ตรงกับมาตรฐานการผลิต ซึ่งต้องนำไปสู่กระบวนการ “คัดแยก” “ชี้บ่ง” เพื่อนำไปซ่อมแก้ไข ขออนุมัติให้ยอมรับเป็นกรณีพิเศษ หรือนำไปทำลาย ซึ่งเป็นความสูญเปล่าในการผลิตทั้งสิ้น

ดังนั้น แต่ละองค์กรควรจะวัดอัตราการผลิตของเสีย (Defect rate) ในทุก ๆ กระบวนการ โดยมองว่ามาตรฐานในการผลิตที่จะต้องผลิตเพื่อส่งมอบให้กับกระบวนการถัดไปนั้นเป็นตัวแทนของ “ความต้องการของลูกค้า” นอกจากนี้ องค์กรควรจะต้องให้ความสำคัญกับกระบวนการที่หากเกิดของเสียขึ้นแล้วจะเกิดปัญหาที่รุนแรงตามมา เพราะถือว่าเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญมาก

5.9 Defect per unit (DPU) เป็นตัวชี้วัดที่ใช้กันมาก ซึ่งจะทำให้องค์กรมุ่งเน้นกับปัญหาที่ผู้บริหารได้ให้ความสนใจ เพื่อตรวจสอบยืนยันว่ามาตรการต่าง ๆ ที่ดำเนินการเพื่อแก้ไขและป้องกันไม่ให้ปัญหาเกิดขึ้นนั้นได้ผลหรือไม่ ถ้าผู้บริหารในหน่วยงานสามารถ Focus กับปัญหาที่มีความสำคัญ ไม่เพียงแต่ตรวจสอบในภาพรวมของผู้บริหารเท่านั้น ก็จะทำให้ปัญหาที่สำคัญ ๆ นั้น ได้รับการแก้ไขอย่างเป็นระบบและรวดเร็ว ดังนั้น ในปัจจุบันการบริหารการผลิตจึงให้ความสนใจกับรายละเอียดและการมุ่งเน้นในจุดที่สำคัญ (Focus and detail are the best solution)

5.10 Failure cost to sales มี 2 ส่วนที่สำคัญ ๆ โดยส่วนที่ 1 คือ Internal failure cost ซึ่งหมายถึง ต้นทุนในการซ่อมแซมแก้ไขข้อบกพร่องในการผลิต ต้นทุนวัตถุดิบใหม่ ความสูญเปล่าที่ต้องทำลายชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องร้ายแรง ฯลฯ และส่วนที่ 2 คือ External failure cost ซึ่งหมายถึง ต้นทุนในการเคลมสินค้าให้กับลูกค้าภายนอก เช่น ค่าแรงที่ต้องซ่อมแซมข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ที่ลูกค้านำมาเคลมในระหว่างระยะเวลารับประกัน (Warranty period) ต้นทุนทั้งหมดที่องค์กรจะต้องรับผิดชอบต่อความบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ทั้งค่าขนส่ง ค่าแรงในการซ่อมแซม ค่าติดต่อสื่อสาร ฯลฯ สูตรการคำนวณ คือ

$$\text{Internal Failure Cost to Sale} = \frac{\text{Internal failure cost x 10}}{\text{Sales}}$$

$$\text{External Failure Cost to Sale} = \frac{\text{External failure cost x 100}}{\text{Sales}}$$

ตัวชี้วัดทั้ง 10 ตัวนี้ เป็นตัวชี้วัดภายในที่มักพบและผู้บริหารที่ทำหน้าที่ควบคุมระบบการผลิตจัดทำขึ้นเพื่อติดตามระดับประสิทธิภาพของระบบการผลิต เพื่อที่จะทำให้องค์กรตรวจสอบตัวเองได้ว่า “ปัจจุบันนี้ องค์กรของเราลีนแล้วหรือยัง” แต่อย่างไรก็ตามองค์กรควรพิจารณาตัวชี้วัดภายในควบคู่ไปกับตัวชี้วัดภายนอกซึ่งเป็นการชี้วัดความพึงพอใจของลูกค้าด้วย โดยองค์กรที่ประสบความสำเร็จนั้นจะต้องมีผลการชี้วัดจากตัวชี้วัดภายในประสบความสำเร็จสอดคล้องกับตัวชี้วัดภายนอกซึ่งเป็นการวัดความพึงพอใจของลูกค้า

6. ความสูญเปล่า 7 ประการ (Wastes)

ความสูญเปล่า คือ กิจกรรมทุกกิจกรรมที่ใช้ทรัพยากร (เพิ่มค่าใช้จ่ายให้กับผลิตภัณฑ์) แต่ไม่ทำให้เกิดคุณค่าในมุมมองของลูกค้า ซึ่งความสูญเปล่าแบ่งออกเป็น 7 ประการ คือ

6.1 การผลิตเกิน (Overproduction) การผลิตเกินความต้องการของลูกค้า จะทำให้ระยะเวลายาวนานขึ้น ต้องทำการจัดเก็บนานขึ้น และตรวจพบของเสียได้ช้าลง ซึ่งความสูญเปล่าประเภทนี้สามารถแก้ไขด้วยการผลิตแบบดึงและการใช้คับบัง (Kanban)

6.2 การรอคอย (Waiting) จะรวมไปถึงการที่วัตถุดิบรอคนผลิตและคนผลิตรอวัตถุดิบ ซึ่งเราควรจะเอาเวลาที่ใช้ในการอคอย ไปทำการบำรุงรักษาเครื่องจักร การอบรมคนงาน การทำกิจการไคเซ็น เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง แต่จะต้องไม่นำเวลารอคอยนี้ไปทำการผลิตเกินความต้องการของลูกค้า

6.3 การขนส่ง (Transportation) ระยะทางการขนถ่ายที่ยาว และทำให้ต้องใช้การเคลื่อนที่มากเกินไปนั้น จะทำให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปด้วยความยากลำบาก ทำให้เราได้รับผลตอบกลับที่ช้าลง ส่งผลให้การแก้ปัญหาเกิดขึ้นช้าลง และทำให้เกิดของเสียเพิ่มมากขึ้นด้วย

6.4 กระบวนการที่ไม่เหมาะสม (Inappropriate processing) อาจเกิดจากการใช้เครื่องจักรที่ใหญ่เกินไป ไม่ยืดหยุ่นและมีผังโรงงานที่ไม่เหมาะสม ทำให้ต้องเคลื่อนไหวมากเกินไป ดังนั้น เราจึงควรแก้ไข โดยการใช้เครื่องจักรที่มีความยืดหยุ่น ไม่ใหญ่เกินไปและมีเกราะป้องกันเพื่อความปลอดภัย การออกแบบผังโรงงานใหม่ รวมทั้งการใช้จิโดกะ (Jidoka)

6.5 การจัดเก็บสินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น (Unnecessary inventory) การเก็บสินค้าหรือวัตถุดิบคงคลังจะส่งผลให้สินค้ามีเวลานำที่ยาวนานขึ้น พบปัญหาช้าลง ต้นทุนสูงขึ้น มีพื้นที่ในการทำงานลดน้อยลง ดังนั้น เราต้องลดของคงคลังให้เหลือเฉพาะที่จำเป็นจริง ๆ เท่านั้น

6.6 การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Unnecessary motion) จะทำให้อัตราการผลิตลดลง คุณภาพของสินค้าลดลง เวลาในการผลิตเพิ่มขึ้น และเกิดความล้าขึ้นกับผู้ปฏิบัติงาน

6.7 ของเสีย (Defect) ส่งผลโดยตรงต่อการเกิดต้นทุนที่ไม่จำเป็นโดยได้แบ่งของเสียออกเป็น 3 ชนิดด้วยกัน คือ ชนิดแรก คือ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเสีย ซึ่งเป็นข้อบกพร่องที่พบโดยลูกค้า ชนิดที่สอง คือ ความบกพร่องด้านบริการ ซึ่งเป็นข้อบกพร่องที่ไม่เกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพ แต่อาจเกิดขึ้นจากการส่งของไม่ตรงเวลา หรือข้อบกพร่องที่อาจเกิดจากงานเอกสาร ชนิดที่สาม คือ ชิ้นงานบกพร่องหรือของเสียที่ตรวจสอบได้ระหว่างกระบวนการ ซึ่งเราสามารถแก้ไขและลดของเสียได้โดยใช้กิจกรรมไคเซ็น (Kaizen) ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ข้อสังเกตที่ชี้บ่งให้เห็นถึงความสูญเปล่าและแนวทางแก้ไข

ความสูญเปล่า	ข้อสังเกตที่ชี้บ่งให้เห็นถึงความสูญเปล่า	แนวทางแก้ไข
1. การผลิตเกิน (Overproduction)	สินค้าคงคลังในตำแหน่งก่อนที่จะส่งสินค้าให้กับลูกค้า	การผลิตแบบดึง การใช้คัมบัง
2. สินค้าคงคลัง (Inventory)	จำนวนของสินค้าคงคลังในตำแหน่งกลาง ๆ ซึ่งสินค้าคงคลังนี้จะทำให้ใช้เวลานำที่ยาวนาน	การทำให้เกิดการไหลทีละชิ้นและปรับเครื่องจักรให้มีความยืดหยุ่น ในด้านปริมาณการผลิต
3. การขนส่ง (Transportation)	เวลาที่ใช้ในการขนส่ง	การวางผังโรงงานให้เหมาะสม การไหลทีละชิ้น การผลิตแบบทันเวลา (JIT)
4. ข้อบกพร่อง (Defect)	จำนวนของข้อบกพร่อง	ออกแบบวิธีการทำงานให้เหมาะสม ฝึกฝนทักษะในการแก้ปัญหา
5. การรอคอยและกระบวนการที่ไม่เหมาะสม (Inappropriate processing & waiting)	สังเกตจากแผนภาพได้ยาก แต่จะมีสัญญาณบางอย่างแสดงให้เห็น นั่นคือ ความไม่สมดุลกันของแต่ละกระบวนการ เช่น การเกิดของคงคลังในกระบวนการผลิต และการผลิตเกินจำนวนที่ต้องการ ซึ่งอาจจะเกิดจากการใช้เครื่องจักรที่มีกำลังผลิตไม่ยืดหยุ่น เป็นต้น	หลักการไหลทีละชิ้น การผลิตแบบทันเวลา 5ส การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การจัดการด้วยสายตา การศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหว และการใช้เครื่องจักรที่มีความยืดหยุ่น
6. การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Unnecessary motion)	ไม่สามารถสังเกตได้จากแผนภาพสายธารคุณค่า จะต้องเข้าไปสังเกตในสถานที่ทำงานจริง	

7. การวิเคราะห์ด้วย 5W 1H และการปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS

การวิเคราะห์จุดบกพร่องของวิธีการทำงานเดิม ด้วยหลักการของวิศวกรรมอุตสาหการ คือ การตรวจพิจารณาด้วยคำถาม 5W และ 1H เป็นตัวย่อที่ใช้ถามตนเอง เพื่อการตรวจพิจารณาปัญหาอย่างรอบคอบ ไม่ว่าปัญหานั้นเป็นของงานวิเคราะห์ทั้งระบบ หรือบางส่วนของระบบก็ตาม วิธีนี้จะช่วยสร้างโครงสร้างของแผนงานปรับปรุงในส่วนรายละเอียด เพื่อเสริมให้แผนงานสับเปลี่ยนของตารางขอบเขตของการเปลี่ยนแปลง เป็นประโยชน์ในเชิงปฏิบัติ ซึ่งจะนำหลักการนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ความจำเป็นของแต่ละขั้นตอนของการผลิต เพื่อลดความสูญเปล่าจากกระบวนการที่ไม่เหมาะสม โดยได้สรุปเทคนิคการตั้งคำถาม 5W 1H และหลักการ ECRS แสดงดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 การปรับปรุงด้วยหลักการของวิศวกรรมอุตสาหการ

ประเด็น	สถานะปัจจุบัน	เหตุผล	แนวทางอื่น	บทสรุป
1. จุดประสงค์ (What)	หวังผลอะไรจากวิธีทำงานในปัจจุบัน	ทำไม (Why) หวังผลอย่างนั้น	กำจัดทิ้งได้หรือไม่ (Eliminate)	จุดประสงค์คืออะไร
2. สถานที่ (Where)	ปัจจุบันทำงานนี้ที่สถานที่ใด	ทำไม (Why) ทำงานที่สถานที่นั้น	รวมสถานที่ทำงานเข้าด้วยกันได้ไหม (Combine)	ทำที่สถานที่ใด
3. ลำดับขั้น (When)	ปัจจุบันมีลำดับขั้นตอนการทำงานอย่างไร	ทำไม (Why) มีลำดับขั้นตอนอย่างนั้น	สามารถสลับขั้นตอนการทำงานได้ไหม (Rearrange)	การทำงานควรมีขั้นตอนอย่างไร
4. บุคลากร (Who)	ปัจจุบันมอบหมายให้ใครทำงานนี้	ทำไม (Why) ให้คนนั้น	คนอื่นทำได้ไหม	ควรให้ใครเป็นคนทำงานนี้
5. วิธีการ (How)	ปัจจุบันมีวิธีการทำงานอย่างไร	ทำไม (Why) วิธีการทำงานอย่างนั้น	มีวิธีการทำงานที่ง่ายกว่านี้หรือไม่ (Simplification)	ควรมีวิธีการทำงานอย่างไร

5W 1H ECRS

8. การศึกษางาน (Work study)

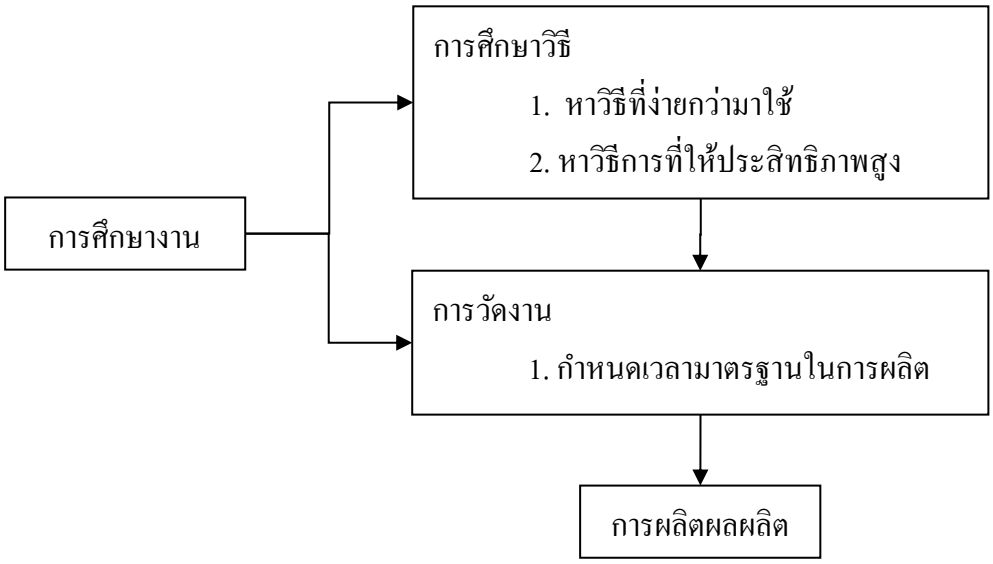
การศึกษางาน (Work study) คือ เทคนิคที่ใช้ในการปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น ซึ่งประกอบด้วยเทคนิคหลักอยู่ 2 อย่าง คือ

เทคนิคที่ 1 การศึกษาวิธี (Method study) เป็นการศึกษาเพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานที่กำลังดำเนินอยู่ โดยหาวิธีที่ง่ายกว่าและมีประสิทธิผลสูงกว่ามาใช้

เทคนิคที่ 2 การวัดงาน (Work measurement) เป็นการศึกษาเพื่อกำหนดเวลามาตรฐาน (Standard time) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในแง่ต่าง ๆ เช่น การวางแผนการผลิต ปรับปรุงดุลยภาพของ

สายการผลิต เป็นข้อมูลในการจ่ายค่าแรงอย่างจูงใจหรือกำหนดมาตรฐานการผลิต (Production standard)

เทคนิควิธีทั้งสองซึ่งเป็นองค์ประกอบของการศึกษางาน เป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญในการเพิ่มผลผลิตและมีความสัมพันธ์กัน แสดงเป็นภาพได้ตามภาพที่ 2-1 ดังนี้



ภาพที่ 2-1 องค์ประกอบของการศึกษางาน

การศึกษาวิธีและการวัดงานเป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องกัน การศึกษาวิธีเป็นการศึกษาเพื่อลดขั้นตอนของการทำงานที่ไม่จำเป็นหรือซ้ำซ้อนกัน ส่วนการวัดงานเป็นการศึกษาเพื่อลดเวลาที่ไร้ประสิทธิภาพ จากนั้นจึงวัดว่างานนั้น ๆ ใช้เวลานานเท่าไร ในบางครั้งถ้าต้องการทราบเวลาที่ใช้ในการทำงานก็ทำการวัดงานได้โดยตรง ผลลัพธ์ของการศึกษางาน คือ การเพิ่มผลผลิตนั่นเอง

การเพิ่มผลผลิตโดยการศึกษางาน เป็นการศึกษาวิเคราะห์และปรับปรุงการทำงานที่เป็นอยู่อย่างมีระเบียบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานให้ดีขึ้น เป็นการพยายามใช้ทรัพยากรต่าง ๆ อันเป็นปัจจัยในการผลิตให้เป็นประโยชน์สูงสุด เป็นวิธีการที่ไม่ต้องเพิ่มเติมค่าใช้จ่ายและการลงทุนมาก จึงเป็นวิธีการที่กระทำได้ทันที เห็นผลแน่นอนและเหมาะสมที่จะกระทำควบคู่กับการปฏิบัติงานประจำ

การศึกษาวิธี คือ การบันทึกงาน วิธีการทำงาน กระบวนการผลิตหรือระบบงานที่มีอยู่แล้วหรือที่จะกำหนดขึ้นใหม่อย่างมีระเบียบแบบแผน และพินิจพิเคราะห์ตรวจตราโดยถี่ถ้วน

เพื่อเป็นลู่ทางในการพัฒนาและการประยุกต์ใช้วิธีการที่ง่ายและมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิธีตามหนังสือการศึกษางานขององค์กรกรรมการค้าระหว่างประเทศได้ระบุวัตถุประสงค์ไว้ ดังนี้

1. เพื่อปรับปรุงกระบวนการและวิธีปฏิบัติงาน
2. เพื่อปรับปรุงโรงงาน โรงปฏิบัติการ และผังสถานที่ทำงานตลอดจนถึงการออกแบบโรงงานและเครื่องจักรต่าง ๆ
3. เพื่อให้ความพยายามของมนุษย์เข้าหลักเศรษฐศาสตร์และลดความเมื่อยล้าที่ไม่จำเป็นของคนงาน
4. ปรับปรุงการใช้วัสดุ เครื่องจักร และแรงงาน
5. พัฒนาสภาพแวดล้อมการทำงานให้ดียิ่งขึ้น

แนวทางในการศึกษาการทำงานเบื้องต้น

เมื่อกระทำการตรวจตราปัญหาใด ๆ ก็ตาม การจะวิเคราะห์ปัญหาจะต้องมีขอบเขตจำกัดและมีอันดับก่อนหลังของการวิเคราะห์ อันดับก่อนหลังของการวิเคราะห์อาจสรุปได้ ดังนี้

1. การตั้งนิยามของปัญหา
2. ทำการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
3. ตรวจตราข้อมูลที่ได้มาอย่างละเอียดถี่ถ้วน
4. พิจารณาหนทางที่มีอยู่และตัดสินใจว่าจะเลือกทางใด
5. กระทำตามที่ได้ตัดสินใจแล้ว
6. ติดตามผลของการกระทำ

ซึ่งที่กล่าวมาเบื้องต้นนั้น เป็นแนวทางการทำงานในการศึกษาการทำงานทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยการศึกษาวิธีการและการวัดงาน ซึ่งเมื่อมาพิจารณาเฉพาะแนวทางการทำงานเบื้องต้นเฉพาะในเรื่องการศึกษาวิธีการเพียงอย่างเดียว จะแสดงขั้นตอนแต่ละขั้นอย่างสรุปได้ ดังนี้

1. ทำการเลือกงานที่จะศึกษา
2. จดบันทึกข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง ในวิธีการทำงานปัจจุบัน โดยการลงไปสังเกตโดยตรง
3. ตรวจตราข้อมูลเหล่านั้นอย่างละเอียด ใช้เทคนิคที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้ได้ผลตามเป้าหมาย
4. พัฒนาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในเชิงของแง่ปฏิบัติ ความประหยัด และมีประสิทธิภาพ วิธีการนี้จะต้องสามารถใช้ได้ในกรณีที่เกิดเหตุการณ์เปลี่ยนแปลงอันไม่คาดหมายเกิดขึ้นด้วย

5. ตั้งนิยามวิธีการใหม่ซึ่งสามารถจะบ่งชี้ให้รู้ได้ตลอดเวลา

6. ทำการใช้วิธีการใหม่นี้โดยถือเป็นการปฏิบัติแบบมาตรฐาน

7. ดำรงการปฏิบัติแบบมาตรฐานของวิธีการใหม่นี้อย่างสม่ำเสมอโดยทำการตรวจสอบอยู่ตลอดเวลา

จากการที่กล่าวมาข้างต้นนี้ คือ ขั้นตอนที่จำเป็นอย่างยิ่งในการนำเอาการศึกษาวิธีการมาประยุกต์ใช้ เพื่อเป็นแนวทางในการค้นหาและจัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

หลักทั่วไปของการปรับปรุงงานโดยวิธีศึกษางาน

หลักทั่วไปในการปรับปรุงงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวข้างต้นนั้น ไม่ว่าจะเป็นงานประเภทใด หรือลักษณะใด มีหลักใหญ่ ๆ ที่ใช้ได้โดยทั่วไป และเหมือนกันอยู่ 4 ประการด้วยกัน คือ

ประการที่ 1 กำจัดขั้นงานบางส่วนที่ไม่จำเป็นหรือไม่มีประโยชน์ออกไป (Eliminate) ทั้งนี้ เพราะงานหรือปฏิบัติการที่ไม่จำเป็นย่อม หมายถึง การสูญเปล่าของงาน เวลา วัสดุสิ่งของหรือเงินทอง ค่าใช้จ่ายที่นำมาลงทุนหรือดำเนินกิจการหรือจัดงานนั้นขึ้น การพิจารณาขั้นงานเพื่อการกำจัดออกนั้นจะเพิ่มโดยการพิจารณาว่า “จะกำจัดขั้นงานได้ไหม” โดยพิจารณาว่า

งานขั้นนี้อาจจะไม่มีความสำคัญอีกต่อไปแล้ว

งานขั้นนี้อาจจะมีขึ้นเพื่อความสะดวกของพนักงานเท่านั้น

งานขั้นนี้อาจจะตัดออกได้ ถ้ามีการจัดลำดับขั้นงานใหม่

งานขั้นนี้อาจจะตัดออกได้ ถ้ามีการใช้เครื่องมือที่ดีกว่าเดิม

ประการที่ 2 รวมขั้นตอนงานหลาย ๆ ส่วนเข้าด้วยกันให้เป็นงานขั้นเดียวกัน (Combine) เมื่องานที่ไม่จำเป็นถูกจำกัดตัดทอนออกไปแล้ว และเหลือแต่ส่วนหรือขั้นงานที่จำเป็น หรือไม่สามารถกำจัดตัดทอนออกไปได้ ขั้นต่อไป ก็คือ หาทางเอาขั้นงานหรือส่วนของงานที่จำเป็นนั้นมารวมเข้ากันใหม่หรือจัดทำใหม่ เช่น รวมเอางานหรือขั้นงานที่มีการปฏิบัติการที่ใกล้เคียงกันมาให้คน ๆ เดียวทำแทนที่จะมอบให้คนหลายคนทำหรือทำทีละขั้นหรือทำทีละแห่ง

ในการรวบขั้นงานหรือส่วนของงานเข้าด้วยกันนั้นกระทำได้โดยพิจารณาว่า “จะรวมขั้นงานเข้าด้วยกันได้ไหม” โดย

การออกแบบสถานที่ทำงานและเครื่องมือใหม่

การเปลี่ยนลำดับขั้นงาน

การเปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบและรายละเอียดของชิ้นส่วน

การเพิ่มทักษะให้แก่พนักงานผลิต

ประการที่ 3 จัดลำดับขั้นของงานใหม่ (Rearrange) หากหลักการตามข้อ 1 และข้อ 2 ไม่ได้ผลก็อาจจะทำการปรับปรุงได้โดยการเปลี่ยนคน เปลี่ยนสถานที่ หรือเปลี่ยนลำดับการปฏิบัติงาน หรือขั้นตอนการปฏิบัติงานเสียใหม่ให้เหมาะสม เช่น คนนี้ไม่เหมาะสมกับงานอย่างนี้ก็เอาไปทำงานอื่นที่เขาสนใจและถนัด ส่วนลำดับขั้นในการผลิตหรือการปฏิบัติงานก็เช่นเดียวกัน ขั้นไหนก่อนขั้นไหนหลังมันจะต้องเป็นไปตามกระบวนการ ตามเหตุผลตามสามัญสำนึก ถ้าลำดับขั้นตอนผิดงานจะเดินไม่สะดวกทันที จำเป็นที่จะต้องจัดลำดับเสียใหม่ การจัดลำดับขั้นตอนนั้นพิจารณาว่า “จะจัดลำดับขั้นงานใหม่ได้ไหม” เพื่อให้เกิด

การลดขั้นงานบางขั้นให้สั้นลงหรือง่ายขึ้น

การลดขั้นงานขนย้ายวัสดุและการเดิน

การประหยัดพื้นที่ในการทำงานและประหยัดเวลา

การใช้เครื่องมืออย่างมีประสิทธิภาพขึ้น

ประการที่ 4 ปรับปรุงงานขั้นหนึ่ง ๆ ให้ง่ายขึ้น (Simplify) ได้แก่ การทำการปรับปรุงงานให้มีการปฏิบัติการที่ง่ายขึ้น และมีประสิทธิภาพ เช่น งานที่มีขั้นตอนการปฏิบัติที่ยุ่งยากสลับซับซ้อน ปฏิบัติยาก เข้าใจยากก็ต้องหาทางทำให้ง่ายขึ้น หาทางใช้เครื่องผ่อนแรงหรือเครื่องมือเครื่องจักรที่ทันสมัยและสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าสามารถทำได้ในการปรับปรุงขั้นงานนั้นจะพิจารณาว่า “จะปรับปรุงขั้นงานได้ไหม” โดย

การวางผังสถานที่ทำงานใหม่

การใช้เครื่องมือที่ดีขึ้น

การฝึกพนักงาน การคุมงานอย่างดีและมีการบริการอย่างดี

การแบ่งขั้นงานให้ย่อยลงถ้าจำเป็น

จากหลักการของการปรับปรุงงานนั้นจะเห็นว่า “การกำจัด” ควรจะมาก่อน ทั้งนี้ก็เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาว่า งานบางขั้นได้เสียเวลาจัดรวม จัดลำดับ หรือปรับปรุงไปแล้วจึงพบว่าไม่จำเป็นต้องทำ ส่วน “การรวม” ควรจะทำถัดมา เพื่อไม่ให้เกิดกรณีที่มีการจัดลำดับขั้นงานก่อนจนโอกาสที่จะรวมขั้นงานหมดไป “การจัดลำดับ” ควรจะทำภาพหลังจากที่ได้มีการกำจัดและยุบงานเข้ารวมกันแล้ว ส่วน “การปรับปรุง” งานนั้นเป็นเรื่องที่ไม่กระทบกระเทือนการทำงานเนื่องจากเกี่ยวข้องเฉพาะงานแต่ละชิ้น จึงควรมาหลังสุดเมื่อแน่ใจว่างานทุกงานจำเป็น เป็นงานที่กะทัดรัดและมีลำดับที่ถูกต้องแล้ว

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นุชสรา เกรียงกรกฎ (2548) ปรับปรุงการจัดสมดุลสายการผลิตในโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูปแห่งหนึ่ง ในจังหวัดอุบลราชธานี ผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา คือ เสื้อสไตล์ 53287 ไลน์ A14 ซึ่งมีประสิทธิภาพสายการผลิตในปัจจุบันเท่ากับ 55.48% ซึ่งยังอยู่ในระดับที่ต่ำ ดังนั้น จึงเสนอแนวทางเพื่อปรับปรุงการจัดสมดุลสายการผลิต โดยใช้วิธีฮิวริสติก 4 วิธี ในการแก้ปัญหาซึ่ง ได้แก่ วิธี Kilbridge & Wester, Ranked positional weight, Maximum task time, และวิธี Total maximum number of following tasks โดยมีการพิจารณาเครื่องจักรเป็นเงื่อนไขประกอบในการจัดสมดุลการผลิต ผลจากการวิจัยพบว่า การจัดสมดุลสายการผลิตทั้ง 4 วิธี ให้ค่าผลลัพธ์ที่เท่ากัน คือ จำนวนสถานีงานลดลงจาก 17 สถานีเหลือ 14 สถานี จำนวนพนักงานลดลงจาก 17 คนเหลือ 14 คน สามารถลดค่าใช้จ่ายแรงงานได้ 462 บาทต่อวัน (ปัจจุบันค่าจ้างพนักงาน เท่ากับ 154 บาท/ คน/ วัน) หรือ 138,600 บาทต่อปี และค่าประสิทธิภาพของสายการผลิต เพิ่มขึ้นจาก 55.48% เป็น 67.37%

ประเสริฐ ศรีบุญจันทร์ และสมจิตร ลาภโนนเขวา (2550) การนำแนวทางของเทคนิควิศวกรรมอุตสาหการโดยการศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหวการทำงาน มาช่วยในการแก้ปัญหาด้านเวลาในการทำงานและลดของเสียของกระบวนการบรรจุหีบห่อในอุตสาหกรรมผลิตนม จากการศึกษาพบว่าปัญหา คือ เกิดเวลารอคอยและเวลาสูญเปล่าในกระบวนการบรรจุหีบห่อ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกระบวนการบรรจุหีบห่อ โดยกำหนดมาตรการในการแก้ปัญหา 3 มาตรการ คือ การปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางผลิตภัณฑ์ที่นำมาบรรจุหีบห่อใหม่ การนำจิ๊กมาช่วยในการหยิบจับผลิตภัณฑ์ที่นำมาบรรจุหีบห่อและการเลื่อนตำแหน่งกล่องใส่อุปกรณ์ที่ใช้ในการบรรจุหีบห่อ ผลการวิจัยพบว่า เวลารอคอยการทำงานโดยเฉลี่ยลดลงจาก 13.55 นาที่ เป็น 0 นาที หรือไม่มีเวลารอคอย ประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้นจากเฉลี่ย 59 แพ็คต่อชั่วโมง เป็นเฉลี่ย 66 แพ็คต่อชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 11.86 และสัดส่วนของเสียลดลงจาก 0.1468 เหลือ 0.0875 หรือคิดเป็นร้อยละ 40.4

ประยูร สุรินทร์ (2551) การศึกษาเพื่อลดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เพื่อแก้ปัญหาในอุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Transistor & Diode) ซึ่งจากการเข้าไปศึกษาพบว่าเวลาที่สูญเสียเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น เกิดจากเครื่องมือและอุปกรณ์ไม่เหมาะสมหรือไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน พนักงานใช้เวลาทำงานไม่เท่ากัน ไม่มีวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน และสภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงาน ซึ่งทางคณะผู้ทำการวิจัยได้เลือกปัญหาที่เกิดจากเครื่องมือและอุปกรณ์ไม่เหมาะสมหรือไม่สะดวก

ในการปฏิบัติงานมาทำการวิจัย จากการศึกษาผู้วิจัยจะดำเนินการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยเลือกวิธีการจัดทำอุปกรณ์ช่วยในการตรวจสอบที่เหมาะสมกับการปฏิบัติงานและเป็นมาตรฐานเดียวกัน ผลจากการวิจัยปรากฏว่าเวลาในการตรวจสอบเครื่องจักรวิธีการเดิมใช้เวลา 11.51 นาที/ เครื่อง/ คน ซึ่งภายหลังการทดลองใช้อุปกรณ์ช่วยในการตรวจสอบแล้วเวลาลดลง 6.12 นาที/ เครื่อง/ คน ซึ่งคิดเป็นเงิน 4,395,448.80 บาทต่อปี ในขณะใช้อุปกรณ์ช่วยในการตรวจสอบพบว่าสามารถทำให้เวลาในการผลิตลดลงจากอัตราการผลิตต่อ 1 วันจะเท่ากับ 340,425.6 Pcs. เป็น อัตราการผลิตต่อ 1 วันจะเท่ากับ 345,600 Pcs. ทำให้เพิ่มผลผลิตได้อีก 5,174.4 ชิ้น/ วัน ซึ่งสามารถทำให้บริษัทลดต้นทุนลงได้อย่างมาก ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงประสบผลสำเร็จได้ด้วยดี สามารถแก้ปัญหาได้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ยอดนภา เกษเมือง (2551) ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงกระบวนการผลิตชุดตะแกรงเหลี่ยมคัดขนาดข้าว เป็นกรณีศึกษาของโรงงานตัวอย่าง เพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตชุดตะแกรงเหลี่ยมคัดขนาดข้าว จากการศึกษาพบว่า การสูญเสียเวลาในขั้นตอนการผลิตนั้นมาจากหลายสาเหตุ แต่จุดที่มีการเสียเวลามากที่สุด คือ เวลาที่ใช้ในการประกอบชุดตะแกรงเหลี่ยมคัดขนาดข้าว จากการศึกษาและเก็บข้อมูล พบว่าสาเหตุที่ทำให้การประกอบชุดตะแกรงเหลี่ยมใช้เวลามากเกิดจากวิธีการในการประกอบ การขนถ่ายลำเลียงวัสดุและการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ช่วยในการทำงานที่ไม่เหมาะสม จากปัญหาดังกล่าว ทางผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางในการปรับปรุงการทำงานโดยการประยุกต์ใช้เทคนิค ECRS เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ผลจากการปรับปรุงกระบวนการประกอบชุดตะแกรงเหลี่ยมคัดขนาดข้าว สามารถลดเวลาที่ใช้ในการประกอบจาก 1,884.28 นาที เป็น 1,695.04 นาที ต่อการประกอบชุดตะแกรงเหลี่ยม 1 ชุด ระยะทางลดลงจาก 134 เมตร เป็น 102 เมตร และจากการปรับปรุงยังสามารถลดค่าแรงของพนักงานในการผลิตชุดตะแกรงเหลี่ยมคัดขนาดข้าวลงได้ 406 บาท/ ชุด

บรรเจิด ขอบจิต (2550) โครงงานวิจัยอุตสาหกรรมฉบับนี้ได้ทำการวิจัยถึงการปรับปรุงการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพในสายการผลิตของผลิตภัณฑ์ ตัววัดความเร็ว (Speed sensor) โดยทำการปรับปรุงโดยใช้หลักในการพิจารณาการปรับปรุงของลีนที่ทำการปรับปรุงในสายการผลิตที่มุ่งเน้นลดความสูญเปล่าโดยหลักใหญ่จะเป็นการลดจำนวนของพนักงาน ปรับเปลี่ยนกระบวนการเปลี่ยนตำแหน่งการวางเครื่องจักรที่เหมาะสม ลดของเสียในกระบวนการ ทางผู้ดำเนินการวิจัยได้ทำการปรับปรุงสองครั้งต่อเนื่องกัน และผลที่ได้จากการดำเนินการปรับปรุงดังกล่าวสรุปได้ว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กับสายการผลิต จาก 63.63% เป็น 72.14% เพิ่มยอดการผลิต 2,313 ชิ้น/ วัน เป็น 4,921 ชิ้น/ วัน และสามารถลดของเสียในกระบวนการผลิตจากเดิม 11.21% เหลือ 3.0%

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ความเป็นมาและการดำเนินงาน

บริษัทกรณีศึกษาก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2538 โดยผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์โทรคมนาคม ส่งให้กับบริษัทที่เป็นเจ้าของแบรนด์เนม (Brand name) ต่าง ๆ ทั้งในเอเชีย ยุโรป และอเมริกา ซึ่งทางผู้บริหารมีนโยบายในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าด้วยความรวดเร็ว ซื่อสัตย์ และมีคุณภาพเพื่อรักษากลุ่มลูกค้าเอาไว้ ทั้งนี้ผู้ผลิตต้องแสดงให้ลูกค้าได้เห็นถึงความสามารถในการผลิตที่จะสามารถรองรับความต้องการต่าง ๆ จากลูกค้าให้ได้ ทั้งในด้านความต้องการการผลิตที่เพิ่มมากขึ้น โดยต้องทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุดในสินค้าและบริการ รวมถึงการควบคุมต้นทุนการผลิตให้ต่ำลง จึงเป็นปัจจัยหลักที่ผู้บริหารของบริษัทจำเป็นต้องดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงทั้งระบบอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดความได้เปรียบในเชิงธุรกิจของการแข่งขันกับบริษัทอื่น ๆ ที่ดำเนินธุรกิจแบบเดียวกัน

สภาพปัญหาของโรงงานที่พบ ก็คือ เนื่องจากบริษัทมีลูกค้าหลากหลาย ที่ทางบริษัทจะต้องให้การบริการที่รวดเร็วและสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ลูกค้าพึงพอใจอย่างสูงสุด ความต้องการการผลิตที่เพิ่มมากขึ้นของลูกค้ารายหนึ่งอาจกระทบกับผลผลิตของลูกค้าอีกรายหนึ่งเนื่องจากทางบริษัทใช้ทรัพยากรร่วมกัน เนื่องจากพื้นที่การผลิตในปัจจุบันไม่สามารถรองรับความต้องการของลูกค้าที่จะเพิ่มมากขึ้นจากไตรมาสที่ 2 ของปี 2559 (Y2016 Q2) เพิ่มเป็น 5 เท่าภายในไตรมาสที่ 3 ของปี 2559 (Y2016 Q3) ได้ โดยเหตุที่ความต้องการของลูกค้าที่ได้เพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 5 เท่านี้ก็เนื่องจากปัจจุบันผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในขั้นออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Prototype) และเมื่อสำรวจตลาดแล้วจึงได้พยากรณ์ความต้องการผลิตภัณฑ์ออกมาพบว่าเพิ่มขึ้นจากเดิมจึงจะสามารถวางขายสินค้าออกสู่ท้องตลาดได้ (Mass production)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำปัญหานี้มาทำวิจัย จัดทำการวางแผนโครงการและดำเนินงานเพื่อเพิ่มผลผลิตในสายการผลิตของกลุ่มอุปกรณ์เชื่อมต่ออินเตอร์เนทซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ในความรับผิดชอบในงานที่ทำอยู่ในปัจจุบัน ภายใต้ปัจจัยการผลิตที่มีจำกัดซึ่ง ก็คือ พื้นที่การผลิตภายในโรงงานดังที่กล่าวมา

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

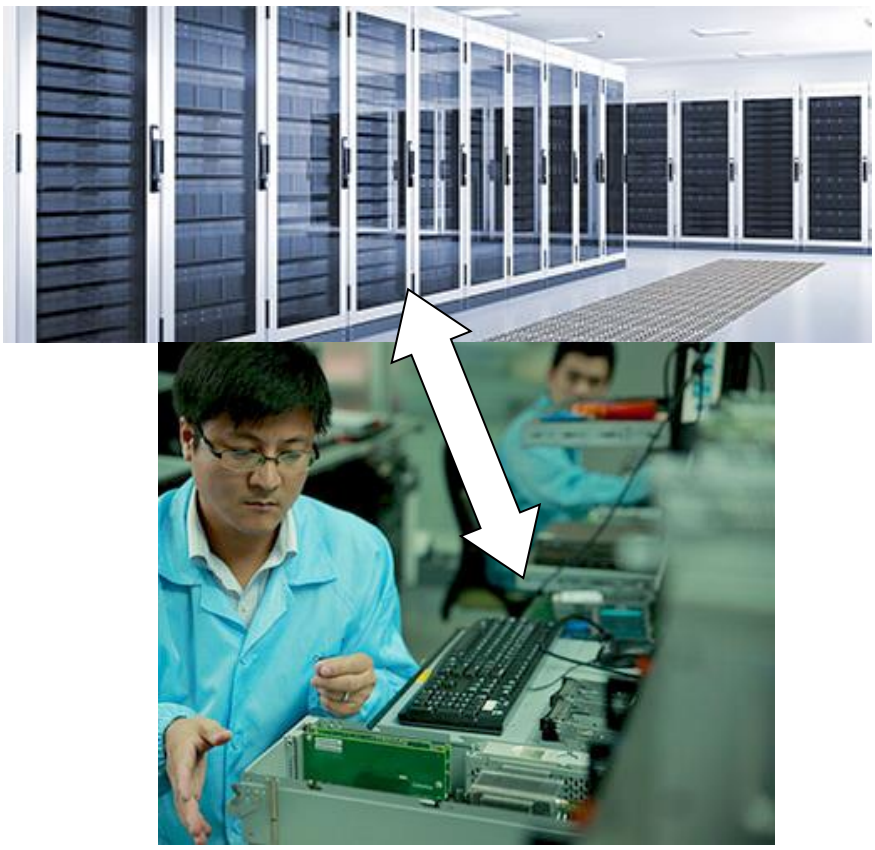
ดังนั้น จึงได้กำหนดโครงการเพื่อทำการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาสภาพปัจจุบัน สำรวจข้อมูล ความสามารถของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน
2. ศึกษากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา
3. กำหนดเป้าหมายและหาสาเหตุของปัญหาเพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต
4. ดำเนินการปรับปรุงกระบวนผลิตตามแผนงานที่ได้กำหนดไว้
5. ตรวจสอบติดตามผลการปรับปรุง
6. สรุปผลการปรับปรุงหลังการแก้ไข

ดำเนินการวิจัย

ศึกษาผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา

ผลิตภัณฑ์ในการใช้ศึกษาวิจัยครั้งนี้จะเป็นบอร์ด อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเป็นอุปกรณ์โทรคมนาคม การจัดเก็บข้อมูลระดับองค์กรหรือ เซิร์ฟเวอร์สำหรับใช้ในองค์กรต่าง ๆ ที่เป็นตัวประมวลผล และเชื่อมโยงข้อมูลต่อเข้าหากัน ซึ่งมีความจำเป็นอย่างมากในโลกการสื่อสารแบบไร้พรมแดนในปัจจุบัน ดังในภาพที่ 3-1

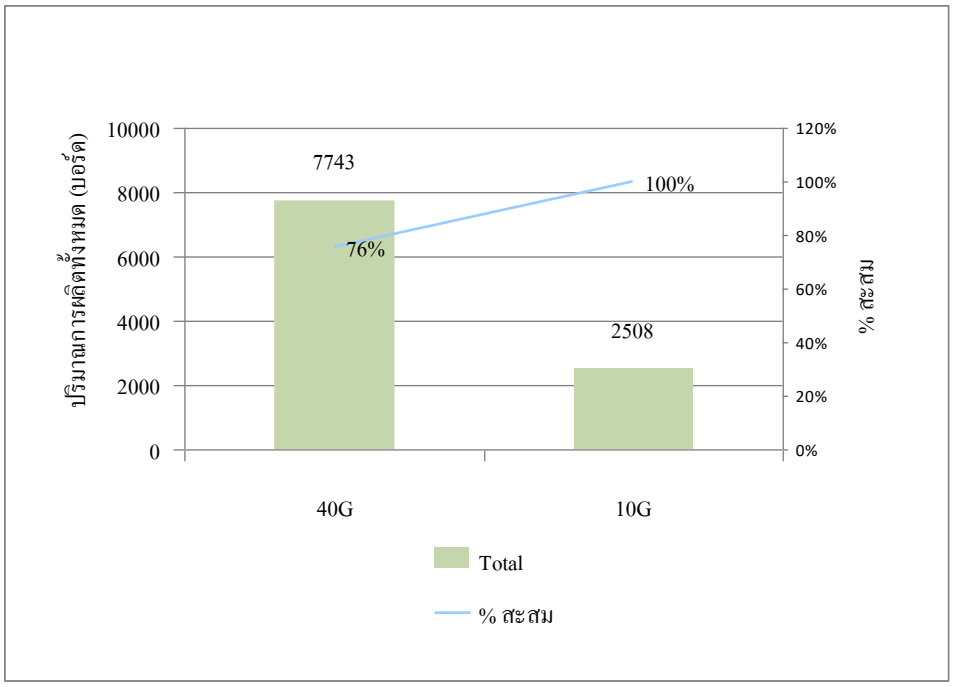


ภาพที่ 3-1 ผลิตภัณฑ์บอร์ดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

เนื่องจากในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีผลิตอยู่ในบริษัท 2 รุ่น คือ รุ่น 40G และ 10G ผู้วิจัยได้ทำการใช้การพิจารณาจากการเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาทำงานวิจัย โดยใช้หลักการวิเคราะห์ปริมาณของผลิตภัณฑ์ (Product-quantity analysis: PQ) โดยพิจารณาจากข้อมูลการพยากรณ์การผลิตล่วงหน้า 14 เดือน จากเดือนเมษายน 2559 จนถึงเดือนพฤษภาคม 2560 พบว่า จำนวนการผลิตรวมของผลิตภัณฑ์ 40G และ 10G เป็น 7,743 บอร์ดและ 2,508 บอร์ด จากข้อมูลพบว่าปริมาณการผลิตรวมของผลิตภัณฑ์ 40G มีจำนวนมากกว่า ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกผลิตภัณฑ์ 40G เป็นผลิตภัณฑ์กรณีศึกษาเพื่อทำการปรับปรุงการผลิต โดยข้อมูลจะแสดงดังภาพที่ 3-2 และทำการเปรียบเทียบข้อมูลเป็นผังภูมิพาเรโตดังในภาพที่ 3-3 ดังนี้

Model	Apr-16	May-16	Jun-16	Jul-16	Aug-16	Sep-16	Oct-16	Nov-16	Dec-16	Jan-17	Feb-17	Mar-17	Apr-17	May-17	Total	%	% สะสม
40G	60	232	253	735	729	581	618	689	333	648	855	598	557	855	7,743	76%	76%
10G	0	0	0	330	197	188	275	197	188	275	197	242	221	198	2,508	24%	100%
															10,251		

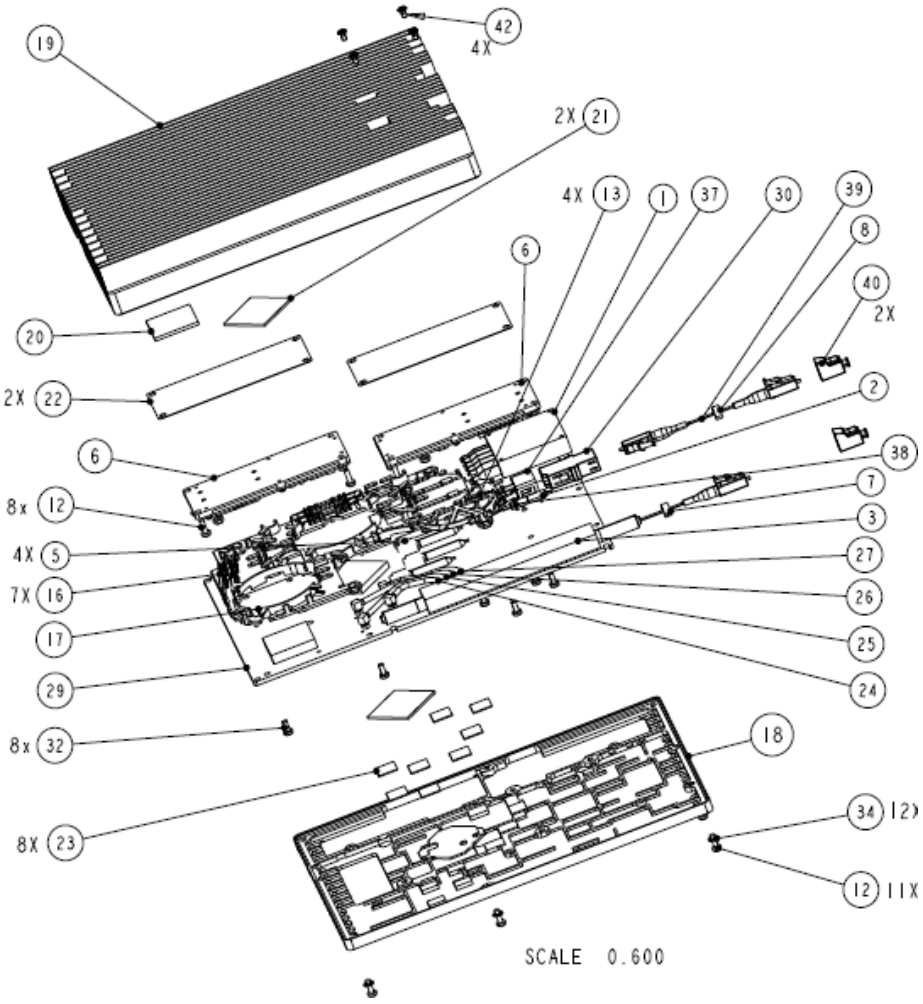
ภาพที่ 3-2 จำนวนการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น 40G และ 10G จากพยากรณ์ล่วงหน้า 14 เดือน



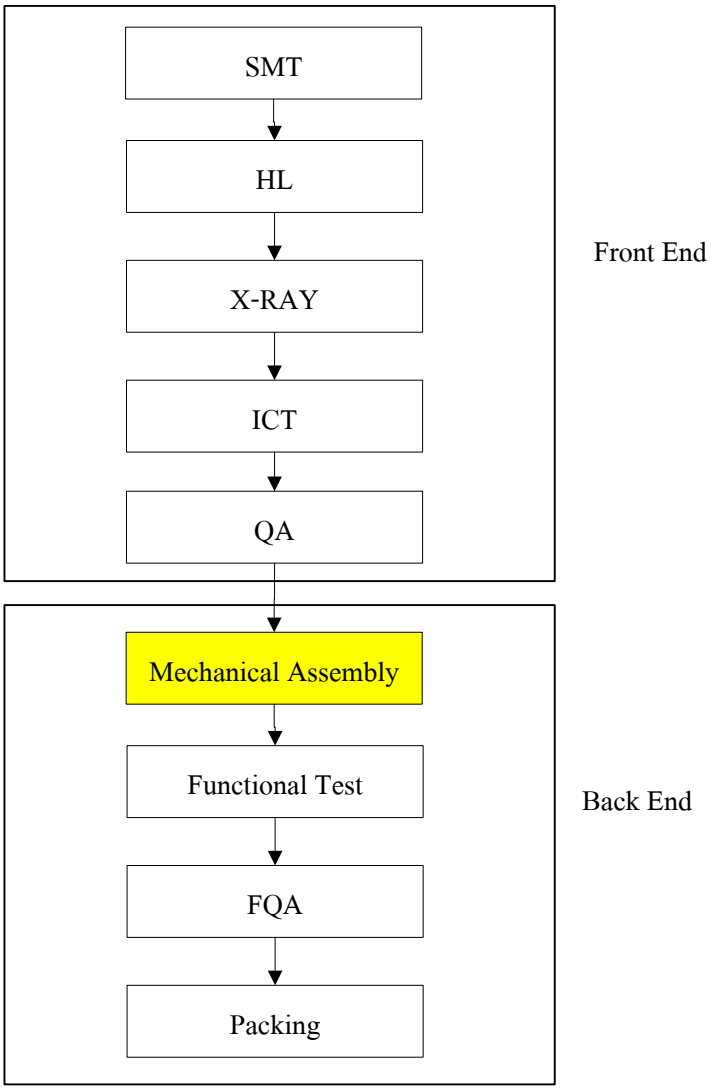
ภาพที่ 3-3 ผังภูมิพาเรโต-แสดงการวิเคราะห์แบบ PQ ของจำนวนการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น 40G และ 10G

ศึกษากระบวนการไหลของกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา

ผลิตภัณฑ์รุ่น 40G จะมีกระบวนการผลิตแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่ 1) การประกอบส่วนหน้า (Front end) และ 2) การประกอบส่วนหลัง (Back end) โดยการประกอบจะประกอบแบบที่ลูกค้าให้มา ดังแสดงในภาพที่ 3-4 ซึ่งในแต่ละส่วนนั้น ประกอบไปด้วยขั้นตอนการผลิตส่วนย่อย ๆ ดังภาพที่ 3-5

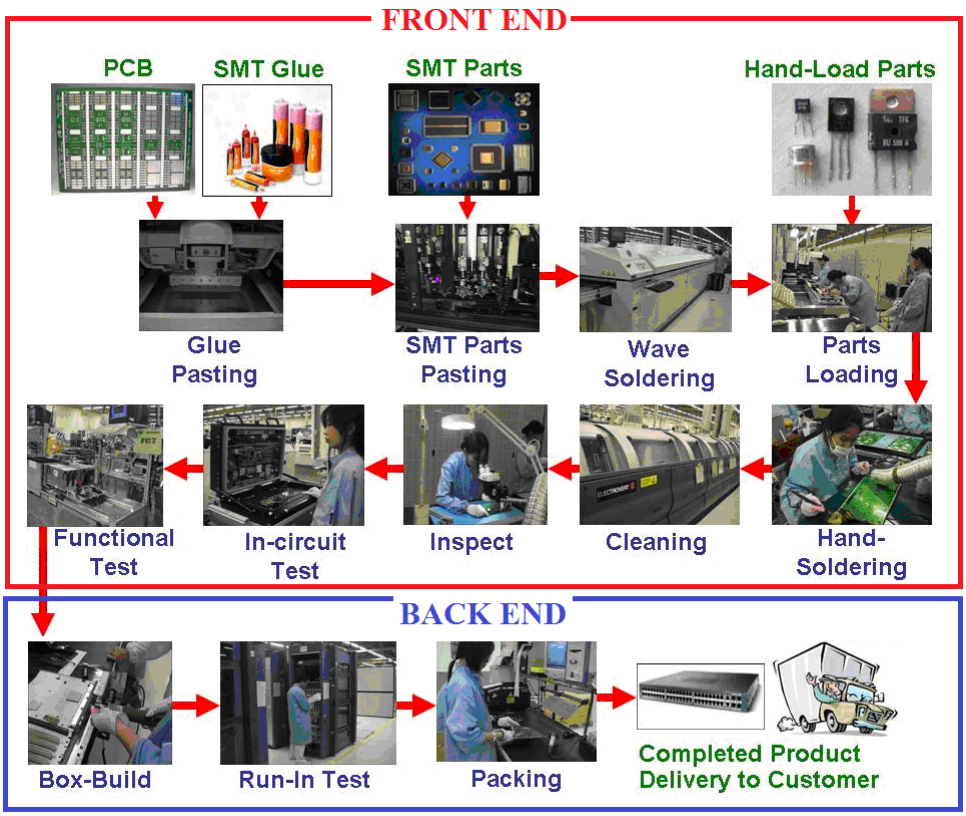


ภาพที่ 3-4 แบบแสดงการประกอบชิ้นส่วนบอร์ดรุ่น 40G



ภาพที่ 3-5 Process flow ของการผลิต Front end และ Back end รุ่น 40G

โดยภาพแสดงการทำงานในแต่ละขั้นตอนจะแสดงในภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 ภาพการผลิต Front end และ Back end รุ่น 40G

กระบวนการผลิตส่วนหน้า (Front end process)

การผลิตในขั้นตอนนี้เป็นการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics component) เช่น BGA (Ball grid array) ตัวต้านทาน (Resistor) ตัวเก็บประจุ (Capacitor) ลงบนแผ่นวงจร PCB (Print circuit board) ตามแบบร่าง (Drawing) ที่ได้รับจากลูกค้า โดยใช้เครื่องจักรที่ทำงานด้วยเทคโนโลยี Surface mounting technology (SMT) ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ใช้วางชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ลงบนแผ่น PCB ตามตำแหน่งที่ได้มีการปาดตะกั่วด้วยเครื่อง SMT ไว้แล้ว โดยทำหน้าที่จับวางชิ้นส่วนอย่างแม่นยำ

จากนั้นจะเป็นกระบวนการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งไม่สามารถวางชิ้นส่วนนั้น ๆ ด้วยเทคโนโลยี SMT ได้ จึงต้องทำการวางชิ้นส่วนและทำการบัดกรีชิ้นส่วนนั้นเข้ากับแผ่นวงจร PCB โดยการอาศัยมือพนักงานช่วยในการทำงาน ซึ่งเรียกว่ากระบวนการ Hand load หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบวงจรภายในของแผ่นวงจร PCB ที่ขั้นตอน X-ray, ICT (In circuit test) ซึ่งเป็นการตรวจสอบว่าการเชื่อมของตะกั่วระหว่าง PCB กับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ อยู่ในปริมาณที่ทำให้กระแสไฟฟ้าในแผ่นวงจร PCB จะสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนด

(Specification) ที่ลูกค้าได้กำหนดไว้ และตรวจสอบว่ากระแสไฟฟ้าวิ่งผ่านชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ได้ปกติ ไม่มีอุปกรณ์ใด ๆ บนแผ่นวงจร PCB นี้เสียหายหรือไม่สามารถทำงานได้

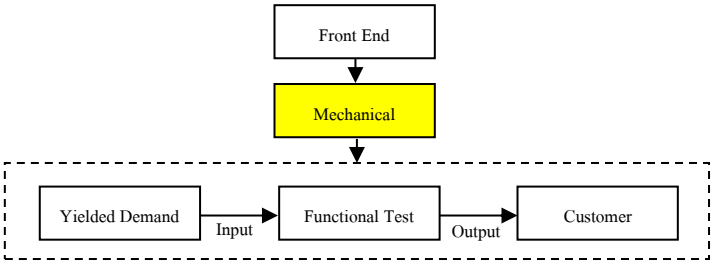
จากนั้น PCB จะถูกนำไปตรวจสอบความเสียหายของชิ้นส่วนที่อยู่บน PCB ด้วยสายตาผ่านเลนซ์กระจกที่มีกำลังขยาย 5 เท่า ที่กระบวนการตรวจสอบคุณภาพ (QA gate buy-off) เพื่อให้แน่ใจว่าไม่เกิดความเสียหายระหว่างการขนย้าย ก่อนส่งไปทำการประกอบเข้ากับ Mechanical parts ที่กระบวนการผลิตส่วนหลัง (Backend process) ต่อไปซึ่งแผ่นวงจร PCB เมื่อผ่านขั้นตอนส่วนหน้าทั้งหมดแล้วจะถูกเรียกว่า PCBA

กระบวนการผลิตส่วนหลัง (Back end process)

การผลิตในส่วนนี้จะเป็นการประกอบชิ้นส่วน Mechanical part เข้ากับแผ่นวงจร PCBA ซึ่งขั้นตอนนี้จะเรียกว่า Mechanical assembly โดยทำการประกอบตามแบบ (Assembly drawing) ที่ลูกค้ากำหนดให้ตามภาพที่ 3-4

เมื่อทำการประกอบสำเร็จเป็นผลิตภัณฑ์ตาม Drawing แล้ว ผลิตภัณฑ์ซึ่งเรียกว่าบอร์ดจะถูกนำไปเข้าเครื่องทดสอบ (Tester) เพื่อตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานของบอร์ดว่าใช้งานได้จริงและมีโปรแกรมข้อมูลตามเอกสารที่ลูกค้ากำหนดให้ไว้อย่างถูกต้อง ซึ่งขั้นตอนนี้จะถูกเรียกว่า Functional test หากระหว่างทดสอบพบว่าบอร์ดไม่สามารถใช้งานได้จริง และไม่ผ่านการทดสอบจะต้องทำการตรวจสอบหาสาเหตุและแก้ไขต่อไป หากบอร์ดผ่านการทดสอบที่ Functional test เรียบร้อยแล้วจะมีการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบสินค้า FQA (Final quality assurance) เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของการประกอบด้วยตาว่าถูกต้องตามคุณภาพที่กำหนดไว้หรือไม่ จากนั้นจึงจะนำไปบรรจุหีบห่อเพื่อจัดส่งให้ลูกค้า

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีหน้าที่ดูแลรับผิดชอบในกระบวนการผลิตส่วนหลัง (Back end process) ในส่วนของงานประกอบ Mechanical assembly จากผลิตภัณฑ์ 40G ที่ผู้วิจัยเลือกเป็นผลิตภัณฑ์กรณีศึกษาเพื่อทำการปรับปรุงการผลิต จากภาพที่ 3-5 แสดงให้เห็นว่า กระบวนการ Front end เปรียบเสมือนเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วน (Supplier) ของ Mechanical assembly และ Functional test เปรียบเสมือนลูกค้าของกระบวนการ Mechanical assembly ดังนั้น ความต้องการการผลิต (Demand) ของงานวิจัยนี้จะได้เป็นความต้องการจากลูกค้าหรือที่กระบวนการ Functional test โดยที่ Demand จาก Functional test จะเป็น Demand ที่ได้คำนวณอัตราคุณภาพเผื่อไว้แล้ว (Yielded demand) เทียบจากความต้องการการผลิตจริงของลูกค้า (Customer demand) เพื่อให้จำนวนบอร์ดขาเข้า (Input) เมื่อผ่านกระบวนการ Functional test แล้วจะได้จำนวนบอร์ดเป็นของดี เป็นบอร์ดขาออก (Output) เท่ากับ Customer demand ดังแสดงในภาพที่ 3-7

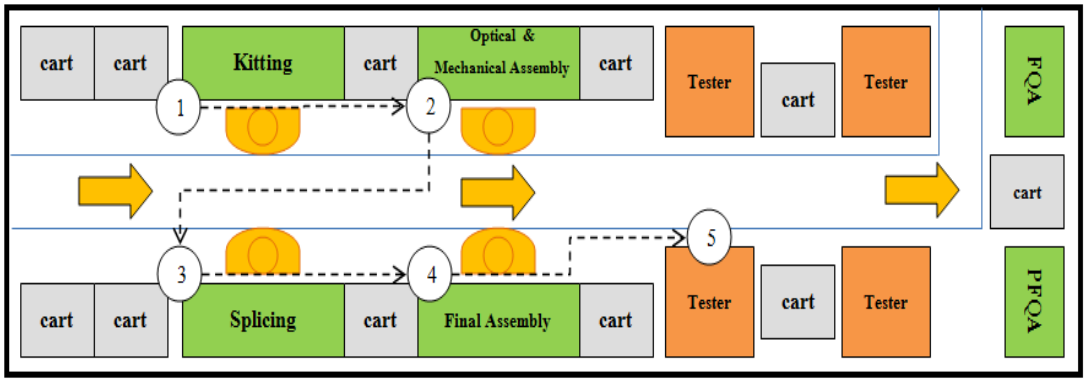


ภาพที่ 3-7 แผนภาพสรุปความต้องการการผลิตของ Functional test

โดยการคำนวณอัตราคุณภาพนั้น เป็นการคำนวณจากข้อมูลในอดีตว่าอัตราคุณภาพของ Model นี้ จำเป็นต้องมีการผลิตเผื่อจำนวนเท่าไรถึงจะให้ทันต่อจำนวนบอร์ดของดีเท่ากับ Customer demand

ศึกษากระบวนการผลิตย่อยของผลิตภัณฑ์รุ่น 40G

ขั้นตอนนี้เป็นการประกอบชิ้นส่วนที่เป็น Mechanical part และ Optical part ลงบน PCBA ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้มีสถานีย่อยในการประกอบบอร์ด ดังแสดงในภาพการไหลของงานที่ 3-8



ภาพที่ 3-8 แผนผังขั้นตอนการไหลของผลิตภัณฑ์ รุ่น 40G ในขั้นตอนการผลิตประกอบ

จากภาพที่ 3-8 สามารถอธิบายขั้นตอนต่าง ๆ ได้ ดังนี้

สถานีงานที่ 1 ชื่อกระบวนการ Kitting & Preparation เป็นกระบวนการเตรียมชิ้นส่วนที่ใช้ในการประกอบให้พร้อมก่อนการประกอบ และเป็นกระบวนการที่ใช้เก็บข้อมูล Serial number ของชิ้นส่วนที่มีความสำคัญที่ต้องการการสอบกลับของข้อมูลการผลิตย้อนหลังในระบบ

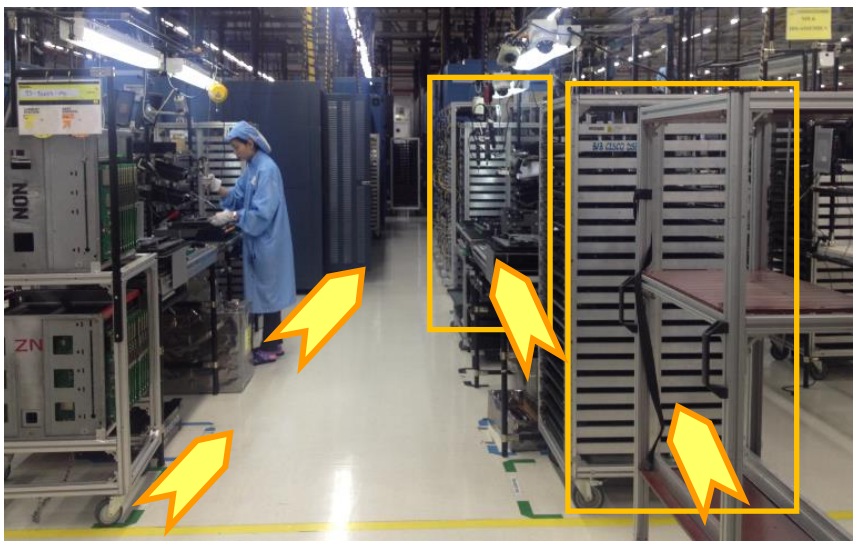
สถานีงานที่ 2 ชื่อกระบวนการ Optical assembly และ Mechanical assembly ขั้นตอนนี้เป็นการประกอบชิ้นส่วนที่ Optical part ลงบน PCBA โดยการบัดกรี และทำการประกอบ Mechanical part บางส่วนที่จำเป็นต้องทำให้เสร็จสมบูรณ์ก่อนการส่งไปยังขั้นตอนถัดไป

สถานีงานที่ 3 ชื่อกระบวนการ Splicing เป็นขั้นตอนที่ใช้เครื่องจักรในการทำงานกับชิ้นส่วน Optical part ซึ่งถูกประกอบมาจากกระบวนการก่อนหน้า

สถานีงานที่ 4 ชื่อกระบวนการ Final assembly เป็นขั้นตอนที่ผลิตภัณฑ์จะถูกประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้จะใช้พนักงานจำนวน 4 คน (1 คนต่อ 1 สถานี) และมีเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติ Jig fixture ช่วยในการประกอบอีกด้วย หลังจากได้ผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์จะถูกนำส่งต่อไปยังสถานีถัดไป

สถานีงานที่ 5 ชื่อกระบวนการ Functional test เพื่อทดสอบการทำงานของผลิตภัณฑ์ว่าทำงานได้ตาม Function ที่ตรงกับ Spec ลูกค้าหรือไม่ โดยกระบวนการนี้จะเปรียบเสมือนลูกค้าของกระบวนการ Assembly

โดยในแต่ละขั้นตอนการไหลของงานจะเป็นสายการผลิตแบบการไหลไม่ต่อเนื่อง ซึ่งเมื่อทำการประกอบชิ้นงานแล้วจะต้องนำไปวางบน CART จากนั้นจะเคลื่อนที่ชิ้นงานด้วย CART ในการนำส่งชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์จากสถานีทำงานหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่งจะใช้เวลาของการเคลื่อนย้ายขึ้นอยู่กับพนักงานและต้องเสียพื้นที่ในการจัดเก็บ CART ระหว่างสถานีค่อนข้างมาก ซึ่งผู้วิจัยได้มองเห็นว่าเป็นสิ่งที่น่าจะปรับปรุงให้ดีขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้สูงขึ้นได้ ดังภาพที่ 3-9 และภาพที่ 3-10



ภาพที่ 3-9 พื้นที่การทำงานปัจจุบันการเคลื่อนย้ายชิ้นงานต้องใช้ CART

ภาพที่ 3-10 ภาพ CART ซึ่งใช้ในการขนย้ายผลิตภัณฑ์เพื่อส่งต่อไปยังแต่ละสถานีงานถัดไป

ศึกษาเวลามาตรฐานของแต่ละขั้นตอนการผลิต

ทำการศึกษาเวลามาตรฐานจะเก็บข้อมูลด้วยการจับเวลาจริงของแต่ละสถานีงาน ตั้งแต่สถานีงานที่ 1 ถึงสถานีงานที่ 4 โดยแต่ละสถานีงานจะแบ่งกิจกรรมการทำงานแต่ละขั้นตอนการทำงาน เป็นขั้นตอนย่อย ๆ ดังต่อไปนี้ การเซ็ต % Allowance 15% ในสถานีงานที่ 1 สถานีงานที่ 2 และสถานีงานที่ 4 เป็นไปตามมาตรฐานของโรงงานที่ใช้คนทำงาน 100% โดยที่สถานีงานที่ 3 คือ Splicing มี Allowance 12% เนื่องจากมีการทำงานร่วมกับเครื่องจักร

สถานีงานที่ 1 Kitting & Preparation เป็นกระบวนการเตรียมชิ้นส่วนที่ใช้ในการประกอบให้พร้อมก่อนการประกอบ มีขั้นตอนการทำงานย่อยทั้งหมด 22 ขั้นตอนการทำงาน ผลที่ได้จากกการศึกษาเวลาการทำงาน คือ 1 รอบการทำงานจะใช้เวลา 3,564.33 วินาที รายละเอียดการศึกษางานของสถานีที่ 1 ได้แสดงรายละเอียดในดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 เวลามาตรฐานของขั้นตอน Kitting & Preparation

Process name		Kind of	Freq.	Time observation sheet										AVG	R (%)	B.T.	A.W.	Std.Time
No.	Work element	activity		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(sec.)		(sec.)	(15%)	(sec.)
1	นำ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 1 ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_001 ใช้ Lint free ชุบ IPA เช็ดบนตัว Part ITLA รอ 1 นาที ให้แห้ง จากนั้นลอก Liner และติด Thermal pad (700-335528-01) บนตัว Part ITLA เพื่อทำการประกอบ Part base plate (700-34196-01) บน Part ITLA ด้วยสกูร (48-2872-01)	Man (Internal)	1	224.72	234.97	218.23	237.06	230.98	225.32	233.85	231.11	227.48	231.95	229.57	100%	229.57	15%	264.00
2	นำ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 1 ออกจาก Fixture No.CSAF-CORE_001 จากนั้นวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub C-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว Part ตัดความยาวที่ส่วนปลายของ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 1 ให้ได้ระยะ 87 cm.	Man (Internal)	1	123.88	118.30	117.95	119.68	120.13	115.17	120.72	119.57	117.16	125.03	119.76	100%	119.76	15%	137.72
3	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part ITLA (10-2664-02) เข้าไปใน Data base ของโรงงาน จากนั้นจัดเก็บ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 1 บนถาด (Kitting tray)	Man (Internal)	1	100.53	94.02	99.96	95.91	100.34	103.44	95.94	101.75	95.67	94.36	98.19	100%	98.19	15%	112.92
4	นำ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 2 ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_001 ใช้ Litnt free ชุบ IPA เช็ดบนตัว Part ITLA รอ 1 นาที ให้แห้ง จากนั้นลอก Liner และติด Thermal pad (700-335528-01) บนตัว Part ITLA เพื่อทำการประกอบ Part Base plate (700-34196-01) บน Part ITLA ด้วยสกูร (48-2872-01)	Man (Internal)	1	229.65	227.04	234.01	220.38	232.01	234.64	233.48	227.26	224.04	225.28	228.78	100%	228.78	15%	263.10
5	นำ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 2 ออกจาก Fixture No.CSAF-CORE_001 จากนั้นวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub C-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว part ทาสีที่ส่วนปลายของ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 2 ด้วยสีดำ และตัดความยาว Part ให้ได้ระยะ 87 cm.	Man (Internal)	1	133.49	130.26	128.73	130.00	131.93	136.78	133.90	131.63	136.65	131.05	132.44	100%	132.44	15%	152.31

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

Process name		Kind of	Freq.	Time observation sheet										AVG	R (%)	B.T.	A.W.	Std.Time
No.	Work element	activity		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(sec.)		(sec.)	(15%)	(sec.)
6	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part ITLA (10-2664-02) เข้าไปใน Data base ของโรงงาน จากนั้นจัดเก็บ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 1 บนถาด (Kitting tray)	Man (Internal)	1	100.79	98.54	95.78	99.07	95.64	93.72	98.55	93.16	94.35	98.85	96.85	100%	96.85	15%	111.37
7	นำ Part modulator (10-2648-01) ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub C-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว Part ทาสีที่ส่วนปลายของ Part modulator (10-2648-01) ด้วยสีดำและตัดความยาว Part ให้ได้ระยะ 71 cm.	Man (Internal)	1	78.62	84.17	76.30	76.85	79.88	78.64	83.35	82.24	79.82	83.21	80.31	100%	80.31	15%	92.35
8	ประกอบ GPPO Semi rigid Cabl (72-5067-01) จำนวน 4 ตัว บน Part Modulator (10-2648-01)	Man (Internal)	1	123.16	116.07	120.23	122.38	127.07	121.50	122.93	122.77	127.63	118.17	122.19	100%	122.19	15%	140.52
9	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part modulator (10-2648-01) เข้าไปใน Data base ของโรงงาน จากนั้นจัดเก็บ Part modulator (10-2648-01) บนถาด (Kitting tray)	Man (Internal)	1	93.80	96.36	88.66	96.19	91.77	93.66	88.71	96.44	96.63	93.09	93.53	100%	93.53	15%	107.56
10	นำ Part tap monitor (05-1309-01) ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub C-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว Part ตัดความยาวที่ส่วนปลายของ Part tap monitor (05-1309-01) ให้ได้ระยะ 56 cm.	Man (Internal)	1	74.54	71.86	75.31	73.12	77.29	76.24	79.40	69.10	76.76	70.55	74.42	100%	74.42	15%	85.58
11	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part tap monitor (05-1309-01) เข้าไปใน Data base ของโรงงาน จากนั้นจัดเก็บ Part tap monitor (05-1309-01) บนถาด (Kitting tray)	Man (Internal)	1	87.18	85.70	89.86	87.86	87.25	89.40	89.53	88.67	92.45	89.48	88.74	100%	88.74	15%	102.05

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

Process name		Kind of	Freq.	Time observation sheet										AVG	R (%)	B.T.	A.W.	Std.Time
No.	Work element	activity		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(sec.)		(sec.)	(15%)	(sec.)
12	นำ Part hybrid (05-1306-01) ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub D-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว Part ทาสีที่ส่วนปลายของ Part ตำแหน่งที่ 1 ด้วยสีน้ำเงินและตัดความยาว Part ให้ได้ระยะ 53 cm. ทาสีที่ส่วนปลายของ Part ตำแหน่งที่ 2 ด้วยสีแดงและตัดความยาว Part ให้ได้ระยะ 53 cm. ทาสีที่ส่วนปลายของ Part ตำแหน่งที่ 3 ด้วยสีม่วงและตัดความยาว Part ให้ได้ระยะ 53 cm. ทาสีที่ส่วนปลายของ Partตำแหน่งที่ 4 ด้วยสีเขียวและตัดความยาว Part ให้ได้ระยะ 53 cm. ตัดความยาวที่ส่วนปลายของ Part ตำแหน่งที่ 5 ให้ได้ระยะ 62.5 cm. ตัดความยาวที่ส่วนปลายของ Part ตำแหน่งที่ 6 ให้ได้ระยะ 62.5 cm.	Man (Internal)	1	415.76	418.09	415.45	416.75	421.21	413.72	415.92	420.29	419.36	414.49	417.10	100%	417.10	15%	479.67
13	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part hybrid (05-1306-01) เข้าไปใน Data base ของโรงงาน จากนั้นจัดเก็บ Part hybrid (05-1306-01) บนถาด (Kitting tray)	Man (Internal)	1	102.84	104.44	106.10	107.27	103.37	104.17	105.10	105.76	105.81	101.79	104.67	100%	104.67	15%	120.36
14	นำ OFE (10-2655-01) ตัวที่ 1 ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub B-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว Part ทาสีที่ส่วนปลายของ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 1 ด้วยสีแดงและตัดความยาว Part ให้ได้ระยะ 47.5 cm.	Man (Internal)	1	77.03	78.74	77.47	79.46	73.60	81.62	78.40	77.13	77.48	73.27	77.42	100%	77.42	15%	89.03
15	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 1 เข้าไปใน Data base ของโรงงาน จากนั้นจัดเก็บ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 1 บนถาด (Kitting tray)	Man (Internal)	1	91.52	86.07	89.45	88.74	88.33	89.84	94.60	90.37	88.30	92.40	89.96	100%	89.96	15%	103.46

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

Process name		Kind of	Freq.	Time observation sheet										AVG	R (%)	B.T.	A.W.	Std.Time
No.	Work element	activity		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(sec.)		(sec.)	(15%)	(sec.)
16	นำ OFE (10-2655-01) ตัวที่ 2 ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub B-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว Part ทาสีที่ส่วนปลายของ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 2 ด้วยสีน้ำเงินและตัดความยาว Part ให้ได้ระยะ 52.5 cm.	Man (Internal)	1	81.41	81.08	77.79	80.93	76.21	75.68	77.77	74.46	74.97	79.74	78.00	100%	78.00	15%	89.70
17	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 2 เข้าไปใน Data base ของโรงงาน จากนั้น จัดเก็บ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 2 บนถาด (Kitting tray)	Man (Internal)	1	87.76	87.50	86.45	86.65	86.69	92.36	92.56	86.85	85.21	85.76	87.78	100%	87.78	15%	100.95
18	นำ OFE (10-2655-01) ตัวที่ 3 ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub B-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว Part ทาสีที่ส่วนปลายของ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 3 ด้วยสีม่วงและตัดความยาว Part ให้ได้ระยะ 56 cm.	Man (Internal)	1	76.88	80.38	77.28	81.55	80.35	79.99	80.90	74.65	80.47	81.05	79.35	100%	79.35	15%	91.25
19	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 1 เข้าไปใน Data base ของโรงงาน จากนั้น จัดเก็บ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 1 บนถาด (Kitting tray)	Man (Internal)	1	84.73	87.77	89.11	90.11	86.54	87.08	90.04	84.18	91.15	92.94	88.37	100%	88.37	15%	101.62
20	นำ OFE (10-2655-01) ตัวที่ 4 ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub B-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว part ทาสีที่ส่วนปลายของ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 4 ด้วยสีเขียวและตัดความยาว Part ให้ได้ระยะ 55 cm.	Man (Internal)	1	75.77	76.86	77.78	75.16	80.09	82.33	73.94	81.31	75.81	82.21	78.13	100%	78.13	15%	89.84
21	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 4 เข้าไปใน Data base ของโรงงาน จากนั้น จัดเก็บ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 4 บนถาด (Kitting tray)	Man (Internal)	1	86.45	87.05	90.22	85.06	87.75	86.91	84.79	82.21	86.94	90.78	86.82	100%	86.82	15%	99.84
22	Scan IKRUS เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part เข้าไปใน Data base ของลูกค้า ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 1/ ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 2 Modulator (10-2648-01)/ Tap monitor (05-1309-01) Hybrid (05-1306-01)/ OFE (10-2655-01) ตัวที่ 1, 2, 3 และ 4	Man (Internal)	1	543.19	555.89	539.82	545.33	545.73	544.52	545.62	551.88	548.87	549.69	547.05	100%	547.05	15%	629.11
	Time (sec.) per 1 cycle																	**3,564.33**
	Time (min.) per 1 cycle																	**59.41**

การคำนวณอัตราคุณภาพ (% Yield) ของขั้นตอน Kitting & Preparation ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของในการทำงาน 1 เดือน (มีนาคม ปี 2559) หรือ 24 วันดังภาพที่ 3-11 ดังต่อไปนี้

วันที่	Time Obervation Sheet : Staion 1																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total
Input	20	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
Output	20	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
																							% Yield		100%

ภาพที่ 3-11 จำนวน Input และ Output ของขั้นตอน Kitting & Preparation

จากภาพที่ 3-11 สามารถคำนวณหาอัตราคุณภาพได้จาก จำนวน Input และ Output ได้ ดังนี้

อัตราคุณภาพ (% Yield) = (Input x 100)/ Output

= 32 x 100/ 32

= 100%

ดังนั้น อัตราของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ = 100% - อัตราคุณภาพ

= 100% - 100%

= 0%

สถานีงานที่ 2 Optical assembly และ Mechanical assembly คือ ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนที่ Optical part ลงบน PCBA โดยการบัดกรี และทำการประกอบ Mechanical part บางส่วน มีขั้นตอนการทำงานย่อยทั้งหมด 12 ขั้นตอนการทำงาน ผลที่ได้จากการศึกษาเวลาการทำงาน คือ 1 รอบการทำงานจะใช้เวลา 8,328.76 วินาที รายละเอียดการศึกษางานของสถานีที่ 2 ได้แสดงรายละเอียดในดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 เวลามาตรฐานของขั้นตอน Optical assembly และ Mechanical

Process name		Kind of	Freq.	Time observation sheet										AVG (sec.)	R	B.T. (sec.)	A.W.	Std Time
No.	Work element	activity		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		(%)		(15%)	(sec.)
1	วาง PCB (73-13651-xx) ลงบน Fixture No.CSAF-CORE_SPLICE-XXX แล้วทำการ Lock PCB เข้ากับ Fixture จากนั้นนำ OFE (10-2655-01) สีน้ำเงิน วางที่ตำแหน่ง Xi บน PCB จัดเก็บส่วนปลายให้เรียบร้อยและทำการบัดกรีตะกั่วเชื่อวงจรของ part เข้ากับ PCB และทำการตรวจสอบรอยบัดกรีจะต้องผ่านมาตรฐาน ใต้กล้องจุลทรรศน์	Man (Internal)	1	902.56	866.05	892.38	946.08	884.75	895.57	893.83	901.76	903.57	901.93	898.85	100%	898.85	15%	1,033.68
2	นำ OFE (10-2655-01) สีเขียว วางที่ตำแหน่ง Yi บน PCB จัดเก็บส่วนปลายให้เรียบร้อยและทำการบัดกรีตะกั่วเชื่อวงจรของ part เข้ากับ PCB และทำการตรวจสอบรอยบัดกรีจะต้องผ่านมาตรฐานใต้กล้องจุลทรรศน์	Man (Internal)	1	760.32	742.95	755.26	782.46	723.93	752.21	758.32	748.06	748.39	749.97	752.19	100%	752.19	15%	865.02
3	นำ OFE (10-2655-01) สีแดง วางที่ตำแหน่ง Xq บน PCB จัดเก็บส่วนปลายให้เรียบร้อยและทำการบัดกรีตะกั่วเชื่อวงจรของ part เข้ากับ PCB และทำการตรวจสอบรอยบัดกรีจะต้องผ่านมาตรฐานใต้กล้องจุลทรรศน์	Man (Internal)	1	838.98	830.93	793.35	842.24	859.78	832.70	834.02	828.32	835.73	834.13	833.02	100%	833.02	15%	957.97
4	นำ OFE (10-2655-01) สีม่วง วางที่ตำแหน่ง Yq บน PCB จัดเก็บส่วนปลายให้เรียบร้อยและทำการบัดกรีตะกั่วเชื่อวงจรของ part เข้ากับ PCB และทำการตรวจสอบรอยบัดกรีจะต้องผ่านมาตรฐานใต้กล้องจุลทรรศน์	Man (Internal)	1	889.87	890.89	858.33	893.27	828.47	867.40	867.62	870.27	872.15	874.36	871.26	100%	871.26	15%	1,001.95
5	วาง Modulator (10-2648-01) บน PCB จัดเก็บส่วนปลายให้เรียบร้อย และเสียบ GPPO Semi rigid Cabl (72-5067-01) จำนวน 4 ตัวลงบน PCB จากนั้นพลิก Fixture ขึ้นมาขันสกรู 48-2866-01 จำนวน 3 ตัวเพื่อยึด Modulator เข้ากับ PCB จากนั้นพลิก Fixture กลับคืนด้านบน	Man (Internal)	1	296.49	305.25	299.12	306.63	298.76	298.73	299.59	303.86	298.14	296.60	300.32	100%	300.32	15%	345.36

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

Process name		Kind of	Freq.	Time observation sheet										AVG (sec.)	R	B.T. (sec.)	A.W.	Std Time
No.	Work element	activity		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		(%)		(15%)	(sec.)
6	ทำการบัดกรีตะกั่วเชื่อวงจรของ Modulator (10-2648-01) เข้ากับ PCB และทำการตรวจสอบรอยบัดกรีจะต้องผ่านมาตรฐานใต้กล้องจุลทรรศน์	Man (Internal)	1	1806.94	1743.38	1798.54	1857.41	1829.25	1,811.30	1,810.50	1,807.27	1,804.25	1,809.21	1,807.81	100%	1,807.81	15%	2,078.98
7	จากนั้นวาง Part Plate fiber holder (700-33589-01) จำนวน 1 ตัว ลงบน PCB พลิก Fixture No.CSAF-CORE_Solder-XXX ให้คว่ำลง แล้วทำการขันสกรู (48-2866-01) จำนวน 4 ตัวเพื่อยึด Plate Fiber Holder กับ PCB จากด้านล่าง จากนั้นพลิก Fixture กลับคืนด้านบน	Man (Internal)	1	117.29	119.19	124.81	116.3	123.51	115.78	117.60	117.44	125.58	118.54	119.60	100%	119.60	15%	137.54
8	นำ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 1 และ 2 วางที่ตำแหน่งด้านซ้ายและขวาของ PCB ตามลำดับ แล้วจัดเก็บส่วนปลายของ Part บน fixture ตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction	Man (Internal)	1	185.57	178.47	188.26	181.78	174.23	185.59	181.67	183.03	180.92	183.88	182.34	100%	182.34	15%	209.69
9	นำ Part Tap monitor (05-1309-01) วางลงบน PCB ตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction แล้วทำการจัดเก็บส่วนปลายให้เป็นไปตามเส้นทางที่ระบุใน Work Instruction	Man (Internal)	1	124.28	118.61	128.78	116.19	127.28	127.78	126.73	127.63	124.01	119.97	124.13	100%	124.13	15%	142.74
10	พลิก Fixture No.CSAF-CORE_Solder-XXX ให้คว่ำลง แล้วทำการบัดกรีตะกั่วเชื่อมวงจรของ Part Tap monitor (05-1309-01) เข้ากับ PCB จากนั้นพลิก Fixture กลับคืนด้านบน	Man (Internal)	1	583.89	535.23	624.55	563.58	579.47	581.65	578.04	575.20	576.41	573.56	577.16	100%	577.16	15%	663.73
11	นำ Part Hybrid (05-1306-01) วางลงบน PCB ตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction แล้วทำการจัดเก็บส่วนปลายทั้ง 6 ส่วนให้เป็นไปตามเส้นทางที่ระบุใน Work Instruction	Man (Internal)	1	715.94	727.84	713.71	727.14	707.91	716.51	714.76	716.13	714.72	722.16	717.68	100%	717.68	15%	825.33
12	Scan ODC เพื่อส่งต่อข้อมูลการผลิตแบบ online	Man (Internal)	1	53.36	60.68	56.8	59.54	62.84	54.98	60.20	54.03	61.46	56.63	58.05	100%	58.05	15%	66.76
Time (sec.) per 1 cycle																		**8,328.76**
Time (min.) per 1 cycle																		**138.81**

การคำนวณอัตราคุณภาพ (% Yield) ของขั้นตอน Optical assembly และ Mechanical assembly ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของในการทำงาน 1 เดือน (มีนาคม ปี 2559) หรือ 24 วัน ดังภาพที่ 3-12 ดังต่อไปนี้

วันที่	Time Obervation Sheet : Staion 1																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total
Input	20	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
Output	20	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
																								% Yield	100%

ภาพที่ 3-12 จำนวน Input และ Output ของขั้นตอน Optical assembly และ Mechanical assembly

จากภาพที่ 3-12 สามารถคำนวณหาอัตราคุณภาพได้จาก จำนวน Input และ Output ได้ ดังนี้

อัตราคุณภาพ (% Yield) = (Input x 100)/ Output

= 32 x 100/ 32

= 100%

ดังนั้น อัตราของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ = 100% - อัตราคุณภาพ

= 100% - 100%

= 0%

สถานีงานที่ 3 Splicing เป็นขั้นตอนที่ใช้เครื่องจักรในการทำงานกับชิ้นส่วน Optical part มีขั้นตอนการทำงานย่อยทั้งหมด 24 ขั้นตอนการทำงาน ผลที่ได้จากกการศึกษาเวลาการทำงาน คือ 1 รอบการทำงานจะใช้เวลามาตรฐานของขั้นตอน Splicing คือ 5,691.70 วินาที หรือ 94.86 นาที โดยแยกเป็นเวลามาตรฐานการผลิตด้วยคน คือ 50.80 นาที และเวลามาตรฐานการผลิตด้วยเครื่องจักร 44.06 นาที รายละเอียดการศึกษางานของสถานีที่ 3 ได้แสดงรายละเอียดในดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 เวลามาตรฐานของขั้นตอน Splicing

Process name		Kind of	Freq.	Time observation sheet										AVG	R (%)	B.T. (sec.)	A.W.	Std.Time
No.	Work element	activity		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(sec.)			(12%)	(sec.)
1	วางอุปกรณ์ที่ทาส่วนปลายด้วยสีแดง กลุ่มที่ 1 (Hybrid OUT 2 - OFE Xq) บนเครื่องเชื่อมต่อ Splicing และกดปุ่ม Start	Man (Internal)	1	91.23	91.69	89.18	91.86	87.30	89.42	93.97	87.27	94.82	94.87	91.16	100%	91.16	12%	102.10
2	เครื่อง Splicing ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์	MC	1	360.37	359.48	359.43	361.22	361.82	361.58	359.23	359.99	359.39	359.97	360.25	100%	360.25	0%	360.25
3	นำอุปกรณ์กลุ่มที่ 1 (Hybrid OUT 2 - OFE Xq) ออกจากเครื่อง Splicing จากนั้นจัดเก็บตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction	Man (Internal)	1	111.54	108.09	110.99	114.17	123.12	108.24	107.33	115.27	108.09	111.41	111.83	100%	111.83	12%	125.25
4	วางอุปกรณ์ที่ทาส่วนปลายด้วยสีน้ำเงิน กลุ่มที่ 2 (Hybrid OUT 1 - OFE Xi) บนเครื่องเชื่อมต่อ Splicing และกดปุ่ม Start	Man (Internal)	1	90.37	90.98	85.64	91.49	88.63	90.99	86.44	85.97	92.56	84.97	88.81	100%	88.81	12%	99.46
5	เครื่อง Splicing ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์	MC	1	360.37	359.48	359.43	361.22	361.82	359.84	361.56	360.48	359.69	360.66	360.46	100%	360.46	0%	360.46
6	นำอุปกรณ์กลุ่มที่ 2 (Hybrid OUT 1 - OFE Xi) ออกจากเครื่อง Splicing จากนั้นจัดเก็บตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction	Man (Internal)	1	107.15	102.19	113.10	117.38	113.33	108.27	109.80	108.03	111.57	110.75	110.16	100%	110.16	12%	123.38
7	วางอุปกรณ์ที่ทาส่วนปลายด้วยสีเขียว กลุ่มที่ 3 (Hybrid OUT 3 - OFE Yq) บนเครื่องเชื่อมต่อ Splicing และกดปุ่ม Start	Man (Internal)	1	92.66	86.10	86.6	95.23	87.05	85.24	93.92	85.55	91.68	91.61	89.56	100%	89.56	12%	100.31
8	เครื่อง Splicing ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์	MC	1	360.99	361.89	359.24	359.48	359.76	359.93	361.42	361.75	359.81	361.19	360.55	100%	360.55	0%	360.55
9	นำอุปกรณ์กลุ่มที่ 3 (Hybrid OUT 3 - OFE Yq)ออกจากเครื่อง Splicing จากนั้นจัดเก็บตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction	Man (Internal)	1	279.82	281.44	302.44	268.59	304.49	282.44	288.53	285.57	291.92	285.09	287.03	100%	287.03	12%	321.47

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

Process name		Kind of	Freq.	Time observation sheet										AVG	R (%)	B.T. (sec.)	A.W.	Std.Time
No.	Work element	activity		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(sec.)			(12%)	(sec.)
10	วางอุปกรณ์ที่ทาส่วนปลายด้วยสีม่วง กลุ่มที่ 4 (Hybrid OUT 4 - OFE Yi) บนเครื่องเชื่อมต่อ Splicing และกดปุ่ม Start	Man (Internal)	1	92.13	89.35	85.88	86.86	86.59	90.74	92.74	85.71	89.48	86.84	88.63	100%	88.63	12%	99.27
11	เครื่อง Splicing ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์	MC	1	361.70	360.42	361.38	361.72	361.99	360.99	360.14	360.57	361.43	359.43	360.98	100%	360.98	0%	360.98
12	นำอุปกรณ์กลุ่มที่ 4 (Hybrid OUT 4 - OFE Yi) ออกจากเครื่อง Splicing จากนั้น จัดเก็บตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction	Man (Internal)	1	307.04	291.98	284.58	302.29	311.27	298.52	299.31	294.65	294.82	305.42	298.99	100%	298.99	12%	334.87
13	วางอุปกรณ์ที่ไม่ได้ทาส่วนปลาย(สีใส) กลุ่มที่ 5 (Hybrid SIN - Tap Monitor) บนเครื่องเชื่อมต่อ Splicing และกดปุ่ม Start	Man (Internal)	1	88.45	87.95	89.65	95.74	88.16	92.62	93.83	90.11	93.38	95.35	91.52	100%	91.52	12%	102.51
14	เครื่อง Splicing ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์	MC	1	360.62	359.28	361.30	360.17	361.98	359.22	359.05	359.04	360.90	361.29	360.29	100%	360.29	0%	360.29
15	นำอุปกรณ์กลุ่มที่ 5 (Hybrid SIN - Tap Monitor) ออกจากเครื่อง Splicing จากนั้น จัดเก็บตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction	Man (Internal)	1	292.62	304.65	280.97	257.62	277.76	280.17	284.83	277.90	286.60	286.42	282.96	100%	282.96	12%	316.91
16	วางอุปกรณ์ที่ไม่ได้ทาส่วนปลาย(สีใส) กลุ่มที่ 6 (Hybrid LO-IN - Rx iTLA) บนเครื่องเชื่อมต่อ Splicing และกดปุ่ม Start	Man (Internal)	1	89.91	87.74	86.5	85.71	93.8	92.76	93.79	85.45	86.27	92.81	89.48	100%	89.48	12%	100.21
17	เครื่อง Splicing ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์	MC	1	421.07	419.76	421.03	419.20	419.15	421.62	419.18	421.72	421.32	420.85	420.49	100%	420.49	0%	420.49

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

Process name		Kind of	Freq.	Time observation sheet										AVG	R (%)	B.T. (sec.)	A.W.	Std.Time
No.	Work element	activity		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(sec.)			(12%)	(sec.)
18	นำอุปกรณ์กลุ่มที่ 6 (Hybrid LO-IN - Rx iTLA)ออกจากเครื่อง Splicing จากนั้นจัดเก็บตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction	Man (Internal)	1	437.66	423.64	409.58	419.94	435.75	421.12	429.89	429.31	423.57	424.11	425.46	100%	425.46	12%	476.51
19	วางอุปกรณ์ที่ทาส่วนปลายสีดำ กลุ่มที่ 7 (Modulator - Tx iTLA) บนเครื่องเชื่อมต่อ Splicing และกดปุ่ม Start	Man (Internal)	1	87.13	90.85	91.09	87.71	91.31	88.98	89.65	89.54	86.44	85.79	88.85	100%	88.85	12%	99.51
20	เครื่อง Splicing ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์	MC	1	420.59	421.82	420.42	421.96	419.72	421.40	420.01	419.34	421.17	420.65	420.71	100%	420.71	0%	420.71
21	นำอุปกรณ์กลุ่มที่ 7 (Modulator - Tx iTLA)ออกจากเครื่อง Splicing จากนั้นจัดเก็บตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction	Man (Internal)	1	420.60	381.17	407.31	435.57	387.13	403.72	407.36	405.27	411.30	411.99	407.14	100%	407.14	12%	456.00
22	ใช้ Lint free ชุบ IPA เช็ดบน BGA รอ 1 นาทีให้แห้ง จากนั้นลอก liner และติด Gap Filler Eyrie (700-33637-01) จำนวน 1 ตัว และ Gap Filler Merlin (700-33636-01) จำนวน 1 ตัว ลงบน BGA	Man (Internal)	1	84.65	87.16	85.91	91.37	86.63	86.29	89.93	82.19	83.98	86.67	86.48	100%	86.48	12%	96.86
23	เสียบ Part pigtail LC-LC (39-0292-01) เข้าไปที่ LC Adapter (29-7243-01)	Man (Internal)	1	23.97	25.26	25.3	28.64	26.59	26.66	29.21	26.61	25.72	23.79	26.18	100%	26.18	12%	29.32
24	Scan ODC เพื่อส่งต่อข้อมูลการผลิตแบบ online	Man (Internal)	1	55.91	55.47	56.87	59.75	54.11	59.71	58.11	61.75	54.31	55.99	57.20	100%	57.20	12%	64.06
Time (sec.) per 1 cycle																		**5,691.70**
Time (min.) per 1 cycle																		**94.86**

จากการคำนวณอัตราคุณภาพ (% Yield) ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของในการทำงาน 1 เดือน (มีนาคม ปี 2559) หรือ 24 วันดังภาพที่ 3-13 ดังต่อไปนี้

วันที่	Time Obervation Sheet : Staion 3																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total
Input	9	9	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
Output	9	9	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
																							% Yield		100%

ภาพที่ 3-13 จำนวน Input และ Output ของขั้นตอน Splicing

จากภาพที่ 3-13 สามารถคำนวณหาอัตราคุณภาพได้จากจำนวน Input และ Output ได้ ดังนี้

อัตราคุณภาพ (% Yield) = (Input x 100)/ Output

= 32 x 100/ 32 = 100%

ดังนั้น อัตราของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ = 100% - อัตราคุณภาพ

= 100% - 100% = 0%

เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร (Changeover time: C/ O) ในการ Setup program ของเครื่อง Splicing โดยเฉลี่ย = 1.53 นาทีต่อวัน เวลาที่เครื่องชำรุดหรือหยุดทำงาน (Breakdown time: B/ T) ได้จากการเก็บรวมข้อมูลของการทำงานในเดือนมีนาคม 2559 ดังภาพที่ 3-14 ดังต่อไปนี้

No.	Breakdown Criteria	Freq.	Time Obervation Sheet																									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Average	Std Time (Min.)
1	Server down	1	128.22												74.12												8.43	8.43
2	Program error	1	17.98	11.18			23.63																				2.2	2.2
3	Other	1		3.71	3.3	1.89	4	1.59	2.28																		0.7	0.7
	Time (Min.) per 1 cycle																											11.33

ภาพที่ 3-14 เวลาที่เครื่องชำรุดหรือหยุดทำงาน (Breakdown time: B/ T) = 11.33 นาทีต่อวัน

สถานีงานที่ 4 Final assembly เป็นขั้นตอนที่ผลิตภัณฑ์จะถูกประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ มีขั้นตอนการทำงานย่อยทั้งหมด 9 ขั้นตอนการทำงานผลที่ได้จากกการศึกษาเวลาการทำงาน คือ 1 รอบการทำงานจะใช้ เวลามาตรฐานของขั้นตอน Final assembly คือ 2,332.10 วินาที รายละเอียดการศึกษางานของสถานีที่ 4 ได้แสดงรายละเอียดในดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 เวลามาตรฐานของขั้นตอน Final assembly

Process name		Kind of	Freq.	Time observation sheet										AVG	R (%)	B.T.	A.W.	Std.Time
No.	Work element	activity		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(sec.)		(sec.)	(15%)	(sec.)
1	วาง Part Top Cover (700-33593-02) บนบอร์ดที่ผ่านการประกอบมาจากขั้นตอน splicing แล้ว และล็อค Part Top cover เข้ากับ fixture ซึ่งบอร์ดยังอยู่บน fixture ชุดเดิม จากนั้นขันสกรู (48-2864-01) ด้านบนจำนวน 4 ตัว	Man (Internal)	1	165.97	164.43	168.77	170.48	164.53	172.47	165.89	167.32	169.69	164.70	167.43	100%	167.43	15%	192.54
2	ควำ่ Fixture ลงเพื่อขันสกรู (48-2866-01) จำนวน 9 ตัว ยึด PCB เข้ากับ Part top cover	Man (Internal)	1	358.76	357.83	361.70	362.74	361.90	358.90	358.38	365.50	366.01	362.57	361.43	100%	361.43	15%	415.64
3	พลิก Fixture No.CSAF-CORE_SPLICE-XXX ขึ้นแล้วทำการถอดบอร์ดไปวางบน Base support Heat plate Fixture No.CSAF-CORE-Hot plate-XXX เพื่อทำการให้ความร้อนกับบอร์ดเป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบแล้วเลื่อน Fixture ออก แล้วทำการขันสกรูบน Part iTLA ทั้งหมด 8 ตัวซ้ำอีกครั้ง	Man (Internal)	1	725.71	724.35	727.76	718.37	728.29	725.52	719.33	718.78	720.87	718.49	722.75	100%	722.75	15%	831.16
4	ขันสกรู (48-2866-01) จำนวน 4 ตัว และ lock-washer (49-1308-01) จำนวน 1 ตัว บน PCB เพื่อยึดให้ติดกับ Part Top Cover	Man (Internal)	1	137.83	139.83	136.66	139.98	134.13	136.11	136.67	137.61	141.03	137.50	137.74	100%	137.74	15%	158.40

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

Process name		Kind of	Freq.	Time observation sheet										AVG	R (%)	B.T.	A.W.	Std.Time
No.	Work element	activity		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(sec.)		(sec.)	(15%)	(sec.)
5	ใส่ Part Flex cable (72-5071-01) จำนวน 2 ตัว เพื่อเชื่อมต่อ iTLA เข้ากับวงจรบน PCB	Man (Internal)	1	231.48	234.52	239.31	235.34	233.45	241.45	239.07	232.77	233.31	233.41	233.90	100%	233.90	15%	268.99
6	วาง Template assembly thermal pad No CSAF-CORE-108 ทาบลงบน PCB จากนั้นลอก Liner บน Part Thermal pad (700-33639-01) จำนวน 8 ตัว	Man (Internal)	1	212.77	204.14	200.87	208.34	208.35	206.59	208.26	202.40	204.01	205.07	208.95	100%	208.95	15%	240.29
7	ตรวจสอบจำนวนสกรู จำนวน Thermal pad และ Flex cable จะต้องครบ จากนั้นประกอบ Part Bottom Cover (700-33592-02) ด้วยสกรู (48-2867-01) จำนวน 11 ตัว	Man (Internal)	1	41.21	45.74	39.64	38.88	38.79	40.78	41.62	41.94	41.60	41.23	41.14	100%	41.14	15%	47.31
8	Lint free ชุบ IPA เช็ดบน Part Top Cover รอ 1 นาทีให้แห้ง แล้วติด Product label จำนวน 2 ชิ้น บนบอร์ด	Man (Internal)	1	94.55	87.72	90.77	92.73	88.99	95.50	90.36	90.73	93.69	87.51	91.26	100%	91.26	15%	104.94
9	Scan ODC เพื่อส่งต่อข้อมูลการผลิตแบบ online	Man (Internal)	1	63.43	57.70	59.82	60.93	64.8	64.59	61.05	57.39	57.64	58.47	63.33	100%	63.33	15%	72.83
Time (sec.) per 1 cycle																		**2,332.10**
Time (min.) per 1 cycle																		**38.87**

จากการคำนวณอัตราคุณภาพ (% Yield) ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำงาน 1 เดือน (มีนาคม ปี 2559) หรือ 24 วันดังภาพที่ 3-15 ดังต่อไปนี้

วันที่	Time Obervation Sheet : Staion 4																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total
Input	9	9	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
Output	9	9	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
																							% Yield		100%

ภาพที่ 3-15 จำนวน Input และ Output ของขั้นตอน Final assembly

จากภาพที่ 3-15 สามารถคำนวณหาอัตราคุณภาพได้จาก จำนวน Input และ Output ได้ ดังนี้

อัตราคุณภาพ (% Yield) = (Input x 100)/ Output

= 32 x 100/ 32

= 100%

ดังนั้น อัตราของเสียที่เกิดขึ้นกระบวนการ = 100% - อัตราคุณภาพ

= 100% - 100%

= 0%

โดย Man (External) คือ เวลาที่คนทำงานโดยสามารถแยกออกมาจากกระบวนการผลิต ซึ่งในกระบวนการผลิตนี้ ไม่มี Man (External)

Man (Internal) คือ เวลาที่คนทำงานในกระบวนการผลิต

MC คือ เวลาการทำงานของเครื่องจักร

จากการจับเวลาใน 4 สถานีนั้นทางผู้วิจัยได้ทดสอบจำนวนครั้งในการจับเวลาทั้งหมด จำนวน 10 ครั้งซึ่งเป็นจำนวนครั้งมากสุดที่ได้จากนั้นทำการคำนวณหาจำนวนรอบที่เหมาะสม สำหรับค่าความคลาดเคลื่อน +5% ภายใน 95% ของระดับความเชื่อมั่นโดยวิธีของ Maytag เริ่มจากการหาค่า R/ X bar จากนั้นเปรียบเทียบกับตาราง Maytag ดังแสดงในตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 Maytag สำหรับการหาจำนวนรอบที่เหมาะสมสำหรับค่าความคลาดเคลื่อน +5% ภายใน 95% ของความเชื่อมั่น

R / X bar	ข้อมูลจากกลุ่ม		R / X bar	ข้อมูลจากกลุ่ม		R / X bar	ข้อมูลจากกลุ่ม	
	5	10		5	10		5	10
0.10	3	2	0.42	52	30	0.74	162	93
0.12	4	2	0.44	57	33	0.76	171	98
0.14	6	3	0.46	63	36	0.78	180	103
0.16	8	4	0.48	68	39	0.80	190	108
0.18	10	6	0.50	74	42	0.82	199	113
0.20	12	7	0.52	80	46	0.84	209	119
0.22	14	8	0.54	86	49	0.86	218	125
0.24	17	10	0.56	93	53	0.88	229	131
0.26	20	11	0.58	100	57	0.90	239	138
0.28	23	13	0.60	107	61	0.92	250	153
0.30	27	15	0.62	114	65	0.94	261	149
0.32	30	17	0.64	121	69	0.96	273	156
0.34	34	20	0.66	129	74	0.98	284	162
0.36	38	22	0.68	137	78	1.00	296	169
0.38	43	24	0.70	145	83			
0.40	47	27	0.72	153	88			

สถานีงานที่ 1 Kitting & Preparation ได้ค่า R/ X bar = 0.10 ซึ่งมีค่า N ที่เหมาะสม คือ 3 ครั้ง

สถานีงานที่ 2 Optical assembly และ Mechanical assembly ได้ค่า R/ X bar = 0.16 ซึ่งมีค่า N ที่เหมาะสม คือ 8 ครั้ง

สถานีงานที่ 3 Splicing ได้ค่า R/ X bar = 0.18 ซึ่งมีค่า N ที่เหมาะสม คือ 10 ครั้ง

สถานีงานที่ 4 Final assembly ได้ค่า R/ X bar = 0.17 ซึ่งมีค่า N ที่เหมาะสม คือ 9 ครั้ง รายระเอียดข้อมูลได้แสดงไว้ในภาคผนวก

ทำการรวบรวมข้อมูลเวลาในการทำงานที่ได้โดยเวลาในการผลิตทำงาน คือ 8 ชั่วโมง (480 นาที) ต่อกะ พัก 1 ชั่วโมง (60 นาที) ต่อกะ ทำงานทั้งมด 3 กะต่อวัน เพราะฉะนั้นเวลาการผลิตรวม (Total available production time) คือ 7 (ชั่วโมง) x 3 (กะ) x 60 (นาที) = 1,260 นาทีต่อวัน จำนวนวันทำงานทั้งหมด 24 วันต่อเดือน

ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้า (Functional test demand) จำนวนความต้องการสินค้าต่อวัน โดยคำนวณได้จากจำนวนการผลิตทั้งหมดจากการพยากรณ์ล่วงหน้า 14 เดือน ของผลิตภัณฑ์ 40G ชดเชยด้วยอัตราคุณภาพของ Functional test (ขั้นตอนซึ่งต่อจากขั้นตอนการประกอบงาน) ซึ่งประกอบด้วยสถานีย่อย 3 สถานีได้แก่ 1) สถานี Parametric test 2) สถานี Pre 2C test 3) สถานี 2C test

จากข้อมูลในอดีตดังภาพที่ 3-16 ทำให้ทราบอัตราคุณภาพของแต่ละสถานีย่อย และตรวจพบของเสียที่เกิดในกระบวนการ เช่น เมนบอร์ดที่ไม่ผ่านการทดสอบด้วยโปรแกรมของลูกค้า หรือการรับส่งข้อมูลของบอร์ดไม่สมบูรณ์ พบว่ามีเมนบอร์ดที่ไม่ผ่านการทดสอบ 16 บอร์ด จากการจำนวนเมนบอร์ดที่เข้ากระบวนการทั้งหมด 32 บอร์ด

	Time Observation Sheet : Parametric test																							
วันที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**Total**
Input	5	9	9	9																					32
Output	3	7	8	8																					26
																							% Yield		81%

	Time Observation Sheet : Pre 2C test																							
วันที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**Total**
Input		6	6	7	7																				26
Output		4	5	7	7																				23
																							% Yield		88%

	Time Observation Sheet : 2C test																							
วันที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**Total**
Input			3	5	5	5	5																		23
Output			2	4	4	3	5																		18
																							% Yield		78%

ภาพที่ 3-16 จำนวนบอร์ดที่เข้ากระบวนการทดสอบด้วยการเก็บข้อมูลใน 1 เดือน (มีนาคม ปี 2559)

Parametric test: Input = 32, Output = 26 คิดเป็นอัตราคุณภาพ 81%

Pre 2C test: Input = 26, Output = 23 คิดเป็นอัตราคุณภาพ 88%

2C test: Input = 23, Output = 18 คิดเป็นอัตราคุณภาพ 78%

จากสาเหตุของบอร์ดที่ไม่ผ่านการทดสอบพบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาขึ้นมีดังต่อไปนี้

1. Component fail คือ การที่ตัวอุปกรณ์บางตัวบนบอร์ด ทำงานไม่ได้ประสิทธิภาพ
2. Component missing คือ อุปกรณ์บางตัวสูญหายและไม่สามารถตรวจจับได้จากกระบวนการก่อนหน้า
3. Operator test error คือ ความผิดพลาดในการทำงานของพนักงาน เช่น ติดตั้งบอร์ดผิดช่องทดสอบ กดปุ่มทดสอบผิดปุ่ม
4. Program test error คือ ความไม่สมบูรณ์ของโปรแกรมการทดสอบบอร์ด ทำให้เกิดการหยุดชะงักและส่งผลให้บอร์ดที่กำลังทดสอบอยู่นั้น Fail

จากนั้นนำไปคำนวณหา Input เพื่อไปชดเชยจำนวนบอร์ดที่เป็นของเสียในระบบ ซึ่งจะทำให้ Out put จาก Functional test เป็นไปตาม Final demand จาก End customer

เมื่อนำอัตราคุณภาพของสถานีย่อยมาคำนวณเป็นอัตราคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ณ Functional test นี้จะสามารถคำนวณได้เป็น 81% x 88% x 78% = 55% ดังนั้น ยอดความต้องการจริงจากค่าพยากรณ์ในภาพที่ 3-2 ก่อนหน้านั้นจะได้เป็นจำนวนตามภาพที่ 3-17

Model	Apr-16	May-16	Jun-16	Jul-16	Aug-16	Sep-16	Oct-16	Nov-16	Dec-16	Jan-17	Feb-17	Mar-17	Apr-17	May-17	Total
40G (functional test demand)	110	422	460	1337	1326	1057	1124	1253	606	1179	1555	1088	1013	1555	14,085

ภาพที่ 3-17 จำนวนการผลิตจากพยากรณ์ล่วงหน้า 14 เดือนที่ชดเชยจากอัตราคุณภาพ

จากภาพที่ 3-17 สามารถนำมาคำนวนจำนวนความต้องการสินค้าต่อวันได้ ดังนี้

ความต้องการสินค้าต่อเดือน = จำนวนการผลิตทั้งหมด/ 14

= 14,085/ 14

= 1,007 บอร์ดต่อเดือน

ความต้องการสินค้าต่อวัน = จำนวนการผลิตต่อเดือน/ จำนวนวันในการผลิตต่อเดือน

= 1,007/ 24

= 42 บอร์ดต่อวัน

คำนวณหาค่า Takt time = เวลาในการผลิตที่มีอยู่/ ปริมาณสินค้ารวมที่ต้องการต่อวัน

= 1260 (นาที)/ 42 (บอร์ดต่อวัน)

= 23.9 นาทีต่อบอร์ดต่อวัน

โดยที่เวลาในการผลิตที่มีอยู่นั้น สามารถทำการผลิตได้ทั้งสองรุ่น คือ 10G และ 40G ในที่นี้พิจารณาเฉพาะ 40G เนื่องจากต้องทำการผลิตทีละรุ่น

รวบรวมจำนวนพัสดุคงคลัง (WIP) และเวลานำการผลิตโดยทำการเก็บข้อมูลสินค้าคงคลังในระหว่างการผลิตช่วงเดือนมีนาคม ปี 2559 สามารถสรุปจำนวนสินค้าคงคลังในขั้นตอนต่าง ๆ และนำมาคำนวณเวลานำ (Lead time: LT) ของกระบวนการผลิตได้ดังตารางที่ 3-6

โดยที่เวลานำของแต่ละกระบวนการ = $\frac{\text{จำนวนสินค้าคงคลัง}}{\text{ความต้องการสินค้าต่อวัน}}$

ตารางที่ 3-6 ข้อมูลของพัสดุคงคลังและเวลานำการผลิต

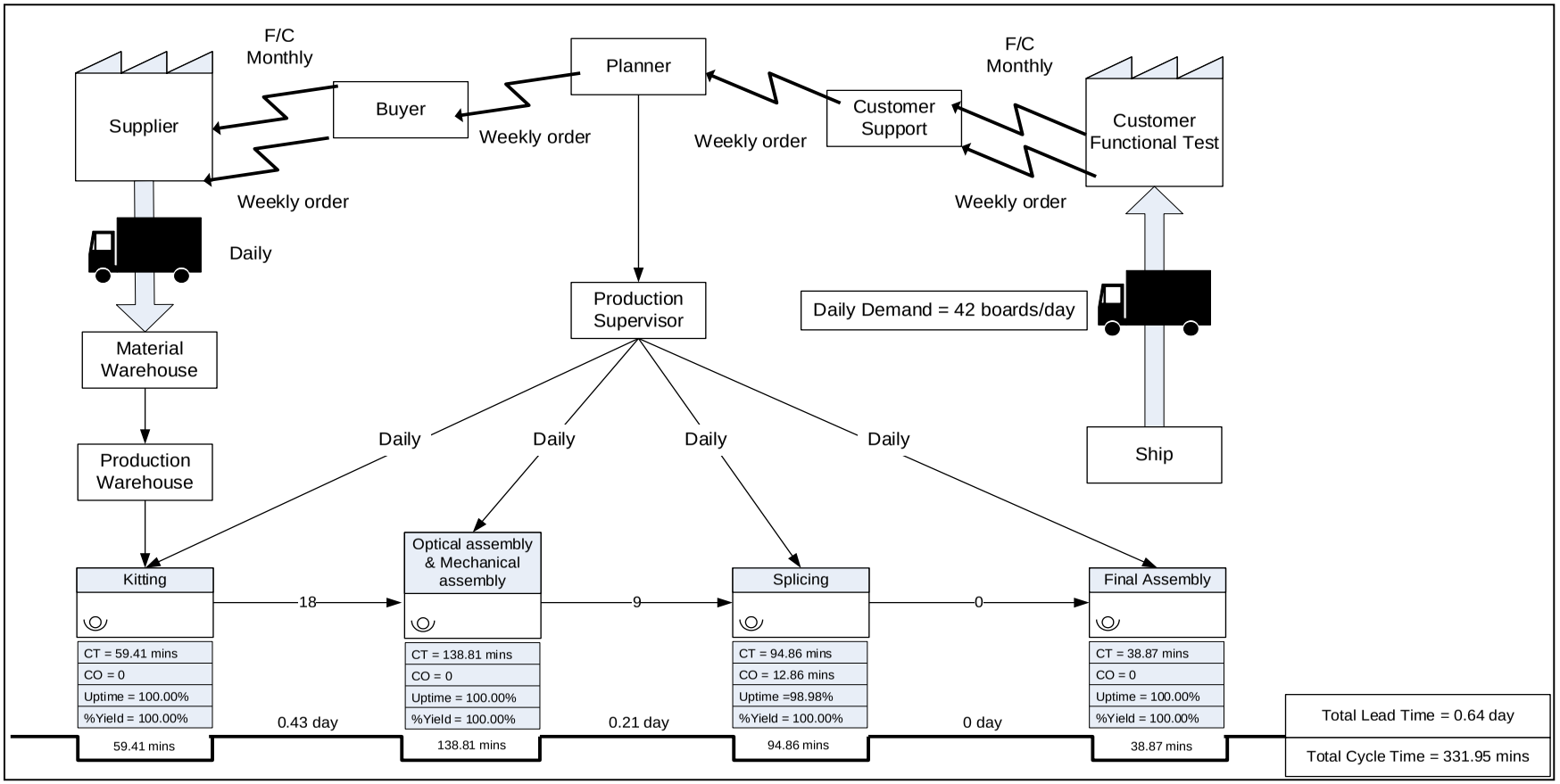
ขั้นตอนการผลิต	พัสดุคงคลัง (WIP) (บอร์ด)	เวลานำระหว่างกระบวนการ (Lead time) (วัน)
Kitting	0	= 0/ 42 = 0.00
Optical assembly และ Mechanical assembly	18	= 18/ 42 = 0.43
Splicing	9	= 9/ 42 = 0.21
Final assembly	0	= 0/ 42 = 0.00
รวม	27	0.64

จากข้อมูลทั้งหมดสามารถนำข้อมูลเวลามาตรฐาน อัตราคุณภาพ (%yield) เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรและอื่น ๆ มาสรุปรายละเอียดดังตารางที่ 3-6

เขียนสายธารคุณค่าสถานะปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา โดยนำข้อมูลเวลามาตรฐาน อัตราคุณภาพ เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรและอื่น ๆ จากตารางที่ 3-6 และ Takt time มาเขียนแผนผังสถานะ ปัจจุบันจากกระบวนการผลิตทั้งหมดและเฉพาะกระบวนการผลิตส่วนหลัง เขียนเป็นแผนผังสายธารแห่งคุณค่าสถานะปัจจุบันได้ดังแสดงในภาพที่ 3-18

ตารางที่ 3-7 ข้อมูลการปฏิบัติงานของผลิตภัณฑ์ 40G

ข้อมูล	Kitting	Optical assembly และ Mechanical assembly	Splicing	Final assembly	Total	หน่วย
รอบเวลาในการผลิตด้วยคน (C/ T)	59.41	138.81	50.80	38.87	287.89	นาที/บอร์ด
รอบเวลาในการผลิตด้วยเครื่องจักร (C/ T)	0.00	0.00	44.06	0.00	44.06	นาที/บอร์ด
รอบเวลาในการผลิตของแต่ละขั้นตอน (C/ T)	59.41	138.81	94.86	38.87	331.95	นาที/บอร์ด
เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร (C/ O)	0.00	0.00	1.53	0.00	1.53	นาที/วัน
เวลาที่เครื่องจักรชำรุด (Breakdown time: B/ T)	0.00	0.00	11.33	0.00	11.33	นาที/วัน
รวมเวลาหยุดเครื่องจักร (C/ O + B/ T)	0.00	0.00	12.86	0.00	12.86	นาที/วัน
เวลาที่มีสำหรับการผลิต (Available time: A/ T)	1260.00	1260.00	1260.00	1260.00	1260.00	นาที/วัน
จำนวนพนักงาน	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	คน
Uptime (U/ T = (A/ T-เวลาหยุดเครื่องจักร)/ (A/ T))	100.00%	100.00%	98.98%	100.00%	98.98%	%
จำนวนเครื่องจักร	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	เครื่อง
อัตราคุณภาพ (%)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	%
อัตราของเสีย (%)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	%



ภาพที่ 3-18 แผนผังสถานะปัจจุบันจากกระบวนการผลิตส่วนหลัง (Back end) ของผลิตภัณฑ์ 40G

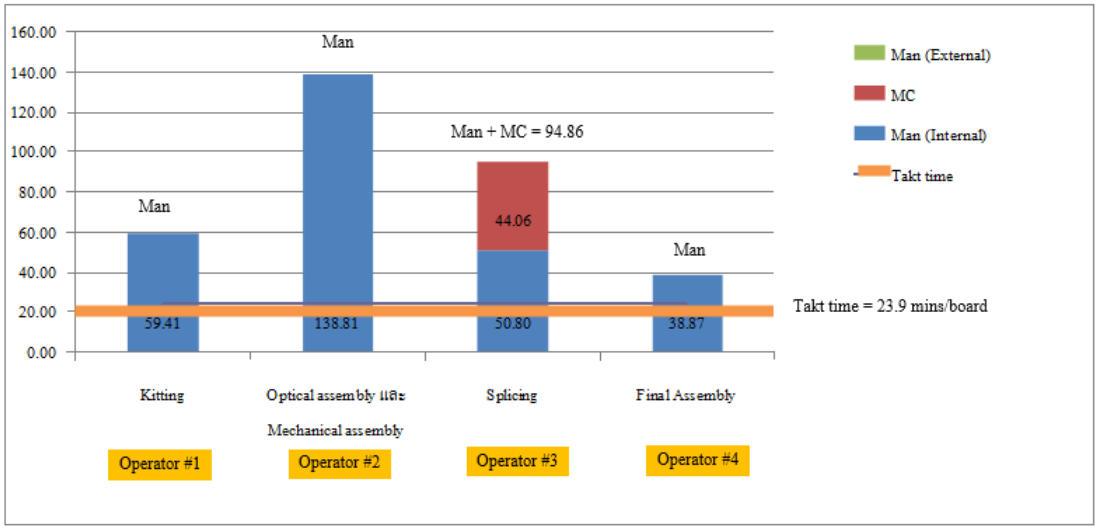
สรุปข้อมูลจากแผนผังสถานะปัจจุบันในภาพที่ 3-18 แสดงให้เห็นถึง

1. ระยะเวลาในการผลิตโดยรวมหรือเวลานำการผลิตรวมทั้งกระบวนการ (Total lead time: TLT) = 0.64 วัน

2. รอบเวลาการผลิตรวมทั้งกระบวนการ (Total cycle time: TCT) = 331.91/ 60 = 5.53 ชั่วโมง

3. รอบเวลาการทำงานแต่ละขั้นตอนและ Takt time 23.9 นาทีต่อบอร์ด

4. นำข้อมูลที่ได้มาทำเป็น YAMAZUMI Chart ดังแสดงในภาพที่ 3-19



ภาพที่ 3-19 YAMAZUMI Chart แสดงรอบเวลาการทำงานและ Takt time

บ่งชี้ปัญหาจากสภาพโรงงานปัจจุบัน

กำลังการผลิตของการผลิตบอร์ดรุ่น 40G (Estimate capacity) ในปัจจุบัน คือ

= เวลาทำงานสุทธิ/ รอบเวลาในการผลิตที่จุดคอขวด

$$= \frac{1{,}260 \text{ (นาทีต่อวัน)}}{138.81 \text{ (นาทีต่อบอร์ด)}}$$

= 9 บอร์ดต่อวัน

พบว่ารอบเวลาการทำงานแต่ละขั้นตอนใช้เวลาเกิน Takt time ทั้งหมด และผลิตได้เพียง 9 บอร์ดต่อวัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าด้วยวิธีการปัจจุบัน ทำให้มีกำลังการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการสินค้าจากลูกค้าในจำนวน 42 บอร์ดต่อวันได้

แนวทางในการแก้ไขปัญหา

เพื่อเพิ่มผลผลิตให้ตอบสนองความต้องการของลูกค้าโดยการออกแบบกระบวนการผลิตเพื่อให้ Cycle time ต่ำกว่า Takt time โดยปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ลดเวลาที่สูญเสียไปกับกิจกรรมที่สร้างและไม่สร้างคุณค่ามูลค่าเพิ่ม

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์กำหนดมาตรการวัดเพื่อเป็นเป้าหมายในการปรับปรุงกระบวนผลิตจากแผนผังสถานะปัจจุบันเป็นแผนผังหลังการปรับปรุง ทั้งนี้จะทำให้สะท้อนภาพของการจัดการกระบวนการต่าง ๆ ออกมา และแสดงผลลัพธ์จากการดำเนินโครงการว่ามีความสำเร็จในระดับใด และสามารถตอบสนองความต้องการจากลูกค้าในจำนวน 42 บอร์ดต่อวัน ได้หรือไม่โดยมีหัวข้อในการชี้วัด ดังนี้

1. ผลิตภาพแรงงาน (Labor productivity: Unit per man-hour)

$$\text{ผลิตภาพแรงงาน} = \frac{\text{จำนวนสินค้าที่ผลิตได้}}{\text{จำนวนแรงงาน x จำนวนชั่วโมงทำงาน}}$$

$$= \frac{60 \text{ (นาที/ ชม.)}/ 138.81 \text{ (นาทีต่อชิ้น)}}{4 \text{ (คน)} \times 1 \text{ (ชม.)}}$$

$$= 0.11 \text{ ชิ้นต่อชั่วโมง-คน}$$

2. ประสิทธิภาพการจัดสมดุลผลิต (% Line balance efficiency) เพื่อจัดภาระงานให้แก่พนักงานอย่างเสมอภาค ในที่นี้จะคิดตั้งแต่ขั้นตอน Kitting, Optical assembly และ Mechanical assembly, Splicng และ Final assembly ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$= \frac{\text{เวลารวมในการผลิตสินค้า 1 หน่วย (Total time)}}{\text{เวลาของขั้นตอนที่มีภาระเวลาสูงสุด x จำนวนขั้นตอนทั้งหมด}}$$

$$= (59.41+ 138.81 + 94.86 + 38.87)/ (138.81 \times 4)$$

$$= 331.95/ 555.24$$

$$= 59.78\%$$

3. รอบเวลาในการผลิต โดยคิดรอบเวลาการผลิตรวมทั้งกระบวนการ (Total cycle time: TCT)

$$= 59.41 + 138.81 + 94.86 + 38.87$$

$$= 331.95 \text{ นาที}$$

$$= 331.95/ 60$$

$$= 5.53 \text{ ชั่วโมง}$$

4. ระยะเวลาในการผลิตโดยรวมหรือเวลานำการผลิตรวมทั้งกระบวนการ (Total lead time: TLT)

= 0.00 + 0.43 + 0.21 + 0.00

= 0.64 วัน

5. จำนวน WIP รวม จากข้อมูลจากตารางที่ 3-5 เป็น 27 บอร์ด

6. กำลังการผลิตของการผลิตบอร์ดรุ่น 40G (Estimate capacity) ในปัจจุบัน คือ 9 บอร์ดต่อวัน

แนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้พิจารณาจากความเป็นไปได้และแนวทางดังแสดงในตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 แนวทางการแก้ไขของการผลิตบอร์ดรุ่น 40G

หัวข้อ	ชื่อกระบวนการ	ปัญหา	แนวทางการปรับปรุง	เป้าหมายที่ต้องการ	กำหนดเสร็จ
1.	ทุกกระบวนการ	ใช้เวลาในการผลิตชิ้นงานต่อตัวสูง เสียเวลาในการเคลื่อนย้ายจาก CART	เปลี่ยนแปลง LAY-OUT จัดการการไหลของงานใหม่ลดการใช้ CART	เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานทันกับความต้องการลูกค้า	ก.ค. 2559
2.	ทุกกระบวนการ	ใช้เวลาในการผลิตชิ้นงานต่อตัวสูง เสียเวลาในการเคลื่อนย้ายการไหลของงานไม่ต่อเนื่อง	เปลี่ยนแปลง LAY-OUT จัดการการไหลของงานให้มีความต่อเนื่อง	เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานทันกับความต้องการลูกค้า	ก.ค. 2559
3.	ทุกกระบวนการ	อุปกรณ์ เช่น JIG ต่าง ๆ ยังไม่เหมาะสมกับการทำงาน	จัดทำอุปกรณ์ เช่น JIG ต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับการทำงานมากขึ้น	เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานทันกับความต้องการลูกค้า	ก.ค. 2559

ตารางที่ 3-8 (ต่อ)

หัวข้อ	ชื่อกระบวนการ	ปัญหา	แนวทางการปรับปรุง	เป้าหมายที่ต้องการ	กำหนดเสร็จ
4.	ทุกกระบวนการ	รอบเวลาในการผลิตมีมากเกินกว่าเวลามาตรฐาน	ปรับรอบเวลาการผลิต	เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานทันกับความต้องการลูกค้า	ก.ค. 2559

บทที่ 4
การปรับปรุงและผลการวิจัย

จากปัญหาความต้องการสินค้าจากลูกค้าจำนวน 42 บอร์ดต่อวัน เป็นความต้องการที่เพิ่มขึ้นเกือบ 5 เท่า จากกำลังการผลิตปัจจุบันที่มีเพียง 9 บอร์ดต่อวัน ทางผู้วิจัยจึงต้องทำการออกแบบการผลิตให้รองรับความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากนี้ ด้วยแนวทางการเพิ่มผลผลิตใน 5 แนวทางจากหลักการนี้

1. Output เพิ่ม Input เท่าเดิม
2. Output เพิ่ม Input ลดลง
3. Output เพิ่ม Input เพิ่มน้อยกว่า
4. Output คงที่ Input ลดลง
5. Output ลดลง Input ลดลงมากกว่า

เมื่อได้พิจารณาจากสภาพปัจจุบัน และความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นนั้น แนวทางการเพิ่มผลผลิตแบบ Output เพิ่ม โดยใช้ Input เพิ่มน้อยกว่า จึงถูกนำมาพิจารณา โดยที่ Output จำนวน 42 บอร์ดต่อวันนั้น จะต้องทำการผลิตภายใต้ Input ที่เพิ่มน้อยกว่าจากการพิจารณาจากภาพที่ 3-19 ในบทที่ 3 นั้น ซึ่งแสดงรอบเวลาการทำงานปัจจุบันและ Takt time พบว่ารอบเวลาการทำงานแต่ละขั้นตอนใช้เวลาเกิน Takt time ทั้งหมด และเมื่อเทียบ %Takt time กับ C/ T พบว่าที่ขั้นตอน Final assembly ใช้ C/ T เกิน Takt time ถึง 63% และขั้นตอน Splicing เกินกว่า Takt time ถึง 481% ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 เปอร์เซ็นต์ของ C/ T เทียบกับ Takt time ของงานทั้ง 4 สถานี

ขั้นตอน	รอบเวลาในการผลิต ของแต่ละขั้นตอน (C/ T) (Min)	%C/ T เทียบกับ Takt time
Kitting	59.41	149%
Optical assembly และ Mechanical assembly	138.81	481%
Splicing	94.86	297%
Final Assembly	38.87	63%
Takt time	23.9	

เมื่อมองโดยภาพรวมพบว่าการลดความสูญเปล่า (Waste) และความสูญเสีย (Loss) ในกระบวนการปัจจุบันอย่างเดียวจะไม่สามารถลดเวลามาตรฐานจนทำให้รอบเวลาการผลิตให้ใกล้เคียง Takt time ได้เลย

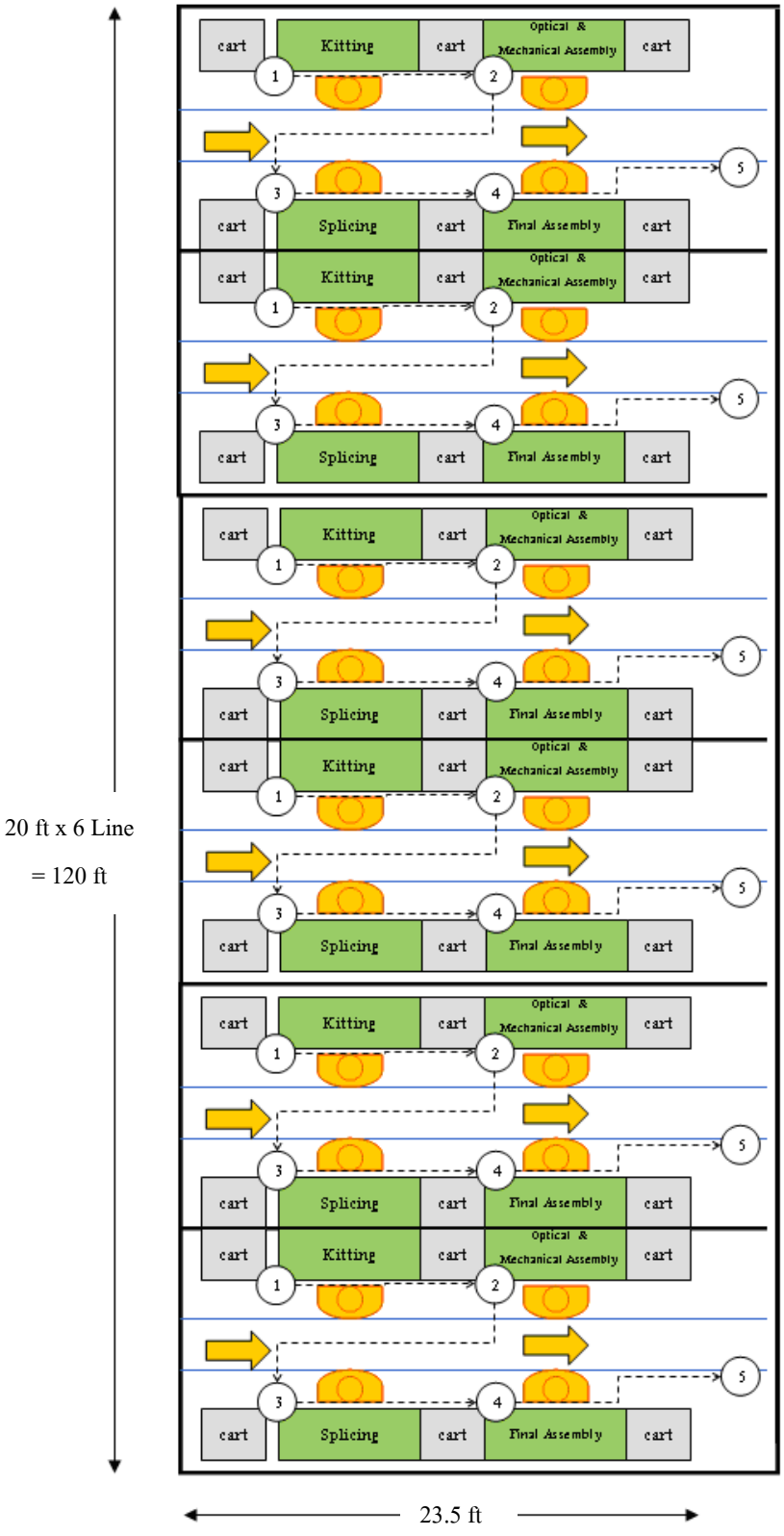
รอบเวลาในการผลิตมีค่ามากกว่าเวลาแท็กต์ก็เท่ากับว่าระบบการผลิตมีกำลังผลิตที่ไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ ผู้วิจัยจึงพิจารณาว่าจะปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดรอบเวลาในการผลิต โดยการพิจารณาลงทุนสร้างสายการผลิตเพิ่มเพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มขึ้นเกือบ 5 เท่า ให้ได้มากที่สุด โดยผู้วิจัยจะออกแบบกระบวนการผลิต ผังการผลิตใหม่และการเพิ่มผลผลิตด้วยวิธีคิดต่าง ๆ ดังนี้

1. การเพิ่มผลผลิตแบบ Output เพิ่ม และใช้ Input เพิ่มน้อยกว่า โดยคำนึงถึงการเพิ่ม Line การผลิต

ซึ่งจากข้อมูลในบทที่ 3 ที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นพบว่า จุดคอขวดของกระบวนการผลิตก็คือ ขั้นตอนที่ 3 Optical assembly และ Mechanical assembly ซึ่งใช้รอบเวลาการผลิต คือ 138.81 นาที ด้วยวิธีการทำงานปัจจุบันใช้ 1 สายการผลิตโดยประกอบด้วย 4 สถานีการทำงาน ซึ่งทำให้ได้ Output จำนวน 9 บอร์ด ในพื้นที่สำหรับกระบวนการประกอบทั้งสิ้น 470 sq.ft (ไม่นับรวมพื้นที่ในส่วนของ Functional test) การจะเพิ่ม Output ให้เพิ่มขึ้นจากเดิมเป็นจำนวน 42 บอร์ดต่อวันนั้นจะต้องทำการเพิ่ม Line การผลิต ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการพิจารณาวิธีการเพิ่ม Line โดยยังคงวิธีการทำงานแบบเดิม ดังหัวข้อย่อยที่ 1.1 และ 1.2 ดังนี้

1.1 วิธีการเพิ่ม Line การผลิตแบบ Duplicate line

เพื่อตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้นนี้ เมื่อพิจารณาเฉพาะจุดคอขวด เพื่อให้รอบการผลิตต่ำกว่าา Takt time จะต้องใช้จำนวนสายการผลิต ดังนี้ 138.81 นาที/ 23.9 นาที = 5.81 สายการผลิต หรือประมาณ 6 สายการผลิต จากแนวทางการ Duplicate line (ทุก Line ใช้วิธีการทำงานเหมือนกัน) จะต้องใช้จำนวน Station ถึง 6 x 4 = 24 Station เมื่อนำไปออกแบบ Line layout ด้วยการคงวิธีการทำงานแบบเดิม แต่เพิ่มจำนวนสายการผลิต 6 Line พบว่าจะใช้พื้นที่ขนาด 2,820 sq.ft ดังแสดงในภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 ออกแบบ Line layout ด้วยวิธีการเพิ่ม Line การผลิตแบบ Duplicate line

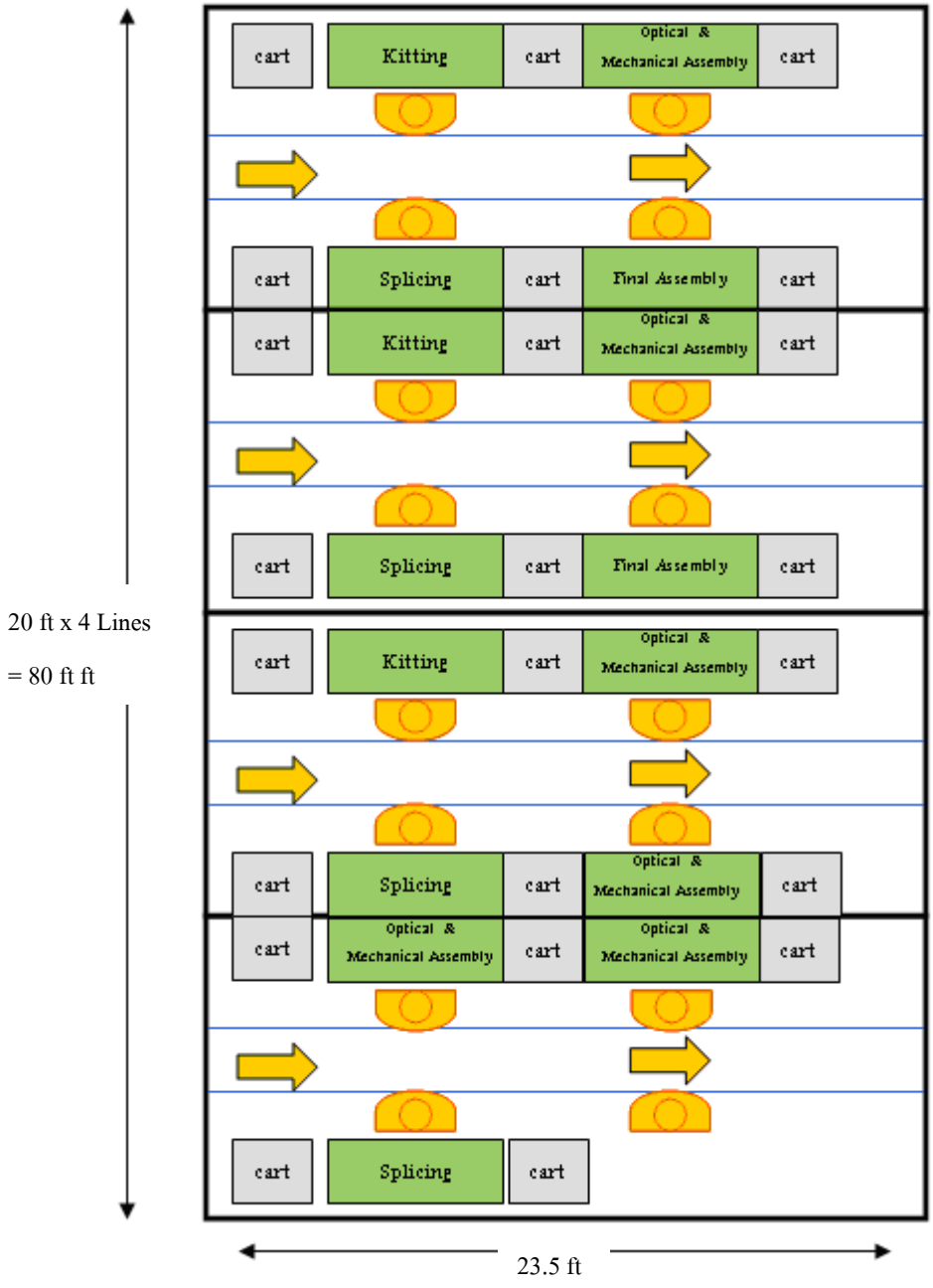
1.2 วิธีการเพิ่ม Line การผลิตโดยพิจารณาจาก Cycle time ของแต่ละสถานีการทำงานในปัจจุบัน

จากการพิจารณารอบเวลาในการผลิตในแต่ละขั้นตอนของการผลิต พบว่าเมื่อเพิ่ม Station การทำงานจะสามารถลดรอบเวลาการผลิตได้ ซึ่งจะทำให้ได้ Output ที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว โดยนำรอบเวลาในการผลิตมาเปรียบเทียบกับ Takt time จะทำให้ได้จำนวน Station ที่เหมาะสมซึ่งมีค่า C/ T ใหม่ไม่เกิน Takt time ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 รอบเวลาในการผลิตงานต่อจำนวน Station ของผลิตภัณฑ์ 40G

ขั้นตอน	รอบเวลาในการผลิตของแต่ละขั้นตอน (C/ T)	%C/ T เทียบกับ Takt time	จำนวน Station ที่ต้องมี	C/ T ต่อจำนวน Station
Kitting	59.41	59.41/ 23.9 = 2.49	3	19.80
Optical assembly และ Mechanical assembly	138.81	138.81/ 23.9 = 5.81	6	23.14
Splicing	94.86	94.86/ 23.9 = 3.97	4	23.72
Final Assembly	38.87	38.87/ 23.9 = 1.63	2	19.44
Takt time	23.9			

จากตารางที่ 4-2 แสดงให้เห็นว่าจำนวน Station ที่ต้องใช้ทั้งหมด 15 Station จากนั้นผู้วิจัยได้นำไปทำการออกแบบ Line layout ด้วยการคงวิธีการทำงานแบบเดิมดังภาพที่ 4-2 พบว่าด้วยวิธีการนี้ใช้พื้นที่ในการผลิตเป็นขนาด 1,880 sq.ft



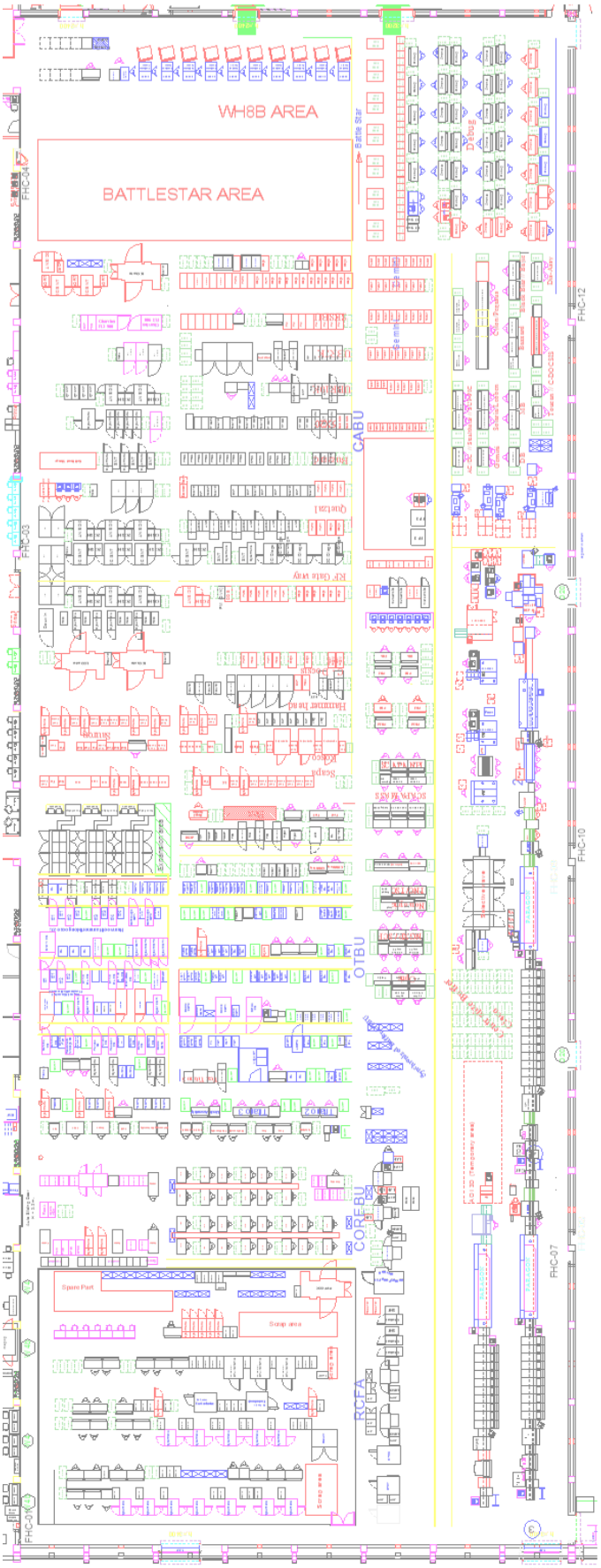
ภาพที่ 4-2 ออกแบบ Line layout ด้วยวิธีการเพิ่ม Line การผลิตโดยการลด Cycle time

จากหัวข้อที่ 1.1 โดยพิจารณาจาก Cycle time ของแต่ละสถานีการทำงานในปัจจุบัน สามารถนำมาสรุปเปรียบเทียบให้เห็นข้อแตกต่างของแต่ละวิธี ซึ่งทั้งสองวิธีนี้สามารถทำให้ได้ Output ที่เพิ่มขึ้น ตรงตามความต้องการของลูกค้าได้ทั้งคู่ เนื่องจาก C/ T ไม่เกิน Takt time

ดังตารางที่ 4-3 ซึ่งผู้วิจัยพบว่าการเพิ่ม Line การผลิตด้วยวิธีที่ 2 จะใช้จำนวน Station น้อยกว่าแบบที่ 1 ถึง 9 Station ซึ่งย่อมใช้ Cycle time ที่มากกว่า แต่ความสามารถในการใช้ Utilize การทำงานทั้ง Line โดยเฉลี่ยมีมากถึง 90% และยังใช้พื้นที่น้อยกว่า ดังนั้น การเพิ่ม Line การผลิตด้วยวิธีที่ 2 จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการที่จะเพิ่ม Output โดยที่ใช้ Input น้อยกว่าวิธีการ Duplicate line และทำการออกแบบพื้นที่ใหม่ดังในภาพที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 วิธีการเพิ่ม Line การผลิตแบบ Duplicate line และวิธีการเพิ่ม Line การผลิต

		1.1 วิธีการเพิ่ม Line การผลิตแบบ Duplicate Line			1.2 วิธีการเพิ่ม Line การผลิตโดยพิจารณาจาก Cycle Time ของแต่ละสถานีการทำงาน		
ขั้นตอน/ เกณฑ์การวัดผล	รอบเวลาในการผลิตของแต่ละขั้นตอน (C/ T) (Min)	จำนวน Station ที่ต้องมี	C/ T ต่อจำนวน Station	%Utilization	จำนวน Station ที่ต้องมี	C/ T ต่อจำนวน Station	%Utilization
Kitting	59.41	6	9.90	41%	3	19.80	83%
Optical assembly และ Mechanical assembly	138.81	6	23.14	97%	6	23.14	97%
Splicing	94.86	6	15.81	66%	4	23.72	99%
Final Assembly	38.87	6	6.48	27%	2	19.44	81%
Takt time	23.9						
จำนวน Station ทั้งหมด			24			15	
C/ T ของผลิตภัณฑ์			55.325			86.09	
% Utilazation โดยเฉลี่ยของสายการผลิต			58%			90%	
พื้นที่			2,820 sq.ft			1,880 sq.ft	



ภาพที่ 4-3 พื้นที่ทางโรงงานสามารถจัดสรรค์ให้ได้ 1,458 Sq.ft

ทั้งนี้เมื่อนำพื้นที่ที่ต้องใช้ไปเสนอให้เจ้าหน้าที่ดูแล Layout โดยรวมของโรงงาน ทำการจัดสรรค์พื้นที่ให้เพียงพอสำหรับการผลิตบอร์ด 42 บอร์ดต่อวันนั้น พบว่าทางโรงงานสามารถจัดสรรพื้นที่ได้เพียง 1,458 Sq.ft เท่านั้น

เนื่องจากการดำเนินงานของบริษัท เป็นการรับจ้างผลิตให้แก่แบรนด์สินค้าหลายยี่ห้อ พื้นที่ที่จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อรองรับการผลิตที่เพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ยี่ห้อหนึ่ง อาจจะต้องไปกระทบกับอีกหลายยี่ห้อ ซึ่งทางเจ้าหน้าที่ดูแล Layout จะต้องร้องขอไปยังผู้ดูแลการผลิตของสินค้ายี่ห้อนั้น ๆ ก่อนว่าด้วยความต้องการปัจจุบันสามารถลดพื้นที่การผลิตเพื่อจัดสรรให้สินค้าอื่นที่จะเพิ่มเข้ามาได้หรือไม่ จึงเป็นที่มาของการจัดสรรพื้นที่ได้เพียง 1,458 Sq.ft

สำหรับงานวิจัยนี้การเพิ่ม Station แต่ยังคงการทำงานด้วยวิธีการแบบเดิม จึงไม่สามารถดำเนินการได้ในพื้นที่ 1,458 Sq.ft ดังนั้น จึงต้องมีการออกแบบ Line ผลิตแบบใหม่เพื่อรองรับ Station จำนวน 15 Station ซึ่งจะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า 42 บอร์ดต่อวันให้ได้ แนวคิดในการลดระยะทางระหว่าง Station ลดพื้นที่จากการใช้อุปกรณ์ขนย้ายบอร์ดแบบเดิม จึงถูกแทนที่ด้วยแนวคิดการออกแบบ Line การผลิตด้วยการผลิตแบบ Line conveyor

บริษัทที่ทำการวิจัยนี้มีลักษณะเป็น EMS (Electronic manufacturing service) เป็นการรับจ้างผลิตสินค้าให้กับลูกค้า ภายใต้เครื่องหมายการค้าของลูกค้าเอง โดยเป็นคู่สัญญากัน (Contract manufacture) กับเจ้าของแบรนด์ตามสัญญาบริษัทจะได้รับเงินสนับสนุนการลงทุนเพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิตให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าทั้งหมด ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสามารถดำเนินการได้ด้วยวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิตแบบ Conveyor และการเพิ่มจำนวน Line ได้

2. มาตรการในการปรับปรุงวิธีการผลิต

2.1 ทำการออกแบบ Line การผลิตแบบเป็นแบบ Line conveyor เพื่อให้เกิดการไหลที่ต่อเนื่องและเพื่อลดพื้นที่ในการใช้อุปกรณ์ขนย้ายบอร์ด โดยการออกแบบจะแสดงในภาพที่ 4-4 และ 4-5

ก่อนการปรับปรุง จะเป็น Line ผลิตแบบไม่ต่อเนื่องการผลิตจะมี WIP รออยู่ในกระบวนการ โดยวางไว้บน CART เมื่องานเต็ม CART ก็จะเคลื่อนย้ายไปสถานีถัดไป จนถึงสถานีสุดท้าย และมีการทำงานย้อนกลับไปกลับมา ความสูญเปล่าที่พบ คือ การรอคอยงาน การขนส่งงาน สินค้าที่ค้างใน Line หรือ WIP เสียพื้นที่ในการวางงานบน CART โดยมีรายละเอียดก่อนปรับปรุง ดังนี้

CART ขนาด 75 x 60 cm. จำนวน 8 คัน

โต๊ะทำงานขนาด 75 x 150 cm. จำนวน 4 โต๊ะ

ระยะทางย้อนกลับของงานจากสถานีงานแรกถึงสถานีสุดท้าย คือ 9.6 m.

หลังการปรับปรุง สำหรับงานวิจัยนี้การเพิ่ม Station แต่ยังคงการทำงานด้วยวิธีการแบบเดิม จึงไม่สามารถดำเนินการได้ในพื้นที่ 1,458 Sq.ft ดังนั้น จึงต้องมีการออกแบบ Line ผลิตแบบใหม่เพื่อรองรับ Station จำนวน 15 Station ซึ่งจะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า 42 บอร์ดต่อวันให้ได้ แนวคิดแบบลีนในการลดระยะทางระหว่าง Station ลดพื้นที่จากการใช้อุปกรณ์ขนย้ายบอร์ดแบบเดิม จึงถูกแทนที่ด้วยแนวคิดการออกแบบ Line การผลิต ด้วยการผลิตแบบ Line conveyor ร่วมกับหลักการ ECRS โดยพิจารณาว่ามีสิ่งใดในกระบวนการสามารถกำจัดทิ้งได้หรือไหม (Eliminate) พบว่าระยะทางที่มีการย้อนกลับเป็นสิ่งควรกำจัดทิ้ง ใช้เกณฑ์ (Combine) ในการออกแบบ Fixture ให้สามารถทำงานร่วมกันหลาย Station และใช้หลัก (Simplification) ทำให้การขนย้ายบอร์ดง่ายขึ้นด้วย Conveyor จะเป็น Line ที่ไหลอย่างต่อเนื่อง หรือ Line conveyor จะเป็นการผลิตแบบ 1 : 1 ไม่มีการวางงาน WIP ค้างอยู่ใน Line พนักงานไม่ต้องเข็น CART เอางานไปส่ง และไม่ต้องมีพื้นที่สำหรับวาง CART อีกต่อไป โดยมีรายละเอียดหลังปรับปรุง ดังนี้

ไม่มีการใช้ CART ไม่มีระยะทางย้อนกลับของงาน

ลดขนาดโต๊ะทำงานเหลือขนาด 75 x 120 cm. เฉพาะผลิตภัณฑ์ 40G จำนวน 16 โต๊ะ เพื่อรองรับการผลิตให้เพิ่มขึ้นประมาณ 5 เท่า

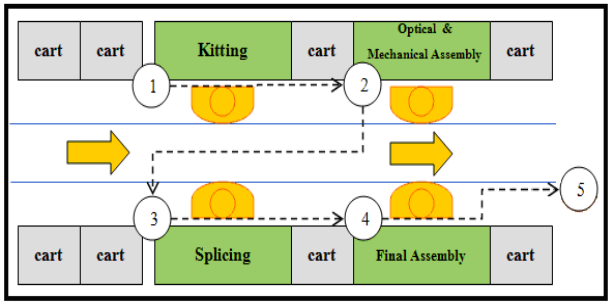
ระยะทางจากจุดเริ่มต้นของงานจากสถานีงานแรกถึงสถานีสุดท้าย คือ 14.9 m. เพื่อรองรับการผลิตให้เพิ่มขึ้นประมาณ 5 เท่า

ใช้ Conveyor เป็นแนวยาว เพื่อให้การเคลื่อนย้ายบอร์ดมีความต่อเนื่อง

Conveyor ขนาด 60 cm. x 1490 cm.

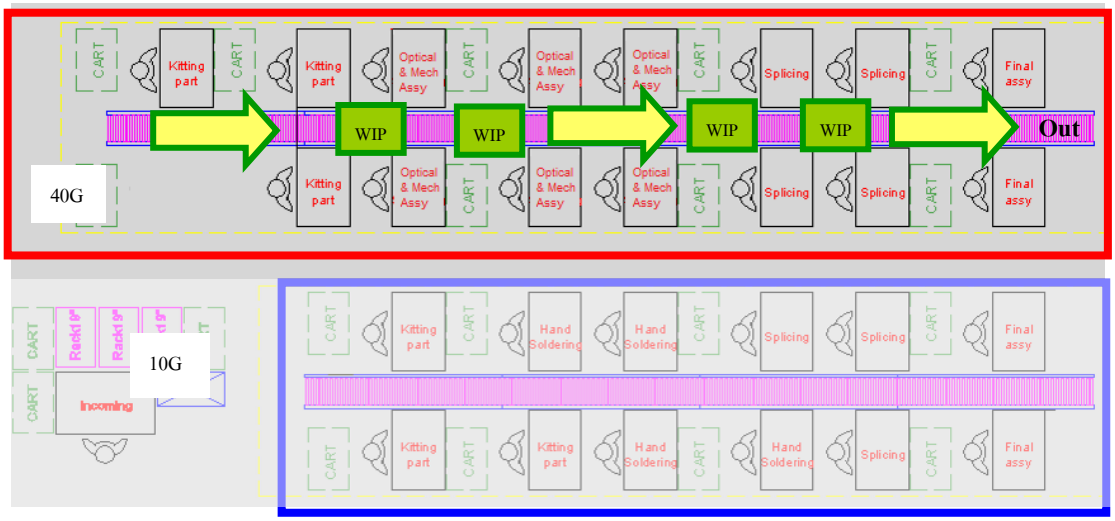
สำหรับผลิตภัณฑ์ 40G ใช้พื้นที่เพียง W 13.5 x L 54 = 729 sq.ft จากที่โรงงานจัดสรรค์ให้คิดเป็น 50% สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อรองรับผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ต่อไปได้ (ในที่นี้สามารถรองรับผลิตภัณฑ์ 10G ได้)

แบบก่อนปรับปรุง



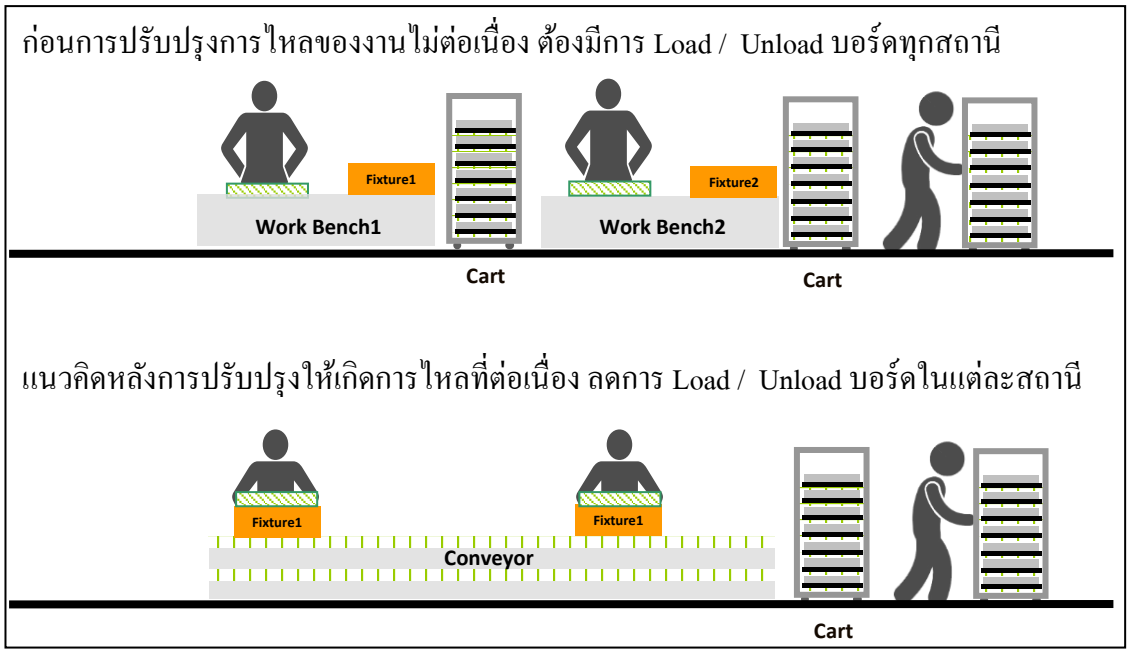
W 20 x L 23.5 = 470 sq.ft

แบบต้องการที่จะปรับปรุง (หลัง)



W 27 x L 54 = 1,458 sq.ft

ภาพที่ 4-4 ออกแบบ Line การผลิตแบบ เป็นแบบ Line conveyor ต้องการที่จะปรับปรุง และแบบก่อนการการปรับปรุง



ภาพที่ 4-5 แนวคิด Line การผลิตแบบ เป็นแบบ Line conveyor ต้องการที่จะปรับปรุง และแบบก่อนการปรับปรุง

2.2 ทำการออกแบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายบอร์ด โดยออกแบบให้ Fixture ที่ใช้ประกอบงานให้สามารถทำงานร่วมกับการเคลื่อนย้ายบอร์ดบน Conveyor ได้ เพื่อลดการ Load/ Unload บอร์ดออกจาก Fixture โดยพิจารณาให้ Fixture นั้นต้องสามารถทำงานเข้ากับกระบวนการผลิตดังสถานีงาน ต่อไปนี้

ตารางที่ 4-4 ชนิดของ Fixtuer ที่ใช้บน Station ต่าง ๆ

	การใช้งานของ Fixture บน Station ต่าง ๆ	
Station	Tray	Hand soldering fixture
Kitting & Preparation	X	
Optical assembly และ Mechanical assembly	X	X
Splicing		X
Final assembly		X

2.3 ออกแบบการทำงานของ Conveyor ที่ไม่มีการใช้ CART ไม่มีระยะทางย้อนกลับของงาน โดยที่ระยะทางจากจุดเริ่มต้นของงานจากสถานีงานแรกถึงสถานีสุดท้าย คือ 14.9 m. ซึ่งจะทำให้รองรับการผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 5 เท่าได้ ใช้ Conveyor เป็นแนวยาว เพื่อให้การเคลื่อนย้ายบอร์ดมีความต่อเนื่อง โดยระยะ 14.9 m จะต้องประกอบด้วย

พื้นที่สำหรับ Buffer เป็นพื้นที่ว่างในที่นี้กำหนดให้เป็นสีฟ้า

พื้นที่สำหรับวางบอร์ดเพื่อรอส่งงานไปยัง Station ถัดไป ในที่นี้กำหนดให้เป็นสีเขียว

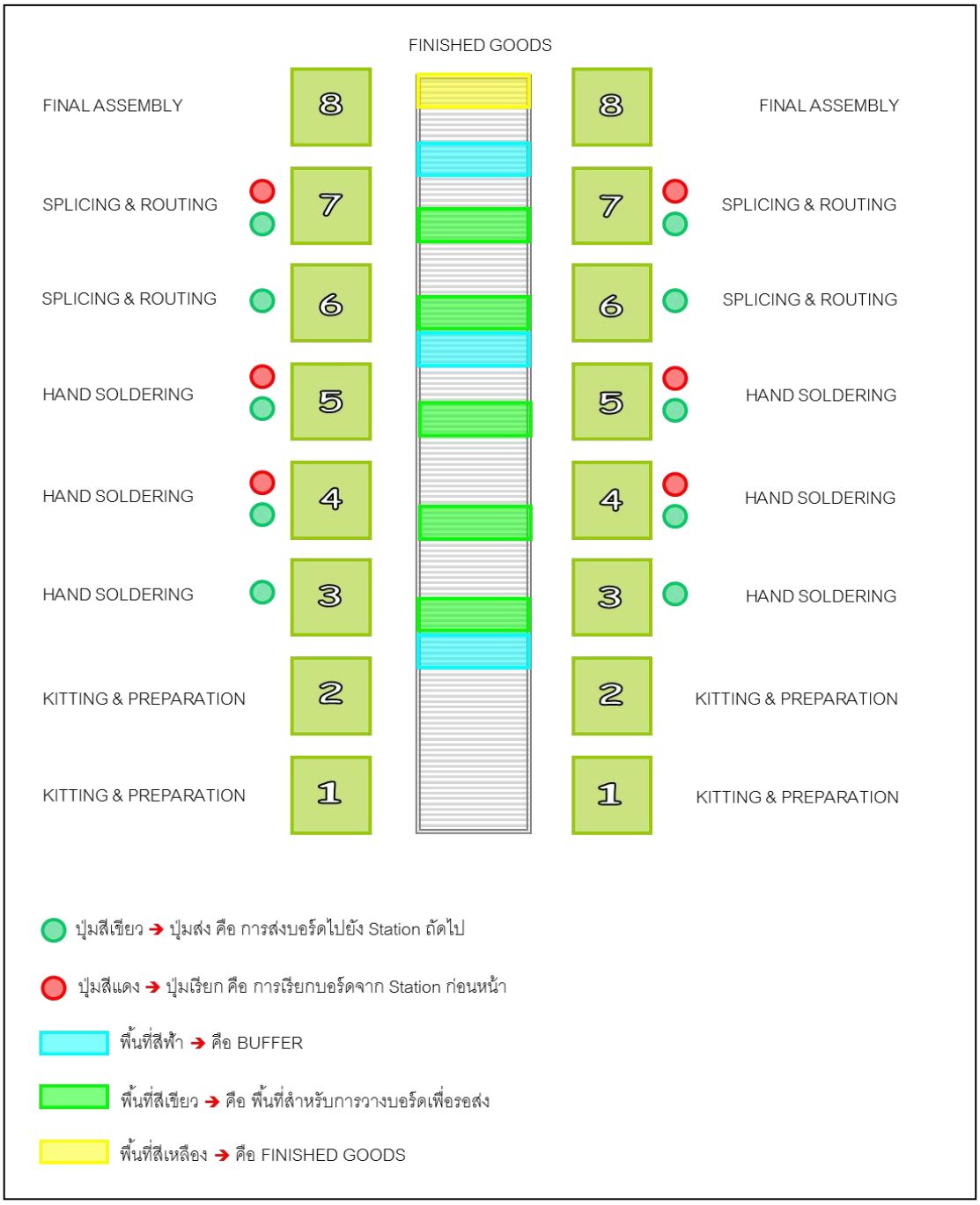
พื้นที่สำหรับวาง Finished goods ในที่นี้กำหนดให้เป็นพื้นที่สีเหลือง

ควบคุมส่งบอร์ดไปยังพื้นที่ต่าง ๆ ดังนี้

กำหนดให้ปุ่มสีเขียว คือ ปุ่มส่งบอร์ดไปยัง Station ถัดไป

กำหนดให้ปุ่มสีแดง คือ ปุ่มเรียกบอร์ดจาก Station ก่อนหน้า

แสดงการออกแบบการทำงานของ Conveyor ดังในภาพที่ 4-6



ภาพที่ 4-6 การทำงานของ Conveyor

2.4 วิเคราะห์การออกแบบปรับปรุง Line และปรับปรุงการผลิตเพื่อนำเสนอต่อผู้บริหาร/ ลูกค้า เพื่ออนุมัติงบประมาณและจัดทำแผนงานพื่อทำการปรับปรุง Line การผลิตเป็นแบบ Line conveyor ดังตารางที่ 4-5 และ 4-6

ตารางที่ 4-5 เกณฑ์การวัดผลของการวางแผนปรับปรุงการผลิต

เกณฑ์การวัดผล	การผลิตปัจจุบัน	วางแผนปรับปรุงการผลิต	Benefit
จำนวน Load/ Unload บอร์ดออกจาก Fixture (ครั้งต่อบอร์ด)	8	4	Improve 50%
จำนวน Station	4	15	Improve -275%
Space required (sq.ft)	470	729	Improve -55%
Cycle time (นาที)	138.81	23.715	Improve 83%
Estimate assembly output	= 1,260 (นาทีต่อวัน)/ 138.81 (นาทีต่อบอร์ด) = 9 บอร์ดต่อวัน	= 1,260 (นาทีต่อวัน)/ 23.715 (นาทีต่อบอร์ด) = 53 บอร์ดต่อวัน	Improve 489%
Handling method	CART	Conveyor	มีการไหลอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 4-6 แผนการปรับปรุง Line การผลิตเป็นแบบ Line conveyor

Activities	มีค-16	เมย.-16	พค.-16	มิย.-16	กค.-16
1. Team kick off meeting	o				
2. ตรวจสอบที่หน้างาน	o				
3. บ่งชี้จุดที่จะปรับปรุง	o				
4. จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับการเคลื่อนย้าย Line เก่าและรื้อถอน		o			
5. ดำเนินการติดตั้ง Line ใหม่ 5.1 ออกแบบ Tooling ให้เหมาะสมกับ Line ใหม่ 5.2 สั่งซื้ออุปกรณ์เพื่อเพิ่มกำลังการผลิต		o	o	o	
6. ตรวจสอบการปรับปรุง				o	
7. ทดลองการผลิตและ On the job training					o
8. อนุมัติการผลิต					o

3. การดำเนินการปรับปรุง Line การผลิตตามแผนงาน

3.1 Team kick off meeting project leader ทำการเรียกสมาชิกทีมปรับปรุง ได้แก่ ทีมข้ามสายงานอันประกอบไปด้วย ฝ่ายวิศวกรรมการผลิต ฝ่ายผลิต ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ฝ่าย Faciliy เพื่อชี้แจงแผนการดำเนินงานการปรับปรุง วัตถุประสงค์การปรับปรุง เป้าหมายในการปรับปรุง และบททบาทหน้าที่ความรับผิดชอบ กำลังคนที่จะต้องเตรียมพร้อม

3.2 ตรวจสอบที่หน้างาน ทีมงานข้ามสายงานทำการตรวจสอบหน้างาน เพื่อตรวจสอบสภาพการทำงานจริง และวิเคราะห์หาแนวทางปรับปรุง Line conveyor

3.3 บ่งชี้จุดที่จะปรับปรุง การตรวจสอบหน้างานและวิเคราะห์

3.4 จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับการเคลื่อนย้าย Line เก่า ประกอบไปด้วย

3.4.1 Hand lift 1 คัน

3.4.2 รถเข็นงาน 3 คัน

3.4.3 เครื่องมือพื้นฐาน เช่น ประแจ ไขควง คัตเตอร์ สว่านมือ เทปพันสายไฟ จากนั้นทำการทำการเคลื่อนย้าย Line เก่า โดยฝ่าย Facility

3.5 ทำการติดตั้ง Line ใหม่โดยดำเนินการแต่ละส่วน ดังต่อไปนี้

3.5.1 การปรับปรุง Line การประกอบ (Assembly) โดยจะทำการปรับเปลี่ยน Line และโต๊ะทำงานจำนวน 15 โต๊ะ ตาม Layout

3.5.2 ปรับปรุงในส่วน Handling โดยทำการประกอบติดตั้งสายพานหรือแบบ Conveyor โดยฝ่ายวิศวกรรมการผลิต

3.5.3 ติดตั้ง Fixture บนทุก station ดังนี้ คือ Kitting & Preparation, Optical assembly และ Mechanical assembly, Splicing, Final assembly

3.6 ทำการตรวจสอบการติดตั้ง โดยฝ่ายวิศวกรรมการผลิต จากนั้นทำการทดลองการผลิตชิ้นงาน และส่งชิ้นงานให้ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ทำการตรวจสอบและทดสอบคุณภาพ

3.7 ฝ่ายผลิตทำการ Run การผลิต ต่อเนื่องเพื่อทดสอบความเสถียรของ Line และ On the job training

3.8 ฝ่าย Production engineering นำข้อมูลทั้งหมด นำเสนอผู้จัดการโรงงาน อนุมัติการผลิต

4. ทดสอบผลของการปรับปรุงการผลิต

ผลจากการปรับปรุง Line การผลิตตามที่ออกแบบไว้ โดยมีการปรับพื้นที่การทำงานในแต่ละจุด พนักงานจะประจำอยู่กับโต๊ะทำงาน จากนั้นงานจะไหลไปสายพานของ Conveyor เมื่อถึงพื้นที่การทำงานของตัวเอง พนักงานจะหยิบงานขึ้นมาประกอบในส่วนที่ได้รับมอบหมาย จากนั้นก็ไปงานไหลไปสถานีถัดไป ดังในภาพที่ 4-7 และ 4-8

ภาพที่ 4-7 Line conveyer ที่ทำการปรับปรุงเสร็จสมบูรณ์แล้ว

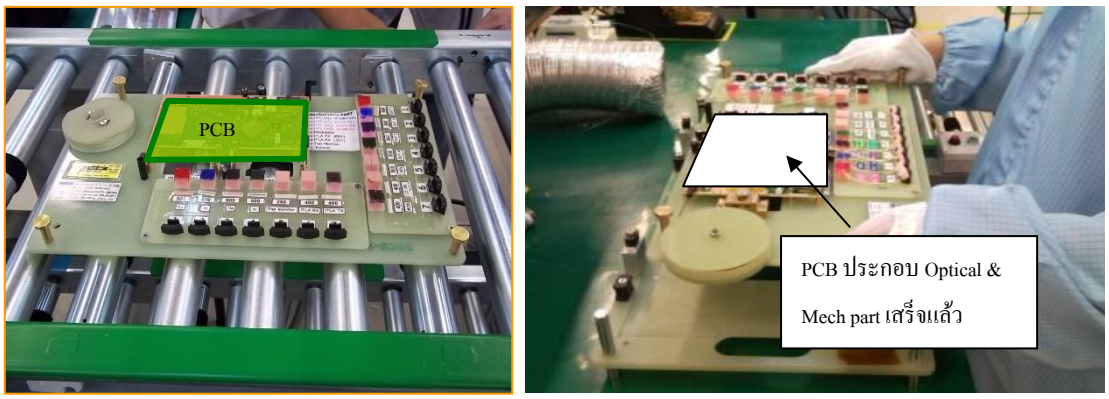
ภาพที่ 4-8 พนักงานหยิบงานขึ้นมาประกอบในส่วนที่ได้รับมอบหมาย จาก Line conveyor

ผลจากการปรับปรุงอุปกรณ์เคลื่อนย้ายบอร์ด ซึ่งออกแบบให้ทำงานร่วมกันได้หลาย Station ได้แก่

Tray สามารถวาง Optic component และ PCB เพื่อทำงานบนสถานีงานที่ 1 Kitting & Preparation และสถานีงานที่ 2 Optical assembly และ Mechanical assembly ทำให้การเตรียมชิ้นส่วนมีความเป็นระเบียบ หยิบใช้ได้สะดวก แสดงดังภาพที่ 4-9

ภาพที่ 4-9 Tray ที่ใช้วาง Optic component และ PCB

Hand soldering fixture ซึ่งจะทำการวาง PCB บน Fixture และสามารถทำงานร่วมกับการเคลื่อนย้ายบอร์ดบน Conveyor บนสถานีงานที่ 2 Optical assembly และ Mechanical assembly สถานีงานที่ 3 Splicing และสถานีงานที่ 4 Final assembly ทำให้ลดการ Load/ Unload บอร์ดออกจาก Fixture แต่จะยก Fixture ทั้งชุดไปทำงานแทน แสดงดังภาพที่ 4-10



ภาพที่ 4-10 Hand soldering fixture ที่สามารถเคลื่อนย้ายบน Conveyor และใช้ประกอบงานได้

4.1 วิเคราะห์การจัดสมดุลการผลิตหลังการปรับปรุงการผลิต

เริ่มทำการ Start line ใหม่เมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

พื้นที่ที่ใช้เท่ากับ W 13.5 x L 54 = 729 sq.ft

ได้ทำการจับเวลาในแต่ละขั้นตอนใหม่จำนวน 10 ครั้ง ในทุก Station ดังตารางที่ 4-7 ถึง 4-9 และภาพที่ 4-11

ตารางที่ 4-7 เวลาการทำงานของขั้นตอน Kitting

ครั้งที่	Kitting station ที่		
	1	2	3
1	57.24	57.27	57.17
2	57.37	56.45	57.36
3	57.35	56.53	57.05
4	57.31	57.21	56.52
5	58.39	58.55	58.61
6	58.33	58.28	58.75
7	58.45	58.59	58.39
8	58.75	58.5	58.94
9	58.66	58.59	59.11
10	58.75	58.77	58.92
		C/ T โดยเฉลี่ย	58.01 นาทีต่อบอร์ด

ตารางที่ 4-8 เวลาการทำงานของขั้นตอน Optical assembly และ Mechanical assembly

ครั้งที่	Optical assembly และ Mechanical assembly Station ที่					
	1	2	3	4	5	6
1	133.64	134.1	133.46	134.2	133.55	133.32
2	133.93	134.25	133.36	133.92	134.07	134.13
3	133.76	134.13	133.38	133.3	134.13	133.57
4	133.58	133.39	133.36	133.46	134.25	134.24
5	136.48	136.3	136.37	136.97	136.43	136.48
6	133.97	134.09	134.08	133.7	134.21	133.52
7	136.27	136.46	136.52	136.3	136.91	136.47
8	133.34	133.64	133.29	134.07	133.8	133.55
9	134.23	134.2	133.59	133.42	134.03	134.13
10	133.53	134.08	134.22	133.5	134.16	134.15
				C/ T โดยเฉลี่ย		134.35 นาทีต่อบอร์ด

ตารางที่ 4-9 เวลาการทำงานของขั้นตอน Splicing

ครั้งที่	Splicing station ที่			
	1	2	3	4
1	94.86	95.17	95.17	94.81
2	94.48	94.9	95.24	94.84
3	95.03	94.86	95.3	94.55
4	95.35	95.17	95.07	94.69
5	94.45	94.88	94.97	95.2
6	93.94	94.42	94.74	94.02
7	94.68	94.57	94.13	94.62
8	93.95	93.95	94.36	93.93
9	93.98	94.77	93.93	94.66
10	94.39	94.25	94.68	94.46
			C/ T โดยเฉลี่ย	94.64 นาทีต่อบอร์ด

เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร (Changeover time: C/ O) ในการ Setup program ของเครื่อง Splicing โดยเฉลี่ย = 0.52 นาทีต่อวัน

เวลาที่เครื่องชำรุดหรือหยุดทำงาน (Breakdown time: B/ T) ได้จากการเก็บรวมข้อมูลของการทำงานในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 ดังภาพที่ 4-11 ดังต่อไปนี้

No.	Breakdown Criteria	Freq.	Time Obervation Sheet Spling#1																							Average Time (Min.)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	Server down	1	8												4												6
2	Program error	1					2																				2
3	Other	1		1							1	1															1
	Time (Min.) per 1 cycle																										9

No.	Breakdown Criteria	Freq.	Time Obervation Sheet Spling#2																							Average Time (Min.)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	Server down	1							8										1			1					3.3
2	Program error	1											5				2							2			3.0
3	Other	1						5																			5.0
	Time (Min.) per 1 cycle																										11.3

No.	Breakdown Criteria	Freq.	Time Obervation Sheet Spling#3																							Average Time (Min.)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	Server down	1												6													6.0
2	Program error	1						4													4						4.0
3	Other	1			2					2						2							2				2.0
	Time (Min.) per 1 cycle																										12.0

No.	Breakdown Criteria	Freq.	Time Obervation Sheet Spling#4																							Average Time (Min.)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	Server down	1				2																					2.0
2	Program error	1														2											2.0
3	Other	1																				2					2.0
	Time (Min.) per 1 cycle																										6.0

Average 9.58

ภาพที่ 4-11 เวลาที่เครื่องชำรุดหรือหยุดทำงาน (Breakdown time: B/ T) = 9.58 นาทีต่อวัน

ดังนั้น ทำให้มีเวลาหยุดเครื่องจักรทั้งหมด 0.52 + 9.58 = 10.10 นาทีต่อวัน

Uptime = (เวลาที่มีสำหรับการผลิต-เวลาหยุดเครื่องจักร)/ เวลาที่มีสำหรับการผลิต

= (1260-10.10)/ 1260

= 99.20%

ตารางที่ 4-10 เวลาการทำงานของขั้นตอน Final assembly

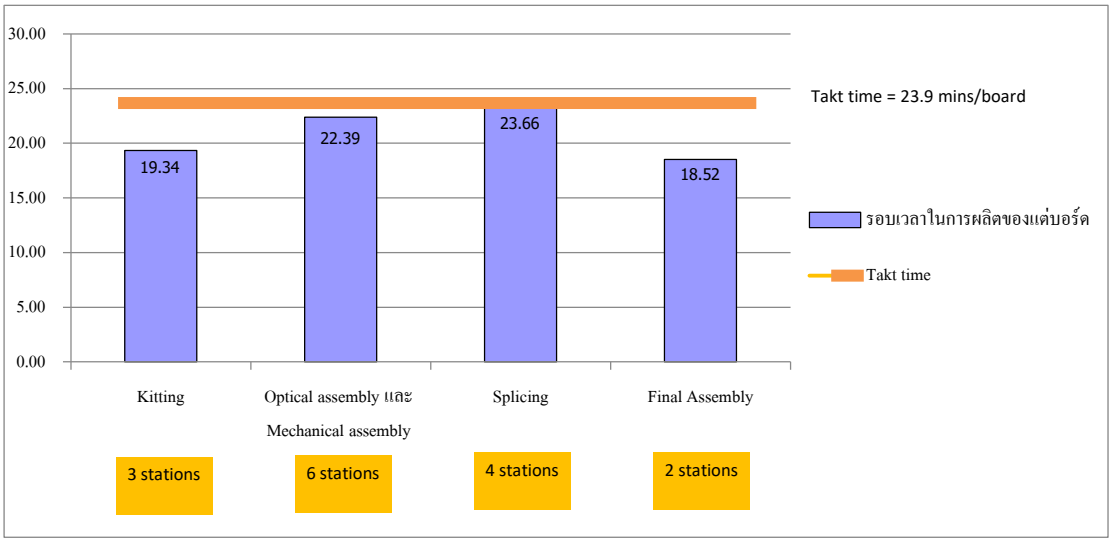
ครั้งที่	Final assembly station ที่	
	1	2
1	37.29	36.59
2	36.9	36.6
3	37.03	37.26
4	37.1	36.78
5	36.72	37.41
6	37.24	36.63
7	37.39	37.05
8	37.21	36.56
9	37.5	36.88
10	37.19	37.25
	C/ T โดยเฉลี่ย	37.03 นาทีต่อบอร์ด

ทั้ง 4 สถานีงานมีอัตราคุณภาพ 100% เนื่องจากไม่มีการตรวจสอบของเสีย

จากรอบเวลาการทำงานแต่ละขั้นตอนเป็นเวลาต่อ Station และกราฟแสดงรอบเวลาการทำงานต่อบอร์ดและ Takt time หลังปรับปรุงตารางที่ 4-11 และดังภาพที่ 4-12 ดังนี้

ตารางที่ 4-11 รอบเวลาในการผลิตของแต่บอร์ด

ข้อมูล	Kitting	Optical assembly และ Mechanical assembly	Splicing	Final assembly
รอบเวลาในการผลิตของแต่ละขั้นตอน (C/ T)	58.01	134.35	94.64	37.03
จำนวน Station	3	6	4	2
รอบเวลาในการผลิตของแต่บอร์ด	19.34	22.39	23.66	18.52
Takt time (นาทีต่อบอร์ด)	23.9	23.9	23.9	23.9



ภาพที่ 4-12 รอบเวลาการทำงานต่อบอร์ดและ Takt time หลังปรับปรุง

ผลิตภาพแรงงาน (Labor productivity: Unit per man-hour)

$$\text{ผลิตภาพแรงงาน} = \frac{\text{จำนวนสินค้าที่ผลิตได้}}{\text{จำนวนแรงงาน x จำนวนชั่วโมงทำงาน}}$$

$$= \frac{60 \text{ (นาทีต่อชม.)} / 23.66 \text{ (นาทีต่อชิ้น)}}{15 \text{ (คน)} \times 1 \text{ (ชม.)}}$$

= 0.16 ชิ้นต่อชั่วโมง-คน

ประสิทธิภาพการจัดสมดุลผลิตหลังปรับปรุง (% Line balance efficiency) ในขั้นตอน Kitting ถึง Final assembly

$$= \frac{\text{เวลารวมในการผลิตสินค้า 1 หน่วย (Total time)}}{\text{เวลาของขั้นตอนที่มีภาระเวลาสูงสุด x จำนวนขั้นตอนทั้งหมด}}$$

= (58.01 + 134.35 + 94.64 + 37.03)/ (134.35 x 15)\

= 324.03/ 537.4

= 60 %

4.2 ปริมาณสินค้าคงคลังหลังการปรับปรุงการผลิต

สำหรับปริมาณสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการ (WIP) ในแต่ละกระบวนการพบว่าหลังจากมีการเพิ่มจำนวนสถานีการผลิต ทำให้ปริมาณสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการมีจำนวนลดลง โดยข้อมูลทั้งหมดได้จากการเก็บข้อมูลในจำนวน 10 ครั้ง เป็นค่าเฉลี่ยและสามารถคำนวณหาเวลานำรวมของทั้งกระบวนการ โดยที่ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้ายังคงเท่าเดิม คือ 42 บอร์ดต่อวัน จากตารางที่ 4-12 ปริมาณสินค้าคงคลัง (WIP) ทั้งหมด 6 บอร์ดและเวลานำรวมของการผลิตเท่ากับ 0.14 วัน

ตารางที่ 4-12 ปริมาณสินค้าคงคลัง (WIP) และเวลานำในการผลิต (TTL)

ขั้นตอนการผลิต	พัสดุคกลัง (WIP) (บอร์ด)	เวลานำระหว่างกระบวนการ (Lead time) (วัน)
Kitting	0	= 0/ 42 = 0.00
Optical assembly และ Mechanical assembly	4	= 4/ 42 = 0.10
Splicing	2	= 2/ 42 = 0.05
Final Assembly	0	= 0/ 42 = 0.00
รวม	6	0.14

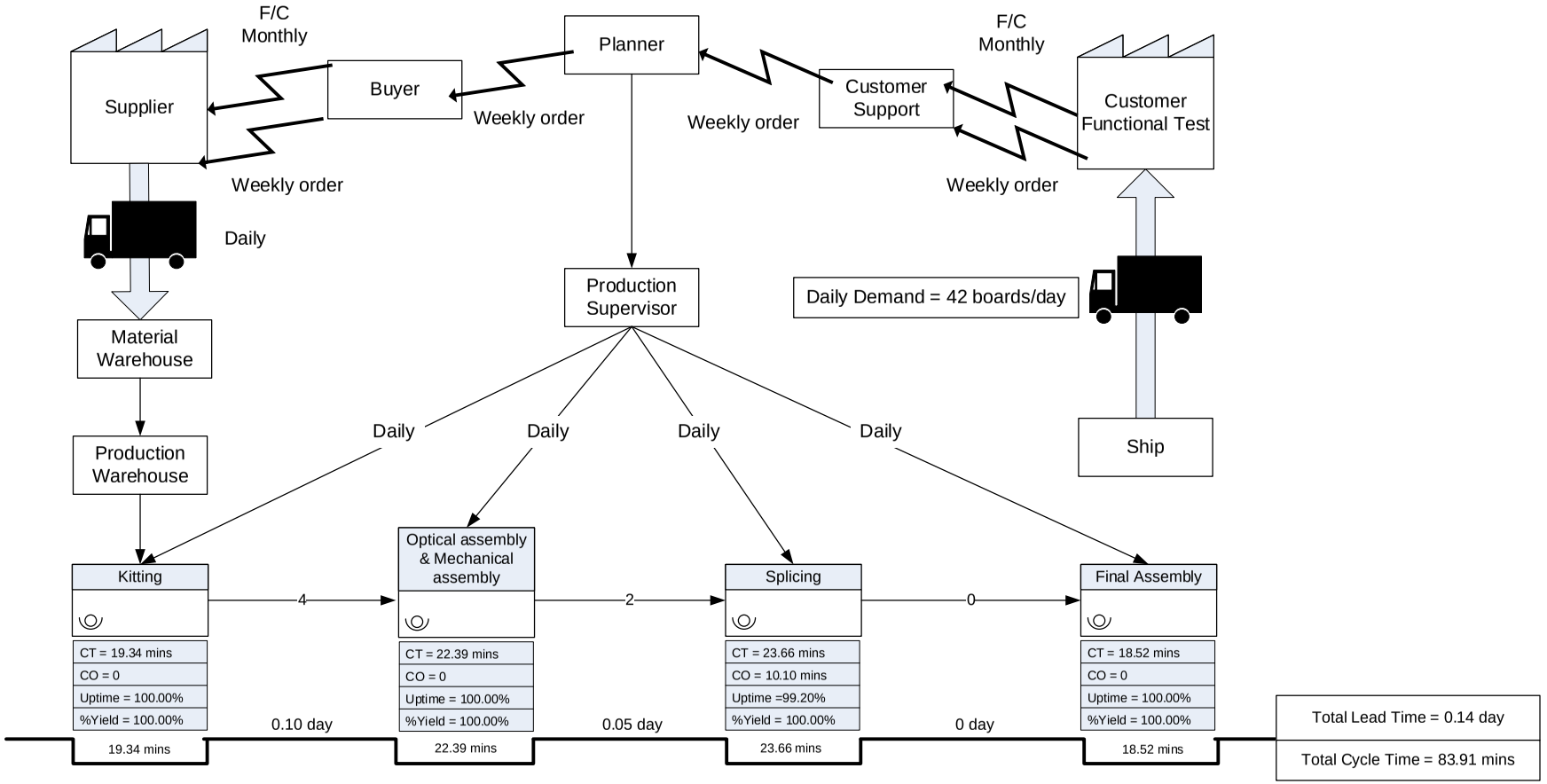
จากตารางที่ 4-12 ปริมาณสินค้าคงคลังหลังการปรับปรุงลดลงจาก 27 บอร์ด เหลือ 6 บอร์ด และเวลานำของการผลิตรวมลดลงจาก 0.64 เป็น 0.14 หรือ 0.34 วัน

ได้ทำการจดจำนวน Output ที่ได้จากการผลิตด้วย Conveyor ดังภาพที่ 4-13 พบว่าสามารถทำการผลิตได้โดยเฉลี่ยจำนวน 50 บอร์ดต่อวัน ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า

วันที่	Time Obervation Sheet : Conveyor																								
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**Total**	**Average**
Input	50	54	55	55	56	56	55	56	57	54	55	54	55	55	56	56	56	54	57	57	55	55	55	56	1324	55
WIP	4	5	5	6	6	5	6	7	4	5	4	5	5	6	6	6	4	7	7	5	5	5	6	4	128	5
Output	46	49	50	49	50	51	49	49	53	49	51	49	50	49	50	50	52	47	50	52	50	50	49	52	1196	50

ภาพที่ 4-13 Output ที่ได้จากการผลิตด้วย Conveyor

เขียนสายธารคุณค่าหลังการปรับปรุงของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา โดยนำข้อมูลเวลาอัตราคุณภาพ เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรและ Takt time มาเขียนแผนผังสถานะ ของกระบวนการหลังการปรับปรุงเฉพาะกระบวนการผลิตส่วนหลังแสดงในภาพที่ 4-14



ภาพที่ 4-14 แผนผังสถานะหลังการปรับปรุงของกระบวนการผลิตส่วนหลัง (Back end) ของผลิตภัณฑ์ 40G

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

โครงงานวิจัยได้รับการสนับสนุนจากบริษัทและฝ่ายผลิต รวมไปถึงเจ้าหน้าที่และพนักงานทุกคน ในการที่ให้ผู้วิจัยเข้าไปศึกษากระบวนการทำงานต่าง ๆ เพื่อทำการวิเคราะห์และปรับปรุงหลังจากพบปัญหาที่จะส่งผลให้สายการผลิตในปัจจุบันจะไม่สามารถรองรับการผลิตที่จะเกิดขึ้นในปี 2559 ได้ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อที่จะเพิ่มผลผลิตของกระบวนการผลิตอุปกรณ์โทรคมนาคม โดยทางผู้ทำวิจัยได้ศึกษาพบว่า ในแต่ละขั้นตอนการไหลของงานจะเป็นสายการผลิตแบบการไหลไม่ต่อเนื่อง ทางผู้วิจัยได้โอกาสที่จะทำการศึกษาประยุกต์แนวทาง วิธีการศึกษางาน จากนั้นทำการปรับปรุงโดยใช้หลัก ECRS ร่วมกับการใช้เทคนิคและหลักการทางด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรม เพื่อทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในแนวทางการแก้ไขดังกล่าว เพื่อจะได้นำมาซึ่งการเพิ่มยอดการผลิตกระบวนการผลิต

สรุปผลการดำเนินงาน

จากการวิเคราะห์ปัญหาและการศึกษาถึงข้อจำกัดของสายการผลิต ทั้งสายการผลิตที่มีทั้งหมด 4 สถานี ได้แก่ 1) Kitting 2) Optical and Mechanical ass'y 3) Splicing 4) Final ass'y

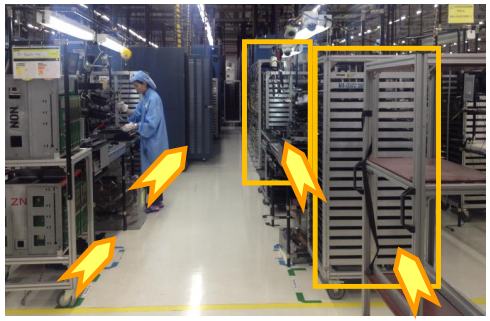
สำหรับงานวิจัยนี้ในการเพิ่มที่จะเพิ่ม Station แต่ยังคงการทำงานด้วยวิธีการแบบเดิมไม่สามารถดำเนินการได้ในพื้นที่ที่โรงงานมีจำกัด คือ 1,458 Sq.ft ดังนั้น การปรับปรุงจึงได้มีการออกแบบ Line ผลิตแบบใหม่เพื่อรองรับ Station งานให้มีจำนวน 15 Station จึงจะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า 42 บอร์ดต่อวันได้ แนวคิดในการลดระยะทางระหว่าง Station ลดพื้นที่จากการใช้อุปกรณ์ขนย้ายบอร์ดแบบเดิม จึงถูกแทนที่ด้วยแนวคิดการออกแบบ Line การผลิตเป็นแบบ Line conveyor

ก่อนการปรับปรุง จะเป็น Line ผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง การผลิตจะมี WIP รออยู่ในกระบวนการ โดยวางไว้บน CART เมื่องานเต็ม CART ก็จะเคลื่อนย้ายไปสถานีถัดไป จนถึงสถานีสุดท้าย และมีการทำงานย้อนกลับไปกลับมา ความสูญเปล่าที่พบ คือ การรอคอยงาน การขนส่งงาน สินค้าที่ค้างใน Line หรือ WIP เสียพื้นที่ในการวางงานบน CART

หลังการปรับปรุง จะเป็น Line ที่ไหลอย่างต่อเนื่องหรือ Line conveyor จะเป็นการผลิตแบบ 1 : 1 ไม่มีการวางงาน WIP ค้างอยู่ใน Line พนักงานไม่ต้องเข็น CART เอางานไปส่ง และไม่ต้องมีพื้นที่สำหรับวาง CART อีกต่อไป

ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงสายการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 5-1

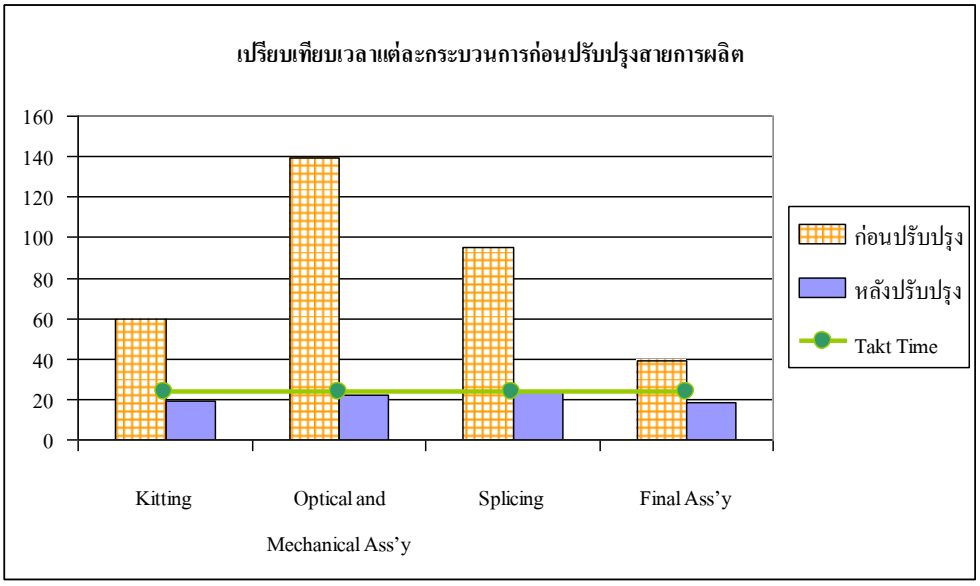
ตารางที่ 5-1 ขั้นตอนการทำงานเปรียบเทียบก่อนและหลัง

ขั้นตอน	ก่อนการปรับปรุง รายละเอียดการปฏิบัติ	จำนวนผลิตได้ต่อวัน (ชิ้น)	หลังการปรับปรุง รายละเอียดการปฏิบัติ	จำนวนผลิตได้ต่อวัน (ชิ้น)	ความต่าง
Station การผลิต	เป็น Line ผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง การผลิตจะมี WIP รออยู่ในกระบวนการ โดยวางไว้บน CART แม่งานเต็ม CART ก็จะเคลื่อนย้ายไปสถานีถัดไป จนถึงสถานีสุดท้าย และมีการทำงานย้อนกลับไปกลับมา ความสูญเปล่าที่พบ คือ การรอคอยงาน การขนส่งงาน สินค้าที่ค้างใน Line หรือ WIP เสียพื้นที่ในการวางงานบน CART 	9	เป็น Line ที่ไหลอย่างต่อเนื่องหรือ Line Conveyor จะเป็นการผลิตแบบ 1:1 ไม่มีการวางงาน WIP ค้างอยู่ใน Line พนักงานไม่ต้องเข็น CART เอางานไปส่ง และ ไม่ต้องมีพื้นที่สำหรับวาง CART อีกต่อไป	50	+41

ตารางที่ 5-2 เปรียบเทียบเวลาแต่ละกระบวนการก่อนปรับปรุงสายการผลิต

สถานีงาน	กระบวนการทำงาน	เวลา (นาที)			
		Takt time	ก่อน	หลัง	แตกต่าง
1	Kitting	23.9	59.41	19.34	-40.07
2	Optical and Mechanical Ass'y	23.9	138.81	22.39	-116.42
3	Splicing	23.9	94.86	23.66	-71.2
4	Final ass'y	23.9	38.87	18.52	-20.35

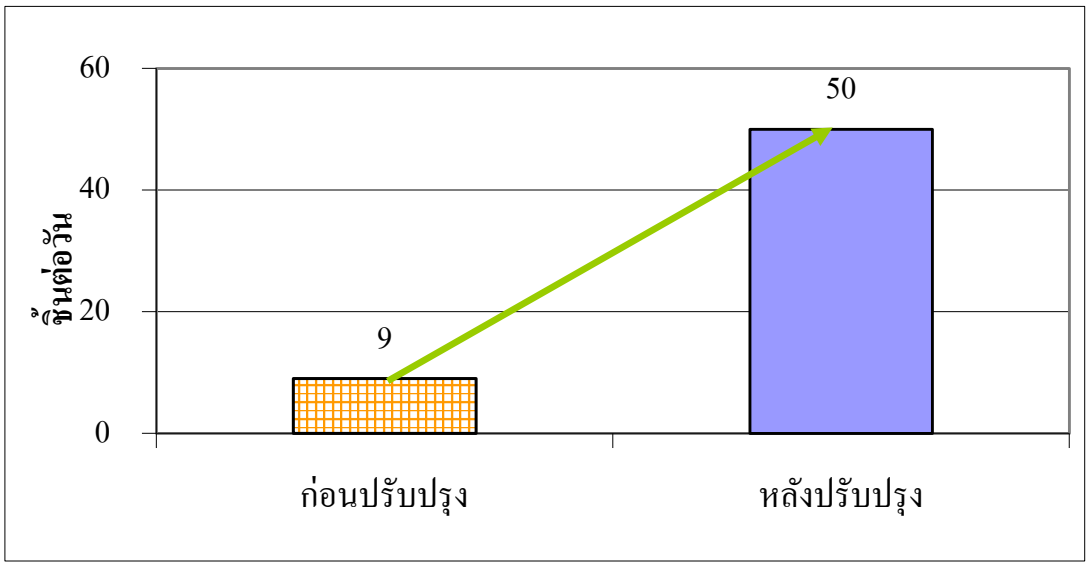
จากตารางที่ 5-2 เมื่อทำการเปรียบเทียบเวลาก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุงเมื่อเทียบเวลาของความต้องการของลูกค้า (Takt time) พบว่าหลังการปรับปรุงกระบวนการมีเวลาในแต่ละกระบวนการต่ำกว่า Takt time ซึ่งหลังจากการดำเนินการดังกล่าวทำให้สามารถสรุปได้เบื้องต้นว่าสายการผลิตที่ทำการปรับปรุงใหม่ มีความสามารถที่จะตอบสนองต่อความต้องการต่อคำสั่งซื้อของลูกค้าได้จากการปรับปรุงสายการผลิตและได้แสดงให้เห็นรายละเอียดเพิ่มเติมในรูปของกราฟในภาพที่ 5-1



ภาพที่ 5-1 กราฟเปรียบเทียบเวลาการทำงานก่อนปรับปรุงเทียบ Takt time สายการผลิต

ตารางที่ 5-3 เปรียบเทียบยอดการผลิตโดยรวมก่อนและหลังการปรับปรุงสายการผลิต

ก่อนปรับปรุง (ชิ้นต่อวัน)	เปอร์เซ็นต์ การผลิต (%)	เป้าหมายหลัง การปรับปรุง (ชิ้นต่อวัน)	เปอร์เซ็นต์ การผลิต (%)	ผลผลิตหลัง การปรับปรุง (ชิ้นต่อวัน)	เปอร์เซ็นต์ การผลิต (%)
9	100	42	+467	50	+556



ภาพที่ 5-2 กราฟแสดงการเปรียบยอดการผลิตต่อวันก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

จากตารางที่ 5-3 สรุปข้อมูลเปรียบเทียบยอดการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุงโดยหลังการปรับปรุงสามารถมียอดการผลิตที่เพิ่มขึ้น โดยก่อนการปรับปรุงจะผลิตได้เพียง 9 บอร์ดต่อวัน โดยเป้าหมายหลังการปรับปรุงตั้งไว้ที่ 42 บอร์ดต่อวัน จากการปรับปรุงผลลัพธ์ที่ได้เกินจากค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้โดยสามารถผลิตงานได้ถึง 50 บอร์ดต่อวัน และได้ทำการเปรียบเทียบในรูปกราฟแท่งที่แสดงถึงความแตกต่างของยอดการผลิตก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงสายการผลิตตามภาพที่ 5-2

ข้อเสนอแนะ

จากโครงงานวิจัยของการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในครั้งนี้โดยทางผู้วิจัยเองได้เห็นข้อดีของการนำเครื่องมือต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ ได้แก่ Flow chart แผนภาพสายธารคุณค่า Kaizen และการศึกษางาน Yamazumi chart จึงช่วยให้มีความเข้าใจกระบวนการการไหลของข้อมูลและกระบวนการผลิตในลักษณะภาพรวมของการผลิตและยังช่วยให้สามารถระบุถึงชนิดของความสูญเปล่าที่มีอยู่ในแต่ละกระบวนการได้ จากการสังเกตของข้อมูลในกล่องสัญลักษณ์ต่าง ๆ ในแผนภาพและทางผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาโดยค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นจากงานจริงเพื่อทำการปรับปรุง เพื่อเพิ่มผลผลิตที่สูงขึ้นโดยใช้หลักของการ ECRS เป็นการขจัดงานที่ไม่จำเป็นออกทำการเลียงลำดับการทำงานใหม่กำหนดให้มีการรวมบางขั้นตอนการทำงานเข้าด้วยกันรวมถึงการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานใหม่ให้เกิดการปฏิบัติงานที่ง่ายจากการนำเทคนิคด้านวิศวกรรมอุตสาหการมาช่วย จึงทำให้สามารถที่จะดำเนินโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมได้ผลออกมาในที่สุดถึงแม้ว่าในเบื้องต้นจะเกิดความยุ่งยากจากการที่ระบบของการทำงานพื้นฐานของสถานประกอบการไม่ได้เข้าใจอย่างแท้จริงของวิธีการนำการประยุกต์ใช้ และเพื่อที่จะทำให้การปรับปรุงเกิดความต่อเนื่องและเกิดประโยชน์สูงสุด ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะแนวทางของการปรับปรุงสายการผลิต ดังนี้

1. การปรับปรุงที่จะทำให้เกิดผลสูงสุดต่อองค์กรนั้นจะต้องได้รับความร่วมมือของทุกฝ่าย และจะต้องใช้เครื่องมืออีกหลาย ๆ ประเภทมาประยุกต์ใช้ เช่น ระบบการผลิตแบบลีน เป็นต้น

2. ควรที่จะดำเนินกิจกรรมโดยมุ่งเน้นที่จะให้ผู้ปฏิบัติงานได้มีส่วนร่วมที่จะแสดงความเห็นในการปรับปรุงสำหรับการทำงานเนื่องจากผู้ปฏิบัติงานเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการทำงานรวมถึงมีทักษะและความเชี่ยวชาญในตำแหน่งนั้น ดังนั้น จะได้ข้อมูลตรงและจะทำให้การปรับปรุงที่จะได้ประสิทธิภาพที่มากขึ้น

3. ควรนำหลักการของการพัฒนาสายการผลิตที่ศึกษามา ไปทำการปรับปรุงและพัฒนากับสายการผลิตอื่นที่มีกระบวนการผลิตที่คล้ายกัน หรือ Yokoten อัตราคุณภาพของ Functional test ในช่วง Prototype มีค่าต่ำเกินไป ทำให้ต้องเผื่อกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นเกือบเท่าตัว ดังนั้น เมื่อถึงช่วง Mass production ควรปรับปรุงอัตราคุณภาพของ Functional test ให้เพิ่มมากขึ้น โดยต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ใช้หลักในการปรับปรุงคุณภาพเพื่อลดของเสีย ซึ่งจะทำให้ไม่ต้องมีการวางแผนการผลิตที่เกินกำลัง

บรรณานุกรม

จุฑาทิพย์ ซื่อตระกูลพานิชย์. (2552). *การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนในกระบวนการประกอบกันชนหลังรถยนต์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมระบบผลิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นุชสรา เกรียงกรกฎ. (2548). *การปรับปรุงสมดุลสายการผลิตในโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูป*. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

บรรเจิด ขอบจิต. (2550). *การปรับปรุงกระบวนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตของผลิตภัณฑ์ "ตัววัดความเร็วรอบ" (Speed sensor)*. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ประเสริฐ ศรีบุญจันทร์ และสมจิตร ลาภโนนเขวา. (2550). *การเพิ่มผลผลิตของกระบวนการบรรจุหีบห่อในอุตสาหกรรมผลิตนม*. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ.

ประยูร สุรินทร์. (2551). *การเพิ่มผลผลิตโดยการปรับปรุงวิธีการทำงาน กรณีศึกษา: บริษัทเซมิคอนดักเตอร์ จำกัด*. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ.

ยอดนภา เกษเมือง. (2551). *การปรับปรุงกระบวนการผลิตชุดตะแกรงเหลี่ยมคัดขนาดข้าว*. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ

วันชัย ริจิรวนิช. (2543). *การเพิ่มผลผลิตในอุตสาหกรรม: เทคนิคและกรณีศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

Process		การคำนวณหาค่า N							
No.	Work Element	1	2	3	4	5	R	X Bar	R / X Bar
1	นำ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 1 ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_001 ใช้ Lint free ชุบ IPA เช็ดบนตัว Part ITLA รอ 1 นาทีให้แห้ง จากนั้นลอก liner และติด Thermal pad (700-335528-01) บนตัว part ITLA เพื่อทำการประกอบ Part Base plate (700-34196-0	224.72	234.97	218.23	237.06	230.98	18.83	229.19	0.082
2	นำ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 1 ออกจาก Fixture No.CSAF-CORE_001 จากนั้นวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub C-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว part ตัดความยาวที่ส่วนปลายของ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 1 ให้ได้ระยะ 87 cm.	123.88	118.30	117.95	119.68	120.13	5.93	119.99	0.049
3	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part ITLA (10-2664-02) เข้าไปใน data base ของโรงงาน จากนั้นจัดเก็บ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 1 บนถาด (kitting tray)	100.53	94.02	99.96	95.91	100.34	6.51	98.15	0.066
4	นำ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 2 ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_001 ใช้ Litnt free ชุบ IPA เช็ดบนตัว Part ITLA รอ 1 นาทีให้แห้ง จากนั้นลอก liner และติด Thermal pad (700-335528-01) บนตัว part ITLA เพื่อทำการประกอบ Part Base plate (700-34196-	229.65	227.04	234.01	220.38	232.01	13.63	228.62	0.060
5	นำ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 2 ออกจาก Fixture No.CSAF-CORE_001 จากนั้นวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub C-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว part ทาสีที่ส่วนปลายของ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 2 ด้วยสีดำและตัดความยาว Part ให้ได้ระยะ 87 cm.	133.49	130.26	128.73	130.00	131.93	4.76	130.88	0.036
6	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part ITLA (10-2664-02) เข้าไปใน data base ของโรงงาน จากนั้นจัดเก็บ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 1 บนถาด (kitting tray)	100.79	98.54	95.78	99.07	95.64	5.15	97.96	0.053
7	นำ Part Modulator (10-2648-01) ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub C-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว part ทาสีที่ส่วนปลายของ Part Modulator (10-2648-01) ด้วยสีดำและตัดความยาว Part ให้ได้ระยะ 71 cm.	78.62	84.17	76.30	76.85	79.88	7.87	79.16	0.099
8	ประกอบ GPPO Semi rigid Cabl (72-5067-01) จำนวน 4 ตัว บน Part Modulator (10-2648-01)	123.16	116.07	120.23	122.38	127.07	11.00	121.78	0.090
9	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part Modulator (10-2648-01) เข้าไปใน data base ของโรงงาน จากนั้นจัดเก็บ Part Modulator (10-2648-01) บนถาด (kitting tray)	93.80	96.36	88.66	96.19	91.77	7.70	93.36	0.082
10	นำ Part Tap monitor (05-1309-01) ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub C-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว part ตัดความยาวที่ส่วนปลายของ Part Tap monitor (05-1309-01) ให้ได้ระยะ 56 cm.	74.54	71.86	75.31	73.12	77.29	5.43	74.42	0.073
11	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part Tap monitor (05-1309-01) เข้าไปใน data base ของโรงงาน จากนั้นจัดเก็บ Part Tap monitor (05-1309-01) บนถาด (kitting tray)	87.18	85.70	89.86	87.86	87.25	4.16	87.57	0.048
12	นำ Part Hybrid (05-1306-01) ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub D-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว part ทาสีที่ส่วนปลายของ Part ตำแหน่งที่ 1 ด้วยวงสีน้ำเงินและตัดความยาว Part ให้ได้ระยะ 53 cm. ทาสีที่ส่วนปลายของ Part ตำแหน่งที่ 2 ด้วยสีแดงและตัด	415.76	418.09	415.45	416.75	421.21	5.76	417.45	0.014
13	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part Hybrid (05-1306-01) เข้าไปใน data base ของโรงงาน จากนั้นจัดเก็บ Part Hybrid (05-1306-01) บนถาด (kitting tray)	102.84	104.44	106.10	107.27	103.37	4.43	104.80	0.042
14	นำ OFE (10-2655-01) ตัวที่ 1 ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub B-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว part ทาสีที่ส่วนปลายของ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 1 ด้วยสีแดงและตัดความยาว Part ให้ได้ระยะ 47.5 cm.	77.03	78.74	77.47	79.46	73.60	5.85	77.26	0.076
15	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 1 เข้าไปใน data base ของโรงงาน จากนั้นจัดเก็บ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 1 บนถาด (kitting tray)	91.52	86.07	89.45	88.74	88.33	5.45	88.82	0.061
16	นำ OFE (10-2655-01) ตัวที่ 2 ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub B-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว part ทาสีที่ส่วนปลายของ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 2 ด้วยสีน้ำเงินและตัดความยาว Part ให้ได้ระยะ 52.5 cm.	81.41	81.08	77.79	80.93	76.21	5.21	79.48	0.065
17	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 2 เข้าไปใน data base ของโรงงาน จากนั้นจัดเก็บ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 2 บนถาด (kitting tray)	87.76	87.50	86.45	86.65	86.69	1.31	87.01	0.015
18	นำ OFE (10-2655-01) ตัวที่ 3 ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub B-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว part ทาสีที่ส่วนปลายของ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 3 ด้วยสีม่วงและตัดความยาว Part ให้ได้ระยะ 56 cm.	76.88	80.38	77.28	81.55	80.35	4.67	79.29	0.059
19	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 1 เข้าไปใน data base ของโรงงาน จากนั้นจัดเก็บ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 1 บนถาด (kitting tray)	84.73	87.77	89.11	90.11	86.54	5.38	87.65	0.061
20	นำ OFE (10-2655-01) ตัวที่ 4 ออกจากกล่องและจัดวางบน Fixture No.CSAF-CORE_Sub B-XXX ตรวจสอบระยะก่อนตัดความยาว part ทาสีที่ส่วนปลายของ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 4 ด้วยสีเขียวและตัดความยาว Part ให้ได้ระยะ 55 cm.	75.77	76.86	77.78	75.16	80.09	4.93	77.13	0.064
21	Scan ODC เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 4 เข้าไปใน data base ของโรงงาน จากนั้นจัดเก็บ Part OFE (10-2655-01) ตัวที่ 4 บนถาด (kitting tray)	86.45	87.05	90.22	85.06	87.75	5.16	87.31	0.059
22	Scan IKRUS เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตของ Part เข้าไปใน data base ของลูกค้า ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 1 / ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 2 Modulator (10-2648-01) / Tap monitor (05-1309-01) Hybrid (05-1306-01) / OFE (10-2655-01) ตัวที่ 1, 2, 3 และ 4	543.19	555.89	539.82	545.33	545.73	16.07	545.99	0.029

ภาพภาคผนวก ก-1 ข้อมูลจากการหาค่า N จำนวนรอบของการจับเวลาในขั้นตอนที่ 1: Kitting & Preparation

Process		การคำนวณหาค่า N							
No.	Work Element	1	2	3	4	5	R	X Bar	R / X Bar
1	วาง PCB (73-13651-xx) ลงบน Fixture No.CSAF-CORE_SPLICE-XXX แล้วทำการ Lock PCB เข้ากับ Fixture จากนั้นนำ OFE (10-2655-01) สีน้ำเงิน วางที่ตำแหน่ง Xi บน PCB จัดเก็บส่วนปลายให้เรียบร้อยและทำการบัดกรีตะกั่วเชื่อวงจรของ part เข้ากับ PCB และทำการตรวจสอบรอยบัดกร	902.56	866.05	892.38	946.08	884.75	80.03	898.36	0.089
2	นำ OFE (10-2655-01) สีเขียว วางที่ตำแหน่ง Yi บน PCB จัดเก็บส่วนปลายให้เรียบร้อย และทำการบัดกรีตะกั่วเชื่อวงจรของ part เข้ากับ PCB และทำการตรวจสอบรอยบัดกรีจะต้องผ่านมาตรฐานใต้กล้องจุลทรรศน์	760.32	742.95	755.26	782.46	723.93	58.53	752.98	0.078
3	นำ OFE (10-2655-01) สีแดง วางที่ตำแหน่ง Xq บน PCB จัดเก็บส่วนปลายให้เรียบร้อย และทำการบัดกรีตะกั่วเชื่อวงจรของ part เข้ากับ PCB และทำการตรวจสอบรอยบัดกรีจะต้องผ่านมาตรฐานใต้กล้องจุลทรรศน์	838.98	830.93	793.35	842.24	859.78	66.43	833.06	0.080
4	นำ OFE (10-2655-01) สีม่วง วางที่ตำแหน่ง Yq บน PCB จัดเก็บส่วนปลายให้เรียบร้อย และทำการบัดกรีตะกั่วเชื่อวงจรของ part เข้ากับ PCB และทำการตรวจสอบรอยบัดกรีจะต้องผ่านมาตรฐานใต้กล้องจุลทรรศน์	889.87	890.89	858.33	893.27	828.47	64.80	872.17	0.074
5	วาง Modulator (10-2648-01) บน PCB จัดเก็บส่วนปลายให้เรียบร้อย และเสียบ GPPO Semi rigid Cabl (72-5067-01) จำนวน 4 ตัวลงบน PCB จากนั้นพลิก Fixture ขึ้นมาขันสกรู 48-2866-01 จำนวน 3 ตัวเพื่อยึด Modulator เข้ากับ PCB จากนั้นพลิก Fixture กลับคืนด้านบน	296.49	305.25	299.12	306.63	298.76	10.14	301.25	0.034
6	ทำการบัดกรีตะกั่วเชื่อวงจรของ Modulator (10-2648-01) เข้ากับ PCB และทำการตรวจสอบรอยบัดกรีจะต้องผ่านมาตรฐานใต้กล้องจุลทรรศน์	1806.94	1743.38	1798.54	1857.41	1829.25	114.03	1,807.10	0.063
7	จากนั้นวาง Part Plate fiber holder (700-33589-01) จำนวน 1 ตัว ลงบน PCB พลิก Fixture No.CSAF-CORE_Solder-XXX ให้คว่ำลง แล้วทำการขันสกรู (48-2866-01) จำนวน 4 ตัว เพื่อยึด Plate Fiber Holder กับ PCB จากด้านล่าง จากนั้นพลิก Fixture กลับคืนด้านบน	117.29	119.19	124.81	116.3	123.51	8.51	120.22	0.071
8	นำ Part ITLA (10-2664-02) ตัวที่ 1 และ 2 วางที่ตำแหน่งด้านซ้ายและขวาของ PCB ตามลำดับ แล้วจัดเก็บส่วนปลายของ Part บน fixture ตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction	185.57	178.47	188.26	181.78	174.23	14.03	181.66	0.077
9	นำ Part Tap monitor (05-1309-01) วางลงบน PCB ตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction แล้วทำการจัดเก็บส่วนปลายให้เป็นไปตามเส้นทางที่ระบุใน Work Instruction	124.28	118.61	128.78	116.19	127.28	12.59	123.03	0.102
10	พลิก Fixture No.CSAF-CORE_Solder-XXX ให้คว่ำลง แล้วทำการบัดกรีตะกั่วเชื่อมวงจรของ Part Tap monitor (05-1309-01) เข้ากับ PCB จากนั้นพลิก Fixture กลับคืนด้านบน	583.89	535.23	624.55	563.58	579.47	89.32	577.34	0.155
11	นำ Part Hybrid (05-1306-01) วางลงบน PCB ตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction แล้วทำการจัดเก็บส่วนปลายทั้ง 6 ส่วนให้เป็นไปตามเส้นทางที่ระบุใน Work Instruction	715.94	727.84	713.71	727.14	707.91	19.93	718.51	0.028
12	Scan ODC เพื่อส่งต่อข้อมูลการผลิตแบบ online	53.36	60.68	56.8	59.54	62.84	9.48	58.64	0.162

ภาพภาคผนวก ก-2 ข้อมูลจากการหาค่า N จำนวนรอบของการจับเวลาในขั้นตอนที่ 2: Optical assembly และ Mechanical assembly

Process		การคำนวณหาค่า N							
No.	Work Element	1	2	3	4	5	R	X Bar	R / X Bar
1	วางอุปกรณ์ที่ทาส่วนปลายด้วยสีแดง กลุ่มที่ 1 (Hybrid OUT 2 - OFE Xq) บน เครื่องเชื่อมต่อ Splicing และกดปุ่ม Start	91.23	91.69	89.18	91.86	87.30	4.56	90.25	0.051
2	เครื่อง Splicing ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์	360.37	359.48	359.43	361.22	361.82	2.39	360.46	0.007
3	นำอุปกรณ์กลุ่มที่ 1 (Hybrid OUT 2 - OFE Xq) ออกจากเครื่อง Splicing จากนั้น จัดเก็บตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction	111.54	108.09	110.99	114.17	123.12	15.03	113.58	0.132
4	วางอุปกรณ์ที่ทาส่วนปลายด้วยสีน้ำเงิน กลุ่มที่ 2 (Hybrid OUT 1 - OFE Xi) บน เครื่องเชื่อมต่อ Splicing และกดปุ่ม Start	90.37	90.98	85.64	91.49	88.63	5.85	89.42	0.065
5	เครื่อง Splicing ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์	360.37	359.48	359.43	361.22	361.82	2.39	360.46	0.007
6	นำอุปกรณ์กลุ่มที่ 2 (Hybrid OUT 1 - OFE Xi) ออกจากเครื่อง Splicing จากนั้น จัดเก็บตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction	107.15	102.19	113.10	117.38	113.33	15.19	110.63	0.137
7	วางอุปกรณ์ที่ทาส่วนปลายด้วยสีเขียว กลุ่มที่ 3 (Hybrid OUT 3 - OFE Yq) บน เครื่องเชื่อมต่อ Splicing และกดปุ่ม Start	92.66	86.10	86.6	95.23	87.05	9.13	89.53	0.102
8	เครื่อง Splicing ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์	360.99	361.89	359.24	359.48	359.76	2.65	360.27	0.007
9	นำอุปกรณ์กลุ่มที่ 3 (Hybrid OUT 3 - OFE Yq)ออกจากเครื่อง Splicing จากนั้น จัดเก็บตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction	279.82	281.44	302.44	268.59	304.49	35.90	287.36	0.125
10	วางอุปกรณ์ที่ทาส่วนปลายด้วยสีม่วง กลุ่มที่ 4 (Hybrid OUT 4 - OFE Yi) บน เครื่องเชื่อมต่อ Splicing และกดปุ่ม Start	92.13	89.35	85.88	86.86	86.59	6.25	88.16	0.071
11	เครื่อง Splicing ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์	361.70	360.42	361.38	361.72	361.99	1.57	361.44	0.004
12	นำอุปกรณ์กลุ่มที่ 4 (Hybrid OUT 4 - OFE Yi) ออกจากเครื่อง Splicing จากนั้น จัดเก็บตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction	307.04	291.98	284.58	302.29	311.27	26.69	299.43	0.089
13	วางอุปกรณ์ที่ไม่ได้ทาส่วนปลาย(สีใส) กลุ่มที่ 5 (Hybrid SIN - Tap Monitor) บน เครื่องเชื่อมต่อ Splicing และกดปุ่ม Start	88.45	87.95	89.65	95.74	88.16	7.79	89.99	0.087
14	เครื่อง Splicing ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์	360.62	359.28	361.30	360.17	361.98	2.70	360.67	0.007
15	นำอุปกรณ์กลุ่มที่ 5 (Hybrid SIN - Tap Monitor) ออกจากเครื่อง Splicing จากนั้น จัดเก็บตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction	292.62	304.65	280.97	257.62	277.76	47.03	282.72	0.166
16	วางอุปกรณ์ที่ไม่ได้ทาส่วนปลาย(สีใส) กลุ่มที่ 6 (Hybrid LO-IN - Rx iTLA) บน เครื่องเชื่อมต่อ Splicing และกดปุ่ม Start	89.91	87.74	86.5	85.71	93.8	8.09	88.73	0.091
17	เครื่อง Splicing ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์	421.07	419.76	421.03	419.20	419.15	1.92	420.04	0.005
18	นำอุปกรณ์กลุ่มที่ 6 (Hybrid LO-IN - Rx iTLA)ออกจากเครื่อง Splicing จากนั้น จัดเก็บตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction	437.66	423.64	409.58	419.94	435.75	28.08	425.31	0.066
19	วางอุปกรณ์ที่ทาส่วนปลายสีดำ กลุ่มที่ 7 (Modulator - Tx iTLA) บนเครื่องเชื่อมต่อ Splicing และกดปุ่ม Start	87.13	90.85	91.09	87.71	91.31	4.18	89.62	0.047
20	เครื่อง Splicing ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์	420.59	421.82	420.42	421.96	419.72	2.24	420.90	0.005
21	นำอุปกรณ์กลุ่มที่ 7 (Modulator - Tx iTLA)ออกจากเครื่อง Splicing จากนั้น จัดเก็บตามตำแหน่งที่ระบุใน Work Instruction	420.60	381.17	407.31	435.57	387.13	54.40	406.36	0.134
22	ใช้ Lint free ชุบ IPA เช็ดบน BGA รอ 1 นาทีให้แห้ง จากนั้นลอก liner และติด Gap Filler Eyrie (700-33637-01) จำนวน 1 ตัว และ Gap Filler Merlin (700-33636-01) จำนวน 1 ตัว ลงบน BGA	84.65	87.16	85.91	91.37	86.63	6.72	87.14	0.077
23	เสียบ Part pigtail LC-LC (39-0292-01) เข้าไปที่ LC Adapter (29-7243-01)	23.97	25.26	25.3	28.64	26.59	4.67	25.95	0.180
24	Scan ODC เพื่อส่งต่อข้อมูลการผลิตแบบ online	55.91	55.47	56.87	59.75	54.11	5.64	56.42	0.100

ภาพภาคผนวก ก-3 ข้อมูลจากการหาค่า N จำนวนรอบของการจับเวลาในขั้นตอนที่ 3: Splicing

Process		การคำนวณหาค่า N							
No.	Work Element	1	2	3	4	5	R	X Bar	R / X Bar
1	วาง Part Top Cover (700-33593-02) บนบอร์ดที่ผ่านการประกอบมาจากขั้นตอน splicing แล้ว และล็อค Part Top Cover เข้ากับ fixture ซึ่งบอร์ดยังอยู่บน fixture ชุดเดิม จากนั้นขันสกรู (48-2864-01) ด้านบนจำนวน 4 ตัว	165.97	164.43	168.77	170.48	164.53	6.05	166.84	0.036
2	คว่ำ Fixture ลงเพื่อขันสกรู (48-2866-01) จำนวน 9 ตัว ยึด PCB เข้ากับ Part Top Cover	358.76	357.83	361.70	362.74	361.90	4.91	360.59	0.014
3	พลิก Fixture No.CSAF-CORE_SPLICE-XXX ขึ้น แล้วทำการถอดบอร์ดไปวางบน Base support Heat plate Fixture No.CSAF-CORE-Hot plate-XXX เพื่อทำการให้ความร้อนกับบอร์ดเป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบแล้วเลื่อน Fixture ออก แล้วทำการขันสกรูบน Part iTLA ทั้งหมด 8 ตัวซ้ำอีกครั้ง	725.71	724.35	727.76	718.37	728.29	9.92	724.90	0.014
4	ขันสกรู (48-2866-01) จำนวน 4 ตัว และ lock-washer (49-1308-01) จำนวน 1 ตัว บน PCB เพื่อยึดให้ติดกับ Part Top Cover	137.83	139.83	136.66	139.98	134.13	5.85	137.69	0.042
5	ใส่ Part Flex cable (72-5071-01) จำนวน 2 ตัว เพื่อเชื่อมต่อ iTLA เข้ากับวงจรบน PCB	231.48	234.52	239.31	235.34	233.45	7.83	234.82	0.033
6	วาง Template assembly thermal pad No CSAF-CORE-108 ทาบลงบน PCB จากนั้นลอก Liner บน Part Thermal pad (700-33639-01) จำนวน 8 ตัว ออก และลอก Liner บน Part Gap Filler Eyrie (700-33637-01) จำนวน 1 ตัวออก แล้วติดลงบน PCB ตามช่อง Template assembly thermal pad No	212.77	204.14	200.87	208.34	208.35	11.90	206.89	0.058
7	ตรวจสอบจำนวนสกรู จำนวน Thermal pad และ Flex cable จะต้องครบ จากนั้นประกอบ Part Bottom Cover (700-33592-02) ด้วยสกรู (48-2867-01) จำนวน 11 ตัว	41.21	45.74	39.64	38.88	38.79	6.95	40.85	0.170
8	Lint free ชุบ IPA เช็ดบน Part Top Cover รอ 1 นาทีให้แห้ง แล้วติด Product label จำนวน 2 ชิ้น บนบอร์ด	94.55	87.72	90.77	92.73	88.99	6.83	90.95	0.075
9	Scan ODC เพื่อส่งต่อข้อมูลการผลิตแบบ online	63.43	57.70	59.82	60.93	64.8	7.10	61.34	0.116

ภาพภาคผนวก ก-4 ข้อมูลจากการหาค่า N จำนวนรอบของการจับเวลาในขั้นตอนที่ 4: Final assembly