การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ : กรณีศึกษา

นางสาวปานจิต แก้วคำแพง

โครงงานวิจัยอุตสาหกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ. ศ. 2549

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ : กรณีศึกษา

นางสาวปานจิต แก้วคำแพง วศ.บ. (วิศวกรรมขนส่ง)

โครงงานวิจัยอุตสาหกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2549

คณะกรรมการสอบโครงงานวิจัยอุตสาหกรรม

..... ประธานกรรมการโครงงานวิจัยอุตสาหกรรม
(รศ.กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ)

..... กรรมการ
(ดร.อัษฎา จิรประยุกต์เลิศ)

..... กรรมการ
(อ.วาสนา เสียงดัง)

..... กรรมการ
(นายกิตติณัฐ ภัทรวงศ์หิรัญ)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ : กรณีศึกษา

นางสาวปานจิต แก้วคำแพง วศ.บ. (วิศวกรรมขนส่ง)

โครงงานวิจัยอุตสาหกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2549

คณะกรรมการสอบโครงงานวิจัยอุตสาหกรรม

..... ประธานกรรมการโครงงานวิจัยอุตสาหกรรม
(รศ.กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ)

..... กรรมการ
(ดร.อัษฎา จิรประยุกต์เลิศ)

..... กรรมการ
(อ.วาสนา เสียงดัง)

..... กรรมการ
(นายกิตติณัฐ ภัทรวงศ์หิรัญ)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สำนักหอสมุด

หัวข้อโครงงานวิจัยอุตสาหกรรม	การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ : กรณีศึกษา
หน่วยกิต	6
ผู้เขียน	นางสาวปานจิต แก้วคำแพง
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมระบบการผลิต
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	2549

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยอุตสาหกรรมฉบับนี้ ได้ดำเนินการศึกษากระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 ซึ่งผลิตโดยบริษัท คอมพาร์ท พรีซิชั่น (ประเทศไทย) จำกัด พบว่าต้นทุนการผลิต ด้านแปรสภาพสูงกว่าแผนงานที่กำหนด จึงต้องทำการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการ จากการค้นหาปัญหาเบื้องต้น โดยการวิเคราะห์กระบวนการผ่านแผนภาพสายธารคุณค่า พบว่ารอบเวลาการผลิตสูง เนื่องจากเวลารอคอยในกระบวนการ ดังนั้นจึงดำเนินการปรับปรุงตามหลักการของคิวซีสตอรี่ โดยการศึกษาการไหลของกระบวนการ เพื่อนิยามหัวข้อปัญหาพบว่า เกิดเวลารอคอยวัตถุดิบที่กระบวนการ Adhesive Dropping การวิจัยเริ่มจากการตรวจสอบการทำงานของระบบ และกระบวนการผลิต พบว่า ระบบการวัดมีความถูกต้อง ความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ จึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุเบื้องต้น ด้วยเครื่องมือก้างปลา จากนั้นทำการวิเคราะห์สาเหตุและผลเพื่อค้นหาสาเหตุที่มีแนวโน้ม ส่งผลกระทบต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ โดยการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดของกระบวนการ พบว่ามี 3 สาเหตุหลัก คือ 1. ปริมาณชิ้นงานที่ขนย้ายแต่ละครั้ง 2. ปริมาณบัฟเฟอร์ 3. การวางผังเครื่องจักร ที่มีผลกระทบต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ ที่กระบวนการ Adhesive Dropping จากนั้นทำการปรับปรุงโดยวิธีการออกแบบการทดลองแบบ 2^k Factorial พบว่า การปรับปัจจัยในระดับที่เหมาะสม ทำให้ลดการรอคอยวัตถุดิบของกระบวนการ Adhesive Dropping ลดลง หลังจากปรับปรุง พบว่า รอบเวลาการผลิตชิ้นงานเร็วขึ้น 10.73 เปอร์เซ็นต์ โดยลดรอบเวลาผลิตจากเดิม 9.88 ชั่วโมง เหลือ 8.82 ชั่วโมง ซึ่งผลจากการปฏิบัติคลาดเคลื่อนไป 2.43 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเกิดจากการเปลี่ยนกะ ก่อนเริ่มผลิตจะต้องมีการเตรียมเครื่องจักร และตรวจสอบจำนวนวัตถุดิบที่ค้างอยู่ในสายการผลิต ซึ่งการดำเนินกิจกรรมเหล่านี้ อาจส่งผลให้ผลการ

ปรับปรุงไม่ได้ตามเป้าหมาย นอกจากนี้ปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการ ในแต่ละวันลดลง 22.89 เปอร์เซ็นต์ สำหรับมาตรการควบคุมได้กำหนดทั้ง 3 ปัจจัย เป็นมาตรฐานในขั้นตอนการผลิต นอกจากนี้การควบคุมได้จัดทำแผนควบคุม กำหนดปริมาณการขนย้ายวัตถุดิบระหว่างกระบวนการ และปริมาณบัฟเฟอร์ เพื่อควบคุมการเบิกวัตถุดิบ การขนย้ายจากกระบวน การเตรียมวัตถุดิบเข้าสู่สายการผลิต จากการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิต ส่งผลให้ต้นทุนด้านการแปรสภาพผลิตภัณฑ์ลดลง 214,862 ดอลลาร์ต่อปี

คำสำคัญ : แผนภาพสายธารคุณค่า / รอบเวลาการผลิตสูง / คิวซีสตอรี่ / แขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ / PCCA Soldering / Adhesive Dropping

Industrial Research Project Title	Efficiency Improvement of the Hook up Manufacturing Process : Case Study
Industrial Research Project Credits	6
Candidate	Miss Panjit Kaewkhamphaeng
Industrial Research Project Advisor	Assoc. Prof. Kitisak Ploypanichcharoen
Program	Master of Engineering
Field of Study	Manufacturing System Engineering
Department	Production Engineering
Faculty	Engineering
B.E.	2549

Abstract

The principle problem of process was found by VSM. The result showed that the MCT was too long, according to waiting times in assembly production line. Thus Q.C. story theory was operated to improve processing. The process flow chart was used to identify the problem and this process found waiting time of materials occurred in adhesive dropping process. The work system and production line was monitored and revealed that this system had acceptable precision and accuracy with standard level. Then, fish bone diagram was applied to analyzed principle causes and effects which resulted in waiting time of materials. There were three suspected causes that were 1. shipping tray 2. buffer 3. machines layout. These causes had an effect on waiting time of materials in adhesive dropping process, so the experiment must be improved by 2^k Factorial Design. Thereafter, the result displayed that the optimized level of factor can reduce materials waiting time in adhesive dropping process. In addition, this experiment showed the factor MCT being equal to 10.73% which decreased MCT from 9.88 hours to 8.82 hours, but there was error about 2.43%. According to changing shift, preparation machines and investigation amount of materials in production line before starting production, so the experimental target cannot be achieved. Besides, the work in process had a decline to 22.89% daily. For specific standard, three factors were indicated as production standard. Moreover, the control established a control plan to set the quantity of raw materials to transfer between production processes. The buffer size was also set to control the issue of raw materials and transfer raw materials to the production line. From this operation, the conversion cost was reduced to 214,862 USD per year.

Keywords : Value Stream Mapping (VSM) / Manufacturing Cycle Time (MCT) / Hook Up / PCCA Soldering / Adhesive Dropping

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมฉบับนี้ ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานวิจัยอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่คอยกรุณาให้คำปรึกษาแนวความคิดและความรู้ อันมีคุณค่าแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างยิ่ง รวมทั้งฝึกฝนให้มีความอุตสาหะ พยายามในการศึกษาและขอกราบขอบพระคุณ ดร.อัษฎา จิรประยุกต์เลิศ และอาจารย์วาสนา เสียงดัง กรรมการสอบโครงงานวิจัยอุตสาหกรรม ที่กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำ เพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมฉบับนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณจันทร์สุดา รัชชะปัญญา ผู้จัดการแผนกวิศวกรรมอุตสาหการ บริษัท คอมพาร์ท (ประเทศไทย) จำกัด และคุณกิตติณัฐ ภัทรวงศ์หิรัญ วิศวกรอุตสาหการอาวุโส ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัย คำปรึกษาต่าง ๆ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวก ในการดำเนินโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและน้องชาย รวมไปถึงเพื่อน ๆ ที่สนับสนุนให้ความช่วยเหลือและกำลังใจที่ดีตลอดมา จนสำเร็จการศึกษา คุณประโยชน์ทั้งหลายอันเกิดจากการทำงานวิจัยฉบับนี้ ล้วนเป็นผลมาจากความกรุณาของบุคคลดังกล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
รายการตาราง	ฌ
รายการรูปประกอบ	ฎ
รายการสัญลักษณ์	ฑ
ประมวลคำศัพท์และคำย่อ	ฒ

บทที่

1. บทนำ	**1**
1.1 ความสำคัญของโครงงานวิจัยอุตสาหกรรม	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 การสำรวจงานวิจัย	3
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**7**
2.1 หลักการผลิตแบบลีน	7
2.2 แผนภาพสายธารคุณค่า	12
2.3 ขั้นตอนการดำเนินงานแก้ปัญหา	18
2.4 การวิเคราะห์ระบบการวัด	21
2.5 การวิเคราะห์ปัจจัย	23
2.6 การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ	23
2.7 การประยุกต์ใช้การผลิตแบบลีน	26

3. สภาพโดยทั่วไปและการดำเนินงานของโรงงาน **28**

3.1 ข้อมูลจำเพาะเกี่ยวกับโรงงานที่ทำการศึกษาวิจัย 28

3.2 ผลิตภัณฑ์: Products 30

3.3 กระบวนการผลิต 33

4. การดำเนินงาน **35**

4.1 การกำหนดหัวข้อปัญหา 35

4.2 การสำรวจสภาพปัจจุบันและการตั้งเป้าหมาย 52

4.3 การวางแผนแก้ไข 57

4.4 การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้า 58

4.5 การกำหนดมาตรการตอบโต้ 96

4.6 การยืนยันความมีประสิทธิผลของมาตรการตอบโต้ 105

4.7 การทำให้เป็นมาตรฐาน 106

5. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ **108**

5.1 สรุปผลการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน 108

5.2 ข้อเสนอแนะ 112

เอกสารอ้างอิง **114**

ภาคผนวก

ก สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพสายธารคุณค่าและขั้นตอนการวาดภาพสายธารคุณค่า 117

ข ผลการดำเนินการวิจัย 124

ค ตารางคะแนนการวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องจากลักษณะข้อบกพร่อง 140

ประวัติผู้วิจัย 144

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ข้อสังเกตที่ชี้บ่งให้เห็นถึงความสูญเปล่าและแนวทางแก้ไข	17
2.2	การแก้ปัญหาแบบคิวซีสตอรี่	19
2.3	การปรับปรุงด้วยหลักการของวิศวกรรมอุตสาหการ	20
4.1	ต้นทุนแปรสภาพเฉลี่ยต่อสัปดาห์ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง เดือนตุลาคม 2548	37
4.2	แสดงปริมาณการผลิตสินค้า และรอบเวลาผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่น	38
4.3	แสดงขั้นตอนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6	44
4.4	แสดงเวลาที่ใช้ไป โดยแยกตามลักษณะของกิจกรรม	48
4.5	แสดงเวลาโดยแยกตามคุณค่าของกิจกรรม	49
4.6	แสดงการวิเคราะห์ลักษณะของกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า	49
4.7	แสดงเวลารอคอยในกระบวนการผลิต	50
4.8	สรุปการสุ่มตัวอย่างงานกิจกรรมการรอคอยในกระบวนการ Adhesive Dropping	53
4.9	คะแนนแสดงความสำคัญตามลำดับก่อนหลังของปัญหา	54
4.10	ค่าอ้างอิงและค่าที่ได้รับการวัด	60
4.11	ข้อมูลการทดสอบเสถียรภาพ	62
4.12	ผลการวัดเวลาจากสิ่งตัวอย่างเพื่อประเมินความแม่นยำ	64
4.13	ผลลัพธ์ของการศึกษา Gage R&R ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	66
4.14	ข้อมูลผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ	68
4.15	แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องจากความผิดพลาดในกระบวนการ Adhesive Dropping	70
4.16	ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์แบบ OFAT	72
4.17	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการปรับปัจจัยปริมาณการขนย้าย	76
4.18	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการปรับปัจจัยปริมาณบัฟเฟอร์	79
4.19	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการปรับปัจจัยการวางผังเครื่องจักร	82
4.20	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการปรับปัจจัยวางผังเครื่องจักรที่ทำการ Blocking	85
4.21	สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัย	86
4.22	แสดงการกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัยในการทดลอง	88
4.23	การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการปรับปัจจัยพร้อมกัน 3 ปัจจัย	92
4.24	การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการลดรูปแบบ Reduced Model	94

4.25	แสดงสถานการณ์สำหรับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ ที่ให้เวลารอคอยวัตถุดิบสั้นที่สุด	95
4.26	แสดงการวิเคราะห์ปริมาณขนย้ายชิ้นงานแต่ละครั้งระหว่างกระบวนการ	97
4.27	แสดงการวิเคราะห์ปริมาณบัฟเฟอร์ระหว่างกระบวนการ	100
4.28	แสดงการวิเคราะห์การวางผังเครื่องจักร	101
4.29	สรุปผลการทดลองปฏิบัติ เปรียบเทียบเวลารอคอยก่อนและหลังการปรับปรุง	104
4.30	แผนการควบคุมการขนย้ายวัตถุดิบ	106
ก.1	สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพสายธารคุณค่า	121
ข.1	แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต แขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ	125
ข.2	แสดงรอบเวลาการผลิต ตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2548	131
ข.3	แสดงปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการก่อนดำเนินการปรับปรุง	132
ข.4	แสดงการจัดสมดุลการผลิตก่อนการปรับปรุง	133
ข.5	แสดงการจัดสมดุลการผลิตหลังการปรับปรุง	134
ข.6	แสดงตารางออกแบบการทดลอง 2^k Factorial	135
ข.7	แสดงผลการทดลอง 2^k Factorial	136
ข.8	แสดงรอบเวลาผลิต (MCT) หลังดำเนินการปรับปรุงในเดือนมีนาคม 2549	137
ข.9	แสดงปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการหลังดำเนินการปรับปรุง	138
ค.1	เกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบจากข้อบกพร่อง	141
ค.2	กฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสเกิดขึ้นของสาเหตุ	142
ค.3	กฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับหรือป้องกันของระบบควบคุม	143

รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
2.1	การผลิตแบบลีนซึ่งมุมมองจะเน้นทางด้านระบบการผลิต	9
2.2	แนวคิดการผลิตแบบลีน	9
2.3	หลักการพื้นฐานของการผลิตแบบลีน	10
2.4	แผนภาพสายธารคุณค่าปัจจุบัน	13
2.5	แผนภาพสายธารคุณค่าในอนาคต	13
2.6	การดำเนินการจัดทำแผนภาพสายธารคุณค่า	15
3.1	แขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ หรือ Hook Up ซึ่งจะประกอบกับหัวอ่าน – เขียน คอมพิวเตอร์ หรือ HGA	30
3.2	ชุดหัวอ่าน-เขียนสำเร็จที่จะประกอบในฮาร์ดดิสก์	30
3.3	แขนจับ	31
3.4	พีซีซีเอ	31
3.5	เฟล็ค แคล้ม	32
3.6	ส่วนประกอบของแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6	32
3.7	ขั้นตอนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6	34
4.1	ปริมาณผลผลิตเทียบกับกำลังการผลิตและแผนงาน	35
4.2	รอบเวลาผลิตเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน2548	36
4.3	โครงสร้างของต้นทุนการผลิตและการคำนวณต้นทุน	36
4.4	แผนต้นทุนการผลิต	38
4.5	ปริมาณการผลิตเฉลี่ยแต่ละสัปดาห์ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2548	39
4.6	แผนภาพสายธารคุณค่ากระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 เดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนธันวาคม 2549	41
4.7	แสดงการปรับเรียบการผลิตของผลิตภัณฑ์ รุ่น T6	45
4.8	แผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ ของรอบเวลาผลิตต่อหนึ่งแพ็คกิ้ง (40 ชิ้น)	47
4.9	เป้าหมายของการลดรอบเวลาการผลิต	47
4.10	ใบตรวจสอบแสดงข้อมูลกิจกรรมการรอคอย	52
4.11	แผนภาพพาเรโตตามประเภทกิจกรรมการรอคอย	53
4.12	แผนภาพพาเรโตสำหรับคะแนน RPN	55
4.13	กราฟเส้นตรงแสดงความผันแปรของเวลารอคอยวัตถุดิบ	56

4.14	แผนการดำเนินการแก้ปัญหา	57
4.15	อุปกรณ์การทำงานของกระบวนการ Adhesive Dropping	59
4.16	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านไบอัสและคุณสมบัติเชิงเส้นตรง	61
4.17	แผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ แสดงการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพ	63
4.18	ผลลัพธ์ของการศึกษา Gage R&R ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	65
4.19	ความสามารถของกระบวนการ Adhesive Dropping	68
4.20	แผนภาพก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้รอบเวลาผลิตสูง ในกระบวนการ Adhesive Dropping	69
4.21	แผนภาพพาเรโตสำหรับคะแนน RPN จากการวิเคราะห์สาเหตุและผล	71
4.22	จำนวนรอบของการทำซ้ำ	73
4.23	การตรวจสอบความเป็นปกติของข้อมูลปัจจัยปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้ง	74
4.24	การทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนของข้อมูลปัจจัยปริมาณการขนย้าย	74
4.25	การตรวจสอบการแจกแจงและการทดสอบความมีเสถียรภาพของผลการทดสอบปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้ง	75
4.26	การตรวจความเป็นปกติของข้อมูลปัจจัยบัฟเฟอร์	77
4.27	การทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนของข้อมูลปัจจัยบัฟเฟอร์	77
4.28	การตรวจสอบการแจกแจงและการทดสอบความมีเสถียรภาพของผลการทดสอบปัจจัยปริมาณบัฟเฟอร์	78
4.29	การตรวจสอบความเป็นปกติของข้อมูลปัจจัยการวางผังเครื่องจักร	80
4.30	การทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนของข้อมูลปัจจัยการวางผังเครื่องจักร	80
4.31	การตรวจสอบการแจกแจงและการทดสอบความมีเสถียรภาพของผลการทดสอบปัจจัยการวางผังเครื่องจักร	87
4.32	การตรวจสอบความเป็นปกติของข้อมูลปัจจัยการวางผังเครื่องจักร	83
4.33	การทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนของข้อมูลปัจจัยการวางผังเครื่องจักร	83
4.34	การตรวจสอบการแจกแจงและการทดสอบความมีเสถียรภาพ ของผลการทดสอบปัจจัยผังเครื่องจักรที่ทำการ Blocking	84
4.35	การวางผังเครื่องจักรปัจจุบันของกระบวนการผลิตในสายงานประกอบ	86
4.36	การตรวจสอบความเป็นปกติของข้อมูลอิทธิพลร่วมของ 3 ปัจจัย	90
4.37	การตรวจสอบการแจกแจงและการทดสอบความมีเสถียรภาพ	91

4.38	การตรวจสอบการแจกแจงและการทดสอบความมีเสถียรภาพ	93
4.39	การพล็อตกราฟเพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์	95
4.40	แผนดำเนินการปรับปรุง	102
4.41	แผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ ของเวลารอบเวลาผลิต ของกระบวนการผลิต รุ่น T6 หลังดำเนินการปรับปรุง	105
5.1	การปฏิบัติตามแผนการดำเนินงาน	109
ก.1	แสดงการจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการผลิตและชนิดเครื่องจักร	118
ก.2	แผนภาพภายนอก	120
ข.1	ผังเครื่องจักรของกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6	129
ข.2	ผังเครื่องจักรของสายงานประกอบแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ ผลิตภัณฑ์ รุ่น T 6	130
ข.3	แสดงการปรับเรียบการผลิตก่อนการปรับปรุง	133
ข.4	แสดงการปรับเรียบการผลิตหลังการปรับปรุง	134
ข.5	แบบฟอร์ม (PMP-19A)	139
ข.6	แสดงป้ายคัมบังที่ใช้ในการเบิกวัตถุดิบ	139

รายการสัญลักษณ์

n	=	จำนวนข้อมูล
C_p	=	ดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ
C_{pk}	=	ดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการเมื่อมีการเลื่อนเกิดขึ้น
n_{req}	=	จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ต้องการ
n'	=	จำนวนครั้งที่บันทึกเวลาแล้ว
GR&R	=	ค่าความผันแปรระบบการวัด
H_0	=	สมมติฐานหลัก
H_1	=	สมมติฐานอื่น
P/T	=	ค่าความผันแปรระบบการวัดเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ
P/TV	=	ค่าความผันแปรระบบการวัดเทียบกับกระบวนการ
PV	=	ค่าความผันแปรของสิ่งตัวอย่างชิ้นต่อชิ้น
R	=	ค่าพิสัย
R^2	=	สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ
X	=	ค่าที่บันทึกได้แต่ละค่า
$\bar{x}$	=	ค่าเฉลี่ย
ε	=	ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าวัด
$\sum$	=	ผลรวม
α	=	ค่าความเสี่ยงจากการตัดสินใจผิดพลาดแบบที่ 1
β	=	ค่าความเสี่ยงจากการตัดสินใจผิดพลาดแบบที่ 2
σ	=	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ประมวลศัพท์และคำย่อ

Accuracy	=	ความถูกต้อง
Action	=	ปฏิบัติการแก้ไข
Adequate Discrimination	=	การแยกความแตกต่างที่เพียงพอ
Alias	=	ผลของปัจจัยที่มีอิทธิพลรวมกันและไม่สามารถแยกความแตกต่างของสองปัจจัยหรือมากกว่าได้
Analysis of Variance	=	การวิเคราะห์ความแปรปรวน
Arm Coil Assembly	=	แขนจับ คือ ส่วนประกอบของชุดหัวอ่าน
Assembly	=	การประกอบ
Available Time	=	เวลาที่ใช้ในการผลิต
Bias	=	ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการวัดจากค่าอ้างอิง
Blocking	=	การออกแบบการทดลองภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน
Buffer	=	จำนวนชิ้นงานมาตรฐานระหว่างกระบวนการ
Business Metric	=	ตัวชี้วัดทางธุรกิจ
Business Management	=	การบริหารธุรกิจ
Brainstorming	=	การระดมสมอง
Cause and Effect Diagram	=	แผนภาพสาเหตุและผล
Check	=	การตรวจสอบ
Coefficient of Determination	=	สัมประสิทธิ์แห่งการตัดสินใจ
Common Cause	=	สาเหตุธรรมชาติ
Completely Randomized Design	=	การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์
Control Limit	=	พิกัดควบคุม
Conversion	=	ต้นทุนแปรสภาพ
Flow Process Chart	=	แผนภาพการไหลของกระบวนการ
Gage Repeatability and Reproducibility	=	การประเมินผลค่ารีพีททะบิลิตี้และโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด
Hook Up	=	แขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ
HGA (Head Gimbal Assembly)	=	ชิ้นส่วนหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ หรือ เรียกว่าหัวอ่านข้อมูลฮาร์ดดิสก์

Information Flow	=	การไหลของข้อมูลที่ต้องใช้ร่วมกันระหว่างกระบวนการผลิต
Interaction	=	อิทธิพลร่วม
Just in Time	=	ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี
Kanban	=	ป้าย คือ สัญลักษณ์แทนการเบิกวัตถุดิบ
Lean	=	การผลิตที่มุ่งเน้นกำจัดความสูญเปล่า
Line Balancing	=	การจัดสมดุลการผลิต
Main Effect	=	อิทธิพลหลัก
Machine Layout	=	การวางผังเครื่องจักร
Make to Order	=	การผลิตแบบตามสั่ง
Material Flow	=	การไหลของวัตถุดิบ
MCT	=	Manufacturing Cycle Time รอบเวลาการผลิต
Master	=	ค่าอ้างอิง
Mean	=	ค่ามัชฌิม
NVA	=	Non Value Added กิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า
NNVA	=	Necessary but Non Value Added กิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำ
Normal Plot of Residuals	=	วิเคราะห์ผ่านกราฟทดสอบความปกติ
Normality Test	=	การวิเคราะห์ความปกติ
Number of Distinct Categories	=	จำนวนชิ้นงานที่สามารถแยกออกมาได้
Operating Time	=	เวลาทำงาน
Overproduction	=	การผลิตมากเกินไป
Power of the Test	=	กำลังในการตรวจสอบ
Process Capability	=	ความสามารถของกระบวนการผลิต
Process Delay	=	ความล่าช้าในกระบวนการผลิต
Process Mapping	=	แผนภาพอธิบายกระบวนการผลิต
Production Capacity	=	กำลังการผลิต
Product Flow	=	การไหลของผลิตภัณฑ์
Project Metric	=	ตัวชี้วัดของโครงการ
Randomization	=	การสุ่ม
Range	=	พิสัย
Repeatability	=	ความสามารถในการทำซ้ำ

Reproducibility	=	ความสามารถในการทำเหมือน
Resolution	=	การแยกแยะความแตกต่าง
Response Variable	=	ตัวแปรตอบสนอง
Shipping Tray	=	ปริมาณงานขนย้ายต่อเที่ยว
Significant Level	=	ระดับความมีนัยสำคัญ
Single Piece Flow	=	ไหลทีละชิ้น
Stability	=	ความมีเสถียรภาพ
Standard	=	มาตรฐาน
Standard Deviation	=	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Standard Normal Random Variable	=	ตัวแปรสุ่มแบบปกติมาตรฐาน
Standardization	=	การทำให้เป็นมาตรฐาน
Standard Time	=	เวลามาตรฐาน
Sum of Square	=	ผลรวมกำลังสอง
Waiting Time	=	เวลารอคอย
Take Time	=	อัตราที่ชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตไหลผ่านสายการผลิต
Test of Hypothesis	=	การทดสอบสมมุติฐาน
VA	=	Value Added กิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า
Value Definition	=	การระบุคุณค่าตามมุมมองลูกค้า
Value Stream Analysis	=	การวิเคราะห์แผนภาพสายธารคุณค่า
Variable Characteristic	=	ตัวแปรที่มีลักษณะเชิงความผันแปร
Variance	=	ความแปรปรวน
Variance Stability	=	ความมีเสถียรภาพของความแปรปรวน
Waste/Muda	=	ความสูญเปล่าในการทำงาน

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงงานวิจัยอุตสาหกรรม

ในสภาวะปัจจุบันอุตสาหกรรมมีการแข่งขันสูง โดยเฉพาะอุตสาหกรรมด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญ ควบคู่ไปกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีข้อมูลข่าวสาร เทคโนโลยีต่าง ๆ ทางการสื่อสาร มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วมาก จึงทำให้อุตสาหกรรมด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ มีการแข่งขันกันอย่างรุนแรง ทั้งในด้านตลาดและการพัฒนาเทคโนโลยี กระบวนการผลิตที่ดีเยี่ยมนั้น เปรียบได้กับการมีอาวุธ เพื่อใช้ในการแข่งขัน กลยุทธ์ที่ผู้ผลิตนำมาใช้ คือ ลดต้นทุนและการเร่งเปิดตัวผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสู่ตลาด หรือการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้เร็ว กลยุทธ์นี้ได้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อบริษัทผู้รับเหมาช่วง โดยต้องมีการพัฒนาความสามารถในการแข่งขัน เพื่อตอบสนองต่อกลยุทธ์ ซึ่งถ้าสามารถทำได้ก็จะได้โอกาสทางด้านธุรกิจ คือ ได้งานและผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งในสภาวะของการแข่งขันในทุกวันนี้ ประสิทธิภาพของระบบการผลิต จะต้องมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ทำให้การเปลี่ยนแปลงจากกระบวนการของระบบ หรือวิธีการเดิมให้มีคุณค่าเพิ่มขึ้น โดยกลยุทธ์ระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing System) คือ การผลิตที่สร้างคุณค่าเพิ่มด้วยการจำแนก และการลดช่วงเวลาโดยกำจัดความสูญเปล่า (Waste/Muda) ในงานต่าง ๆ ที่ไม่สร้างคุณค่าเพิ่มให้ผลิตภัณฑ์ โดยผลที่คาดหวัง คือ การมีต้นทุนที่ต่ำ เพิ่มผลผลิต และทำให้ลูกค้าพึงพอใจทั้งในแง่ของคุณภาพ ราคา และการจัดส่งที่ตรงกับความต้องการของลูกค้ามากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำแนวคิดการผลิตแบบลีนและหลักการของคิวซีสตอรี่ มาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาจริง ในงานอุตสาหกรรม

2. เพื่อลดรอบเวลาการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ โดยการลดความสูญเปล่าในกระบวนการ

3. เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสม สำหรับการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ เพื่อกำจัดความสูญเปล่าในการทำงาน (Waste/Muda) หรือกำจัดการทำงานที่ไม่เกิดคุณค่าในผลิตภัณฑ์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

โครงงานวิจัยอุตสาหกรรมนี้ มุ่งศึกษาและปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ โดยตัวชี้วัด คือ รอบเวลาการผลิต (Manufacturing Cycle Time; MCT) ของสายการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบันในสายการผลิต
2. กำหนดหัวข้อโครงการ ระยะเวลา เป้าหมายและตัวชี้วัดโครงการ
3. สำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
4. ศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุปัจจัยของปัญหา
5. ปรับปรุงกระบวนการ และวิธีการทำงานของสายการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ
6. เฝ้าดูผลกระทบที่เกิดจากการปรับปรุง
7. ประเมินผลโครงการโดยการเปรียบเทียบค่าเวลาที่เพิ่มคุณค่า (Total Value-Duded Time; VA) และรอบเวลาการผลิต (Manufacturing Cycle Time; MCT)
8. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดรอบเวลาการผลิตแขนจับหัวอ่าน- เขียนสำเร็จให้สั้นลง

2. ลดงานรอคอยในกระบวนการผลิต

3. สามารถตอบสนองความต้องการลูกค้าได้เร็วขึ้น ตัวชี้วัดคือ รอบเวลาการผลิต

4. เพิ่มคุณค่าและลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิต

5. สามารถลดต้นทุนในการผลิต

6. สามารถนำแนวคิดที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นได้

1.6 การสำรวจงานวิจัย

การศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ทางด้านการเพิ่มผลิตภาพ ในอุตสาหกรรมแสดงให้เห็นถึง แนวทางการปรับปรุง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ

สถาพร พลแสน, 2543, ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต โดยเสนอแนวทางปรับปรุงปริมาณงานระหว่างการขนย้าย ของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนหัวอ่านคอมพิวเตอร์ (Head Gimbal Assembly-HGA) เนื่องจากบริษัทฯ มีนโยบายต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิต เพื่อลดรอบเวลาผลิต โดยการลดปริมาณการขนย้ายระหว่างกระบวนการผลิตของสายงานประกอบ 2 ประเภท คือ สายงานประกอบมือและสายงานประกอบอัตโนมัติ การดำเนินงานวิจัยนี้มีดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพ คือ อัตราการใช้งานเครื่องจักร อัตราการใช้งานพนักงาน ปริมาณงานค้างในสายงานประกอบ เวลาของการผลิต และนำเครื่องมือการจำลองแบบปัญหาโปรแกรม Arena Acadamic Version 5.0 ช่วยในการดำเนินงานวิจัย โดยเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลในอดีตของระบบจริง จากจำนวน 5 ถาดต่อเที่ยว เหลือ 3 ถาดต่อเที่ยว (1 ถาด มีชิ้นงาน 10 ชิ้น) หลังจากการทดลองปรับปรุง ได้ผลจากการพัฒนาโปรแกรมแบบจำลอง คือ 1. การลดปริมาณงานขนย้ายจากจำนวน 5 Shipping Tray ต่อเที่ยว เป็น 3 Shipping Tray ต่อเที่ยว จะช่วยปรับปรุงเวลาการผลิตชิ้นงานได้เร็วขึ้น 19 เปอร์เซ็นต์ 2. การลดปริมาณการขนย้ายทุกขั้นตอน ตลอดสายงานประกอบ จะช่วยปรับปรุงปริมาณงานค้างในสายงานประกอบให้เหลือน้อยที่สุดคือ 1872 ชิ้น หรือลดลง 63 เปอร์เซ็นต์

โครงงานวิจัยอุตสาหกรรมฉบับนี้ ได้อธิบายถึงความสำคัญของปัญหาในแง่ของธุรกิจไว้อย่างชัดเจนว่า บริษัทฯ ต้องการเพิ่มโอกาสในการรับงานผลิต ดังนั้นจึงต้องดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตในการลดรอบเวลาผลิต เพื่อเพิ่มความสามารถการผลิต จากการที่ผู้วิจัยนำเครื่องมือการจำลองแบบปัญหาโปรแกรม Arena Acadamic Version 5.0 มาวิเคราะห์ระบบสายงานผลิตช่วยให้การดำเนินการทดลองปรับปรุงไม่ส่งผลกระทบกับระบบปฏิบัติงานที่มีงานอย่างต่อเนื่องและเต็มกำลังจนไม่สามารถหยุดเพื่อทดลองปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต ซึ่งการใช้เครื่องมือการจำลองแบบปัญหา จะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในการปรับปัจจัยต่าง ๆ โดยไม่ต้องดำเนินการปฏิบัติจริง นอกจากนี้สามารถนำมาใช้ออกแบบการปฏิบัติงานจริง สามารถป้องกันความสูญเสียได้ก่อนเริ่มดำเนินงานปรับปรุง

อำนาจ อมฤก, 2547, ทำการศึกษาเพื่อลดเวลาการผลิตรวมของกระบวนการผลิตแท็งก์รถบรรทุก ให้สามารถตอบสนองต่อปริมาณคำสั่งซื้อของลูกค้าที่เพิ่มขึ้น โดยนำแนวคิดแบบลีน มาประยุกต์ใช้ปรับปรุงกระบวนการผลิต และนำซอฟแวร์จำลองสถานการณ์มาใช้ประเมินผล โดยการปรับเปลี่ยนการไหลของกระบวนการผลิตซึ่ง พบว่า 1. สามารถลดเวลาการผลิตรวมของแท็งก์รถบรรทุกสิบล้อ

ชนิดเหล็กกล้า ซึ่งลดลงเฉลี่ยจากระบบงานจำลองปัจจุบัน 24,198.42 นาทีต่อคัน เหลือ 19,513.34 นาทีต่อคัน คิดเป็นร้อยละ 19.32 2. แท็งก์รถบรรทุกสิบล้อชนิดเหล็กสแตนเลสลดลงเฉลี่ยจากระบบงานจำลองปัจจุบัน 28,122.94 นาทีต่อคัน เหลือ 21,426.76 นาทีต่อคัน คิดเป็นร้อยละ 23.81 3. แท็งก์รถบรรทุกกึ่งพ่วงชนิดเหล็กกล้า ลดลงเฉลี่ยจากระบบงานจำลองปัจจุบัน 22656.76 นาทีต่อคัน เหลือ 20,175.46 นาทีต่อคัน คิดเป็นร้อยละ 10.95 และ 4. แท็งก์รถบรรทุกกึ่งพ่วงชนิดเหล็กสแตนเลสลดลงเฉลี่ยจากระบบงานจำลองปัจจุบัน 30,659.46 นาทีต่อคัน เหลือ 23,478.77 นาทีต่อคัน คิดเป็นร้อยละ 23.42 โดยมียอดการผลิตเพิ่มขึ้น จากระบบงานจำลองปัจจุบันเฉลี่ย 47 คันต่อปี เป็น 66 คันต่อปี

จากโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมฉบับนี้ พบว่า การลดเวลาที่ใช้ในการผลิต (Throughput Time) ของกระบวนการผลิตแท็งก์รถบรรทุกด้วยแนวคิดแบบลีน มาประยุกต์ใช้ช่วยกำจัดความสูญเปล่า (Waste/ Muda) ในการทำงาน เริ่มศึกษาวิธีการ ขั้นตอน กระบวนการ ทรัพยากร และเวลาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการ ตั้งแต่การเข้ามาของวัตถุดิบ จนกระทั่งรอการจัดส่งให้แก่ลูกค้า แล้วทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามขั้นตอนแนวคิดแบบลีน โดยการวางโครงสร้างระบบการไหลของกระบวนการผลิตเป็นแบบไหลทีละชิ้น (Single Piece Flow) และจัดสมดุลการผลิต (Line Balancing) จากนั้นเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้แบบเวลาการผลิต รวมจากการจำลองสถานการณ์ (Simulation) ของระบบงานจำลองปัจจุบันเทียบกับการจำลองสถานการณ์ระบบงานจำลองของวิธีเสนอแนะ โดยใช้โปรแกรม Arena Acadamic Version 7.0 ซึ่งสำหรับการผลิตแท็งก์รถบรรทุกสิบล้อ มีรอบเวลาการผลิตค่อนข้างสูง จึงได้ใช้เครื่องมือการจำลองสถานการณ์ช่วยในการประเมินผล

ก้องเดชา บ้านหิมะ, 2546, ทำการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองวิสาหกิจแบบลีน โดยใช้ CIMOSA (AMICE, 1991 ; AMICE, 1993 ; Kosanke et al, 1995 ; Vernadat, 1993) ซึ่งเป็นระบบสถาปัตยกรรมแบบเปิดของยุโรป ใช้วิธีการประยุกต์สร้างแบบจำลองวิสาหกิจการผลิต จะมีลักษณะเป็นสองมิติ คือ มิติแรกจะเป็นมิติทางด้านการผลิต ที่แสดงถึงการไหลของผลิตภัณฑ์ ส่วนมิติที่สองจะเป็นมิติทางด้านองค์กร โดยแต่ละมิติจะแสดงถึงลักษณะการดำเนินงานใน 4 มุมมอง คือ 1. หน้าที่การงาน 2. สารสนเทศ 3. ทรัพยากร 4. องค์กร โดยมีโครงสร้างพฤติกรรมและความสัมพันธ์ ซึ่งประกอบด้วยภาษาและวิธีการดำเนินการ หลักการนี้ คือ Integrated Enterprise Model โดยมีจุดประสงค์ คือ ช่วยสนับสนุนให้บริษัทที่มีอุตสาหกรรมการผลิตแบบลีนใช้วิเคราะห์กิจกรรม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการและกำหนดกิจกรรมที่สร้างคุณค่าได้ นอกจากนี้สามารถใช้แบบจำลองนี้ สนับสนุนการตัดสินใจใน เรื่องความยืดหยุ่นและการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางธุรกิจในอนาคต ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองวิสาหกิจแบบลีน ในอุตสาหกรรมการประกอบตัวต่อรถยนต์ (LEGO) โดยการทดสอบสถานการณ์ของแม่แบบ CIMOSA และเปรียบเทียบกับการสร้างแบบจำลองแบบลีน แบบเดิม โดยการสร้างแบบจำลองโดยใช้ VSM และแผนภาพของกิจกรรมในการดำเนินการ แบบที่สองโดย

การสร้างแบบจำลองตามสถาปัตยกรรมของ CIMOSA จากนั้นนำแบบจำลองทั้งสองไปปฏิบัติใช้โดยการจำลองสถานการณ์ โดยการเปรียบเทียบการเขียนแบบจำลองหรือภาพกระบวนการ ผลการทดลองที่ได้ พบว่า การสร้างแบบจำลองนี้ไม่ได้เปลี่ยนแปลงกระบวนการ มีแต่เพิ่มองค์ประกอบหรือมุมมองอีกมิติเข้าไป ทำให้ผลของรอบเวลาในกระบวนการและช่วงเวลานำใกล้เคียงกัน แต่ผลทางด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่มีความสอดคล้องกัน ทำให้เกิดผลลัพธ์ในเรื่องประสิทธิภาพของพนักงานที่เพิ่มขึ้นประมาณ 8-10 เปอร์เซ็นต์ และเวลาในการเชื่อมต่อที่สามารถกำจัดทิ้งได้ เช่น เวลาติดตั้งการทำงาน สรุปคือ ผลจากการสร้างแบบจำลองวิสาหกิจแบบลีนแบบ CIMOSA ทำให้แบบจำลองมีโครงสร้างที่มีแบบแผนที่ดี และแบ่งออกเป็น 3 ระดับ สำหรับการประสานรวมในมุมมองทางด้านการไหลของกิจกรรมและการสั่งงานขององค์กร จึงทำให้มีการจำแนกและกำจัดความสูญเปล่า จากระบบวิสาหกิจการผลิตแบบลีนได้ครบถ้วน และพิจารณาปรับปรุงจากการผลิตแบบลีนซึ่งทำให้อัตราการเพิ่มคุณค่า โดยรวมของทั้งระบบดีขึ้น

จากโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมฉบับนี้พบว่า โครงสร้างแบบจำลองวิสาหกิจแบบลีนแบบ CIMOSA ได้แสดงเป็นแม่แบบ ระดับการดำเนินการที่แบ่งไว้ 3 ระดับ ระดับแรกการวางกลยุทธ์ ระดับที่สองระดับการวางแผนกลยุทธ์ และการปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถศึกษากิจกรรมการไหลของกระบวนการในระดับย่อยของแม่แบบ หรือขั้นตอนที่ก่อให้เกิดกระบวนการในระดับแม่แบบ เพื่อปรับปรุงกระบวนการเพิ่มเติมได้อีก

จารุพรรณ เพชรสุข, 2546, ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสูญเปล่า ในกระบวนการผลิตโดยใช้แบบจำลองพลวัตของระบบ ผู้วิจัยได้เสนอวิธีการค้นหาความสูญเปล่า หลักในกระบวนการผลิตชุดหัวอ่านอัลไพน์ ของบริษัท ซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดนครราชสีมา โดยนำแผนภาพสายธารคุณค่า ซึ่งเป็นเครื่องมือของการผลิตแบบลีน มาใช้ระบุถึงความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรมและประยุกต์ใช้ การจำลองสถานการณ์ของระบบแบบพลวัต โดยใช้โปรแกรมเว็นซิม (Vensim) ในการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอยู่ในระบบ เพื่อค้นหาความสูญเปล่าที่มีอยู่ในกระบวนการ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ พบว่า ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตนี้ มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยส่งผลกระทบต่อกันไม่ทางตรงก็ทางอ้อม และชนิดของความสูญเปล่าที่เป็นความสูญเสียหลัก คือ ของเสียโดยมีปริมาณคิดเป็น 45.5 เปอร์เซ็นต์ ของเวลาที่สูญเสียไปกับความสูญเปล่าทั้งหมด และสาเหตุหลักของความสูญเปล่าประเภทนี้ ก็มาจากการนำชิ้นงานที่มีความบกพร่องไปทำการแยกชิ้นส่วน โดยกระบวนการที่ทำให้เกิดชิ้นงานที่มีความบกพร่องทางกลสูงที่สุด คือ กระบวนการผลิตที่ 10 (Shuntbar Removal Process) เป็นกระบวนการตัดส่วนหางของ HGA ส่วนที่ไม่ใช้ออกไปจากชุดหัวอ่าน ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์ เพื่อปรับปรุงต่อได้ว่า

จะทำอย่างไร ที่จะสามารถลดข้อบกพร่องจากการกระบวนการนี้ หรือกระบวนการนี้เพิ่มคุณค่าให้กับสินค้าหรือไม่ และจำเป็นหรือไม่ที่จะต้องมีกระบวนการนี้ในระบบ สามารถตัดทิ้งได้หรือไม่

จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ พบว่า ข้อดีของการนำพลวัตของระบบมาประยุกต์ใช้ ในการระบุถึงชนิดของความสูญเปล่าหลัก ทำให้สามารถวิเคราะห์ผลในเชิงภาพรวมได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว จากการสังเกตที่กราฟและแผนผังต่าง ๆ ช่วยให้สามารถทำนายถึงพฤติกรรมของความสูญเปล่าแต่ละชนิด ที่น่าจะเกิดขึ้นในอนาคตได้ดียิ่ง ข้อเสีย คือ มีความยุ่งยากและซับซ้อนในขั้นตอนของการสร้างแบบจำลองพลวัตสูง และขาดการพิจารณาในเชิงสถิติ ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงขึ้น โดยการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนต่าง ๆ ดังนี้ เช่น การพิจารณาถึงความสูญเปล่า ประเภทการรอคอย ในส่วนของสถานีการผลิตที่จะต้องมีการรอคอยชิ้นงานจากสถานีก่อนหน้า และการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของความสูญเปล่า ประเภทการผลิตเกิน ในกรณีที่สามารถนำข้อมูลในส่วนของความต้องการลูกค้ามาใช้ในการวิเคราะห์ได้

จากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ พบว่า การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาว่า วิธีการใดเหมาะสมกับปัญหาแบบใด หลักการผลิตแบบลีน เป็นอีกแนวทางหนึ่ง ที่ได้รับการนำเข้ามามีส่วนร่วมในการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพ ดังนั้นการประยุกต์ใช้เทคนิค ทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการร่วมกับคิวซีสตอรี โดยยึดหลักการผลิตแบบลีน ที่กำจัดความสูญเปล่า เป็นแนวทางที่สามารถช่วยให้การแก้ปัญหามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความสูญเปล่า ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ และวิธีการลดหรือกำจัด เพื่อปรับปรุงโดยเนื้อหาสำคัญจะได้รับการแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ ดังนี้ คือ

1. จะกล่าวถึงทฤษฎีแผนภาพสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping) และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีนี้ ซึ่งบทบาทของแผนภาพสายธารคุณค่า ที่มีต่อโครงงานวิจัยในครั้งนี้ ก็คือ จะได้รับการนำมาใช้ในขั้นตอนของการเลือกหัวข้อปัญหา ที่เป็นความสูญเปล่าที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการ
2. ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุและพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่อยู่ในระบบการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จและวิธีการวิจัย
3. การประยุกต์ใช้การผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing)

2.1 หลักการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing)

2.1.1 ประวัติของระบบการผลิตแบบลีน

ด้วยผลกระทบจากสงครามโลกครั้งที่ 2 ทำให้บริษัทโตโยต้า มีเงื่อนไขในการผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องจากการมีทรัพยากรที่จำกัด ดังนั้น ไทอิจิ โอโนะ จึงได้ทำการคิดค้นระบบการผลิตแบบใหม่ ที่เรียกว่าระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System : TPS) ซึ่งบางทีเรียกว่า ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี กล่าวกันว่าก่อนหน้าที่ไทอิจิ โอโนะ จะคิดระบบการผลิตแบบโตโยต้าขึ้นมา เขาได้เดินทางไปดูงานที่บริษัทผลิตรถยนต์ฟอร์ดที่สหรัฐอเมริกา จึงเห็นว่าที่ฟอร์ดได้ใช้สายการผลิตแบบต่อเนื่อง และนั่นคือจุดกำเนิดความคิดในเรื่องของระบบการผลิตแบบโตโยต้า ที่มุ่งเน้นการไหลของงานเป็นหลัก โดยสิ่งต่าง ๆ ที่ขัดขวางการไหลของงานจะถูก เรียกว่า เป็นความสูญเปล่าที่จะต้องกำจัดออกไป ซึ่งระบบนี้แตกต่างและมีความเหมาะสมกับสภาพการณ์ในขณะนั้นมากกว่าระบบการผลิตจำนวนมาก และต่อมาคำว่า “Lean Production” เกิดขึ้นเป็นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1990 จากหนังสือชื่อ “The Machine That Changed The World” ซึ่งเขียนโดยศาสตราจารย์ดอกเตอร์ เจมส์ วอแม็ก แห่ง MIT (Massachusetts Institute of Technology) ซึ่งหนังสือเล่มนี้ ได้กล่าวถึงการศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบโรงงานประกอบรถยนต์ของญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และยุโรปว่า จากนั้นที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ก็ได้นำเอาหลักการของระบบการผลิตแบบโตโยต้า มาสร้างเป็นแนวคิดแบบลีน จึงเป็นจุดเริ่มต้นระบบการผลิตแบบลีน ซึ่งแนวคิดนี้จะเน้นไปที่การกำจัดความสูญเปล่าต่าง ๆ ออกไปจากระบบการผลิต โดยก่อนที่จะทำการกำจัดความสูญเปล่า ต้องมีการวิเคราะห์และจำแนกว่ามีอะไรบ้างที่ซ่อนอยู่ในระบบ ซึ่งเครื่องมือชิ้นสำคัญที่ใช้ในการระบุความสูญเปล่า ตามแนวคิด

แบบลีนนี้ ก็คือ แผนภาพสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping; VSM) นั่นเอง และเนื่องจากการปฏิบัติตามแนวคิดแบบลีน จะสนใจการทำงานได้คุ้มค่าเกิดประโยชน์ที่สุด และมีการเคลื่อนที่ ที่ประหยัดที่สุดด้วย ส่งผลให้องค์กรเกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีต้นทุนการผลิตที่ลดลง และมีความสามารถในการแข่งขันที่สูงขึ้น ในปัจจุบันนี้จึงได้มีการนำแนวคิดของลีน ไปประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายไม่ว่าจะเป็นในระบบการผลิตปริมาณน้อย ๆ (เช่น อุตสาหกรรมการประกอบเครื่องบิน) กระบวนการในสำนักงาน ระบบการขุดเจาะน้ำมัน กระบวนการผลิต ระบบการก่อสร้าง รวมทั้งในอุตสาหกรรมเหมืองแร่ จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ระบบการผลิตแบบลีนมีจุดกำเนิดมาจากระบบการผลิตแบบโตโยต้านั่นเอง โดยเจมส์ วอแม็ก เป็นผู้ที่เรียกระบบการผลิตดังกล่าว ว่าเป็นระบบการผลิตแบบลีน และเผยแพร่จนเป็นที่รู้จักดังปัจจุบัน

2.1.2 มุมมองแบบลีน : นิยาม

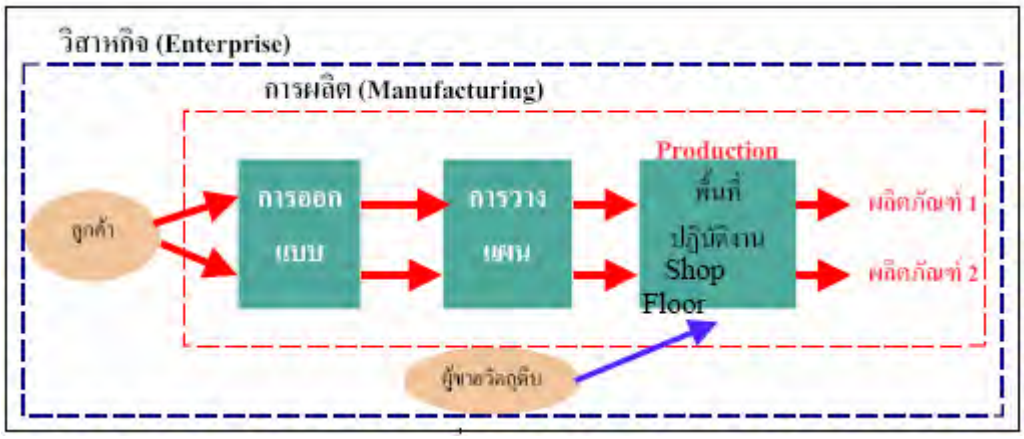
Allen et al., 2001, ได้ให้คำจำกัดความของการผลิตแบบลีนไว้ว่า เป็นการติดตามความสูญเปล่า เพื่อกำจัดให้หมดไปจากระบบอย่างไม่มีที่สิ้นสุด โดยความสูญเปล่านั้น คือ ทุก ๆ สิ่งที่ไม่เกิดคุณค่าแก่ผลิตภัณฑ์

Nation Institute of Standards and Technology Manufacturing Extension Partnership (NIST – MEP) ได้ให้คำจำกัดความของระบบการผลิตแบบลีนไว้ว่า เป็นระบบที่มุ่งเน้นการจำแนกและกำจัดความสูญเปล่าในกิจกรรม ตลอดจนการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยทำให้การไหลของผลิตภัณฑ์เกิดมาจากการดึงของลูกค้า เพื่อการตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าอย่างสูงสุด (Spann et al., 1997)

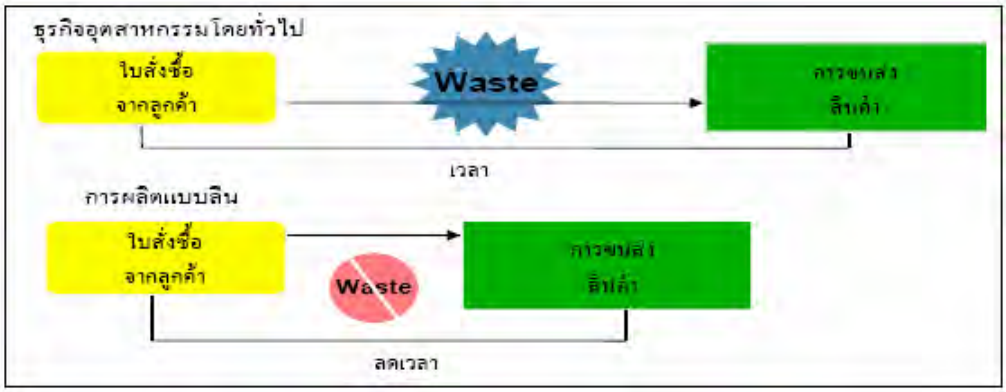
Production System Design Laboratory at the Massachusetts Institute of Technology ให้คำจำกัดความของการผลิตแบบลีนไว้ คือ การกำจัดความสูญเปล่าในทุก ๆ ส่วนของการผลิต ซึ่งรวมทั้งส่วนความสัมพันธ์กับลูกค้า ส่วนการออกแบบผลิตภัณฑ์ ส่วนเชื่อมโยงกับซัพพลายเออร์ และในส่วนการบริหารโรงงาน (Feld, 2001)

จากคำว่า ลีน เมื่อเปิดพจนานุกรมจะแปลว่า “ผอมหรือบาง” หรือเข้าใจได้ง่าย ก็คือ ไม่มีส่วนเกินเพื่อให้องค์กรมีความคล่องตัว ใช้ทรัพยากรอย่างจำกัด สะดวก รวดเร็ว ลดต้นทุน ลดเวลาที่ไม่จำเป็น และเพิ่มคุณภาพในระบบการผลิต จึงกล่าวถึงวิธีการแบบลีนที่เป็นองค์รวม แบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังรูปที่ 2.1 แบบแรก การผลิตแบบลีนซึ่งมุมมองจะเน้นทางด้านระบบการผลิต ส่วนแบบที่สอง วิสาหกิจแบบลีน จะกล่าวถึงการประสานรวมระบบการผลิตที่เกี่ยวข้องกับโซ่อุปทาน ตั้งแต่วัตถุดิบจนกลายเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นแนวทางที่ก่อให้เกิดการปรับตัวในสภาวะการแข่งขันที่ขึ้นอยู่กับเวลา

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ตรงกับความต้องการของลูกค้า ความสัมพันธ์ของพนักงาน และกำจัดความสูญเปล่าหรือ Muda ดังรูปที่ 2.2



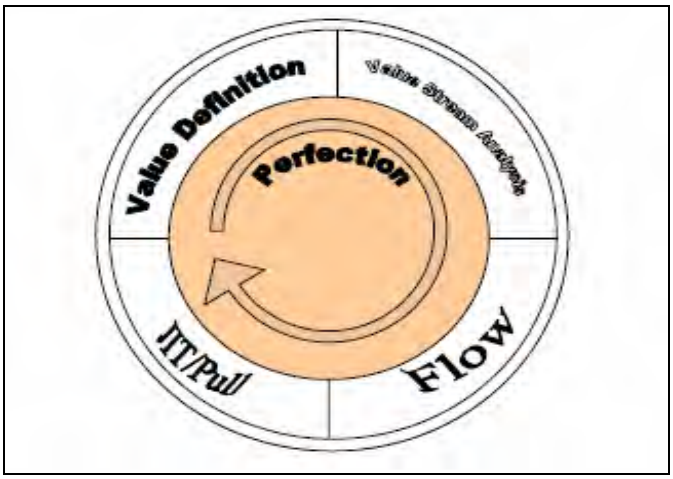
รูปที่ 2.1 การผลิตแบบลีนซึ่งมุมมองจะเน้นทางด้านระบบการผลิต



รูปที่ 2.2 แนวคิดการผลิตแบบลีน

2.1.3 หลักการพื้นฐานของการผลิตแบบลีน

หลักการพื้นฐานของการผลิตแบบลีนมี 5 ประการ คือ การนิยามคุณค่า การวิเคราะห์สายธารคุณค่า การไหล การดึงหรือทันเวลาพอดี และความสมบูรณ์แบบ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 หลักการพื้นฐานของการผลิตแบบลีน [1]

1. การนิยามคุณค่า คือ การระบุคุณค่าตามมุมมองของลูกค้า ซึ่งก็หมายความว่า องค์กรจะต้องเข้าใจให้ได้ว่า ลูกค้าต้องการจะซื้ออะไร ด้านราคา ปริมาณ และในเวลาใด

2. การวิเคราะห์แผนภาพสายธารคุณค่า (Value Stream Analysis) คือ การนิยามคุณค่า ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะมีคำถามว่า "มีคุณค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ตามทัศนะของลูกค้าหรือไม่" โดยทั่วไปจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์

3. การไหล องค์กรต่าง ๆ ต้องการมุ่งเน้นในเรื่องการไหลของผลิตภัณฑ์แบบรวดเร็ว โดยยึดหลักการ คือ การไหลแบบต่อเนื่องปราศจากการรอคอย ซึ่งการไหลแบบต่อเนื่องทำให้การผลิตมีช่วงเวลานำน้อย ช่วยให้สามารถวางแผนการผลิตแบบ Make-to-Order (MTO) แทนแบบ Make-to-Stock (MTS) และการควบคุมปรับเรียบการผลิต ทำให้ปริมาณการผลิตกับปริมาณความต้องการของลูกค้าใกล้เคียงกัน เป็นการป้องกันความสูญเปล่าจากการผลิตมากเกินไป

4. การดึงหรือทันเวลาพอดี ในแนวคิดแบบลีน สินค้าคงคลังหรือวัสดุคงคลังจะถูกพิจารณาเป็นเรื่องการสูญเปล่า ฉะนั้นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ขายไม่ได้ จะเป็นการสูญเปล่าเช่นเดียวกัน ดังนั้นสิ่งสำคัญคือ การทำตามความต้องการของลูกค้าที่แท้จริง โดยการดึงผลิตภัณฑ์เข้าสู่ระบบ หลักการนี้เป็นการผลิตตามปริมาณที่เพียงพอในช่วงเวลาที่ต้องการ วัตถุประสงค์ของการผลิตแบบทันเวลาพอดี คือ การสร้างความสมดุลและความสัมพันธ์ของปริมาณการผลิตตลอดเวลา จึงได้นำ Takt Time มาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดสมดุลของการไหล โดย Takt Time นั้น เป็นเครื่องมือที่เชื่อมระหว่างการผลิตกับลูกค้า และเป็นตัวกำหนดอัตราการผลิต การประเมินสภาพการผลิต การคำนวณแนวทางการทำงาน การพัฒนาเส้นทางสำหรับการเคลื่อนที่ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งนำไปสู่การค้นหาปัญหาและหาคำตอบที่ต้องการ

5. ความสมบูรณ์แบบ คือ การทำให้ประสบความสำเร็จได้นั้น ได้รับผลมาจากการทำงานที่มีประสิทธิภาพในหลักการที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น ควรเน้นโอกาสที่จะปรับปรุง ในเรื่องของการลดเวลา พื้นที่ ต้นทุน และการลดความผิดพลาดเกี่ยวกับการสร้างผลผลิตและการจัดการ ซึ่งเป็นผลตอบสนองไปยังความต้องการของลูกค้า โดยทั่วไปองค์ประกอบ 3 ประการ ที่แนวคิดแบบลีนมุ่งเน้น ได้แก่ ประการแรก บรรลุถึงการออกแบบผลิตภัณฑ์และกิจกรรมในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นกระบวนการเพิ่มคุณค่าในสายตาลูกค้า ประการที่สอง เป็นการวางโครงสร้างระบบการไหลอย่างต่อเนื่อง ระบบคงคลังเป็นศูนย์ และประการที่สาม ความสมบูรณ์แบบ คือ การเพิ่มคุณค่ามากที่สุดโดยการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องหรือ Kaizen ดังนั้นการบริการและการดำเนินงานตามขั้นต่อไป ควรคำนึงถึงการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องที่เป็นไปได้

2.1.4 ความสูญเปล่า (Wastes)

ความสูญเปล่า คือ กิจกรรมทุกกิจกรรมที่ใช้ทรัพยากร (เพิ่มค่าใช้จ่ายให้กับผลิตภัณฑ์) แต่ไม่ทำให้เกิดคุณค่าเพิ่มในมุมมองของลูกค้า ซึ่งความสูญเปล่าแบ่งออกเป็น 7 ประการ คือ

1. การผลิตเกิน (Overproduction) การผลิตเกินความต้องการของลูกค้า จะทำให้ระยะเวลายาวนานขึ้น ต้องทำการจัดเก็บนานขึ้น และตรวจพบของเสียได้ช้าลง ซึ่งความสูญเปล่าประเภทนี้ สามารถแก้ไขได้ด้วยการผลิตแบบดึงและการใช้คับบัง

2. การรอคอย (Waiting) จะรวมไปถึงการที่วัตถุดิบรอคนผลิตและคนผลิตรอวัตถุดิบ ซึ่งเราควรจะเอาเวลาที่ใช้ในการรอคอย ไปทำการบำรุงรักษาเครื่องจักร การอบรมคนงาน การทำกิจการไคเซ็นเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง แต่จะต้องไม่นำเวลารอคอยนี้ ไปทำการผลิตเกินความต้องการของลูกค้า

3.การขนส่ง (Transportation) ระยะทางการขนถ่ายที่ยาว และทำให้ต้องใช้การเคลื่อนที่มากเกินไปนั้นจะทำให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปด้วยความยากลำบาก ทำให้เราได้รับผลตอบกลับที่ช้าลง ส่งผลให้การแก้ปัญหาเกิดขึ้นช้าลง และทำให้เกิดของเสียเพิ่มมากขึ้นด้วย

4. กระบวนการที่ไม่เหมาะสม (Inappropriate Processing) อาจเกิดจากการใช้เครื่องจักรที่ใหญ่เกินไป ไม่ยืดหยุ่นและมีผังโรงงานที่ไม่เหมาะสม ทำให้ต้องเคลื่อนไหวมากเกินไป ดังนั้นเราจึงควรแก้ไขโดยการใช้เครื่องจักรที่มีความยืดหยุ่น ไม่ใหญ่เกินไปและมีเกราะป้องกัน เพื่อความปลอดภัย การออกแบบผังโรงงานใหม่ รวมทั้งการใช้จิโดกะ (Jidoka)

5. การจัดเก็บสินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Inventory) การเก็บสินค้าหรือวัตถุดิบคงคลังจะส่งผลให้สินค้ามีเวลานำที่ยาวนานขึ้น พบปัญหาช้าลง ต้นทุนสูงขึ้น มีพื้นที่ในการทำงานลดน้อยลง ดังนั้นเราต้องลดของคงคลังให้เหลือเฉพาะที่จำเป็นจริง ๆ เท่านั้น

6. การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Motion) จะทำให้อัตราการผลิตลดลง คุณภาพของสินค้าลดลง เวลาในการผลิตเพิ่มขึ้น และเกิดความล้าขึ้นกับผู้ปฏิบัติงาน

7. ของเสีย (Defect) ส่งผลโดยตรงต่อการเกิดต้นทุนที่ไม่จำเป็นโดย Rich, et al., [5] ได้แบ่งของเสียออกเป็น 3 ชนิดด้วยกัน คือ ชนิดแรกคือผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเสีย ซึ่งเป็นข้อบกพร่องที่พบโดยลูกค้า ชนิดที่สองคือ ความบกพร่องด้านบริการ ซึ่งเป็นข้อบกพร่องที่ไม่เกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพ แต่อาจเกิดขึ้นจากการส่งของไม่ตรงเวลา หรือข้อบกพร่องที่อาจเกิดจากงานเอกสาร ชนิดที่สาม คือ ชิ้นงานบกพร่องหรือของเสีย ที่ตรวจสอบได้ระหว่างกระบวน ซึ่งเราสามารถแก้ไขและลดของเสียได้ โดยใช้กิจกรรมไคเซ็น

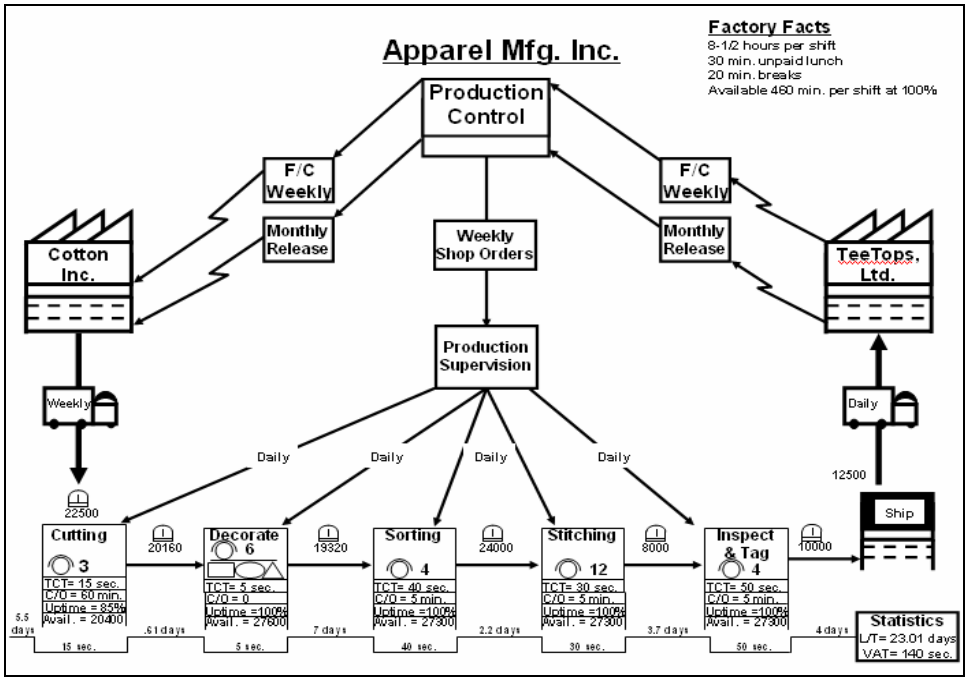
นอกจากความสูญเปล่าทั้ง 7 ชนิด ที่กล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีความสูญเปล่าอีกหนึ่งชนิดที่มักจะพบในกระบวนการผลิตนั่น ก็คือ ความสูญเปล่าที่เกิดจากความไม่มีประสิทธิภาพของคน (Underutilized People) [6]

2.2 แผนภาพสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) [7]

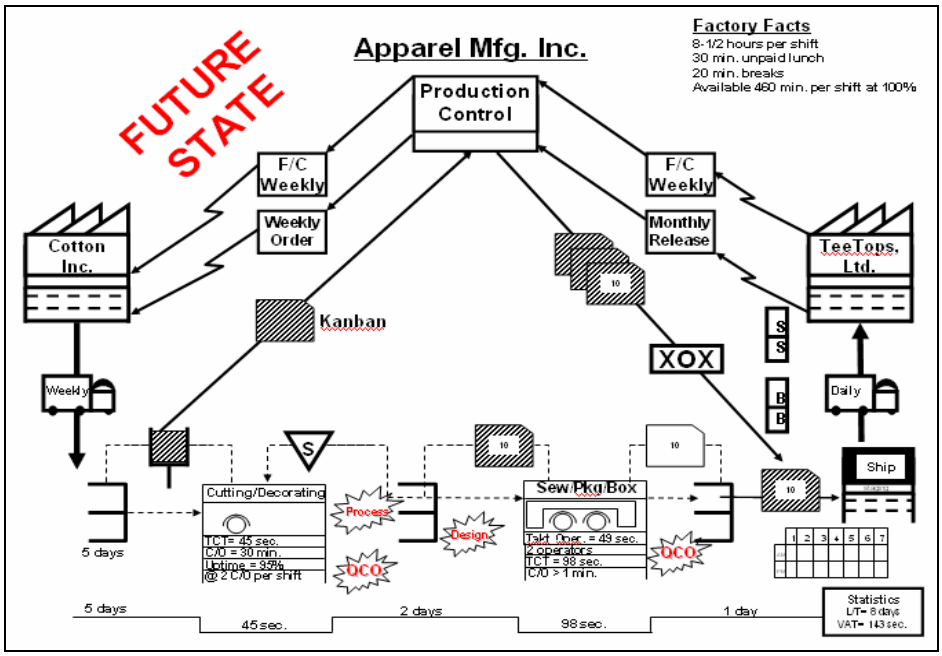
แผนภาพสายธารแห่งคุณค่าหรือผังแห่งคุณค่า คือ การจัดทำผังของกิจกรรมทั้งหมด ที่ต้องทำตั้งแต่ได้รับวัตถุดิบ จนกระทั่งส่งสินค้าถึงมือลูกค้า เพื่อช่วยให้มองเห็นโอกาสในการกำจัดความสูญเปล่าและปรับปรุงให้ดีขึ้น ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลของทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้า ทั้งในส่วนของกิจกรรมที่มีคุณค่าและไม่มีคุณค่า ซึ่งการใช้แผนภาพนี้ จะเป็นขั้นตอนแรกของการเข้าสู่การปฏิบัติการแบบลีน เนื่องจากจะนำข้อมูลที่มีความซับซ้อนและสับสนของกิจกรรมต่าง ๆ มาเขียนเป็นแผนภาพ เพื่อให้สามารถเข้าใจถึงสภาวการณ์ที่เป็นอยู่จริง ๆ ในการผลิตขณะนั้น ซึ่งข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการเขียนแผนภาพนั้น จะต้องมาจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลที่จะนำมาแสดงในแผนภาพนั้น ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการผลิต อัตราการเกิดของเสีย จำนวนชั่วโมงทำงานของคนและตารางการผลิต เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องมือ เพื่อไปผลิตสินค้าตัวอื่น รอบเวลาของการทำงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่องและระดับของสินค้าคงคลัง เป็นต้น

2.2.1 ประเภทของแผนภาพสายธารคุณค่า

แผนภาพสายธารคุณค่ามี 2 ชนิด คือ ชนิดแรกเรียกว่า แผนภาพสายธารคุณค่าปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 การนำผังแห่งคุณค่าปัจจุบัน มาทำการวิเคราะห์หาความสูญเปล่าด้วยมุมมองแบบลีน และทำการระดมสมอง เพื่อหาวิธีการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการให้มีคุณภาพมากขึ้น มีความสูญเปล่าน้อยลง ใช้เวลาสั้นลง มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ใช้ต้นทุนน้อยลง (การปรับปรุงผังแห่งคุณค่าเป็นงานของฝ่ายบริหาร) สิ่งที่เสนอเพื่อการปรับปรุงก็จะถูกเขียนเป็นผังแห่งคุณค่า ชนิดที่สอง เรียกว่า แผนภาพสายธารคุณค่าในอนาคต ดังแสดงในรูปที่ 2.5 สำหรับรูปแผนภาพสายธารคุณค่าที่แสดงในรูปที่ 2.4 และ 2.5 ได้ยกตัวอย่างกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป



รูปที่ 2.4 แผนภาพสายธารคุณค่าปัจจุบัน [8]

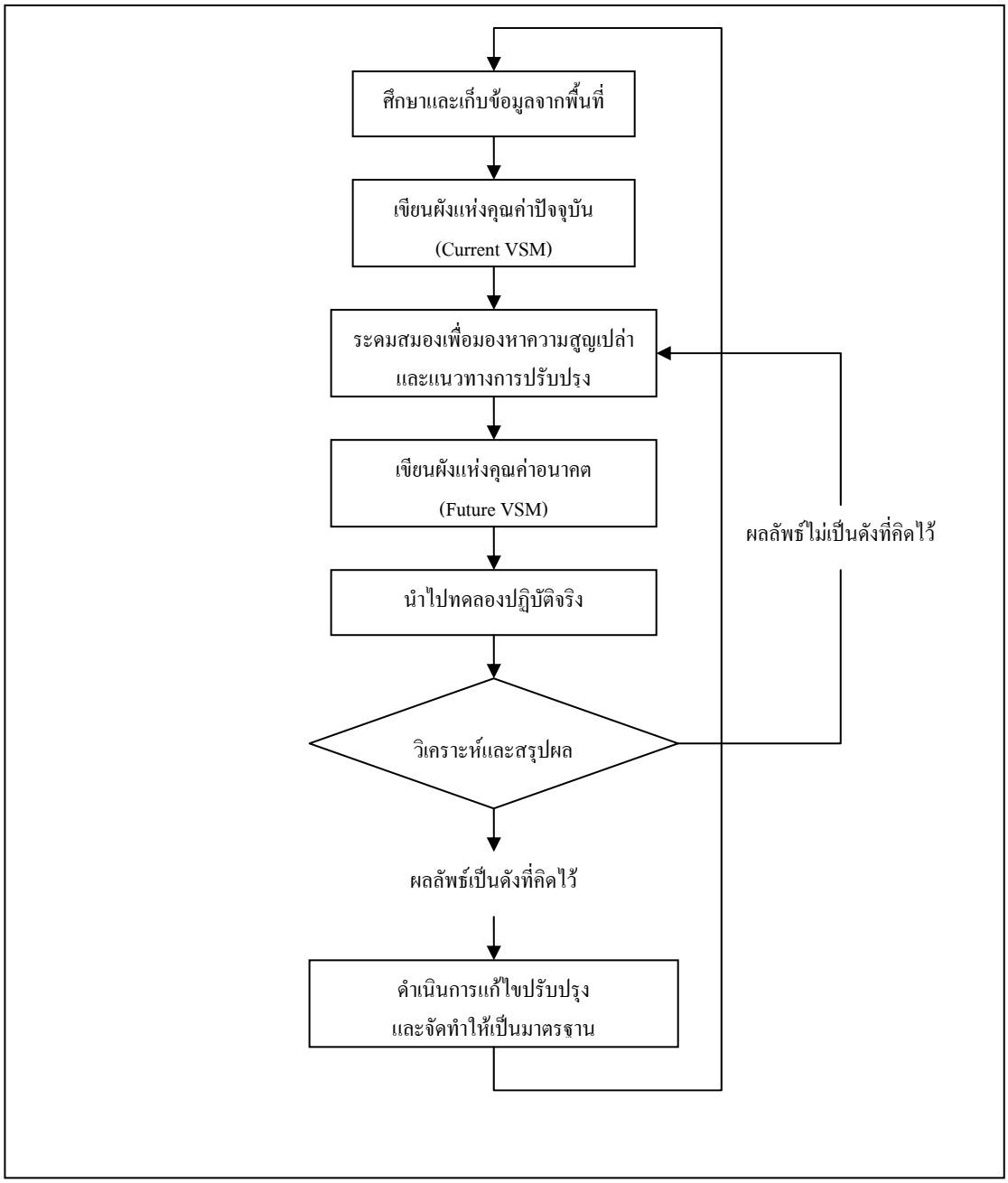


รูปที่ 2.5 แผนภาพสายธารคุณค่าในอนาคต [8]

ซึ่งทั้งในแผนภาพปัจจุบันและแผนภาพอนาคต จะประกอบไปด้วยการไหล 3 ชนิดตามหลักการของลีน คือ

1. การไหลของผลิตภัณฑ์ (Product Flow) คือ เส้นทางที่ผลิตภัณฑ์ไหลผ่านตลอดการผลิต ก่อนที่จะถูกส่งให้แก่ลูกค้า
2. การไหลของข้อมูล (Information Flow) คือ การไหลของข้อมูลที่ต้องใช้ร่วมกันระหว่างกระบวนการผลิต
3. การไหลของวัตถุดิบ (Material Flow) คือ การไหลของวัตถุดิบตั้งแต่การรับวัตถุดิบมาจากผู้จัดส่ง การเคลื่อนที่ของวัตถุดิบ และการเติมเต็มวัตถุดิบ

เพื่อความเข้าใจในความสัมพันธ์ของแผนภาพสายธารคุณค่า ปัจจุบันและในอนาคต ให้พิจารณารูปที่ 2.6 ในการที่จะสามารถมองว่า ผังคุณค่าปัจจุบันมีปัญหาหรือโอกาสในการปรับปรุงอยู่ที่ไหน จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมองและจำแนกความสูญเปล่าให้ออกเสียก่อน จากนั้นจึงนำเสนอแนวทางแก้ไขปรับปรุง ซึ่งจะเขียนไว้ในผังคุณค่าแห่งอนาคตได้ การที่ไม่สามารถมองและจำแนกออกว่ามีความสูญเปล่าเกิดขึ้นอยู่ที่ใดบ้าง ย่อมไม่สามารถทำให้เกิดการปรับปรุงได้ ขั้นตอนการวาดแผนภาพสายธารคุณค่า แสดงในภาคผนวก ก



รูปที่ 2.6 การดำเนินการจัดทำแผนภาพสายธารคุณค่า [7]

2.2.2 ตัวชี้วัดในผังแห่งคุณค่าที่บ่งบอกถึงความสูญเปล่า

1. Production Lead Time เป็นการแปลงจำนวนสินค้าคงคลัง ที่มีอยู่ในผังแห่งคุณค่าให้เป็นจำนวนวันของการผลิต ซึ่งหากอธิบายเป็นจำนวนวันที่สินค้าคงคลังนั้น สามารถผลิตเป็นสินค้าได้จะทำให้สามารถสื่อสารได้เข้าใจดีกว่าใช้จำนวนของสินค้าคงคลังที่มีอยู่ ดัชนียิ่งน้อยก็ยิ่งดี นั่นแสดงว่ามีสินค้าคงคลังน้อยนั่นเอง

2. Value-Added Time เป็นผลรวมของรอบเวลาทั้งหมด ที่แสดงในผังแห่งคุณค่าเป็นดัชนีที่ทำให้มองเห็นการเปรียบเทียบกับ Production Lead Time ซึ่งเป็นความสูญเปล่าในแง่ของสินค้าคงคลัง เพื่อทำให้เห็นภาพรวมได้ดียิ่งขึ้น

3. Multiple Ratio คือ ผลหารของ Production Lead Time กับ Value-Added Time ซึ่งดัชนี Multiple Ratio ยิ่งน้อยยิ่งดี นั่นคือ ผังคุณค่าแห่งอนาคตเมื่อทำแล้วต้องมี Multiple Ratio ต่ำกว่าผังคุณค่าปัจจุบันนั่นเอง จึงจะถือว่าเป็นการปรับปรุง ซึ่งดัชนีตัวนี้ทำให้ตัดสินใจได้ง่ายขึ้นว่าผังแห่งคุณค่าดีขึ้นหรือไม่

2.2.3 การวิเคราะห์สายธารคุณค่า (Value Stream Analysis)

บทบาทของแผนภาพภาพสายธารคุณค่า ที่มีต่อโครงงานวิจัยครั้งนี้ก็คือ จะถูกนำมาใช้ในขั้นตอนของการกำหนดหัวข้อปัญหา เพื่อนำไปสู่การระบุปัญหาที่เกิดขึ้นในสภาพปัจจุบัน คือ ชนิดของความสูญเปล่า ที่มีอยู่ในแต่ละกระบวนการของการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ ณ จุดเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล ทั้งนี้เพื่อระบุถึงความสูญเปล่าที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยใช้ความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก ซึ่งข้อสังเกตที่ชี้ บ่งให้เห็นถึงความสูญเปล่าและแนวทางแก้ไข [9] แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อสังเกตที่ชี้บ่งให้เห็นถึงความสูญเปล่าและแนวทางแก้ไข

ความสูญเปล่า	**ข้อสังเกตที่ชี้บ่งให้เห็นถึงความสูญเปล่า**	**แนวทางแก้ไข**
1. การผลิตเกิน (Overproduction)	สินค้าคงคลังในตำแหน่งก่อนที่จะส่งสินค้าให้กับลูกค้า	แนวทางแก้ไข : การผลิตแบบดึง การใช้คับบัง
2. สินค้าคงคลัง (Inventory)	จำนวนของสินค้าคงคลังในตำแหน่งกลางๆ ซึ่งสินค้าคงคลังนี้จะทำให้ใช้เวลานำที่ยาวนาน	การทำให้เกิดการไหลทีละชิ้น และปรับเครื่องจักรให้มีความยืดหยุ่น ในด้านปริมาณการผลิต
3. การขนส่ง (Transportation)	เวลาที่ใช้ในการขนส่ง	การวางผังโรงงานให้เหมาะสม การไหลทีละชิ้น การผลิตแบบทันเวลา (JIT)
4. ข้อบกพร่อง (Defect)	จำนวนของข้อบกพร่อง	ออกแบบวิธีการทำงานให้เหมาะสม ฝึกฝนทักษะในการแก้ปัญหา
5. การรอคอยและกระบวนการที่ไม่เหมาะสม (Inappropriate Processing & Waiting)	สังเกตจากแผนภาพได้ยาก แต่จะมีสัญญาณบางอย่างแสดงให้เห็นนั่น คือ ความไม่สมดุลกันของแต่ละกระบวนการ เช่น การเกิดของคงคลังในกระบวนการผลิตและการผลิตเกินจำนวนที่ต้องการ ซึ่งอาจจะเกิดจากการใช้เครื่องจักรที่มีกำลังการผลิตไม่ยืดหยุ่น เป็นต้น	หลักการไหลทีละชิ้น การผลิตแบบทันเวลา 5ส การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การจัดการด้วยสายตา การศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหว และการใช้เครื่องจักรที่มีความยืดหยุ่น
6. การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Motion)	ไม่สามารถสังเกตได้ จากแผนภาพสายธารคุณค่า จะต้องเข้าไปสังเกตในสถานที่ทำงานจริง	

2.2.4 แผนภาพการไหลกระบวนการผลิต

ในการแสดงแผนภาพกระบวนการไหล สำหรับกระบวนการผลิต ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างนั้น จะสามารถอธิบายได้ด้วยหลักการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว โดยในอุตสาหกรรมไทย นิยมใช้เครื่องหมายของสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งอเมริกัน (ASME) และระบบการผลิตแบบโตโยต้า (TPS) ในการเขียนแผนภาพการไหลสำหรับกระบวนการผลิตนี้ จะต้องพิจารณาถึงขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ การเตรียมพร้อม ซึ่งจะเป็นขั้นตอนการดำเนินการสำหรับการจัดเตรียมปัจจัยในการผลิต เพื่อให้การผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การปฏิบัติการ เป็นขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดการเพิ่มมูลค่าแก่วัตถุดิบและถือเป็นขั้นตอนหลักของกระบวนการผลิต และสุดท้ายการส่งงานและดูแลความเรียบร้อย เป็นขั้นตอนภายหลังการดำเนินการปฏิบัติ เพิ่มมูลค่าเสร็จ ได้แก่ ดำเนินการส่งมอบงานตลอดจนการจัดเก็บปัจจัยการผลิต ตลอดจนการลงบันทึกในเอกสารสำหรับอ้างอิง เพื่อความมีประสิทธิผลของกระบวนการผลิต ในการกำหนดกิจกรรมผู้วิเคราะห์ จะต้องทำความเข้าใจกับจุดประสงค์ของกระบวนการก่อนเสมอโดยเฉพาะการเพิ่มมูลค่า จะหมายถึงการดำเนินการอะไรก็ได้ที่ทำให้มีมูลค่าเพิ่มเกิดขึ้น

2.3 ขั้นตอนการดำเนินงานแก้ปัญหา

2.3.1 การดำเนินการตามคิวซีสตอรี่

ขั้นตอนในการดำเนินงานนี้ จะมุ่งเน้นที่การแก้ปัญหาตามคิวซีสตอรี่ ในกระบวนการหลักมุ่งระบุหาตัวต้นเหตุหรือปัญหา แล้วจึงทำการขจัดต้นเหตุของปัญหาอย่างเป็นระบบและมีเหตุผล ซึ่งคิวซีสตอรี่มีการดำเนินการแก้ปัญหา 7 ขั้นตอน ที่มาของสูตรการแก้ปัญหา 7 ขั้นตอนแบบคิวซีนี้ เป็นผลจากการสัมมนา และตกลงจัดทำเป็นข้อสรุป โดยทีมวิทยากรด้านคิวซีของ JUSE (ซึ่ง Mr.Hosotani ผู้แต่งหนังสือเล่มนี้เป็นผู้หนึ่งที่ร่วมจัดทำด้วย) สรุปดังตารางที่ 2.2 [10] ดังนี้ คือ

ตารางที่ 2.2 การแก้ปัญหาแบบคิวซีสตอรี่ [10]

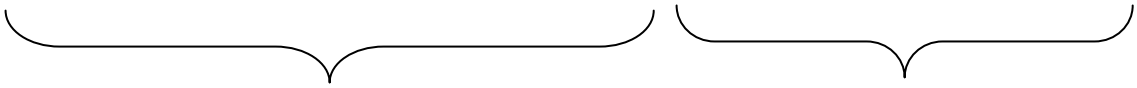
ขั้นตอนที่	ชื่อขั้นตอน	กิจกรรมในขั้นตอนนี้
1.	คัดเลือกหัวข้อ (Select Topic)	- ระบุตัวปัญหา - ตกลงใจเลือกชื่อหัวเรื่อง
2.	ทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาและตั้งเป้าหมาย (Understand Situation and Set Target)	ทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาโดย - เก็บข้อมูล - เลือกคุณลักษณะเฉพาะที่จะเข้าแก้ไขตั้งเป้าหมาย - กำหนดเป้าหมาย (ตัวเลขและกำหนดเสร็จ)
3.	วางแผนกิจกรรม (Plan Activities)	- กำหนดว่าจะทำอะไรบ้าง - จัดทำตารางกำหนดการและจัดแบ่งความรับผิดชอบ
4.	วิเคราะห์หาสาเหตุ (Analyze Causes)	- ตรวจสอบค่าของของคุณลักษณะที่เป็นปัญหา - เขียนสาเหตุที่อาจเป็นไปได้ - วิเคราะห์แต่ละสาเหตุ - กำหนดหัวข้อหรือประเด็นที่จะเข้าแก้ไข
5.	พิจารณาและนำมาตรการตอบโต้ปัญหาไปปฏิบัติ (Consider and Implement Countermeasures)	พิจารณามาตรการตอบโต้ปัญหา - นำเสนอแนวคิดสำหรับมาตรการตอบโต้ปัญหา - ร่วมกันพิจารณาวิธีการที่จะนำมาตรการตอบโต้ไปใช้ - ตรวจสอบรายละเอียดของมาตรการตอบโต้ปัญหาให้รอบคอบ นำมาตรการตอบโต้ปัญหาไปปฏิบัติ - วางแผน - ลงมือปฏิบัติตามมาตรการตอบโต้ปัญหานั้นๆ
6.	ประเมินผลการแก้ปัญหา (Check Results)	- ประเมินประสิทธิผลของมาตรการตอบโต้ปัญหานั้น - เปรียบเทียบผลที่ได้เทียบกับเป้าหมาย - ระบุและแยกแยะผลประโยชน์ทางตรงและทางอ้อมที่ได้รับ
7.	จัดทำเป็นมาตรฐานปฏิบัติและจัดตั้งการควบคุม (Standardize and Establish Control)	จัดทำเป็นมาตรฐาน - จัดทำเป็นมาตรฐานอันใหม่และทบทวนของเก่า - กำหนดวิธีการควบคุม - ฝึกอบรมให้กับบุคคลที่ต้องนำไปปฏิบัติ - ติดตามประเมินผล เพื่อให้มั่นใจว่าปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง

2.3.2 การวิเคราะห์ด้วย 5W 1H และการปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS [11]

การวิเคราะห์จุดบกพร่องของวิธีการทำงานเดิม ด้วยหลักการของวิศวกรรมอุตสาหการ คือ การตรวจพิจารณาด้วยคำถาม 5W และ 1H เป็นตัวย่อที่ใช้ถามตนเอง เพื่อการตรวจพิจารณาปัญหาอย่างรอบคอบ ไม่ว่าปัญหานั้นเป็นของงานวิเคราะห์ทั้งระบบ หรือบางส่วนของระบบก็ตาม วิธีนี้จะช่วยสร้างโครงสร้างของแผนงานปรับปรุงในส่วนรายละเอียด เพื่อเสริมให้แผนงานสับเปลี่ยนของตารางขอบเขตของการเปลี่ยนแปลง เป็นประโยชน์ในเชิงปฏิบัติ ซึ่งจะนำหลักการนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ความจำเป็นของแต่ละขั้นตอนของการผลิต เพื่อลดความสูญเปล่าจากกระบวนการที่ไม่เหมาะสม โดยได้สรุปเทคนิคการตั้งคำถาม 5W 1H และหลักการ ECRS แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การปรับปรุงด้วยหลักการของวิศวกรรมอุตสาหการ [11]

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



5W 1H ECRS

2.4 การวิเคราะห์ระบบการวัด

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ [12] ได้กล่าวไว้ว่า วัตถุต่าง ๆ ล้วนแล้วแต่มีค่าคงที่ของคุณสมบัติเฉพาะต่าง ๆ ค่าหนึ่ง ซึ่งถือว่าเป็น “ค่าจริง” ของวัตถุตามคุณสมบัติเฉพาะนั้น ๆ โดยการวัดจะเป็นการกำหนดค่าที่เป็นตัวเลขให้กับคุณสมบัติเฉพาะเหล่านั้น ในกระบวนการวัดหรือระบบการวัด จะมีองค์ประกอบหลัก ๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงานวัด วิธีการวัด และสิ่งแวดล้อมในการวัด แต่เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้ จะมีความไม่เท่ากัน จึงส่งผลให้เกิดความผันแปรจากระบบการวัดขึ้น ซึ่งความผันแปรนี้ มีอยู่ด้วยกันสองลักษณะ คือ ความผันแปรที่เป็นไปโดยสาเหตุธรรมชาติ (Common Cause of Variance) ซึ่งความผันแปรนั้นจะอยู่ในเสถียรภาพที่สามารถทำนายได้ ส่วนความผันแปรอีกลักษณะหนึ่ง คือ ความผันแปรที่เป็นไปได้ โดยสาเหตุจากความผิดพลาด (Special Cause of Variance) ความผันแปรนี้ จะไม่เสถียรและไม่สามารถทำนายได้ ในการทำการวัดเพื่อประกันคุณภาพ จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการตรวจจับ สาเหตุแห่งความผิดพลาด แล้วทำการกำจัดทิ้งโดยจะทำควบคู่ไปกับการพยายามลดสาเหตุธรรมชาติแห่งความผันแปรอย่างต่อเนื่อง

สาเหตุด้านความผันแปรของระบบการวัดเหล่านี้ จะมีผลทำให้ค่าวัดที่ได้มาเบี่ยงเบนไปจากค่าจริงของสิ่งวัดเสมอ กล่าวคือ ถ้าให้ X แทนค่าที่วัดได้ และ μ แทนค่าจริงของสิ่งที่ได้รับการวัด จะได้ว่า $X= \mu + \varepsilon$ โดยให้ ε แทนค่าความคลาดเคลื่อนของค่าวัด ซึ่งในการวิเคราะห์ระบบการวัดนี้ มีจุดประสงค์สำคัญในการวิเคราะห์ คือ การวิเคราะห์ถึงแหล่งของความคลาดเคลื่อนในระบบการวัดแล้วทำการแก้ไขปรับปรุง

2.4.1 การวิเคราะห์ความถูกต้อง (Accuracy)

ค่าความถูกต้อง หมายถึง สมบัติการเข้าใกล้ของค่าเฉลี่ยจากทดลองวัดหลาย ๆ ครั้งเทียบกับค่ามาสเตอร์หรือค่าอ้างอิง โดยการวิเคราะห์ระบบการวัดถึงคุณสมบัติด้านความถูกต้องนี้

- ค่าไบอัส (Bias) และ ค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรง
- ค่าเสถียรภาพของระบบการวัด

การวิเคราะห์สมบัติด้านไบอัสและคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัด

ค่าไบอัส หมายถึง ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า ที่ได้จากการวัดจากค่าอ้างอิง หรือค่ามาสเตอร์

คุณสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัด หมายถึง การที่ค่าไบอัสของระบบการวัด จะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงไปตลอดย่านวัดของระบบการวัด ถ้าหากค่าไบอัสมีการเปลี่ยนแปลงไป

เมื่อย่านการวัดเปลี่ยน หมายถึง ระบบการวัดนั้นขาดคุณสมบัติเชิงเส้นตรง นอกจากนี้ค่าความแม่นยำของค่าวัดจะมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่อเปลี่ยนย่านการวัดไป

ค่ามาสเตอร์ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดซ้ำ ด้วยเครื่องมือที่มีความแม่นยำสูงกว่าภายใต้สภาวะควบคุม หรือห้องปฏิบัติการสอบเทียบ และต้องสามารถสอบกลับได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ค่ามาสเตอร์ถูกกำหนดจากเวลามาตรฐานประเทศไทย เพื่อใช้ในการตรวจสอบค่าไบอัสของนาฬิกาจับเวลาที่ใช้ในงานวิจัยซึ่งมีความคลาดเคลื่อนที่ 1/1,000 วินาที (เวลามาตรฐานประเทศไทย) ซึ่งใช้นาฬิกาปรมาณูหรือนาฬิกาอะตอม ที่ผลิตความถี่มาจากธาตุรูบิเดียม 87 เป็นอุปกรณ์ผลิตความถี่หลัก มีความคลาดเคลื่อนที่ 1 ในล้านวินาที ซึ่งสามารถเรียกสัญญาณเวลามาตรฐานได้จากโทรศัพท์หมายเลข 181 ซึ่งเป็นบริการแจ้งสัญญาณสอบเทียบเวลามาตรฐาน (ที่มา: กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ www.navy.mi.th)

2.4.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำ

ในการวิเคราะห์ความแม่นยำ มุ่งพิจารณา 2 ประเด็นหลัก คือ คุณสมบัติเชิงสถิติของค่าวัดมีความไวต่อเทคนิคของพนักงานวัดหรืออุปกรณ์การวัดหรือไม่ และระบบการวัดที่พิจารณามีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของผลิตภัณฑ์ ที่แสดงถึงความผันแปรของกระบวนการผลิตหรือไม่ ซึ่งคุณสมบัติด้านความแม่นยำนี้ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามช่วงเวลาที่เกิดขึ้น ดังนี้คือ ความสามารถในการทำซ้ำหรือรีพีททะบิลิตี้ และความสามารถทำเหมือนหรือรีโปรดิวซิบิลิตี้ โดยที่รีพีททะบิลิตี้ของระบบวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่องกับงานชิ้นเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกัน และด้วยพนักงานคนเดียวกัน ซึ่งโดยปกติจะใช้ค่ารีพีททะบิลิตี้ ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดในระยะสั้น ส่วนรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของการวัด กับสิ่งตัวอย่างเดียวกัน ด้วยเครื่องมือเดียวกัน แต่ต่างพนักงานกัน และโดยปกติจะใช้ค่ารีโปรดิวซิบิลิตี้ ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดในระยะยาว

2.5 การวิเคราะห์ปัจจัย

การวิเคราะห์ปัจจัยมีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบปัจจัยก่อนการทดลอง เพื่อยืนยันความเชื่ออย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งวิธีนี้เรียกว่า การทดสอบสมมติฐาน (Test of Hypothesis) โดยมีการกำหนดให้ α มีค่าคงที่แล้วลดความเสี่ยง β ให้เหลือน้อยเท่าที่กำหนด เมื่อแสดงสมมติฐานจะได้ว่า

$$\alpha = P(\text{การปฏิเสธ } H_0 / H_0 \text{ เป็นจริง}) \qquad (2.1)$$

ดังนั้นในการกำหนดสมมติฐาน เพื่อการทดสอบนี้ จึงได้จากการดำเนินการภายใต้สมติฐานที่เป็นจริงเสมอด้วยเงื่อนไขในงานวิศวกรรมและค่าความเสี่ยง α เป็นค่าความน่าจะเป็น จึงมีความจำเป็นต้องกำหนดให้พารามิเตอร์มีค่าเท่ากับค่าค่าหนึ่ง สำหรับการกำหนด H_0 เสมอ เพราะมิฉะนั้นจะไม่สามารถทดสอบได้ ในการกำหนดค่าความเสี่ยง α นี้ โดยปกติผู้ตัดสินใจจะกำหนดค่าต่ำ ๆ โดยนิยมที่ค่า 0.05 หรือ 0.01 เมื่อเป็นการตัดสินใจแบบยืนยัน หรือนิยมที่ค่า 0.25 หรือ 0.30 เมื่อเป็นการตัดสินใจแบบค้นหาหรือวิจัยเพื่อพัฒนา ซึ่งหมายความว่า โอกาสที่จะตัดสินใจเลือก H_1 จะมีค่าน้อยมากตามค่าของ α ดังนั้นการตัดสินใจเลือก H_1 จึงอยู่ภายใต้สถานการณ์ที่มีเหตุผลยืนยัน จึงถือว่าการตัดสินใจเลือก H_1 หรือการปฏิเสธ H_0 นี้ เป็นการตัดสินใจแบบยืนยัน (Strong Conclusion) ในขณะเดียวกันก็มีโอกาสสูงมากต่อการเลือก H_0 ที่อยู่ภายใต้ข้อกำหนดแล้วว่าถ้าให้ H_0 เป็นจริงก่อน ดังนั้นจึงถือว่าการตัดสินใจเลือก H_0 นี้เป็นการตัดสินใจแบบไม่ยืนยัน (Weak Conclusion) และแทนที่จะเรียกการตัดสินใจดังกล่าวว่า การยอมรับ H_0 ควรเปลี่ยนเป็น การไม่มีเหตุผลอย่างเพียงพอต่อการปฏิเสธ H_0

2.6 การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ

การออกแบบการทดลอง หมายถึง กระบวนการในการวางแผนการทดลอง เพื่อจะให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสม ที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์โดยวิธีทางสถิติ ซึ่งจะทำให้เราสามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลได้ วิธีการออกแบบการทดลองในเชิงสถิติเป็นสิ่งที่จำเป็น ถ้าเราต้องการหาข้อสรุปที่มีความหมายจากข้อมูลที่เรามีอยู่ และถ้ายิ่งปัญหาที่สนใจนั้น เกี่ยวข้องกับความผิดพลาดในการทดลอง วิธีทางสถิติจะเป็นวิธีการเดียว ที่จะสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองนั้นได้ ดังนั้นสิ่งสำคัญ 2 ประการ สำหรับปัญหาที่เกี่ยวกับการทดลอง คือ การออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ซึ่งศาสตร์ทั้งสองนี้มีความเกี่ยวข้องกันมา ทั้งนี้ เพราะว่าวิธีการวิเคราะห์เชิงสถิติที่เหมาะสมนั้น จะขึ้นอยู่กับการออกแบบการทดลองที่จะนำมาใช้

2.6.1 หลักการพื้นฐาน

หลักการพื้นฐานของการออกแบบการทดลองประกอบด้วยหลักการ 3 ประการ คือ

1. เรพลิเคชั่น(Replication)
2. แรนดอมไมเซชั่น (Randomization)
3. บล็อกกิ้ง (Blocking) โดยมีข้อกำหนดดังนี้

เรพลิเคชั่น (Replication)

การทำการทดลองซ้ำ โดยเรพลิเคชั่นมีคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการ คือ ประการแรกเรพลิเคชั่นทำให้ผู้ทดลองสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้ ตัวประมาณค่าความผิดพลาดนี้กลายเป็นหน่วยของการวัดขั้นพื้นฐาน สำหรับพิจารณาว่าความแตกต่างสำหรับข้อมูล ที่ได้จากการทดลองนั้น มีความแตกต่างกันในเชิงสถิติหรือไม่ ประการที่สอง ถ้าค่าเฉลี่ยถูกนำมาใช้เพื่อประมาณผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งในการทดลอง ดังนั้นเรพลิเคชั่นจะทำให้ผู้ทดลอง สามารถหาตัวประมาณที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในการประมาณผลนี้

แรนดอมไมเซชั่น (Randomization)

เป็นพื้นฐานสำหรับการใช้วิธีการเชิงสถิติ ในการออกแบบการทดลอง แรนดอมไมเซชั่น หมายถึงการทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม วิธีเชิงสถิติกำหนดว่า ข้อมูลหรือความผิดพลาด จะต้องเป็นตัวแปรแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระ การที่เราแรนดอมไมซ์ การทดลองทำให้เราสามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจจะปรากฏในการทดลองได้

บล็อกกิ้ง (Blocking)

เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรงให้แก่การทดลอง บล็อกหนึ่ง อาจจะหมายถึง ส่วนหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ที่ควรจะมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันมากกว่าเซตทั้งหมดของวัสดุ การเปรียบเทียบเงื่อนไขที่น่าสนใจต่าง ๆ ภายในแต่ละบล็อก จะเกิดขึ้นได้จากการทำบล็อกกิ้ง

2.6.2 การเลือกแบบการทดลองเพื่อคัดเลือกปัจจัย (Screening Factor)

การทดลองเป็นการทดลอง เพื่อพิสูจน์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปัญหา ซึ่งคณะทำงานเลือกใช้วิธีการทดลองแบบ OFAT: One Factor at A Time มาใช้พิสูจน์ปัจจัยต่าง ๆ เนื่องจากปัจจัยที่คาดว่ามีผลกระทบต่อปัญหามีจำนวนมาก ซึ่งทำให้ส่งผลกระทบต่อเวลาในการทดลอง

การหาขนาดของสิ่งตัวอย่าง

ซึ่งสามารถหาได้จากโปรแกรม Minitab ซึ่งการหาขนาดสิ่งตัวอย่าง จะมีความสำคัญอย่างมาก ในการลดความผิดพลาดชนิดที่ 2 (Type II Error: β) หรือเป็นการลดความเสี่ยงในการยอมรับสมมติฐาน เมื่อสมมติฐานเป็นเท็จ ซึ่งจะต้องกำหนดค่าความผิดพลาดชนิดที่ 1 (Type I Error: α) ไว้ที่ค่า ๆ หนึ่ง เรียกว่า การกำหนดความเสี่ยงในการปฏิเสธสมมติฐาน เมื่อสมมติฐานเป็นจริง ทั้งนี้เนื่องจากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการทดลอง เป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ แต่สามารถควบคุมให้อยู่ในค่าที่ต้องการได้ โดยการออกแบบการทดลอง ดังนั้นในการออกแบบการทดลองต้องทำการประเมินความเสี่ยงดังกล่าวก่อน ซึ่งสามารถหาได้จากโปรแกรม Minitab โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ความไว เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ α , β , D และ σ ซึ่งสำหรับโครงงานวิจัยนี้ การหาจำนวนรอบของการทำซ้ำ เพื่อเฉลี่ยปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ออกไป กำหนดที่ความผิดพลาดประเภทที่ 1 ที่ 5 เปอร์เซ็นต์

ความแตกต่างวิกฤต (Critical Different: D) และ ความผันแปรของกระบวนการ σ

สามารถกำหนดได้ โดยอาศัยประสบการณ์และความรู้ในเชิงวิศวกรรม คณะทำงานกำหนดค่าความแตกต่างวิกฤต ในลักษณะของอัตราส่วน D/σ หมายถึง ความแตกต่างที่ต้องการตรวจพบในหน่วยความผันแปรของกระบวนการ โดยกำหนดให้อัตราส่วนความแตกต่างวิกฤตมีค่าเท่ากับ 2 คือ มีค่าเป็น 2 เท่าของค่าความผันแปรของกระบวนการ (และให้ความผันแปร: Assumed Standard Deviation มีค่าเป็น 1) ซึ่งมาจากความรู้จากประสบการณ์ในงานจริง ว่าหากค่าเฉลี่ยของเวลาที่วัดได้ของกระบวนการมีค่าเปลี่ยนแปลงไป 3 เท่าของค่าความผันแปรของกระบวนการ จะมีผลต่อการตัดสินใจในการปรับเปลี่ยนกระบวนการ

ทำการทดลอง

เมื่อทำการทดลอง เราจะต้องติดตามดูกระบวนการทำงานอย่างระมัดระวัง เพื่อให้แน่ใจว่าการดำเนินการทุกอย่างเป็นไปตามแผน ถ้ามีอะไรผิดพลาดเกิดขึ้น เกี่ยวกับวิธีการทดลองในขั้นตอนนี้จะทำให้การทดลองที่ทำนั้นใช้ไม่ได้ ดังนั้นการวางแผนในตอนแรก จะมีความสำคัญอย่างมากต่อความสำเร็จที่จะเกิดขึ้น

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

นำเอาวิธีการทางสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อว่าผลลัพธ์และข้อสรุปที่เกิดขึ้นจะได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง ถ้าการทดลองได้ถูกออกแบบไว้เป็นอย่างดี และถ้าเราทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ วิธีการทางสถิติที่จะนำมาใช้นั้น จะเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อนและเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ

สรุปและเสนอแนะ

เมื่อเราได้วิเคราะห์ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ผู้ทดลองจะต้องหาข้อสรุปในทางปฏิบัติและแนะนำแนวทางของกิจกรรมที่จะเกิดขึ้น และนอกจากนี้การทำการทดลองเพื่อยืนยันผล ควรจะทำขึ้นเพื่อที่จะตรวจสอบความถูกต้องของข้อสรุปที่เกิดขึ้นอีกด้วย

2.7 การประยุกต์ใช้การผลิตแบบลีน

2.7.1 การผลิตแบบดึง

การผลิตแบบดึงมี 2 มุมมอง ดังนี้

1. ในการผลิต-การผลิตแบบดึง คือ การผลิตชิ้นงานตามปริมาณความต้องการ หรือการบริโภคของลูกค้าเท่านั้น
2. ในการควบคุมวัสดุ-การผลิตแบบดึง คือ การเบิกสินค้าคงคลังตามปริมาณความต้องการของผู้ใช้เท่านั้น และวัสดุจะไม่ถูกจ่ายออกไปจนกว่าจะมีสัญญาณมาจากผู้ใช้ที่อยู่ปลายทาง

ระบบดึง

ลูกค้า คือ คนปล่อยสัญญาณกระตุ้นให้เกิดการผลิตและการเบิกวัสดุ การผลิตแบบดึง จะเริ่มต้นจากลูกค้าภายนอก (External Customer) และจะมีการกระตุ้นส่งสัญญาณตลอดทาง ย้อนหลัง กลับผ่านไปตามกระบวนการผลิต โดยลูกค้าที่อยู่ปลายทาง (Downstream) หรือลูกค้าภายใน (Internal Customer) ของแต่ละจุดปฏิบัติการ

เปรียบเทียบ “การดึง” กับ “การผลัก”

การผลิตแบบดึง กำจัดความสูญเปล่าที่เป็นผลมาจากระบบการผลัก ซึ่งเป็นแบบดั้งเดิมยิ่งกว่าของการผลิต ซึ่งวัสดุจะถูกเคลื่อนย้ายจากจุดปฏิบัติการต้นทาง ไปยังจุดปฏิบัติการที่อยู่ปลายทางทันทีที่มีวัสดุเข้ามา ในระบบผลัก วัตถุดิบที่มีอยู่นั้นจะได้รับอนุญาตให้ใช้ทำการผลิตได้ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการผลิตมากเกินไป หรือมีการส่งมอบล่าช้า ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการส่งมอบล่าช้า จึงมีการผลิตสินค้าคงคลังเข้ามาเก็บไว้ ในคลังสินค้าและที่ทุก ๆ จุดเชื่อมต่อกระบวนการสำคัญ ๆ นอกจากนั้นจะมีคอขวดเกิดขึ้น เมื่อกระบวนการปลายทางไม่สามารถผลิตได้ทันจุดที่อยู่ต้นทางและแรงกดดันให้ผลิตนั้น เป็นผลมาจากการผลิตมากเกินไปที่จุดต้นทาง ไม่ใช่ผลิตตามปริมาณความต้องการของตลาด ที่แท้จริง

กฎการผลิตแบบดึงด้วยคัมบัง

คัมบัง (Kanban) หมายถึง บัตร หรือ ป้าย ในภาษาญี่ปุ่น ระบบคัมบังจะใช้บัตรและสัญญาณที่มองเห็นได้ด้วยสายตาอื่น ๆ เพื่อควบคุมการไหลและการผลิตของวัสดุ

พนักงานและหัวหน้างานทุกคน จะต้องตระหนักถึงและได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับกฎเหล่านี้พร้อมทั้งปฏิบัติด้วย

กฎที่ 1 : กระบวนการที่อยู่ปลายทางเบิกชิ้นงานจากกระบวนการที่อยู่ต้นทาง

กฎที่ 2 : กระบวนการที่อยู่ต้นทางผลิตเฉพาะสิ่งที่ถูกเบิกไปเท่านั้น

กฎที่ 3 : ทุกกระบวนการส่งเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีข้อบกพร่อง 100 เปอร์เซ็นต์ ไปยังกระบวนการถัดไปเท่านั้น ทุกกระบวนการจะไม่ยอมรับชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องเข้าสู่จุดปฏิบัติการของตน

กฎที่ 4 : มีการจัดทำการปรับเรียบการผลิตเพื่อทำให้มั่นใจได้ว่าเป็นไปตามมาตรฐานแบบ ลูกค้าเป็นผู้กำหนด

กฎที่ 5 : คัมบังต้องติดไปกับตัวชิ้นส่วนเสมอ เพื่อเป็นการควบคุมด้วยสายตา

กฎที่ 6 : ลดจำนวนคัมบังลงตลอดระยะเวลาเพื่อเผยให้เห็นพื้นที่ที่ต้องการการปรับปรุงซึ่งซ่อนอยู่

บทที่ 3 สภาพโดยทั่วไปและการดำเนินงานของโรงงาน

3.1 ข้อมูลจำเพาะเกี่ยวกับโรงงานที่ทำการศึกษาวิจัย

จากความต้องการอุปกรณ์ชิ้นส่วนอิเลคทรอนิคส์เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะความต้องการทางด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ มีอัตราการขยายตัวของตลาดอย่างมาก จึงทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์มีการเจริญเติบโตมากขึ้นด้วย หนึ่งในผู้ที่ประสบความสำเร็จนั้น ก็คือ กลุ่มคอมพาร์ทกรุ๊ป ซึ่งก่อตั้งเมื่อเดือนกันยายน พ.ศ. 2539 ณ เมืองเฉินเซิน ประเทศจีน ต่อมามีการขยายตัวของกิจการ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการในปัจจุบัน จึงได้ก่อตั้ง บริษัท คอมพาร์ท พรีซิชั่น (ประเทศไทย) จำกัด ขึ้นเมื่อเดือนมกราคม พ.ศ. 2546 โรงงานตั้งอยู่ที่นิคมอุตสาหกรรมไฮเทค จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เริ่มสร้างในที่ดิน 7 ไร่ มีพื้นที่ใช้สอยในโรงงานประมาณ 5,500 ตารางเมตร มีจำนวนพนักงาน 1,500 คน

ประวัติความเป็นมา :

กันยายน	2539	ก่อตั้งขึ้นในฐานะที่เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์ ณ เมืองเฉินเซิน ประเทศจีน
	2540	ผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่ง บจก. ซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย)
	2541	ผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่ง บริษัท IBM
เมษายน	2543	ได้รับรางวัลผู้ผลิตและพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
	2546	รางวัลการสร้างมาตรฐานบริหารคุณภาพด้วยแนวทางซิก ซิกซ์ม่า จาก บจก. ซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย)
มกราคม	2546	การขอรับรองมาตรฐาน ISO 9001 : 2000
ตุลาคม	2546	การขอรับรองมาตรฐาน QS 9000 : 1998
พฤศจิกายน	2547	การขอรับรองมาตรฐาน ISO 14001 : 1996

3.1.2 วิสัยทัศน์

การเจริญเติบโต ขยายฐานการผลิตรองรับตลาดโลก เพื่อขานรับนโยบายการสนับสนุนของรัฐบาลที่ให้ความสำคัญกับอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยพร้อมที่จะก้าวอย่างมั่นคงและพัฒนาอย่างต่อเนื่องพร้อมกับการเจริญเติบโตของตลาดโลก โดยการพัฒนาปรับปรุงเพื่อความเป็นเลิศทางด้านคุณภาพและการบริการ รวบรวมนวัตกรรมเทคโนโลยีการผลิตและต้นทุนต่ำสุด โดยมุ่งเน้นความพึงพอใจของลูกค้า

3.1.3 เป้าหมายในปี 2549

ขยายฐานการผลิต โดยการสร้างโรงงานเพิ่มขึ้นบนพื้นที่ 11 ไร่ มีพื้นที่ใช้งาน 4,000 ตารางเมตร และรับพนักงานเพื่อเพิ่มสายการผลิตอีก 1,000 คน บริษัทมีการตั้งเป้าหมายอย่างชัดเจน โดยมุ่งเน้นที่ความพึงพอใจของลูกค้า จนได้มีสัดส่วนการตลาดเพิ่มมากขึ้น และพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตและการส่งมอบอย่างต่อเนื่องทำให้บริษัท คอมพาร์ท พรีซิชั่น (ประเทศไทย) จำกัด มุ่งมั่นทำตามเป้าหมายที่วางไว้ทำให้ประสบความสำเร็จและมีประสิทธิภาพ

3.1.4 เทคโนโลยี

บริษัทฯ ได้คำนึงถึงความสำคัญของเทคโนโลยีเป็นอย่างยิ่ง โดยแสวงหาเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้ในการผลิตและการตรวจสอบคุณภาพการผลิตเสมอ ด้านบุคลากรมีการอบรมเพิ่มความรู้ ความสามารถเฉพาะตัว ความเชี่ยวชาญพิเศษมาใช้ในการปฏิบัติงาน เพื่อสร้างความแตกต่างด้วยการเพิ่มคุณภาพผลผลิตที่มีความละเอียดความถูกต้องแม่นยำสูง เพื่อตอบสนองทุกความต้องการของลูกค้า ไม่ว่าชิ้นนั้นจะยากแค่ไหน ด้วยความพร้อมทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำที่ทันสมัย เช่น ในการใช้ CMM, Profile Project, Resonance Tester และมีห้องคลีนรูม Class 100 (Rest Floor 60 CM.Hight) สำหรับใช้ในการควบคุมสภาวะแวดล้อม ในการผลิตที่ออกแบบมาเพื่อให้เหมาะสมกับงานที่ต้องการความสะอาดสูง

3.1.5 กลยุทธ์ของบริษัทฯ

กลยุทธ์ที่สำคัญของบริษัทฯ คือ การสร้างความเชื่อมั่นด้วยมาตรฐานการผลิต คิดค้นเทคโนโลยี เครื่องจักร อุปกรณ์และวิธีการผลิตที่มีประสิทธิผลโดยมุ่งเน้น ดังนี้

1. การคิดค้นปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตที่เหมาะสม เพื่อตอบสนองความต้องการลูกค้า
2. การลดต้นทุนการผลิต โดยการจัดซื้อทรัพยากรในกลุ่มคอมพาร์ทกรุ๊ป
3. การลดต้นทุนการผลิตที่มีประสิทธิผล โดยการเลือกสถานที่ในการสร้างโรงงานผลิต
4. การสร้างความร่วมมือกับผู้ส่งมอบชิ้นส่วนและวัตถุดิบ
5. การควบคุมกระบวนการผลิต ตั้งแต่การออกแบบ การเลือกใช้เทคโนโลยีในการผลิต การกำหนดปัจจัยในการควบคุมต่าง ๆ ได้แก่ รอบเวลาในการผลิต การควบคุมต้นทุน การควบคุมคุณภาพ

3.1.6 ฐานการผลิตและศูนย์การบริการลูกค้า

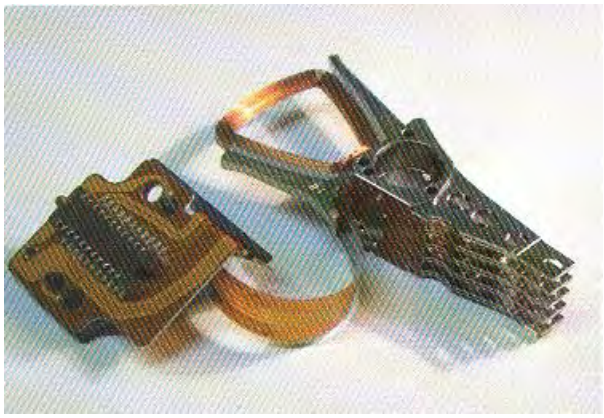
เครือคอมพาร์ทกรุ๊ป มีฐานการผลิตในรัฐแคลิฟอร์เนีย จีน และประเทศไทย โดยมีศูนย์กลางบริการลูกค้าตั้งอยู่ที่ประเทศสิงคโปร์และ Mauritius

3.2 ผลิตภัณฑ์: Products

แขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ หรือที่เรียกว่า Hook Up โดยมีการนำเข้าวัตถุดิบ จากบริษัทในเครือคอมพาร์ทกรุ๊ป ประเทศจีน เข้ามาทำการประกอบร่วมกับชิ้นส่วนที่ผลิตในประเทศไทย

3.2.1 ส่วนประกอบแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ หรือที่เรียกว่า Hook Up

ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่สำเร็จออกจากสายการผลิตจะได้ ส่วนประกอบของหัวอ่านเขียนสำเร็จ คือ แขนจับหัวอ่านเขียนสำเร็จ หรือที่เรียกว่า Hook Up แสดงดังรูปที่ 3.1 ส่งจำหน่ายต่อยังผู้ประกอบ Disc Drive โดยนำไปประกอบกับชิ้นส่วนหัวอ่าน- เขียนสำเร็จ (Head Gimbals Assembly, HGA) จะได้ชุดหัวอ่าน - เขียนสำเร็จ (Head Stack Assembly, HSA) ซึ่งพร้อมจะประกอบในฮาร์ดดิสก์ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 แขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ หรือ Hook Up ซึ่งจะประกอบกับหัวอ่าน-เขียนคอมพิวเตอร์หรือ HGA

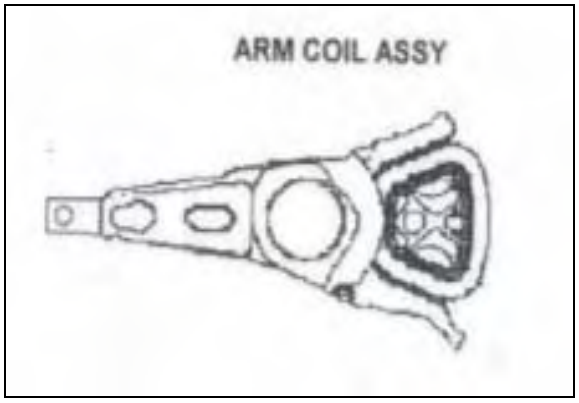
รูปที่ 3.2 ชุดหัวอ่าน-เขียนสำเร็จที่จะประกอบในฮาร์ดดิสก์

โครงงานวิจัยอุตสาหกรรมนี้ ได้ทำการศึกษาสายงานประกอบแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ ส่งให้โรงงานที่ประกอบฮาร์ดดิสก์ ซึ่งมีวัตถุดิบหลักนำมาประกอบในสายการผลิต 3 ส่วน คือ

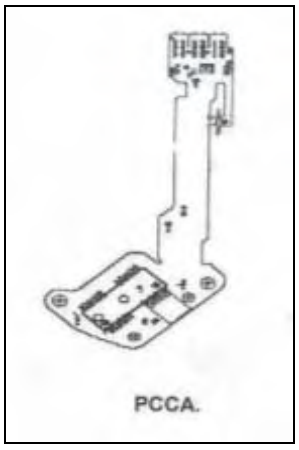
1. อาร์ม คอย แอสเซมบลี (Arm Coil Assembly) ทำหน้าที่เป็นฐานหรือส่วนประกอบของชุดหัวอ่านโดยมีคอยล์ เป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็ก

2. ซีเอ (PCCA) ทำหน้าที่เป็นแผงวงจรไฟฟ้า

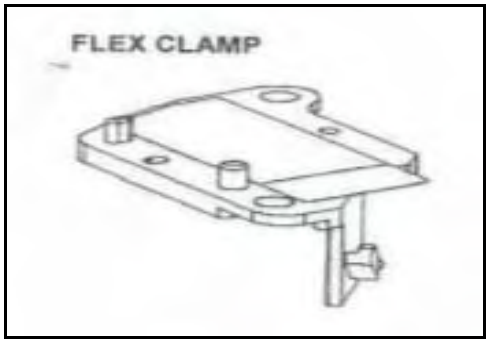
3. เฟล็ค แคล้ม (Flex Clamp) เป็นแผ่นรองพีซีซีเอ ทำหน้าที่คล้ายกับฐานคอนเน็คเตอร์ ซึ่งลักษณะของแต่ละส่วนประกอบที่ได้กล่าวถึงในส่วนข้างต้น แสดงในรูปที่ 3.3 รูปที่ 3.4 รูปที่ 3.5 ตามลำดับ และรูปที่ 3.6 แสดงการนำส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วน มาประกอบรวมกันในสายการผลิตได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จ คือ แขนจับหัวอ่านเขียนสำเร็จ



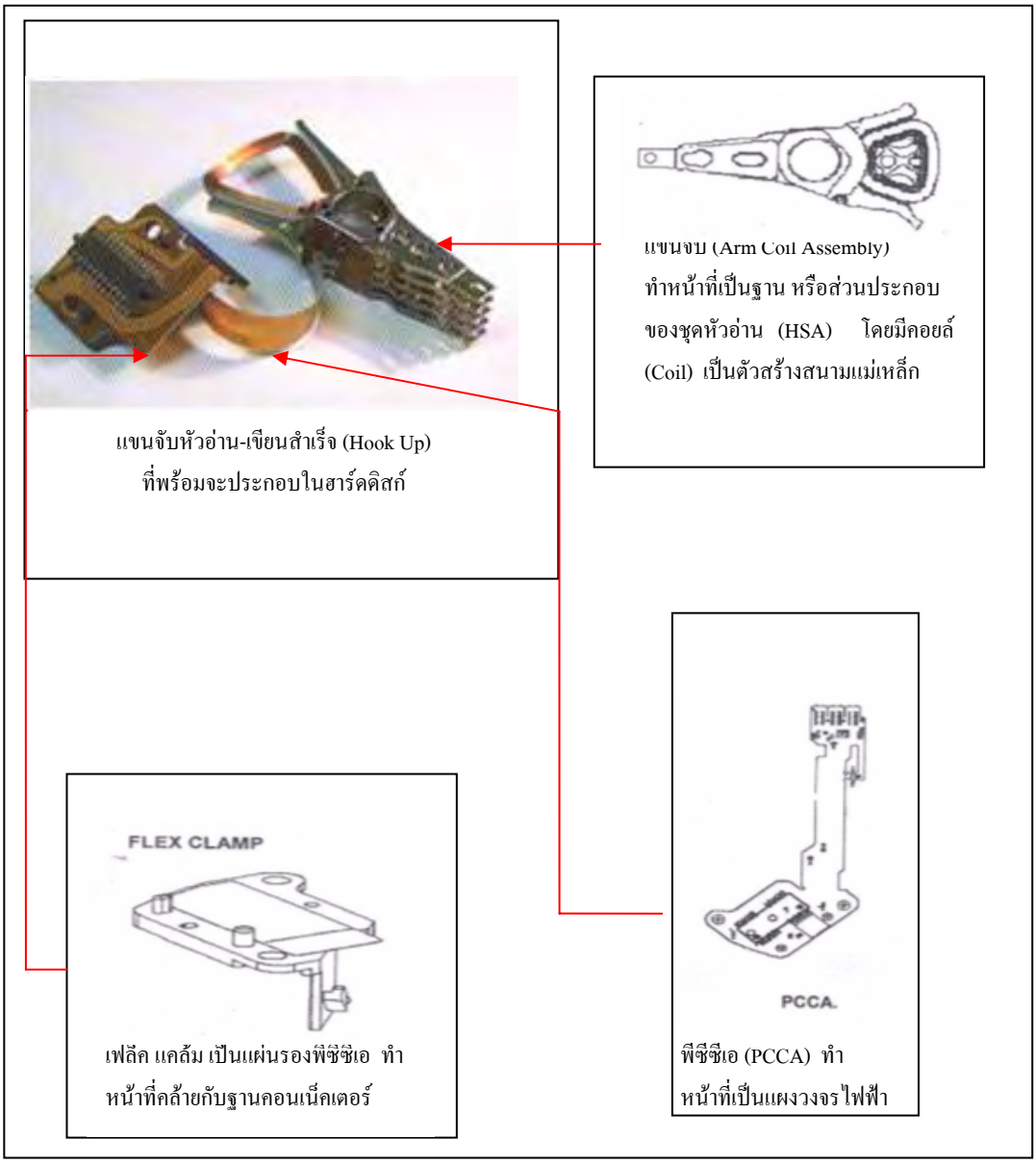
รูปที่ 3.3 แขนจับ (Arm Coil Assembly)



รูปที่ 3.4 พีซีซีเอ (PCCA)



รูปที่ 3.5 เฟล็ค แคล้ม (Flex Clamp)



รูปที่ 3.6 ส่วนประกอบของแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6

3.3 กระบวนการผลิต

1. Material Preparation คือ การนำส่วนประกอบของชิ้นงานทั้ง 3 ส่วน ใส่ลงในถาดที่บรรจุสำหรับ 12 ชิ้น

2. Stiffener Bending คือ การดัด Stiffener ที่ PCCA

3. Barcode Attach to Flex Clamp คือ การติดบาร์โค้ดบนชิ้น Flex Clamp

4. PCCA Barcode & Hook up คือ การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นงานแต่ละชิ้น Barcode Scanning เพื่อให้สะดวกในการติดตาม

5. Flex Clamp Assembly คือ การประกอบ Flex Clamp ติดกับ PCCA

6. PCCA Soldering คือ การบัดกรี PCCA ติดกับ ACA

7. Adhesive Dropping Fixture คือ การหยอดกาวทับเส้น Wire เพื่อป้องกันไฟลัดวงจร

8. UV Curing System คือ การอบกาวให้แห้งสนิท

9. VMI คือ การตรวจชิ้นงาน

10. Unload to Rack คือ การจัดชิ้นงานลงในชั้นวาง เพื่อให้พร้อมสำหรับขั้นตอนในการทำความสะอาด

11. JCS Cleaning คือ การทำความสะอาดชิ้นงาน ด้วยเครื่องล้างทำความสะอาด

12. Unload to Tray คือ การจัดชิ้นงานลงถาด เพื่อให้พร้อมสำหรับกระบวนการผลิตถัดไป

13. ET-Test คือ ตรวจสอบการจัดเรียงของสนามแม่เหล็ก

14. FVMI (All) คือ การตรวจสอบครั้งสุดท้าย เพื่อป้องกันไม่ให้มีชิ้นงานที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหลุดออกไปยังลูกค้า ซึ่งเป็นการตรวจสอบด้วยสายตา

15. Swage Pad Height คือ การตรวจสอบระยะของแขนจับ

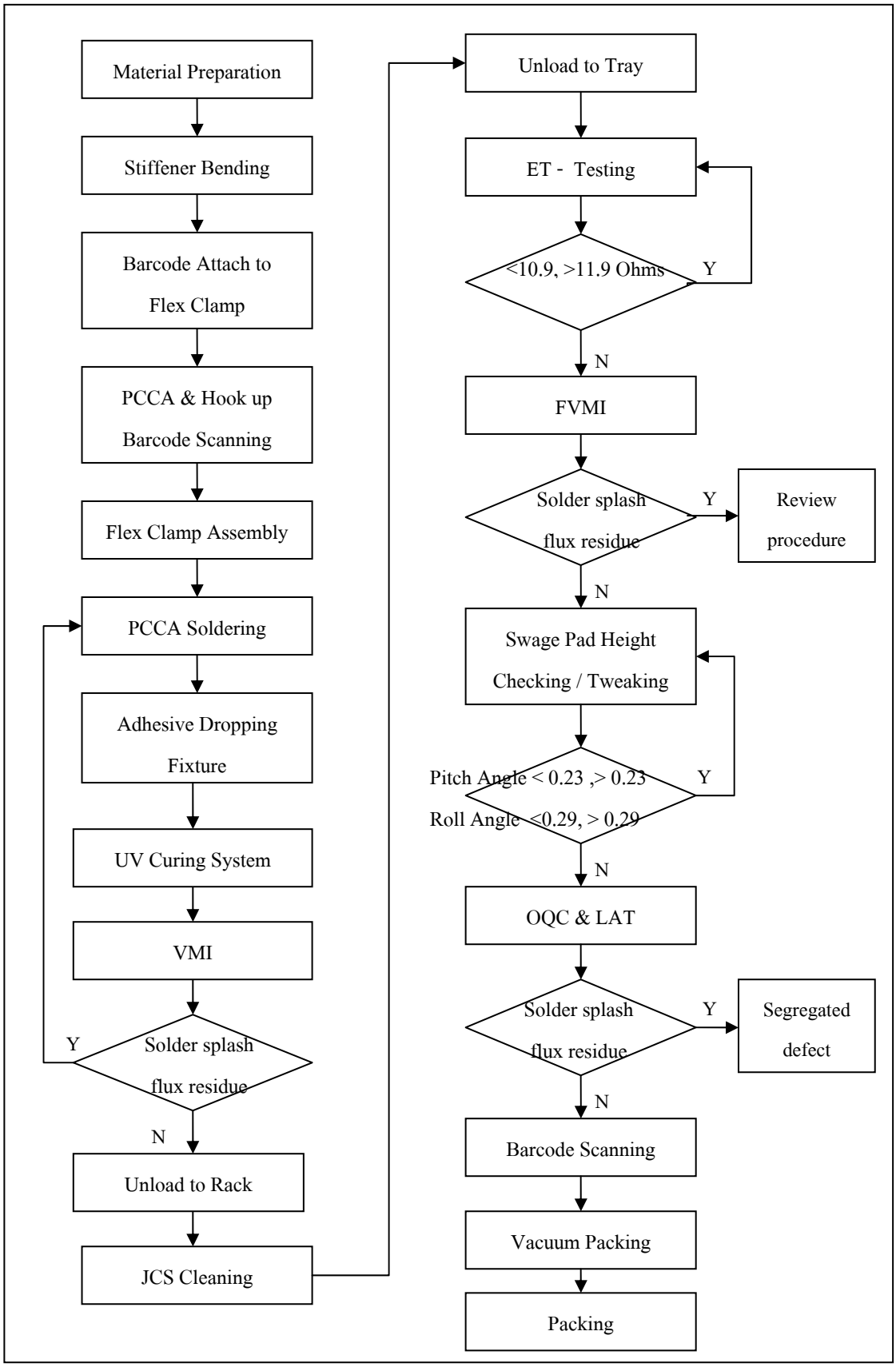
16. OQA & LAT คือ การสุ่มตรวจชิ้นงาน

17. Barcode Scanning คือ การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นงานแต่ละชิ้น เพื่อให้สะดวกในการติดตาม

18. Vacuum Packing คือ นำถาดที่บรรจุชิ้นงาน ส่งให้ลูกค้าไปบรรจุถุงพลาสติกปิดผนึกและทำให้เป็นสุญญากาศ ถุงละ 5 ถาด (40 ชิ้น)

19. Packing คือ นำถาดที่บรรจุชิ้นงานส่งให้ลูกค้า ไปบรรจุถุงพลาสติกปิดผนึก และทำให้เป็นสุญญากาศ ถุงละ 5 ถาด (40 ชิ้น)

ซึ่งรูปที่แสดงถึงขั้นตอนการผลิตในสายงานประกอบแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ แสดงไว้ในรูปที่ 3.7



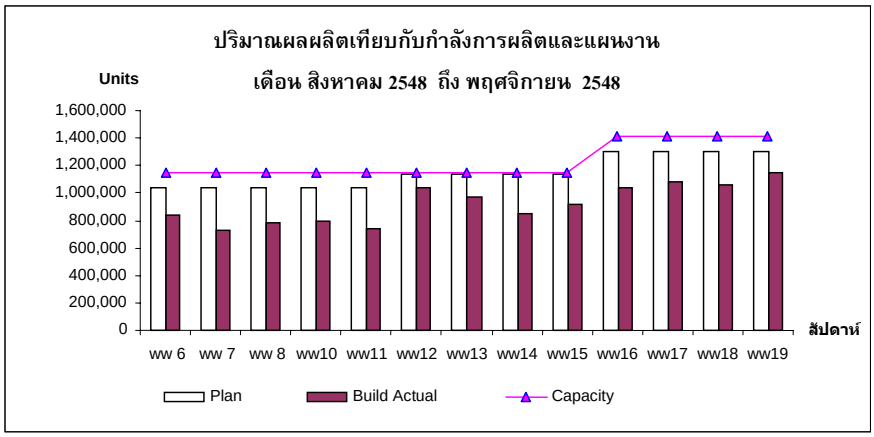
รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6

บทที่ 4 การดำเนินงาน

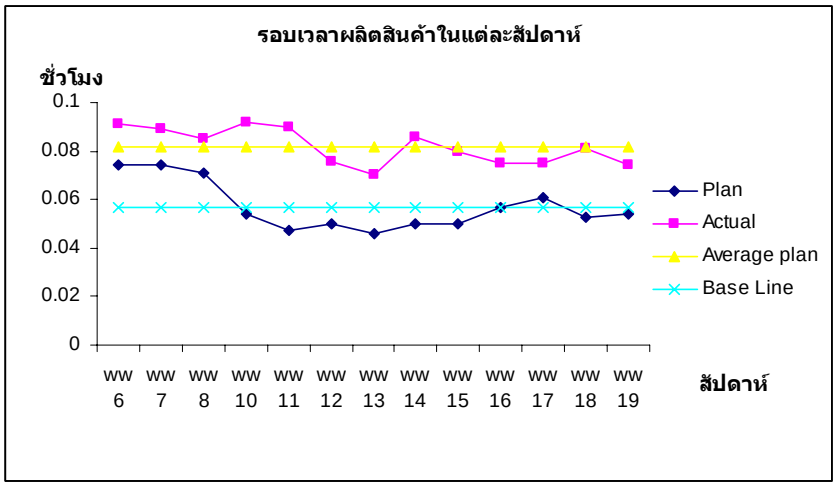
4.1 การกำหนดหัวข้อปัญหา

4.1.1 บทนำ

บริษัท คอมพาร์ท พรีซิชั่น (ประเทศไทย) จำกัด มีลักษณะการผลิตเป็นการผลิตแบบทำตามคำสั่ง โดยไม่ผลิตมากกว่าปริมาณที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งแผนการผลิตจะกำหนดจากปริมาณความต้องการของลูกค้า เมื่อปริมาณความต้องการผลิตสูงขึ้น บริษัทฯ มีการวางแผนการผลิต โดยพิจารณาจากกำลังการผลิต ซึ่งจะดำเนินการจัดสมดุลการผลิต เตรียมเพิ่มสายการผลิต สั่งซื้อเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต เพื่อรองรับแผนปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้น จากรายงานการผลิตเดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2548 พบว่า ผลผลิตไม่ได้ตามแผนการผลิตตามเวลาที่กำหนด ทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น ดังนั้น บริษัทฯ มีนโยบายที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต และจากข้อมูลเวลามาตรฐานของแผนกวิศวกรรมอุตสาหการ พบว่า กำลังการผลิตสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มสูงขึ้น แต่เวลาทำงานมีการดำเนินกิจกรรมในการผลิตที่เป็นความสูญเปล่าเกิดขึ้น ทำให้การใช้เวลาในการผลิตที่สร้างคุณค่าลดลง ซึ่งทำให้รอบเวลาการผลิตในกระบวนการสูงกว่าความเร็วที่กำหนด ทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการผลิต ส่งผลถึงรอบเวลาการผลิตที่ยาวนานขึ้น ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 ซึ่งแสดงปริมาณผลผลิตที่ได้น้อยกว่าแผนงานและรอบเวลาผลิตสินค้า ในแต่ละสัปดาห์สูงกว่าแผนที่กำหนด

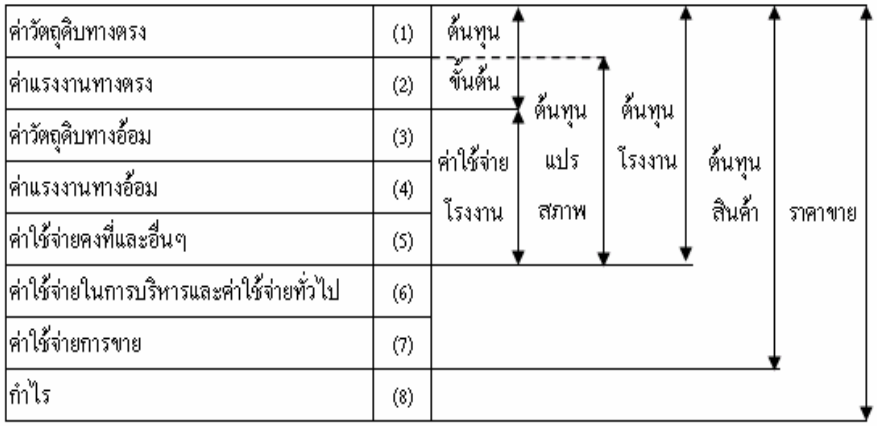


รูปที่ 4.1 ปริมาณผลผลิตเทียบกับกำลังการผลิตและแผนงาน



รูปที่ 4.2 รอบเวลาผลิตเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2548

จากรูปที่ 4.2 พบว่า รอบเวลาการผลิตเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2548 เท่ากับ 0.081 ชั่วโมงต่อยูนิต สูงกว่าแผนที่กำหนดรอบเวลาการผลิตไว้ที่ 0.061 ชั่วโมงต่อยูนิต ซึ่งการดำเนินกิจกรรมสูญเปล่าในกระบวนการต่าง ๆ ส่งผลให้รอบเวลาการผลิตสูงขึ้น ทำให้มีการทำงานล่วงเวลา เพื่อส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าตรงตามเวลาที่กำหนด และกิจกรรมต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต เป็นตัวผลักดันให้เกิดต้นทุน ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มต้นทุนแปรสภาพ เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างต้นทุน อันจะประกอบไปด้วย ต้นทุนขั้นต้นรวมกับค่าใช้จ่ายโรงงาน จะเป็นต้นทุนโรงงาน ซึ่งต้นทุนของโรงงานจะประกอบไปด้วย 1. ค่าวัตถุดิบทางตรง 2. ค่าแรงงานทางตรง 3. ค่าวัตถุดิบทางอ้อม 4. ค่าแรงงานทางอ้อม 5. ค่าใช้จ่ายคงที่และอื่น ๆ ดังรูปที่ 4.3



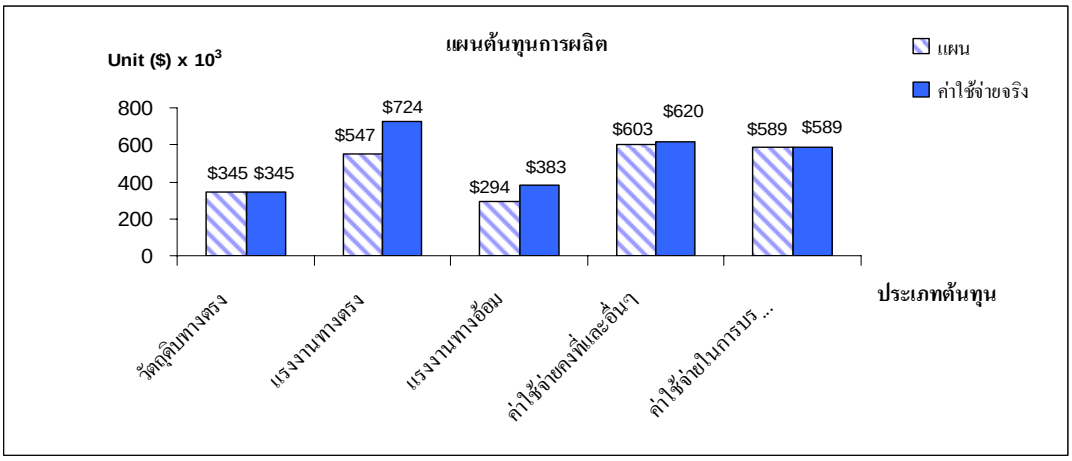
รูปที่ 4.3 โครงสร้างของต้นทุนการผลิตและการคำนวณต้นทุน

จากรายงานค่าใช้จ่ายในการผลิตเฉลี่ยต่อสัปดาห์ พบว่า ในเดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2548 พบว่าต้นทุนการผลิตหลัก คือ เวลาที่ใช้ในการผลิต 74,709 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ มีต้นทุนแปรสภาพหรือค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตเท่ากับ $ 2,329,310.49 ดังนั้นต้นทุนแปรสภาพต่อชั่วโมง คิดเป็น 31.18 USD ($2,329,310.49/74,709) จากการคิดเทียบกับกำลังการผลิตมีความสามารถผลิตได้ 1,227,240 ยูนิตต่อสัปดาห์ ซึ่งรอบเวลาผลิตเฉลี่ยต่อยูนิต คือ 0.061 ชั่วโมง (74,709/1,227,240) คิดเป็นต้นทุนแปรสภาพที่วางแผนไว้ต่อยูนิต เท่ากับ 1.902 USD ($31.18x0.061) แต่ความสามารถที่ผลิตได้จริง 921,798 ยูนิตต่อสัปดาห์ ดังนั้นรอบเวลาที่ใช้ในการผลิตจริง คือ 0.081 ชั่วโมง (74,709/921,798) คิดเป็นต้นทุนแปรสภาพต่อยูนิต 2.525 USD ($31.18x0.081) สรุปดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ต้นทุนแปรสภาพเฉลี่ยต่อสัปดาห์ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง เดือนตุลาคม 2548

รายการค่าใช้จ่าย	**ค่าใช้จ่ายในการดำเนินกิจกรรม**	
เวลาที่ใช้สำหรับการปฏิบัติงานที่แท้จริง (ชั่วโมง)	74,709	
ต้นทุนแปรสภาพที่จ่ายจริง	$2,329,310.49	
ต้นทุนแปรสภาพที่จ่ายจริงต่อชั่วโมง	$31.18	
	แผน	**ปฏิบัติจริง**
ผลิตได้ (ยูนิต)	1,227,240	921,798
รอบเวลาผลิต (ชั่วโมงต่อยูนิต)	0.061	0.081
ต้นทุนแปรสภาพที่จ่ายจริง	$1.898	$2.527
ต้นทุนแปรสภาพที่จ่ายจริง	$2,329,310.49	
ต้นทุนแปรสภาพที่วางแผนจ่ายตามกำลังการผลิต	$1,749,580.07	
ต้นทุนที่ไม่สร้างคุณค่าเพิ่ม	$579,730	

จากรายงานค่าใช้จ่าย ในการดำเนินการผลิตเดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2548 พบว่าต้นทุนวัตถุดิบอยู่ในแผนที่กำหนดไว้ แต่ต้นทุนค่าเครื่องจักรอุปกรณ์ ค่าแรงงาน ค่าดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ หรือค่าโสหุ้ย การผลิตมีค่าสูงกว่าแผนงานที่วางไว้ แสดงดังรูปที่ 4.4 ดังนั้นปัจจุบันบริษัท ฯ จึงได้มุ่งเน้นลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานและค่าโสหุ้ยการผลิต ด้วยแนวทางวิเคราะห์คุณค่ากระบวนการและปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มผลิตภาพ



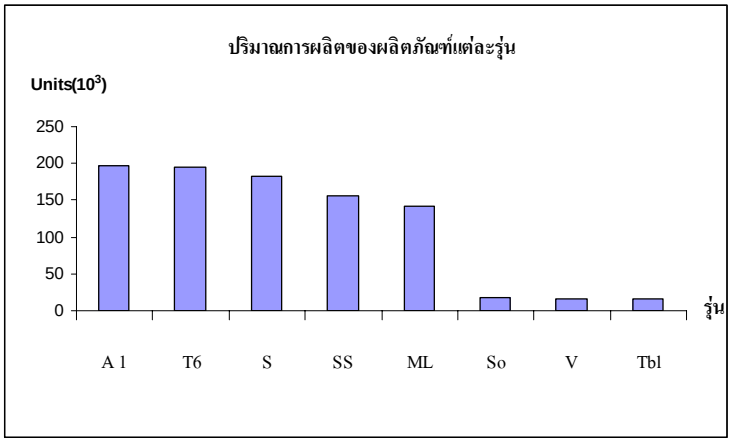
รูปที่ 4.4 แผนต้นทุนการผลิต

จากรูปที่ 4.4 แสดงแผนต้นทุนการผลิตและต้นทุนการผลิตจริง ในเดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2548 กลุ่มต้นทุนแปรสภาพ ซึ่งเกิดจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต คือ ส่วนต้นทุนแรงงานทางตรงและต้นทุนค่าโสหุ้ย ซึ่งประกอบด้วย ค่าวัตถุดิบทางอ้อม ค่าใช้จ่ายคงที่ ค่าใช้จ่ายในการบริหารและค่าใช้จ่ายทั่วไป มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าแผนที่กำหนด ซึ่งการดำเนินกิจกรรมที่เป็นความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต ทำให้รอบเวลาการผลิตยาวนานกว่าที่กำหนด และเป็นตัวผลักดันให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ดังนั้นจึงวิเคราะห์เวลาการผลิตของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากว่าบริษัท ฯ เป็นโรงงานผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ หรือที่เรียกว่า Hook Up ซึ่งมีการผลิตหลายรุ่น ได้แก่ T6 , Tbl , V , So , ML , SS , S , A1 ทำการศึกษาปริมาณการสั่งผลิตของลูกค้า เวลาที่ใช้ในการผลิต รอบเวลาการผลิตต่อยูนิต สรุปในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณการผลิตสินค้า และรอบเวลาผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่น

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่ผลิตเฉลี่ยต่อสัปดาห์	เวลาที่ใช้ผลิต (ชั่วโมง)	รอบเวลาผลิตต่อยูนิต	คิดเป็นสัดส่วนเวลาการผลิต (เปอร์เซ็นต์)
T6	195,505	48,290	0.247	45.5
Tbl	15,348	998	0.065	12.0
V	15,930	812	0.051	9.4
So	18,118	688	0.038	7.0
ML	142,158	5,402	0.038	7.0
SS	155,697	5,449	0.035	6.4
S	181,827	6,364	0.035	6.4
A1	197,215	6,705	0.034	6.3

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ผลิตภัณฑ์รุ่น T6 มีรอบเวลาผลิต 0.247 ชั่วโมงต่อยูนิต คิดเป็นสัดส่วนเวลาที่ใช้ในการผลิต 45.5 เปอร์เซ็นต์ของเวลาการผลิต ผลิตภัณฑ์ทุกรุ่นและผลิตภัณฑ์หลักที่มียอดคำสั่งผลิตมี 4 รุ่น คือ A1 , T6 , S , SS ซึ่งจากการวิเคราะห์คำสั่งการผลิต พบว่าผลิตภัณฑ์แขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 เป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในความต้องการของตลาดในปัจจุบันและในปีถัดไป แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ปริมาณการผลิตเฉลี่ยแต่ละสัปดาห์ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2548

สรุปผลิตภัณฑ์แขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรอบเวลาการผลิตต่อยูนิตสูง และอยู่ในความต้องการของตลาดในปัจจุบันและในปีถัดไป จึงได้ดำเนินการศึกษากระบวนการผลิตและทำความเข้าใจกิจกรรมทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต รุ่น T6

4.1.2 การเลือกหัวข้อปัญหา

ในการระบุและคัดเลือกปัญหา สำหรับการดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 โดยใช้เครื่องมือ Value Stream Mapping ; VSM หรือที่เรียกว่าแผนภาพสายธารคุณค่า แสดงดังรูปที่ 4.6 คือ ผังที่ทำขึ้นเพื่อแสดงทุกขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการไหลของวัตถุดิบและข่าวสาร ตั้งแต่การสั่งซื้อจนถึงการจัดส่งหรืองานทั้งหมดที่เกิดขึ้น จากนั้นทำการจำแนกกิจกรรมที่สร้างคุณค่าและกิจกรรมความสูญเปล่าที่ซ่อนเร้นในกระบวนการ ซึ่งความสูญเปล่า คือ การกระทำใด ๆ ก็ตามที่ใช้ทรัพยากรไป ไม่ว่าจะเป็นแรงงาน วัตถุดิบ เวลา เงิน หรืออื่น ๆ แต่ไม่ได้ทำให้สินค้าหรือบริการเกิดคุณค่าหรือการเปลี่ยนแปลง และได้แบ่งลักษณะงานหรือกิจกรรมการไหลของวัตถุดิบ ในกระบวนการผลิต ออกได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้ คือ

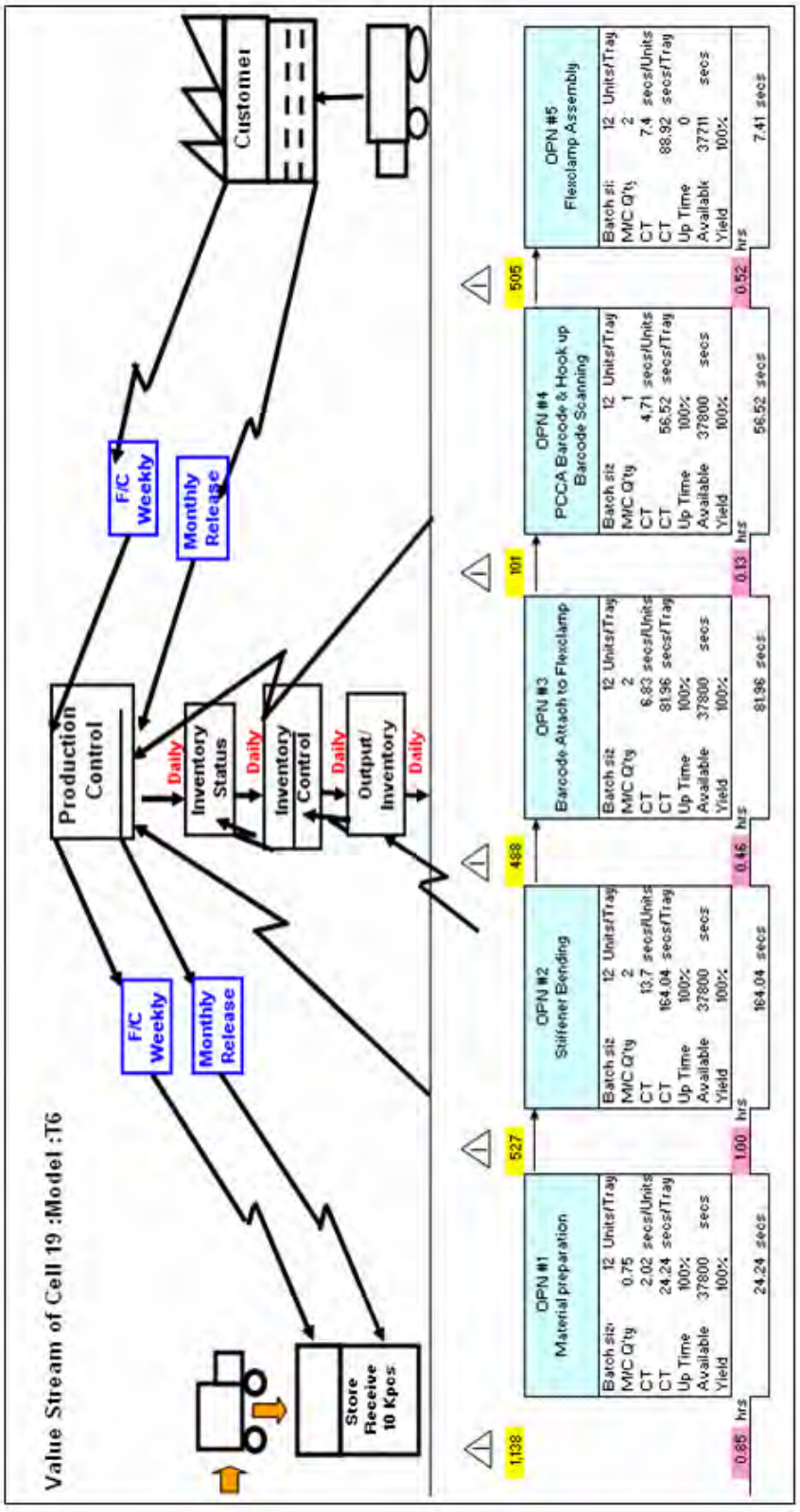
1. กิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า (Value Added : VA) คือ การดำเนินงานที่เกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต ตั้งแต่ขั้นวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิต เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างถือว่าการกระทำนั้น มีคุณค่าต่อตัวผลิตภัณฑ์

2. กิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า (Non Value Added : NVA) คือ กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ถือว่าการกระทำนั้นไม่มีคุณค่าต่อตัวผลิตภัณฑ์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

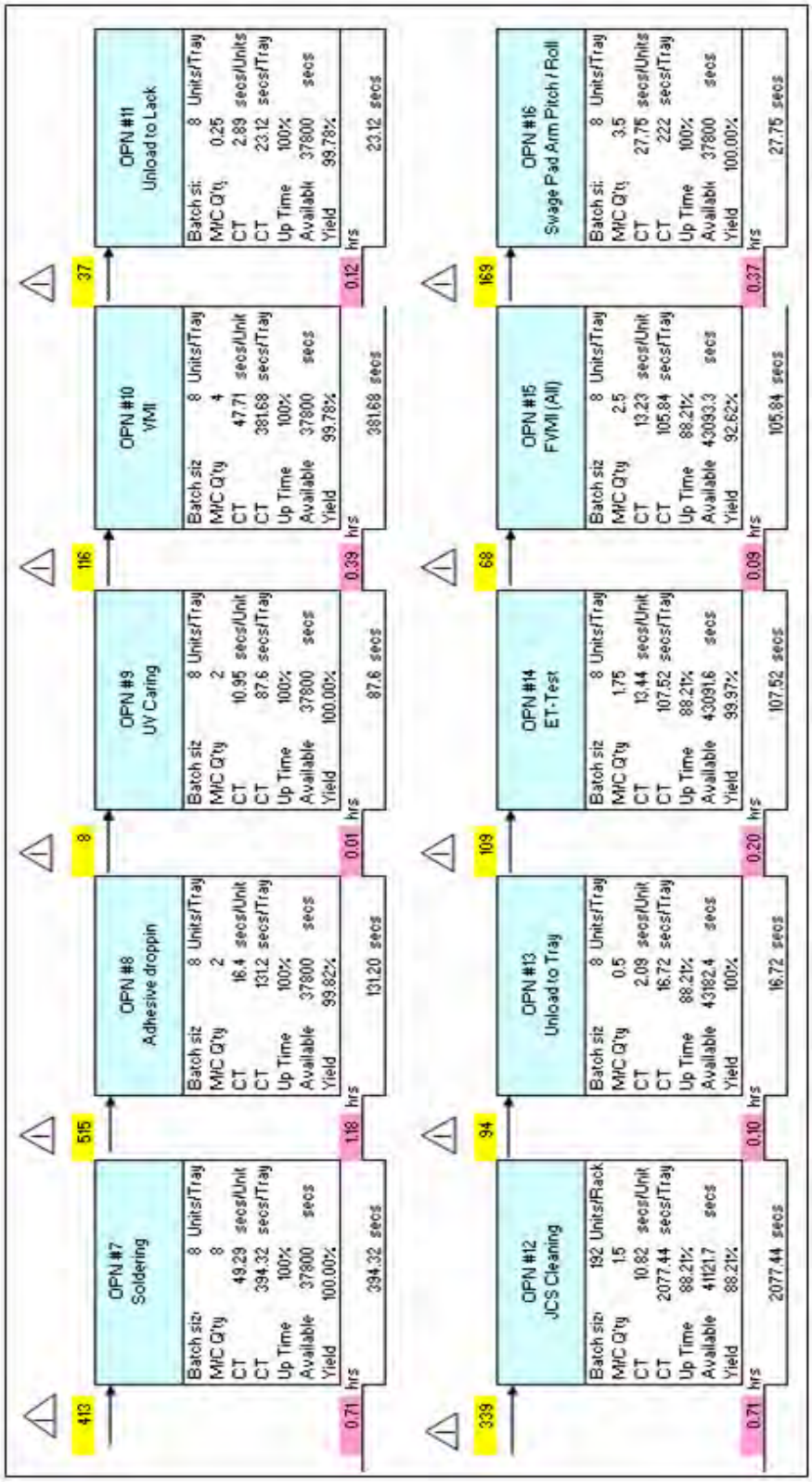
- กิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำ (Necessary but Non Value Added : NNVA) แต่ไม่สามารถตัดทิ้งได้ เนื่องจากเงื่อนไขบางประการ เช่น การตรวจสอบ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่าต่อลูกค้า แต่จำเป็นต้องมี เพื่อลดความเสี่ยงของการมีของเสียหลุดออกไปยังมือของลูกค้า เงื่อนไขทางด้านเทคโนโลยี ความสามารถในการผลิต ข้อจำกัดที่เกิดจากผังโรงงานไม่เหมาะสม ซึ่งเราจะสามารถกำจัดความสูญเปล่านี้ได้โดยการออกแบบผังโรงงานใหม่

- กิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าและไม่มีความจำเป็นต้องทำ (Non Value Added: NVA) เป็นความสูญเปล่า ซึ่งควรจะกำจัดออก ตัวอย่างเช่น เวลารอคอย การกองหรือสุ่มผลิตภัณฑ์ระหว่างการผลิตโดยไม่เชื่อมต่อเพื่อเข้าสู่กระบวนการต่อไปในทันที การทำงานหรือกิจกรรมเดียวกันซ้ำ ๆ

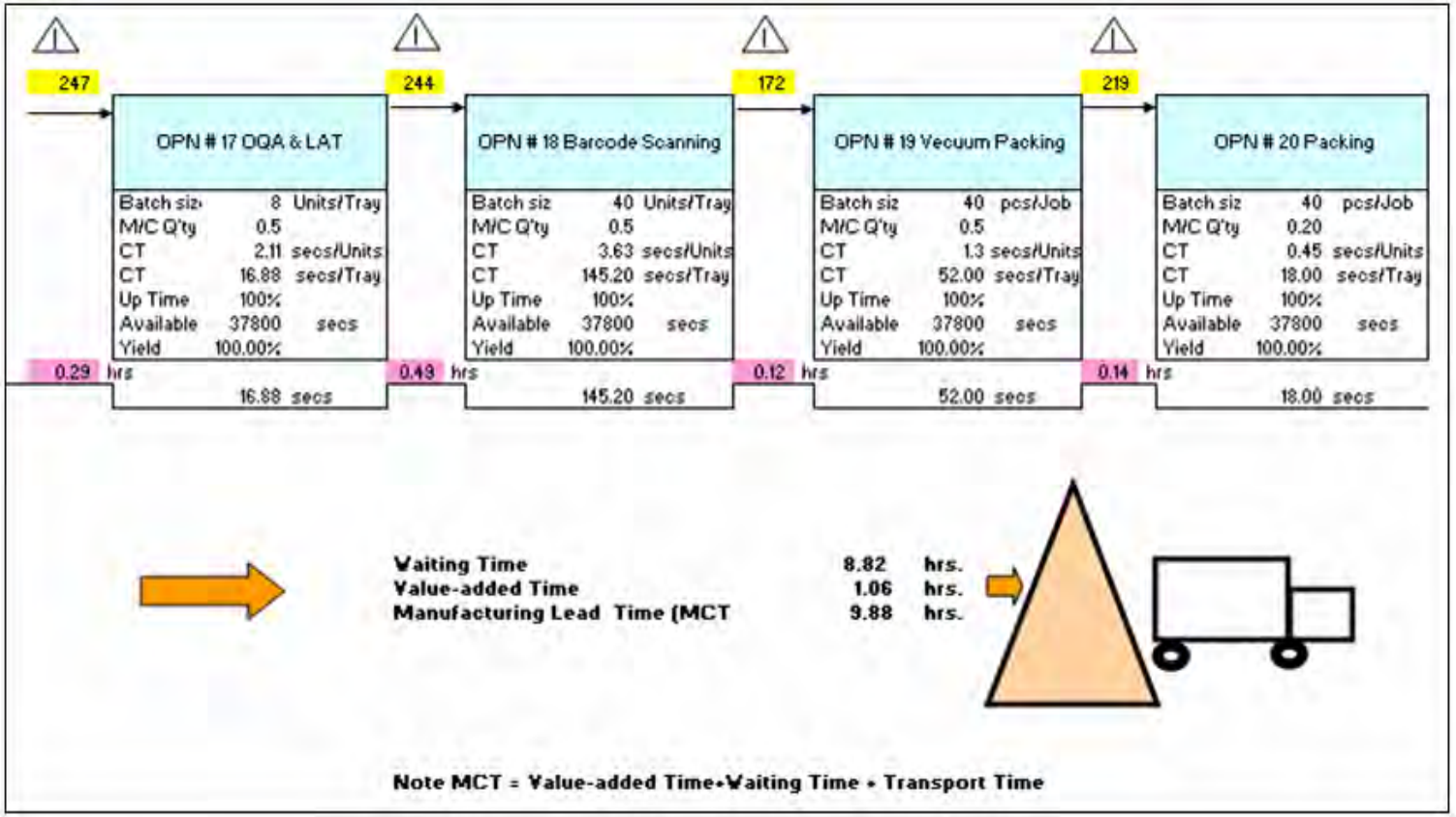
จากการใช้เครื่องมือแผนภาพสายธารคุณค่า เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อรอบเวลาผลิต แขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 เริ่มตั้งแต่การวางแผนคาดการณ์ที่ลูกค้าสั่งซื้อสินค้าล่วงหน้า สำหรับ 30 วัน จากนั้นฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิตจะดำเนินการวางแผนการผลิต พร้อมจัดคำสั่งซื้อวัตถุดิบไปให้ผู้จัดส่งวัตถุดิบตามแผนการผลิต ซึ่งวัตถุดิบที่เข้ามาจะถูกเก็บไว้ที่โกดังเก็บสินค้า เพื่อเตรียมการผลิต จากนั้นจะมีการเบิกวัตถุดิบจากโกดังเก็บสินค้า เพื่อนำเข้าไปในดำเนินการผลิตตามแผนการผลิตระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนธันวาคม 2548 พบว่า รอบเวลาการผลิต เท่ากับ 9.88 ชั่วโมง คือ เวลาที่ชิ้นงานชุดแรกรอการผลิต จนกระทั่งผ่านกระบวนการผลิตทุกขั้นตอนและได้ผลิตภัณฑ์สุดท้าย คือ แขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 ซึ่งประกอบด้วย เวลาที่เพิ่มคุณค่า เท่ากับ 1.06 ชั่วโมง เวลารอคอยระหว่างกระบวนการ เท่ากับ 8.67 ชั่วโมง คิดเป็นสัดส่วนที่เพิ่มคุณค่าในกระบวนการร้อยละ 11.88 สรุปข้อมูลแผนภาพสายธารคุณค่า แสดงดังตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.6 แผนภาพสายธารคุณค่าการบวนการผลิตแผงจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 เดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนธันวาคม 2549



รูปที่ 4.6 (ต่อ) แผนภาพสายธารคุณค่าการวางแผนการผลิตแผ่นจั๊มหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 เดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนธันวาคม 2549



รูปที่ 4.6 (ต่อ) แผนภาพสายธารคุณค่ากระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 เดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนธันวาคม 2549

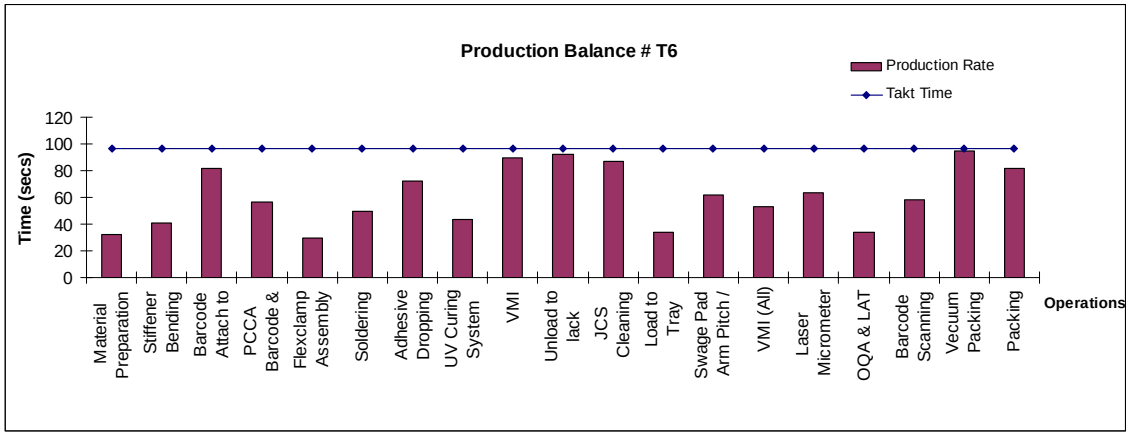
จากตารางที่ 4.3 พิจารณาได้ว่า กระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 วางแผนผลิตวันละ 55,000 ยูนิตต่อวัน เวลาปฏิบัติงาน 10.5 ชั่วโมงต่อกะ มีการผลิต 2 กะ จำนวนพนักงาน 35 คนต่อสายการผลิต ดังนั้นเวลาปฏิบัติงานสุทธิเท่ากับ 5,292,000 วินาที และ Takt Time เท่ากับ 96.22 วินาทีต่อยูนิต ซึ่งอัตราการผลิตต่อถาดชิ้นงานของทุกกระบวนการมีค่าน้อยกว่า Takt Time แสดงว่าจากแผนการปรับเรียบการผลิต กระบวนการสามารถผลิตได้ตามแผนงาน

ตารางที่ 4.3 แสดงขั้นตอนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6

(A)	**DGR (Units/day)**	55,000
(B)	**Available Time (hrs.)**	10.5
(C)	**Shift**	2
(D)	**Production Line (Model:T6)**	2
(E)	**Worker per Line**	35
(F)	**Net Available Time (secs.) = BxCxDxE**	5,292,000
	Takt Time (secs.) = F/A	96.22

	Operations	Units per Tray	Cycle Time per Unit (Secs.)	Cycle Time perTray (Secs.)	Production rate per Tray (Secs.)	Current MC/ Operator	Up Time (%)	% Yield
1	Material Preparation	12	2.02	24.29	32.39	0.75	100%	100%
2	Stiffener Bending	12	6.83	81.99	41.00	2.00	100%	100%
3	Barcode Attach to Flexclamp	1	13.67	13.67	82.04	2.00	100%	100%
4	PCCA Barcode & Hook up Barcode Scan	12	4.71	56.55	56.55	1.00	100%	100%
5	Flexclamp Assembly	12	7.41	88.91	29.64	2.00	100%	100%
6	Soldering	8	49.29	49.29	49.29	8.00	100%	99.96%
7	Adhesive Dropping Fixture	1	18.04	18.04	72.16	2.00	100%	99.82%
8	UV Curing System	8	10.95	87.63	43.81	2.00	100%	100%
9	VMI	1	47.41	47.41	89.25	4.00	100%	99.78%
10	Load to lack	96	2.89	23.13	92.53	1.00	100%	100%
11	JCS Cleaning	192	10.82	2,077.63	86.57	0.50	85.20%	100%
12	Load to Tray	8	2.09	16.75	33.50	0.50	100%	88.21%
13	Swage Pad Arm Pitch / Roll	8	13.44	13.44	61.42	1.75	100%	99.97%
14	VMI (All)	8	13.23	13.23	52.92	2.50	100%	92.62%
15	Laser Micrometer	8	27.75	27.75	63.42	3.50	100%	99.20%
16	OQA & LAT	8	2.11	16.85	33.70	1.00	100%	100%
17	Barcode Scanning	8	3.63	29.02	58.04	0.50	100%	100%
18	Vecuum Packing	40	1.30	52.11	94.74	0.09	100%	100%
19	Packing	40	0.45	18.03	81.95	0.04	100%	100%

จากแผนภาพสายธารคุณค่ากระบวนการผลิตของกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล ขั้นตอนการผลิตพบว่า อัตราการผลิตในแต่ละขั้นตอนมีค่าต่ำกว่าค่า Takt Time แสดงว่ากระบวนการผลิต สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า ที่มีอยู่ได้อย่างแน่นอน แสดงดังรูปที่ 4.7 ซึ่งอัตราการผลิตต่อถาดชิ้นงาน ของทุกกระบวนการมีค่าน้อยกว่า Takt Time แสดงว่าจากแผนการปรับเรียบการผลิต กระบวนการสามารถผลิตได้ตามแผนงาน



รูปที่ 4.7 แสดงการปรับเรียบการผลิตของผลิตภัณฑ์ รุ่น T6

จากแผนภาพสายธารคุณค่า กระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 แสดงการไหลของวัตถุดิบและการคาดการณ์ที่ลูกค้าสั่งซื้อสินค้าล่วงหน้าสำหรับ 30 วัน จากนั้นฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิต จะดำเนินการวางแผนการผลิตพร้อมจัดคำสั่งซื้อวัตถุดิบไปให้ผู้จัดส่งวัตถุดิบ ตามแผนการผลิต ซึ่งวัตถุดิบที่เข้ามาจะถูกเก็บไว้ที่โกดัง เก็บสินค้าเพื่อเตรียมการผลิต จากนั้นจะมีการเบิกวัตถุดิบจากโกดังเก็บสินค้า เพื่อนำเข้าไปในดำเนินการผลิตตามแผน จากแผนภาพสายธารคุณค่า ช่วยให้เราเข้าใจถึงกระบวนการไหลของข้อมูล และสารสนเทศของกระบวนการผลิตในลักษณะภาพรวม ทำให้สามารถระบุถึงชนิดของความสูญเปล่า ที่มีอยู่ในแต่ละจุดของกระบวนการได้โดยสังเกตที่ข้อมูล ซึ่งอยู่ในกล่องข้อมูล ได้แก่ รอบเวลาการผลิต เวลาที่แท้จริง ที่จำเป็นต้องใช้ในกระบวนการผลิตสินค้า และเวลาที่ใช้ในการคงคลังแต่ละแห่ง แต่ก็ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบระดับความสำคัญของความสูญเปล่าในแต่ละชนิดได้ เนื่องจากข้อมูลที่ได้ในแผนภาพนั้น มีหน่วยวัดแตกต่างกัน และถึงแม้แผนภาพสายธารคุณค่า จะมีหน่วยวัดเป็นเวลาไว้สำหรับใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบ แต่เวลานี้จะมุ่งเน้นให้เห็นความแตกต่างระหว่างรอบเวลาการผลิตกับการจัดเก็บวัตถุดิบคงคลังเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่สามารถทราบได้ว่า การสูญเสียเวลาไปกับความสูญเปล่าอื่น ๆ นั้นมีปริมาณเท่าไร และระดับความสำคัญของการสูญเสียเวลาไปกับความสูญเปล่าแต่ละชนิดนั้นเป็นเช่นไร ดังนั้นในการที่จะตัดสินใจว่า อะไรเป็นความสูญเปล่าหลักที่แท้จริงของกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 จึงต้องวิเคราะห์สาเหตุในระดับย่อย ด้วยแผนภาพการไหลกระบวนการ ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.1 ซึ่งแสดงลำดับเหตุการณ์หรือกระบวนการไหลของงาน ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดภายในกระบวนการ โดยใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความสูญเปล่า ที่เกิดขึ้นในระบบเพื่อปรับปรุงกระบวนการให้มีผลิตภาพเพิ่มขึ้น

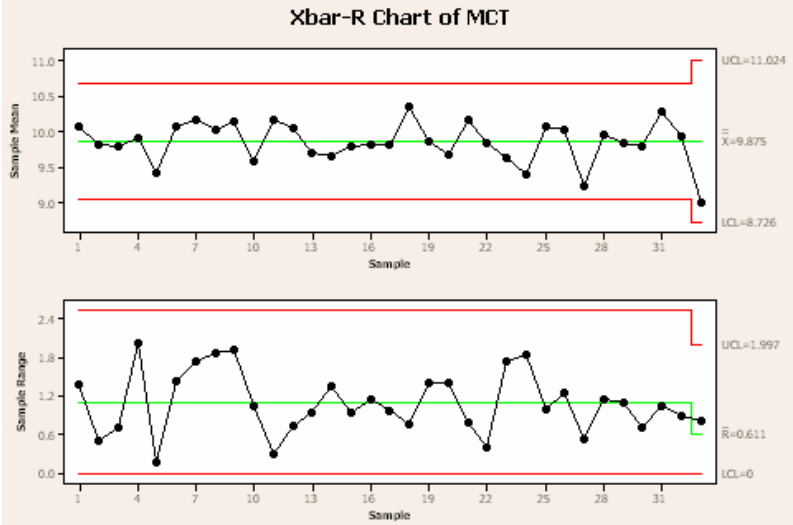
4.1.3 การวิเคราะห์กระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ

ในตารางที่ ข.1 แสดงแผนภาพการไหลกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ ซึ่งแสดงถึงสภาพของกระบวนการผลิตจริง สำหรับเกณฑ์ในการพิจารณาว่า ขั้นตอนการทำงานหรือกิจกรรมใดเป็นกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า เป็นกิจกรรมที่จำเป็นต้องทำแต่ไม่เพิ่มคุณค่า หรือเป็นกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

1. พิจารณาว่า ขั้นตอนการทำงานหรือกิจกรรมใด เมื่อปฏิบัติแล้วเกิดคุณค่าในสายตาของลูกค้า มีผลต่อลูกค้าหรือสร้างคุณภาพการทำงาน กิจกรรมนั้นถือเป็นกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า
2. พิจารณาว่าขั้นตอนการทำงานหรือกิจกรรมใด เมื่อปฏิบัติแล้วไม่เกิดคุณค่าในสายตาของลูกค้าหรือไม่มีผลต่อลูกค้า แต่เป็นขั้นตอนการทำงานหรือเป็นกิจกรรมที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานและมีความจำเป็นต้องทำกิจกรรมนั้น ๆ กิจกรรมนั้นถือว่ากิจกรรมที่จำเป็นต้องทำแต่ไม่เพิ่มคุณค่า
3. พิจารณาว่าขั้นตอนการทำงานหรือกิจกรรมใด เมื่อปฏิบัติแล้วไม่เกิดคุณค่าในสายตาของลูกค้าหรือไม่มีผลต่อลูกค้า แต่เป็นขั้นตอนการทำงานหรือเป็นกิจกรรมที่สามารถหลีกเลี่ยงได้ สามารถเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงวิธีการทำงาน โดยการกำจัด รวบรวมขั้นตอนหรือสลับขั้นตอน ในการดำเนินงานได้ และส่งผลให้การดำเนินงานรวดเร็วขึ้น กิจกรรมนั้นถือว่ากิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า

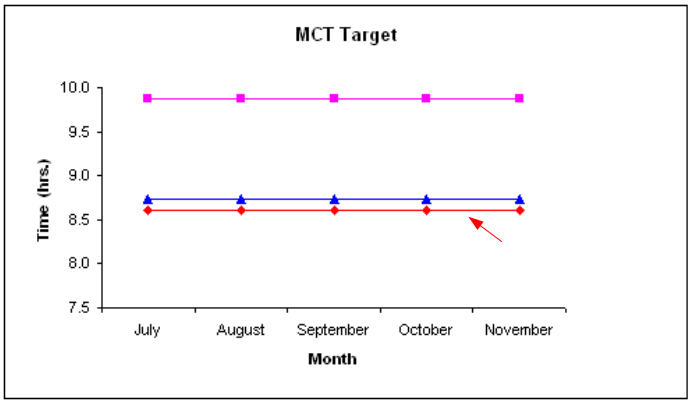
เพื่อเป็นการรับรองว่ารอบเวลาการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น ไม่ได้เกิดจากการวางแผนผลิตจึงทำการตรวจสอบกระบวนการว่ามีรอบเวลาผลิตคงที่หรือไม่ โดยทำการตรวจสอบความมีเสถียรภาพของข้อมูลระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2548 แสดงดังรูปที่ 4.10 การเก็บข้อมูลสำหรับการจัดทำแผนภาพการไหลของกระบวนการผลิตได้ติดตามขั้นตอนการผลิตตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการและทำการจับเวลา ซึ่งเป็นการสุ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2548 โดยใช้นาฬิกาจับเวลา ในการวัดรอบเวลาการผลิต วิธีการคือ ทำสัญลักษณ์ที่ถาดชิ้นงาน ตั้งแต่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ และบันทึกบาร์โค้ดของชิ้นงานในถาดที่จับเวลา จากนั้นจับเวลาตั้งแต่กระบวนการเริ่มต้น จนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการทุกวัน วันละ 4 ครั้ง รวมทั้งหมด 130 ตัวอย่าง ซึ่งในแต่ละสัปดาห์ จะมีการเปลี่ยนกะการทำงานทำให้การเก็บข้อมูลคลอบคลุมทั้ง 2 กะทำงาน แสดงการบันทึกข้อมูลในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.2 และบันทึกปริมาณงานระหว่างกระบวนการผลิตในตารางที่ ข.3

จากรูปที่ 4.8 ไม่มีข้อมูลออกนอกพิกัดควบคุม แสดงว่าข้อมูลมีความผันแปรภายใต้ สาเหตุธรรมชาติ และตรวจสอบรูปทรงของข้อมูล มีเสถียรภาพเพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อได้ เนื่องจากข้อมูลอยู่ในพิกัดควบคุมและผันแปรอยู่รอบค่ากลาง ซึ่งค่าเฉลี่ยรอบเวลาผลิตที่ได้จากกระบวนการวัดปัจจุบันคือ 9.88 ชั่วโมง ซึ่งเป็นข้อมูลที่นำไปวิเคราะห์ต่อได้ ในการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยการลดเวลาสูญเปล่าให้กระบวนการ



รูปที่ 4.8 แผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ ของรอบเวลาผลิตต่อหนึ่งแพ็คกิ้ง (40 ชิ้น)

สรุปปัญหาโครงงานวิจัยอุตสาหกรรม คือ เวลารอคอยในกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 ทำให้รอบเวลาการผลิตสูง ซึ่งมีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต ดังนั้นการลดเวลารอคอยระหว่างกระบวนการ จึงเป็นเป้าหมายในการดำเนินงานเพื่อปรับปรุง และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ตัวชี้วัดโครงการคือ ลดจาก 90 เปอร์เซ็นต์ของความแตกต่างระหว่าง รอบเวลาผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 ที่ต่ำสุดที่เคยวัดได้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.61 ชั่วโมง ณ เดือนกันยายน 2548 จากค่าปัจจุบัน 9.88 ชั่วโมง โดยกำจัดเวลาสูญเปล่า คือ เวลารอคอยในกระบวนการผลิต เพื่อให้รอบเวลาผลิต ลดลงเป็น 8.73 ชั่วโมง ภายในเดือน มีนาคม 2549 แสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 เป้าหมายของการลดรอบเวลาการผลิต

4.1.4 ผลประโยชน์เชิงธุรกิจ

ตัวชี้วัดทางธุรกิจสามารถคำนวณจากต้นทุนการผลิตต่อหน่วยที่ลดลง ดังนี้

ต้นทุนที่ลดลง = รอบเวลาผลิตที่ลดลง x ต้นทุนแปรสภาพต่อชั่วโมง

= 0.029 (Hour) x 0.864 (USD/Hour/Unit)

= 0.025 USD ต่อหน่วย

ดังนั้น เมื่อโครงการสำเร็จจะทำให้บริษัทมีต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์แขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 ลดลงถึง 233,105 USD ต่อปี โดยต้นทุนที่ลดลงคิดจากต้นทุนแปรสภาพ หรือค่าใช้จ่ายในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ต่อชั่วโมง ในการผลิตให้ได้ตามความต้องการของลูกค้า โดยคำนวณจากการอ้างอิงจากทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ ค่าแรงงาน ค่าโสหุ้ย จากแผนการผลิตในระยะ 1 ปี นอกจากนี้ยังมีผลประโยชน์ด้านอื่น ๆ อีก ได้แก่

1. เมื่อรอบเวลาการผลิตลดลง ทำให้สามารถปรับเปลี่ยนการผลิต และตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดีขึ้น ลดการเสียโอกาสทางการค้า หากลูกค้ามีความต้องการสินค้าในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น
2. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการไหลของงาน เพื่อสร้างความยืดหยุ่นในการตอบสนองความต้องการกลุ่มลูกค้าเป้าหมายด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่า
3. สามารถประยุกต์ใช้แนวทางการปรับปรุงจากโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมกับผลิตภัณฑ์รุ่นอื่น ๆ ได้

4.1.5 ตัวชี้วัดโครงการ (Project Metric)

จากตารางที่ ข.1 สรุปการดำเนินการวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิต แสดงในตารางที่ 4.4 ตั้งแต่เตรียมวัตถุดิบจนสิ้นสุดกระบวนการได้ผลิตภัณฑ์ส่งให้ลูกค้า ทำให้ทราบเวลาที่ใช้ไป โดยแยกตามลักษณะกิจกรรม

ตารางที่ 4.4 แสดงเวลาที่ใช้ไป โดยแยกตามลักษณะของกิจกรรม

ลักษณะกิจกรรม	เวลา (นาที)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
Operation	62.439 (VA 76.5%, NNVA 30.71%)	10.54%
Transportation	1.817 (NNVA 100%)	0.31%
Inspection	10.159 (VA 58.25 %, NNVA 41.75%)	1.71%
Storage	60.724 (NNVA 100%)	10.25%
Delay	457.375 (NVA 100%)	77.45%

จากการวิเคราะห์ การดำเนินงานของกิจกรรมในตารางที่ 4.4 จะทำให้เห็นว่าเวลาโดยรวมที่สูญเสียไปกับการรอคอย จะเกิดขึ้นจากความล่าช้า เนื่องจากการรอคอยระหว่างกระบวนการ 457.375 นาที คิดเป็นร้อยละ 77.45 ซึ่งความสูญเปล่านี้เป็นกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าสามารถหลีกเลี่ยงได้ ส่วนกิจกรรมปฏิบัติการและกิจกรรมตรวจสอบ สามารถระบุคุณค่ากิจกรรมได้ จากการสังเกตขั้นตอนปฏิบัติในระดับย่อยแล้วบันทึกเวลา ซึ่งสามารถสรุปเวลากิจการไหลของกระบวนการ โดยแยกตามคุณค่าของกิจกรรมดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงเวลาโดยแยกตามคุณค่าของกิจกรรม

กิจกรรม		เวลา (นาที)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
เพิ่มคุณค่า	VA	72.597	10.28%
ไม่เพิ่มคุณค่าค่า(ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้)	NNVA	62.541	12.27%
ไม่เพิ่มคุณค่า(สามารถหลีกเลี่ยงได้)	NVA	457.375	77.45%

จากตารางที่ 4.5 พบว่าเวลาที่สูญเสียไปกับกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า 457.375 นาที ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 77.45 โดยความสูญเปล่านี้เป็นกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าสามารถหลีกเลี่ยงได้ ส่วนกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำ 62.541 นาที คิดเป็นร้อยละ 12.27 ดังนั้นจึงได้นำกิจกรรมที่เป็น NVA และ NNVA มาทำการวิเคราะห์และสรุปเป็นลักษณะ โดยรวมของกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า ที่เกิดในกระบวนการ แสดงในตารางที่ 4.6 ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.6 แสดงการวิเคราะห์ลักษณะของกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า

ลักษณะคุณค่าของกิจกรรม	กิจกรรม
NNVA	การรอคอยของวัตถุดิบ ที่มีการวางแผนเพื่อเตรียมพร้อมผลิตและการขนย้ายถาดชิ้นงาน จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง
NVA	การรอคอยระหว่างกระบวนการ เพื่อขนย้ายไปยังกระบวนการถัดไป

จากตารางที่ 4.6 จะทำให้พบกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าในกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ ซึ่งกิจกรรมการรอคอยเป็นความสูญเสีย ที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการส่งงานระหว่างกระบวนการผลิต ส่งผลให้เวลาผลิตสูงขึ้น จากการวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิต สามารถสรุปปัญหาในกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ ออกเป็นหัวข้อปัญหาได้ดังนี้

1. การรอคอยภายในถาดชิ้นงานที่กำลังแปรรูป ซึ่งมีการจัดส่งวัตถุดิบโดยใช้ถาดซึ่งมีขนาดบรรจุ 8 ชิ้น และ 12 ชิ้น ในขณะที่ในสายงานประกอบมือ จะมีการบรรจุชิ้นงานได้เพียง 1 ชิ้นงานเท่านั้น เพราะฉะนั้นระหว่างที่หยิบชิ้นงานออกมาทำการแปรรูปจะต้องมีชิ้นงานที่อยู่ในถาดนั้น คอยการผลิต
2. การรอคอยระหว่างกระบวนการในสายงานประกอบ เพื่อขนย้ายไปยังกระบวนการถัดไป จากตารางที่ ข. 1 พบว่ากิจกรรมที่ 26 มีการรอคอยส่งถาดชิ้นงานที่เชื่อม PCCA ติดกับ ACA ซึ่งมี 8 สถานี และมีการขนส่งชิ้นงานครั้งละ 5 ถาด ซึ่งบรรจุ 8 ชิ้นต่อถาด ดังนั้นปริมาณขนย้ายชิ้นงานครั้งละ 40 ชิ้น มีผลให้เกิดความล่าช้าที่ขั้นตอนถัดมา คือ ขั้นตอนหยอดกาวที่จุดเชื่อม ขั้นตอนอบกาว และขั้นตอนตรวจทำความสะอาด
3. การรอคอยผลิตในขั้นตอนล้างทำความสะอาด โดยเครื่องอัลตราโซนิค (JSC)
4. การรอคอยขนส่งชิ้นงานที่ล้างเสร็จแล้ว ในส่วนขั้นตอนทดสอบทางไฟฟ้า (ET-Test) ขั้นตอนทดสอบทางกล (FVMI) และขั้นตอนทดสอบและปรับระยะของแขนจับ Swage Pad Arm Pitch/Roll ซึ่งมีการขนย้ายชิ้นงานครั้งละ 5 ถาด เช่นเดียวกับในสายงานประกอบ

สรุปกิจกรรมการรอคอยระหว่างกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ การรอคอยระหว่างแต่ละกระบวนการและการรอคอยภายในลอต ที่กำลังแปรรูป แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงเวลารอคอยในกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิต	รอบเวลาผลิต (ชั่วโมง)	เวลารอคอย (นาที) รวมเวลารอคอย	ภายในลอตที่กำลังแปรรูป	ระหว่างแต่ละกระบวน
ส่วนที่1 สายงานประกอบ	5.576 (56.47%)	255.09	18.758	232.230
ส่วนที่ 2 ล้างทำความสะอาดด้วยเครื่องอัตโนมัติ (JCS)	2.113 (21.40%)	121.980	-	121.98
ส่วนที่ 3 ทดสอบทางอิเลคทรอนิคส์และทดสอบทางกล	2.186 (22.13%)	28.058	6.35	78.06

จากตารางที่ 4.7 แสดงให้ทราบว่ากิจกรรมการรอคอยระหว่างแต่ละกระบวน ในสายงานประกอบมีเวลารอคอยระหว่างกระบวนการรวม 232.23 นาที คิดเป็นร้อยละ 39.19 ส่งผลให้เวลารอคอยผลิตในกระบวนการล้างทำความสะอาดด้วยเครื่องล้างอัตโนมัติมีค่าสูง 121.980 นาที คิดเป็นร้อยละ 20.58 ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์กระบวนการผลิตในสายงานประกอบ พบเวลารอคอยระหว่าง แต่ละกระบวนการที่ส่งผลกระทบต่อการประกอบชิ้นงาน มีจุดเริ่มต้นที่การส่งชิ้นงานระหว่างขั้นตอน PCCA Soldering และขั้นตอน Adhesive Dropping มีเวลารอคอยระหว่างแต่ละขั้นตอน 76.084 นาที คิดเป็นร้อยละ 62.37 ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิตของขั้นตอน Adhesive Dropping ส่งผลให้รอบเวลาผลิตเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงพิจารณาการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ โดยการลดเวลารอคอยที่กระบวนการ Adhesive Dropping เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำให้รอบเวลาผลิตของชิ้นงานเร็วขึ้น

4.1.6 สรุปผลการกำหนดปัญหา

จากการศึกษาในภาพรวมของสายการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 พบว่าปัญหารอบเวลาการผลิต ในสายการผลิตสูงทำให้ผลิตภาพลดลง มีผลทำให้รอบเวลาการผลิตสูงขึ้น ซึ่งการลดรอบเวลาผลิตจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับสายการผลิตนั้น ผู้วิจัยพิจารณาถึงกิจกรรมในการดำเนินงานที่เป็นความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตผ่านแผนภาพสายธารคุณค่า พบว่า เวลาสูญเปล่าคิดเป็นร้อยละ 88.12 และกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าคิดเป็นร้อยละ 11.88 ของเวลาในกระบวนการผลิต ดังนั้นการจะลดรอบเวลาผลิต เพื่อเพิ่มจำนวนการผลิตต่อชั่วโมง ต้องกำจัดเวลารอคอย โดยมุ่งเน้นปรับปรุงประสิทธิภาพการไหลของงาน เพื่อให้รอบเวลาการผลิตสั้นลง ซึ่งมีผลให้ต้นทุนการผลิตด้านแปรสภาพวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน และค่าโสหุ้ยการผลิตลดลงด้วย ผู้วิจัยจึงนำเครื่องมือการผลิตระบบลีน เข้ามาช่วยในการการวิเคราะห์ เพื่อกำหนดปัญหาเบื้องต้น โดยมองสภาพปัญหาจากแผนผังสายธารคุณค่าร่วมกับเทคนิคด้านวิศวกรรมอุตสาหการ (IE Techniques) และดำเนินการวิเคราะห์ปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตตามขั้นตอนของคิวซีสตอรี่

4.2 การสำรวจสภาพปัจจุบันและการตั้งเป้าหมาย

4.2.1 สภาพปัญหา (Problem Statement)

จากการศึกษาการไหลของกระบวนการ ทำให้ทราบว่าเกิดการดำเนินกิจกรรมการรอคอยระหว่างแต่ละกระบวนการในสายงานประกอบ ส่งผลกระทบต่อรอบเวลาผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จรุ่น T6 ดังนั้นจึงทำการค้นหาปัญหา คือ กิจกรรมการรอคอยในกระบวนการ Adhesive Dropping เพราะเป็นจุดเริ่มต้นที่มีการรอคอยในสายงานประกอบ และส่งผลกระทบต่อกระบวนการถัดมา ในระบบการผลิต ทำให้รอบเวลาผลิตสูงกว่าเป้าหมาย โดยใช้เครื่องมือตรวจสอบ คือ ใบตรวจสอบแสดงในรูปที่ 4.10 ประเมินสถานการณ์ระหว่างวันที่ 4-5 มกราคม 2549 โดยทำการสุ่มตรวจจำนวน 5 ตัวอย่าง ทุกชั่วโมงต่อเนื่องกันทั้งหมด 20 ชั่วโมง และทำการบันทึกจำนวนถาดชิ้นงาน บรรจุ 8 ชิ้นต่อถาด โดยตั้งคำถามสำหรับการสังเกต คือ ทำไม? ต้องรอ.... (ดำเนินกิจกรรมอะไรต่อไป) สรุปข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.8

ใบตรวจสอบการสุ่มตัวอย่างงาน

ชื่อกระบวนการ Adhesive Dropping ผู้ตรวจสอบ ปานจิต
ความถี่การชักสิ่งตัวอย่าง 10/ชั่วโมง เวลา วันที่ 4-5 มกราคม 2549

เหตุผล / เวลา	รอแท่นยึดเครื่อง	รอผลิต	รอซ่อมเครื่อง	รอแก้ไขจุดบกพร่อง	รอวัตถุดิบ	รอพนักงาน	รอยืนงานที่กำลังผลิตในถาดเดียวกัน	อื่นๆ	จำนวนชิ้นงานที่รอคอย (Tray)
08.00-09.00	25	1			146		5		177
09.00-10.00	8	3			127	1	18		172
11.00-12.00	33	4	2	1	82	1	19		163
12.00-13.00	5	13	3	2	19	8	18		84
13.00-14.00	8	26	2	2	7	8	24		84
14.00-15.00	2	33	2	3	3	3	24		73
15.00-16.00	3	74	1	1	2	8	18		75
16.00-17.00	6	128		2	1	8	16		80
17.00-18.00	2			1	1	1	16	2	74

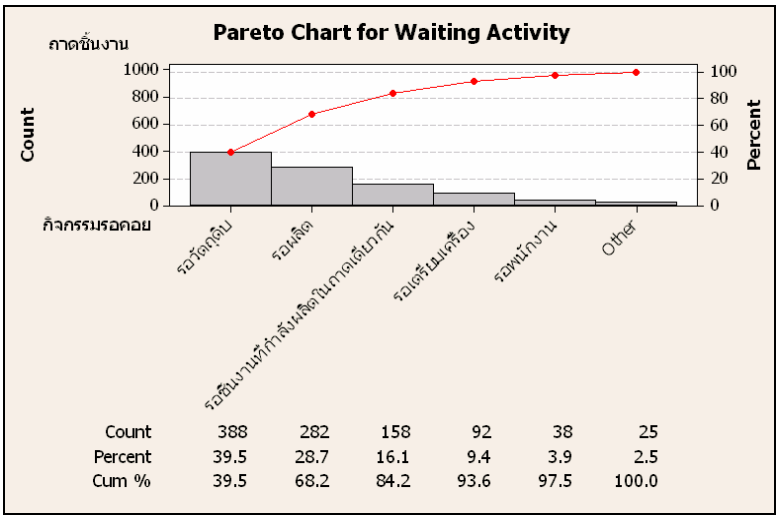
รูปที่ 4.10 ใบตรวจสอบแสดงข้อมูลกิจกรรมการรอคอย

ตารางที่ 4.8 สรุปการสุ่มตัวอย่างงานกิจกรรมการรอคอยในกระบวนการ Adhesive Dropping

เหตุผล / เวลา	รอเตรียมเครื่อง	รอผลิต	รอซ่อมเครื่อง	รอแก้ไขจุดบกพร่อง	รอวัตถุดิบ	รอพนักงาน	รอชิ้นงานที่กำลังผลิตในถาดเดียวกัน	อื่นๆ	จำนวนถาดชิ้นงานที่รอคอย (Tray)
08.00-09.00	25	1			146		5		177
09.00-10.00	8	18			127	1	18		172
11.00-12.00	33	25	2	1	82	1	19		163
12.00-13.00	5	29	3	2	19	8	18		84
13.00-14.00	8	33	2	2	7	8	24		84
14.00-15.00	2	36	2	3	3	3	24		73
15.00-16.00	3	42	1	1	2	8	18		75
16.00-17.00	6	47		2	1	8	16		80
17.00-18.00	2	51		1	1	1	16	2	74
รวม	92	282	10	12	388	38	158	2	982

หมายเหตุ จำนวนชิ้นงาน 8 ชิ้นต่อถาด

การวิเคราะห์เริ่มแรก จะต้องทำการจำแนกประเภทกิจกรรมการรอคอย โดยอาศัยแผนภาพพาเรโต ดังรูปที่ 4.11 จากการศึกษาด้วยแผนภาพพาเรโต พบว่าการจำแนกอาการปัญหา โดยจำแนกตามประเภทกิจกรรมการรอคอยแสดงตัวแบบที่สอดคล้องกับหลักการของพาเรโต คือ กิจกรรมการรอคอยที่มีความสำคัญ (จำนวนถาดชิ้นงานค่อนข้างมาก) มีจำนวนเพียงเล็กน้อยในขณะที่กิจกรรมรอคอยที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อย (จำนวนถาดชิ้นงานค่อนข้างน้อย) มีจำนวนค่อนข้างมากแสดงว่า การจำแนกประเภทกิจกรรมการรอคอยเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ถึงสาเหตุการที่รอบเวลาผลิตสูง



รูปที่ 4.11 แผนภาพพาเรโตตามประเภทกิจกรรมการรอคอย

จากรูปที่ 4.11 พบว่ากิจกรรมการรอวัตถุดิบ รอผลิต รอชิ้นงานที่กำลังผลิตในถาดเดียวกัน มีผลให้เกิดกิจกรรมการรอคอยมากที่สุด ซึ่งการเลือกปัญหาจำต้องเน้นพิจารณาควบคู่ไปกับความรุนแรงที่เกิดขึ้นกับลูกค้า เมื่อเกิดปัญหาขึ้นและพิจารณาพร้อมกับระบบการควบคุมในปัจจุบัน เพื่อการพิจารณาความเหมาะสมในการแก้ปัญหา ถ้าให้ S = ความรุนแรงของปัญหา

O = ความถี่ในการเกิดปัญหา

D = ความเหมาะสมในการแก้ปัญหา

ด้วยเกณฑ์ที่ฝ่ายบริหารที่มีส่วนเกี่ยวข้องในสายงานผลิต ได้กำหนดไว้สำหรับการพิจารณา ความเหมาะสมในการแก้ปัญหา แสดงในภาคผนวก ค จะพิจารณาถึงตัวเลขแสดงความสำคัญ ในการแก้ปัญหาจาก

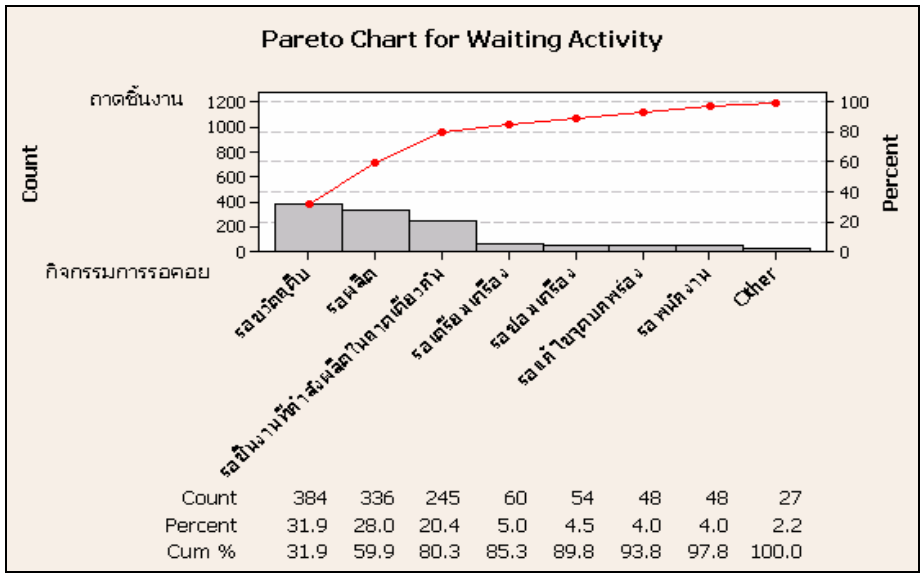
$$RPN = S \times O \times D \quad (4.1)$$

การพิจารณาความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้น แสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 คะแนนแสดงความสำคัญตามลำดับก่อนหลังของปัญหา

อาการปัญหา / เกณฑ์	S	O	D	RPN
รอเตรียมเครื่อง	5	3	4	60
รอผลิต	7	8	6	336
รอซ่อมเครื่อง	6	3	3	54
รอแก้ไขจุดบกพร่อง	4	4	3	48
รอพนักงาน	4	3	4	48
รอชิ้นงานที่กำลังผลิตในถาดเดียวกัน	5	7	7	245
รอวัตถุดิบ	7	8	6	384
อื่น ๆ	3	3	3	27

เนื่องจากการให้คะแนนนี้มักจะมาจากอัตวิสัย ดังนั้นจึงต้องทวนสอบว่าการให้คะแนนด้วยแผนภาพพาเรโต แสดงดังรูปที่ 4.12



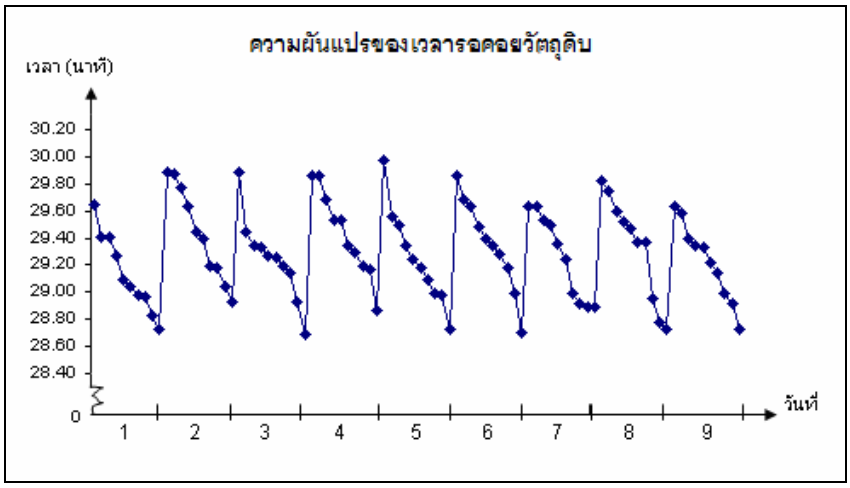
รูปที่ 4.12 แผนภาพพาเรโตสำหรับคะแนน RPN

จากรูปที่ 4.12 พบว่าการให้คะแนนเป็นไปอย่างเหมาะสม มีการจำแนกของกิจกรรมการรอคอยอย่างมีนัยสำคัญ กิจกรรมการรอคอยวัตถุดิบหลัก คือ รอผลิต รอชิ้นงานที่กำลังผลิตในถาดเดียวกัน จึงทำการพิจารณาความสำคัญตามลำดับก่อนหลังของปัญหา พบว่ากิจกรรมการรอคอยในสายงานประกอบแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ ที่กระบวนการ Adhesive Dropping พบว่าการรอคอยวัตถุดิบ คือ สาเหตุเบื้องต้นที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า ในการผลิตของกระบวนการ Adhesive Dropping และทำให้เกิดปริมาณงานที่รอคอยผลิตเพิ่มขึ้นในเวลาต่อมา เนื่องจากกระบวนการไม่ได้รับวัตถุดิบอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง ดังนั้นจึงเลือกการรอคอยวัตถุดิบมาเป็นประเด็นในการแก้ปัญหา

สรุป กำหนดหัวข้อปัญหาว่า การลดรอบเวลาผลิตจากการลดเวลารอคอยวัตถุดิบ

4.2.2 การตั้งเป้าหมาย

จากการกำหนดประเด็นในการแก้ปัญหา คือ การลดเวลารอคอยวัตถุดิบที่กระบวนการ Adhesive Dropping ดังนั้น จึงดำเนินการค้นหาข้อเท็จจริงที่ดำรงอยู่เสมอในกระบวนการที่เกิดปัญหา โดยจากการสังเกตการณ์ด้วยหลักการ 3 จริง คือ สถานที่จริง ของจริง และสภาวะแวดล้อมจริง โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนถาดชิ้นงาน บรรจุ 8 ชิ้นต่อถาด เป็นระยะเวลา 9 วัน เพื่อให้ข้อมูลครอบคลุมต้องเก็บข้อมูลหลังจากที่มีการเปลี่ยนกะด้วย เขียนกราฟเชิงเส้นตรงได้ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 กราฟเส้นตรงแสดงความผันแปรของเวลารอคอยวัตถุดิบ

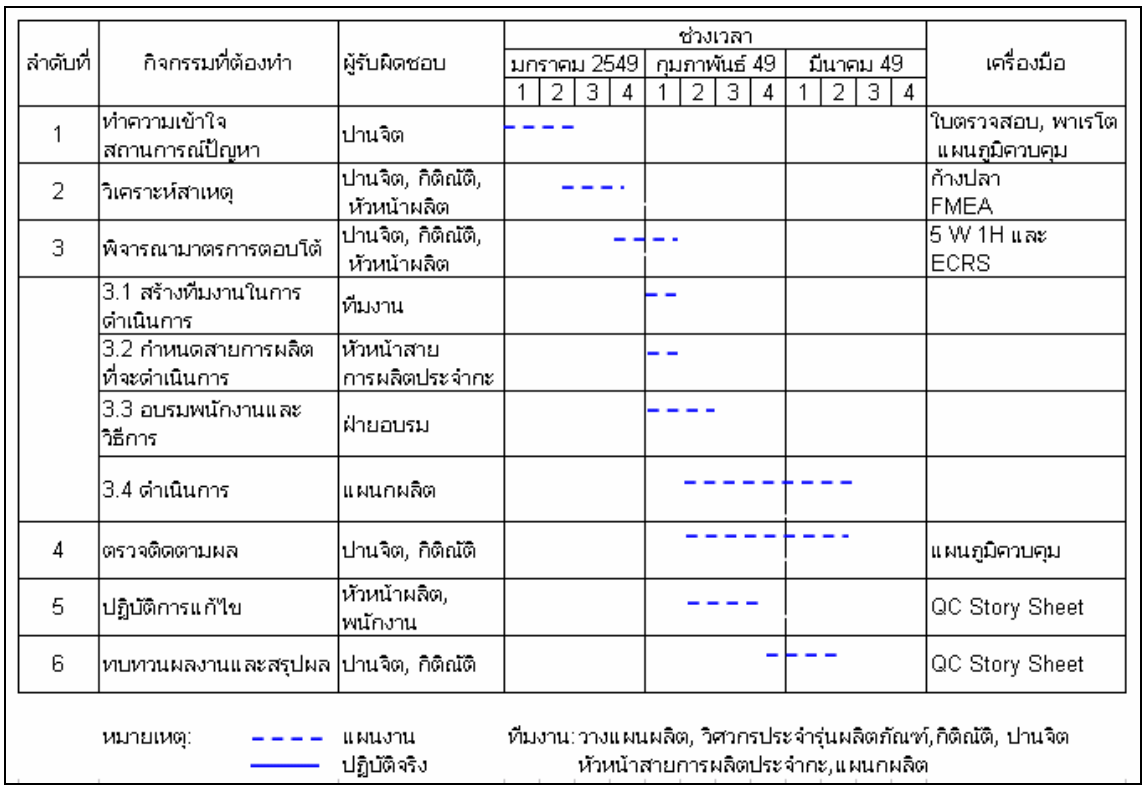
จากการเก็บข้อมูลเวลารอคอยวัตถุดิบที่กระบวนการ Adhesive Dropping ตั้งแต่วันที่ 4-16 มกราคม 2549 โดยทำการสุ่มวัดเวลารอคอยวันละ 10 ครั้ง ในแต่ละช่วงเวลาทำงาน ตั้งแต่วันที่ 4-20 มกราคม 2549 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟเชิงเส้นตรง จะพบว่าพฤติกรรมของเวลารอคอย จะมีลักษณะเป็นวัฏจักรในแต่ละวัน ด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงเลือกศึกษาในช่วงที่มีอัตราเวลารอคอยนานที่สุด และจากการศึกษาด้วยหลักการ 3 จริง จะพบความผันแปรดังนี้

1. เวลารอคอยผลิตมักอยู่ในเวลาเริ่มงานช่วงเช้า
2. ปริมาณที่รับวัตถุดิบจะคงที่เสมอคือ จำนวน 5 ถาดต่อครั้ง (40 ชิ้น)
3. หลังจากได้รับวัตถุดิบ กระบวนการทำการผลิต และส่วนมากส่วนมาก จะไม่เกิดการรอคอยวัตถุดิบซ้ำอีก สำหรับวันนั้นสำหรับสถานีนั้น
4. หลังจากรับวัตถุดิบผลิตแล้ว จะเกิดปริมาณงานที่รอคอยผลิตเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงเวลาต่อมา

จากแผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต พบว่า มีเวลารอคอยระหว่างกระบวนการในสายงานประกอบ 39 เปอร์เซ็นต์ของเวลารอคอยผลิตทั้งหมดต่อหนึ่งชิ้นงาน และพบว่ามีเวลารอคอยวัตถุดิบร้อยละ 38.6 ของเวลารอคอยทั้งหมดในกระบวนการ Adhesive Dropping หรืออาจกล่าวได้ว่าในสภาวะโดยปกติของกระบวนการ Adhesive Dropping มีเวลารอคอยจากการรอคอยวัตถุดิบนาน (0.386) 39 เท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์ของเวลารอคอยทั้งหมด เพราะฉะนั้นสายงานประกอบมีการรอคอยวัตถุดิบในกระบวนการ (0.15)(250.91 นาที) เท่ากับ 37.46 นาที จึงตั้งเป้าหมายด้วยการลดเวลารอคอยลง 90 เปอร์เซ็นต์ (จากการที่สายการผลิตกำหนดให้ประสิทธิภาพการทำงานเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต ให้เวลาผลิตของชิ้นงานชุดแรกสั้นลง ดังนั้นจึงกำหนดเป้าหมายการดำเนินการปรับปรุงลดรอบเวลาการผลิตจาก 9.88 ชั่วโมง ลดเหลือ 8.73 ชั่วโมง โดยการลดเวลารอคอยวัตถุดิบในสายงานประกอบลง 90 เปอร์เซ็นต์ จาก 37.46 นาที เหลือ 3.75 นาที

4.3 การวางแผนแก้ไข

การวางแผนการดำเนินการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา โดยการสร้างทีมและแบ่งหน้าที่รับผิดชอบ ในแต่ละขั้นตอน เมื่อเกิดปัญหาด้านความล่าช้าของโครงการจากแผน เพื่อให้การดำเนินการปรับปรุงสำเร็จตามเวลาที่กำหนด แสดงดังรูปที่ 4.14



ลำดับที่	กิจกรรมที่ต้องทำ	ผู้รับผิดชอบ	ช่วงเวลา												เครื่องมือ
			มกราคม 2549				กุมภาพันธ์ 49				มีนาคม 49				
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	ทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา	ปานจิต													ใบตรวจสอบ, พาเรโต แผนภูมิควบคุม
2	วิเคราะห์สาเหตุ	ปานจิต, กิติณัติ, หัวหน้าผลิต													ก้างปลา FMEA
3	พิจารณามาตรการตอบโต้	ปานจิต, กิติณัติ, หัวหน้าผลิต													5 W 1H และ ECRS
	3.1 สร้างทีมงานในการดำเนินการ	ทีมงาน													
	3.2 กำหนดสายการผลิตที่จะดำเนินการ	หัวหน้าสายการผลิตประจำกะ													
	3.3 อบรมพนักงานและวิธีการ	ฝ่ายอบรม													
	3.4 ดำเนินการ	แผนกผลิต													
4	ตรวจติดตามผล	ปานจิต, กิติณัติ													แผนภูมิควบคุม
5	ปฏิบัติการแก้ไข	หัวหน้าผลิต, พนักงาน													QC Story Sheet
6	ทบทวนผลงานและสรุปผล	ปานจิต, กิติณัติ													QC Story Sheet

หมายเหตุ: แผนงาน
ปฏิบัติจริง

ทีมงาน: วางแผนผลิต, วิศวกรประจำรุ่นผลิตภัณฑ์, กิติณัติ, ปานจิต หัวหน้าสายการผลิตประจำกะ, แผนกผลิต

รูปที่ 4.14 แผนการดำเนินการแก้ปัญหา

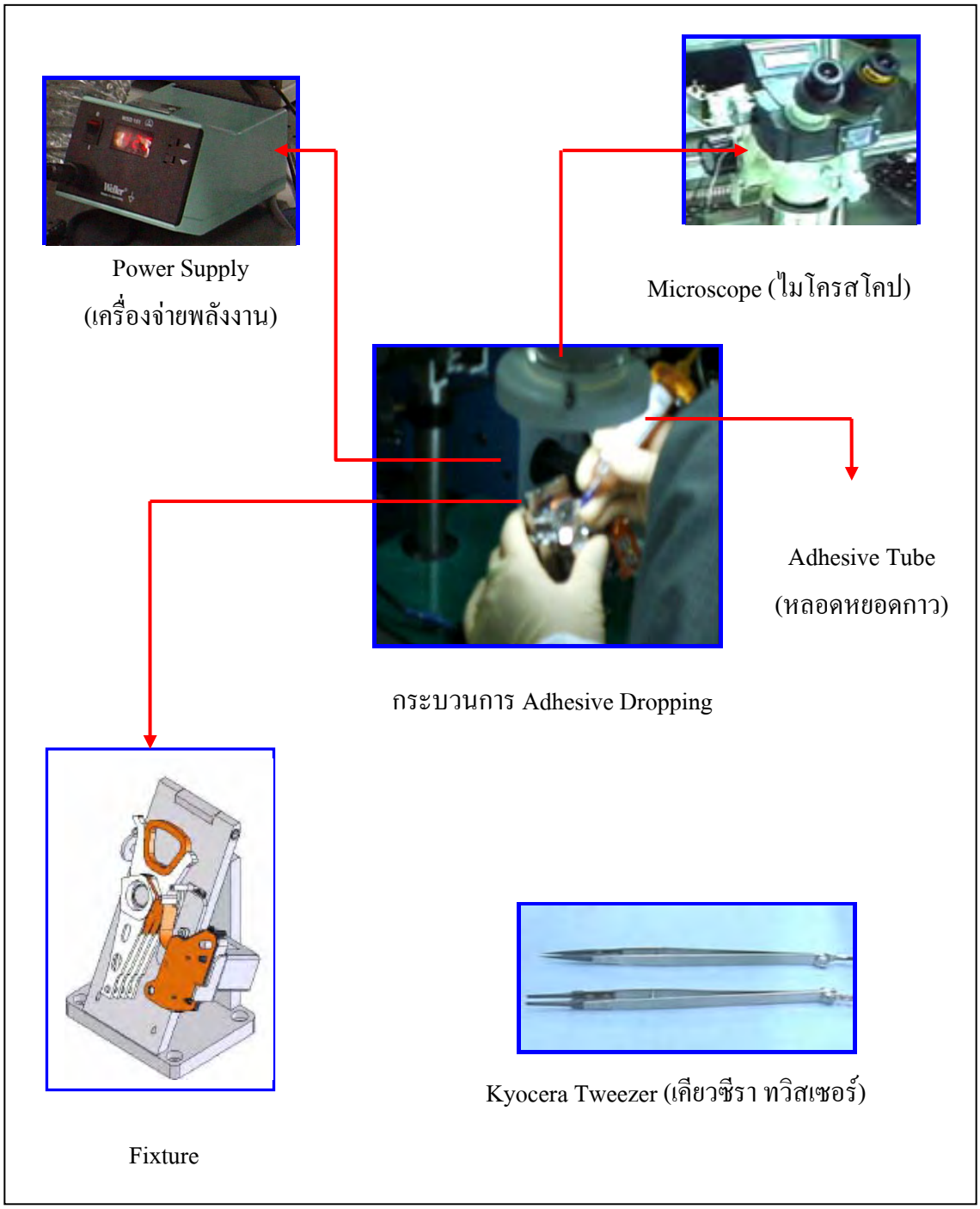
จากรูปที่ 4.14 แสดงลำดับขั้นตอนกิจกรรมการดำเนินการแก้ไขปัญหา ผู้นำการดำเนินการในแต่ละขั้นตอน

4.4 การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้า

ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดปัญหา โดยใช้วิธีการระดมสมอง เพื่อให้สามารถมองปัจจัยป้อนเข้าให้ได้มากที่สุด จากการกำหนดปัญหา เพื่อดำเนินการลดต้นทุนการผลิต จากกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 ในหัวข้อที่ผ่านมาพบว่าข้อจำกัด ของความสามารถด้านกำลังการผลิตอยู่ที่กระบวนการที่เป็นคอขวด คือ กระบวนการ Adhesive Dropping ซึ่งในขั้นตอนนี้การวัดกระบวนการต่าง ๆ จะถูกนำมาใช้ เพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์เบื้องต้นของปัจจัยป้อนเข้ากับผลลัพธ์ที่มีต่อกระบวนการที่สนใจ และใช้เพื่อเป็นสารสนเทศในการวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งนอกจากการวัดกระบวนการแล้ว ระบบการวัดยังเป็นองค์ประกอบสำคัญอีกประการหนึ่งของข้อมูลที่ได้มา ซึ่งต้องถูกนำมาพิจารณา เพื่อประเมินความสามารถและความผันแปรของระบบการวัดที่เกิดจากพนักงาน เครื่องมือวัด และวิธีการที่ใช้ในการวัดว่ามีความน่าเชื่อถือเพียงพอ ที่จะได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกต้องหรือไม่ โดยในขั้นตอนการดำเนินการวัด กระบวนและการวิเคราะห์ระบบการวัด สำหรับโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมนี้ประกอบไปด้วย การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA: Measurement System Analysis) และการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis) จากแผนภาพการไหล สามารถสรุปได้ว่า กระบวนการที่เป็นคอขวดมีการรอคอยวัตถุดิบนาน คือ กระบวนการ Adhesive Dropping ซึ่งมีวัตถุประสงค์ คือ การหยอดกาวทับเส้น Wire เพื่อป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร

กระบวนการที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการก่อน คือ กระบวนการ PCCA Soldering โดยเชื่อมติดด้วยแถบตะกั่ว และส่งต่อให้กระบวนการ Adhesive Dropping คือ การหยอดกาวทับเส้น Wire เพื่อป้องกันไฟลัดวงจร และกระบวนการถัดไป คือ UV Curing System มีหน้าที่อบกาว และส่งต่อให้กระบวนการ VMI คือ การตรวจชิ้นงาน อุปกรณ์การทำงานของกระบวนการ Adhesive Dropping ประกอบด้วย เครื่องจ่ายพลังงานไมโครสโคป หลอดหยอดกาว ฟิคเจอร์ เคียวซีรา ทวิสเซอร์ แสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 อุปกรณ์การทำงานของกระบวนการ Adhesive Dropping

4.4.1 การวิเคราะห์ความผันแปรของระบบการวัด

ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อการตัดสินใจจำเป็นต้องวัดความผันแปรของระบบการวัดก่อน เพื่อเป็นการยืนยันว่า แหล่งความผันแปรของข้อมูลมาจากกระบวนการเท่านั้น ไม่ได้มาจากระบบการวัดหรือเกิดน้อยมากจนสามารถตัดทิ้งได้ โดยระบบการวัดในการวิเคราะห์เวลารอคอย ซึ่งเป็นตัวแปรตอบสนองในงานวิจัยนี้ โดยสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาการวิเคราะห์ระบบการวัด คือ เวลาที่ใช้รอคอยวัตถุดิบของกระบวนการ Adhesive Dropping จากกระบวนการ PCCA Soldering และใช้นาฬิกาจับเวลาเป็นเครื่องมือในการวัดเวลา ซึ่งในงานวิจัยนี้นาฬิกาจับเวลาถูกกำหนดให้ใช้เพียงเครื่องเดียวตลอดงานวิจัย และทำการวิเคราะห์ระบบการวัดดังนี้ คือ วิเคราะห์ความถูกต้องของระบบการวัดด้วยการประเมินค่าไบอัสของระบบ การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้น และการวิเคราะห์คุณสมบัติความมีเสถียรภาพ ส่วนการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด ทำโดยการประเมินผ่านค่าของรีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบ

4.4.1.1 การวิเคราะห์ความผันแปรของตำแหน่ง (Location Variation) ของระบบการวัด

การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านไบอัส และเชิงเส้นตรง (Bias and Linearity)

การหาค่าอ้างอิง (Reference Value) ค่าเวลารอคอย

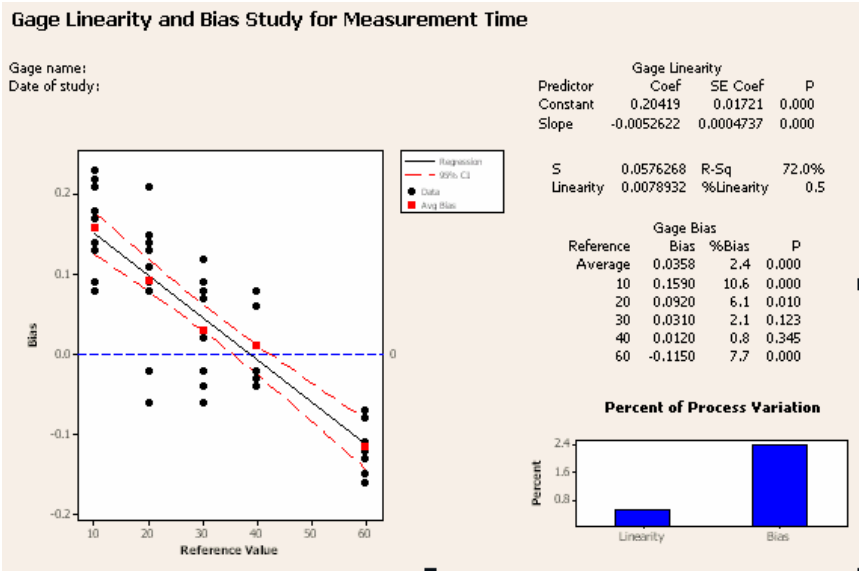
ขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ทำการเลือกตัวอย่าง คือ เวลาการผลิตชิ้นงานของกระบวนการ ที่อยู่ก่อนกระบวนการ Adhesive Dropping เนื่องจากเป็นกระบวนการที่อยู่ก่อนกระบวนการ Adhesive Dropping โดยให้ครอบคลุมตลอดช่วงเวลาของการผลิตชิ้นงาน 5 ตัวอย่าง ได้แก่ 10 , 20 , 30 , 40 และ 60 วินาที
2. เตรียมนาฬิกาจับเวลา ที่ใช้ในสายการผลิตและทำการวัดเวลามาตรฐาน ด้วยวิศวกรประจำผลิตภัณฑ์ จำนวน 10 ครั้งต่อตัวอย่าง โดยการเลือกชิ้นงานมาสเตอร์จะเป็นไปแบบสุ่ม

ผลการวัดเวลาแสดงดังตารางที่ 4.10 และทำการวิเคราะห์สมบัติด้านไบอัสและคุณสมบัติเชิงเส้นตรงผ่านทางคอมพิวเตอร์ได้ผลดังรูปที่ 4.16

ตารางที่ 4.10 ค่าอ้างอิงและค่าที่ได้รับการวัด

ชิ้นงาน	ค่าอ้างอิง	การวัดครั้งที่										ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	10	10.23	10.06	10.12	10.08	10.14	10.13	10.04	10.08	10.11	10.02	10.09
2	20	20.14	20.39	20.15	20.35	20.86	20.48	20.56	20.15	20.75	20.44	20.46
3	30	29.96	29.33	29.59	29.5	29.49	29.43	29.45	29.74	29.49	29.36	29.49
4	40	39.88	38.94	39.78	39.44	38.87	39.53	39.28	39.63	38.97	39.71	39.35
5	60	59.84	59.88	59.89	59.48	59.8	59.75	59.54	59.71	59.95	59.55	59.74



รูปที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านไบอัสและคุณสมบัติเชิงเส้นตรง

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

1. ผลการวิเคราะห์ % ค่าไบอัส ได้ท่ากับ 2.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโดยทั่วไปกำหนดให้ค่า %ไบอัส น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องทำการแก้ไขนั่น คือ คุณสมบัติด้านเวลาการทำงานในกระบวนการเพื่อวิเคราะห์ค่าเวลาของพนักงาน อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยไม่ต้องทำการแก้ไข แม้ว่าค่า P-Value จะมีค่าน้อย (เท่ากับ 0.000) คือ ปฏิเสธสมมติฐาน ซึ่งหมายความว่า ค่าไบอัสมีผลต่อระบบการวัด แต่สามารถตีความได้ว่ามีผลน้อยจนสามารถยอมรับได้ (เนื่องจากวิเคราะห์ % ไบอัสร่วมด้วย)

2. ผลการวิเคราะห์ R^2 ค่าเท่ากับ 72 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่า ความผันแปรในค่าไบอัสทั้งหมดของระบบการวัด 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นความผันแปรที่สามารถอธิบายได้ด้วยค่าอ้างอิง 72 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือไม่สามารถอธิบายได้ว่าเกิดจากสาเหตุอะไร แสดงว่าข้อมูลจากการทดลองมีคุณภาพเพียงพอต่อการอธิบายความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่าอ้างอิงกับค่าไบอัสได้ จึงสามารถตีความต่อได้

4.4.1.2 การวิเคราะห์สมบัติด้านความมีเสถียรภาพของระบบการวัด

การเลือกศึกษาให้ระบบการวัดมีค่าไบอัสที่ขึ้นกับปัจจัยภายนอกต่าง ๆ ให้น้อยที่สุด ทั้งนี้เพราะว่าเมื่อสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนไป มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. เลือกเวลามาตรฐาน 1 ค่าที่ 15 วินาที
2. ทำการวัดเวลาดังกล่าวอาทิตย์ละ 2 ครั้ง ครั้งละ 10 ตัวอย่าง โดยเก็บข้อมูลตลอดช่วงของงานวิจัย โดยความถี่ที่กำหนดขึ้นในการทำการวัดนี้ พิจารณาถึงความถี่ในการใช้งาน (เนื่องจากโดยปกติแล้วนาฬิกาจับเวลาจะถูกใช้งานในการทดลอง และใช้เพื่อตรวจสอบรอบเวลาการทำงาน 1 ครั้งต่อเดือน) ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้ว จะถูกใช้งานอาทิตย์ละครั้ง นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยที่อาจจะทำให้ความมีเสถียรภาพของนาฬิกาจับเวลาเปลี่ยนแปลงไปในตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ซึ่งได้แก่ แบตเตอรี่ ความเสื่อมสภาพของนาฬิกา ความถี่ในการซ่อม ดังนั้นจึงทำการศึกษาเสถียรภาพของเครื่องมือวัดหรือนาฬิกาจับเวลาที่ใช้สำหรับโครงงานตลอดช่วงของงานวิจัย ที่มีความจำเป็นต้องใช้นาฬิกาจับเวลานี้ข้อมูล แสดงดังตารางที่ 4.11

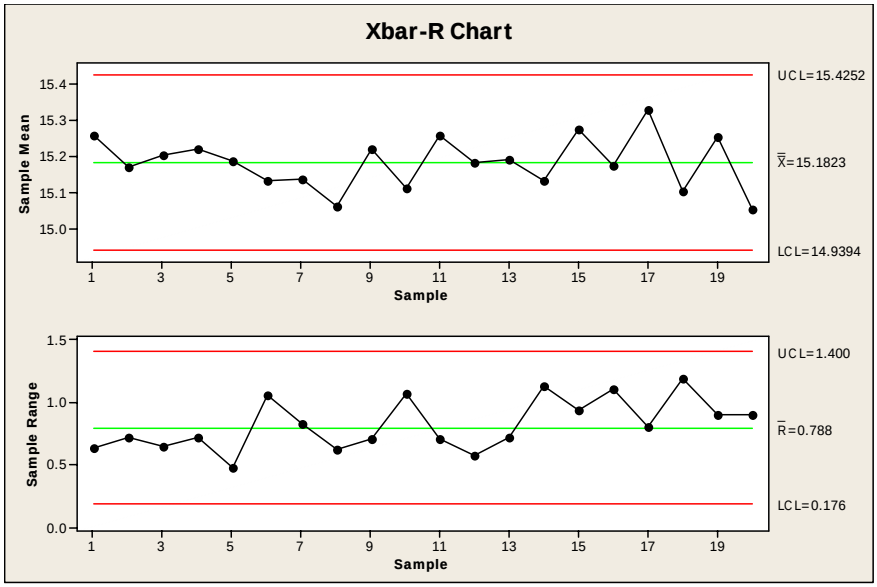
ตารางที่ 4.11 ข้อมูลการทดสอบเสถียรภาพ

	ww 36		ww 37		ww 38		ww 39		ww 40	
1	14.94	14.95	15.13	15.16	15.05	15.50	14.94	14.95	15.10	15.15
2	15.32	15.40	14.95	15.09	15.18	15.07	15.17	15.20	14.80	15.09
3	14.88	15.16	15.14	15.04	15.32	15.05	15.20	14.96	15.05	15.50
4	15.21	15.10	15.08	15.35	14.96	14.45	15.18	14.97	15.14	15.07
5	15.24	15.56	15.20	14.92	15.13	15.08	14.40	15.25	15.15	15.04
6	15.51	14.94	15.59	15.63	15.22	15.15	15.10	15.08	15.24	14.44
7	15.23	15.13	14.95	15.07	15.15	15.17	15.21	15.03	15.04	15.08
8	15.20	14.85	15.14	15.08	15.10	15.16	15.17	14.92	15.37	15.18
9	15.14	15.06	15.08	14.95	15.30	14.92	15.22	14.63	15.22	14.91
10	15.31	14.95	15.19	15.33	14.85	15.15	15.19	15.01	15.50	15.07

	ww 41		ww 42		ww 43		ww 44		ww 45	
1	15.20	14.94	15.12	15.15	15.15	15.15	15.28	15.15	14.67	15.13
2	15.15	15.11	15.48	15.09	15.23	14.92	15.11	15.08	15.56	15.09
3	15.30	15.44	15.15	14.37	15.59	15.14	15.02	14.42	15.17	14.43
4	15.24	15.03	15.19	14.75	14.75	15.58	15.03	15.58	15.16	15.32
5	15.18	15.10	15.10	15.03	15.50	15.05	15.48	15.09	15.28	15.17
6	14.92	15.00	15.33	15.07	15.45	15.40	14.95	14.43	15.19	15.12
7	15.19	15.05	14.77	15.23	14.75	15.34	15.75	15.37	15.00	14.45
8	15.22	14.95	15.20	15.44	15.11	14.48	15.38	14.45	15.23	15.07
9	14.95	15.09	15.03	15.08	15.68	15.12	15.18	15.24	15.16	14.90
10	15.62	15.51	14.95	15.50	14.92	14.95	15.52	15.60	15.51	15.23

4.4.1.3 การวิเคราะห์การมีเสถียรภาพจากแผนภูมิควบคุม

พิจารณาแผนภูมิ R พบว่าสภาวะอยู่ภายใต้การควบคุม แสดงว่าระบบการวัดมีความเสถียรและระบบการวัดดังกล่าวมีคุณสมบัติความสม่ำเสมอที่ดี และพิจารณาแผนภูมิ X bar พบว่าสภาวะอยู่ภายใต้การควบคุม แสดงว่าระบบการวัดไม่มีปัญหาด้านความถูกต้องในค่าวัด หมายความว่า ค่าไบอัสที่เปลี่ยนแปลงไปแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ จากการพิจารณาแผนภูมิควบคุม Xbar – R Chart แสดงว่าระบบการวัดมีความสามารถในการวัดอย่างสม่ำเสมอภายในระยะเวลาที่กำหนด แสดงดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 แผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ แสดงการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพ

4.4.1.4 การประเมินผลค่ารีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด (Gage Repeatability & Reproducibility)

การประเมินผลค่าผันแปร อันเนื่องมาจากการวัดค่าจริงของงานหนึ่งชิ้นแบบซ้ำ ๆ ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน แต่เนื่องจากในสภาวะการทำงานจริงนั้น ไม่สามารถนำชิ้นงานที่เคลื่อนย้ายจากกระบวนการ PCCA Soldering ส่งให้กระบวนการ Adhesive Dropping เพื่อวัดเวลารอคอยวัตถุดิบเดิมมาผ่านกระบวนการ PCCA Soldering และทำการวัดเวลารอคอยวัตถุดิบ Adhesive Dropping ซ้ำได้ คณะดำเนินงานจึงทำการบันทึกภาพการทำงาน ด้วยกล้องวีดีโอ ของกระบวนการ Adhesive Dropping ที่รอคอยวัตถุดิบ เพื่อทำการสุ่มวัดการเวลาการมาถึงของวัตถุดิบแต่ละครั้ง เป็นสิ่งตัวอย่างในการศึกษาการวิเคราะห์ระบบการวัด

4.4.1.5 การวางแผนการทำการศึกษาความแม่นยำของระบบการวัดโดย

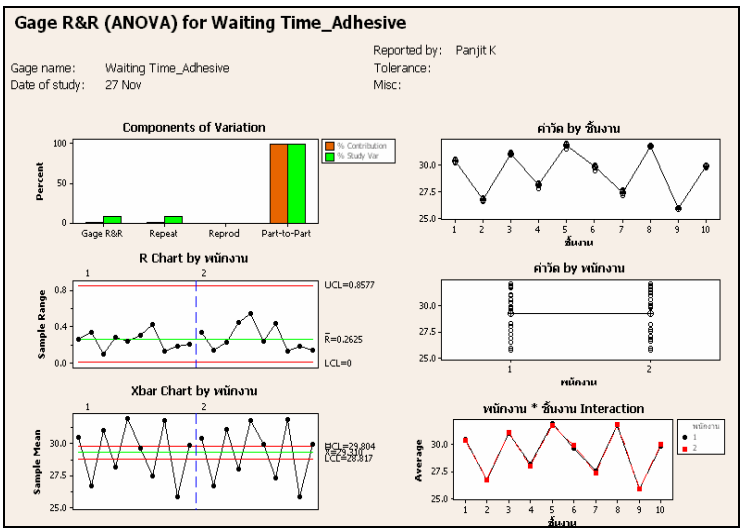
1. เลือกวิศวกรที่ทำการวัดเวลาประจำในกระบวนการที่ศึกษามา 2 คน
2. เลือกนาฬิกาที่ใช้ทำการจับเวลาและกำหนดให้ใช้นาฬิกาเพียงเรือนเดียว สำหรับการศึกษาความแม่นยำของระบบการวัด
3. เลือกสถานีกระบวนการ Adhesive Dropping อย่างสุ่ม ตลอดช่วงความแปรผันของกระบวนการ โดยใช้กล้องวีดีโอบันทึกภาพการรอคอยวัตถุดิบของกระบวนการ Adhesive Dropping ทั้งหมด 10 ครั้ง และกำหนดจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของการทำงานในกระบวนการให้เข้าใจตรงกัน
4. เลือกชิ้นงาน โดยการสุ่มในช่วงเวลาที่เกิดการรอคอยวัตถุดิบ คือ ช่วงเช้าและทำการสุ่มวัดที่กระบวนการ Adhesive Dropping ของสายการผลิต รุ่น T6
5. ทำการวัดเวลาจากวีดีโอเทป โดยวัดทีละ 1 ครั้ง 10 ชิ้นงาน ทำการวัดเวลา 2 ครั้ง แบบสุ่มได้ผลผลการวัดเวลาจากสิ่งตัวอย่าง เพื่อทำการประเมินระบบการวัด แสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการวัดเวลาจากสิ่งตัวอย่างเพื่อประเมินความแม่นยำ

ชิ้นงาน		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
พนักงาน 1	ครั้งที่ 1	29.98	25.78	31.86	27.31	29.51	32.09	28.34	30.96	26.58	30.35	29.28
	ครั้งที่ 2	29.78	25.96	31.74	27.73	29.81	31.85	28.06	31.05	26.92	30.61	29.35
		29.88	25.87	31.80	27.52	29.66	31.97	28.20	31.01	26.75	30.48	29.31
พนักงาน 2												
	ครั้งที่ 1	29.92	25.99	31.78	27.56	30.06	31.51	27.81	30.98	26.66	30.58	29.29
	ครั้งที่ 2	30.06	25.81	31.91	27.13	29.82	32.05	28.26	31.21	26.80	30.24	29.33
		29.99	25.90	31.85	27.35	29.94	31.78	28.04	31.10	26.73	30.41	29.31

จากผลที่ได้ทำการวิเคราะห์ระบบวัด Gage R&R ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม Minitab ได้ผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 4.18

1. วิเคราะห์คุณสมบัติของข้อมูลจากระบบการวัด



รูปที่ 4.18 ผลลัพธ์ของการศึกษา Gage R&R ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 4.18 พบว่า แผนภูมิควบคุม R พบว่าข้อมูลอยู่ภายในเส้นควบคุม แสดงว่า ระบบการวัดของพนักงานมีความสามารถในการวัดละเอียดเพียงพอหรือการแยกความแตกต่างของค่าวัดได้ แผนภูมิควบคุม Xbar แสดงความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของสิ่งตัวอย่าง พบว่าจุดข้อมูลออกนอกพิกัดควบคุมและไม่มีรูปแบบ แสดงว่าความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ส่วนใหญ่มาจากความแตกต่างระหว่างสิ่งตัวอย่างมิได้มาจากระบบวัด จากผลการประเมินระบบการวัดสามารถตีความได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลลัพธ์ของการศึกษา Gage R&R ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

Gage R&R Study - ANOVA Method
Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
ชิ้นงาน	9	164.484	18.2760	820.973	0.000
พนักงาน	1	0.000	0.0004	0.019	0.893
ชิ้นงาน * พนักงาน	9	0.200	0.0223	0.532	0.834
Repeatability	20	0.837	0.0419		
Total	39	165.522			

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
ชิ้นงาน	9	164.484	18.2760	510.895	0.000
พนักงาน	1	0.000	0.0004	0.012	0.914
Repeatability	29	1.037	0.0358		
Total	39	165.522			

MSA

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.03577	0.78
Repeatability	0.03577	0.78
Reproducibility	0.00000	0.00
พนักงาน	0.00000	0.00
Part-To-Part	4.56006	99.22
Total Variation	4.59583	100.00

Study Var %Study Var

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.18914	1.1348	8.82
Repeatability	0.18914	1.1348	8.82
Reproducibility	0.00000	0.0000	0.00
พนักงาน	0.00000	0.0000	0.00
Part-To-Part	2.13543	12.8126	99.61
Total Variation	2.14379	12.8627	100.00

MSE

Number of Distinct Categories = 15

2. ประเมินผลระบบการวัด (Measurement System Evaluation: MSE) จากตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดสามารถตีความได้ดังนี้

- พิจารณาค่าความสามารถในการแยกประเภทของข้อมูล จากค่า Number of Distinct Categories ซึ่งจากการวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ 15 หมายความว่า ระบบการวัดเวลาที่ศึกษามีความสามารถในการแยกข้อมูลที่มีความแตกต่างกันได้ 15 ประเภท แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากระบบการวัดใช้ประมาณค่าความผันแปรของกระบวนการได้ พิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยรวมมีค่า 2.14379 เป็นความเบี่ยงเบนมาตรฐานจากสิ่งตัวอย่าง เท่ากับ 2.13543 และความเบี่ยงเบนมาตรฐานจากระบบวัดเท่ากับ 0.00836 พิจารณาความผันแปรมีประมาณค่าของระบบการวัด มีค่าความผันแปรของข้อมูลทั้งหมด 11.0405 เป็นความผันแปรจากกระบวนการ 10.9975 และมาจากระบบวัดเท่ากับ 0.0530

- เมื่อประเมินผลเทียบกับความผันแปรของกระบวนการ (TV: Total Variation) หรือ P/TV พบว่า เมื่อเทียบความผันแปรของกระบวนการจากข้อมูลวัดทั้งหมดเป็นร้อยละแล้ว ความผันแปรจากกระบวนการมีค่าร้อยละ 99.61 และความผันแปรจากระบบวัดมีค่า 8.82 หน่วย ซึ่งความผันแปรนี้เป็นผลมาจากสาเหตุด้านรีพีททะบิลิตี้ 8.82 หน่วย และมาจากพนักงานวัดหรือสาเหตุด้านรีโปรดิวซิบิลิตี้มีค่าน้อยมาก (ประมาณค่าเท่ากับศูนย์)

3. วิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA) จากตารางที่4.13 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดสามารถตีความได้ดังนี้

- พิจารณาค่า VarComp หมายถึง องค์ประกอบของความแปรปรวนของการทดลองแบบสุ่ม จากผลการวิเคราะห์พบว่า ความแปรปรวนจากข้อมูลทั้งหมดเท่ากับ 4.59583 หน่วย^2 มาจากความแปรปรวนจากกระบวนการ 4.56006 หน่วย^2 และมาจากความแปรปรวนของระบบการวัด 0.03757 หน่วย^2 ซึ่งจะพบว่าความแปรปรวนโดยรวมนั้น มาจากสาเหตุด้านรีพีททะบิลิตี้เสียเป็นส่วนใหญ่ เมื่อเทียบกับความแปรปรวนที่มาจากสาเหตุด้านรีโปรดิวซิบิลิตี้ เมื่อเทียบความแปรปรวนทั้งหมดเป็นร้อยละแล้ว โดยให้ความผันแปรของข้อมูลทั้งหมดมีค่าเป็น 100 หน่วย^2 จะได้ว่าความแปรปรวนจากกระบวนการมีค่าเป็นร้อยละ 99.22 หน่วย^2 และความแปรปรวนของระบบการวัด มีค่าเป็นร้อยละ 0.78 หน่วย ซึ่งโดยทั่วไปเกณฑ์ในการยอมรับอยู่ที่น้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นแสดงว่าระบบการวัดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

- วิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยร่วมระหว่างพนักงานวัดและสิ่งตัวอย่าง โดยพิจารณาจากค่า P-Value พบว่าค่า P-Value ของอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานวัดและสิ่งตัวอย่างมีค่า 0.834 (มีค่ามากกว่า 0.05) ซึ่งถือว่ามีค่ามาก แสดงว่าค่า F มีค่าน้อย หมายความว่า ที่ระดับความมีนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ อิทธิพลร่วมของพนักงานวัดและสิ่งตัวอย่างไม่มีนัยสำคัญ จึงทำการตัดทิ้งได้

- พิจารณาค่า P-Value ของพนักงานวัดมีค่า 0.893 (มีค่ามากกว่า 0.05) ซึ่งถือว่ามีค่ามาก แสดงว่าค่า F มีค่าน้อย หมายความว่า พนักงานทั้งสองคนทำการวัดเวลาได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ และพิจารณาค่า P-Value ของสิ่งตัวอย่างมีค่า 0.000 (มีค่าน้อยกว่า 0.05) ซึ่งถือว่ามีค่าน้อย แสดงว่าค่า F มีค่าน้อยมาก หมายความว่า สิ่งตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าชิ้นงานมีผลต่อความผันแปรของข้อมูลในระบบการวัด

4.4.2 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis)

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ดำเนินการโดยวิศวกรประจำผลิตภัณฑ์ เก็บข้อมูลเวลาการทำงานกระบวนการ Adhesive Dropping วันละ 3 ชิ้นงาน เป็นเวลา 15 วัน โดยข้อมูลที่รวบรวมมานั้น มาจากกระบวนการในสภาพสภาพปกติของการผลิต คือ ใช้วัตถุดิบภายใต้ข้อกำหนดเฉพาะของการผลิตปกติ ผลิตงานโดยใช้เครื่องจักรที่มีความพร้อมในการปฏิบัติงาน และพนักงานเป็นพนักงานปฏิบัติงานประจำที่ผ่านการฝึกอบรม ซึ่งประกอบด้วยความรู้ความชำนาญในการปฏิบัติงานในหน้าที่เป็นอย่างดี
2. ทำการวิเคราะห์ผ่านแผนภูมิควบคุม
3. ทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการโดยใช้โปรแกรม Minitab Release 14.11

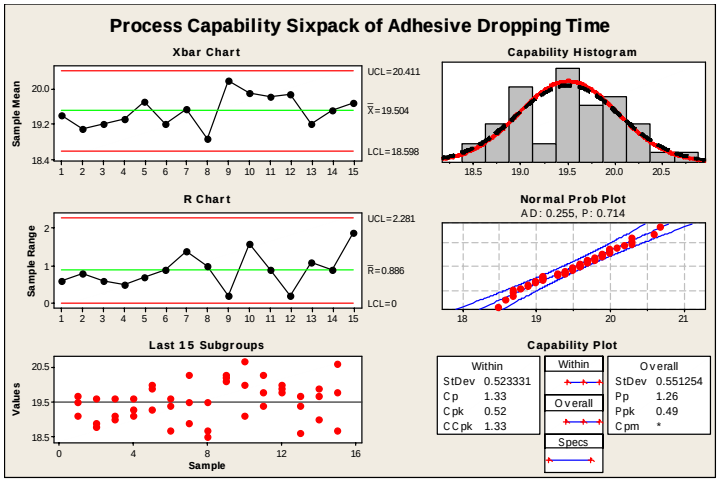
ผลการดำเนินงาน

ข้อมูลเวลาการทำงานกระบวนการ Adhesive Dropping (วินาทีต่อชิ้น) แสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

ตัวอย่างที่	วันที่														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	19.68	18.78	19.58	19.08	19.88	18.68	20.28	18.48	20.28	19.98	19.78	19.98	19.68	19.68	19.78
2	19.08	19.58	19.08	19.58	19.98	19.38	19.48	18.68	20.08	20.67	19.38	19.88	18.58	19.88	18.68
3	19.48	18.88	18.98	19.28	19.28	19.58	18.88	19.48	20.18	19.08	20.28	19.78	19.38	18.98	20.58

จากข้อมูลที่ได้นำมาพล็อตแผนภาพแสดงความสามารถของกระบวนการได้ ดังรูปที่ 4.19

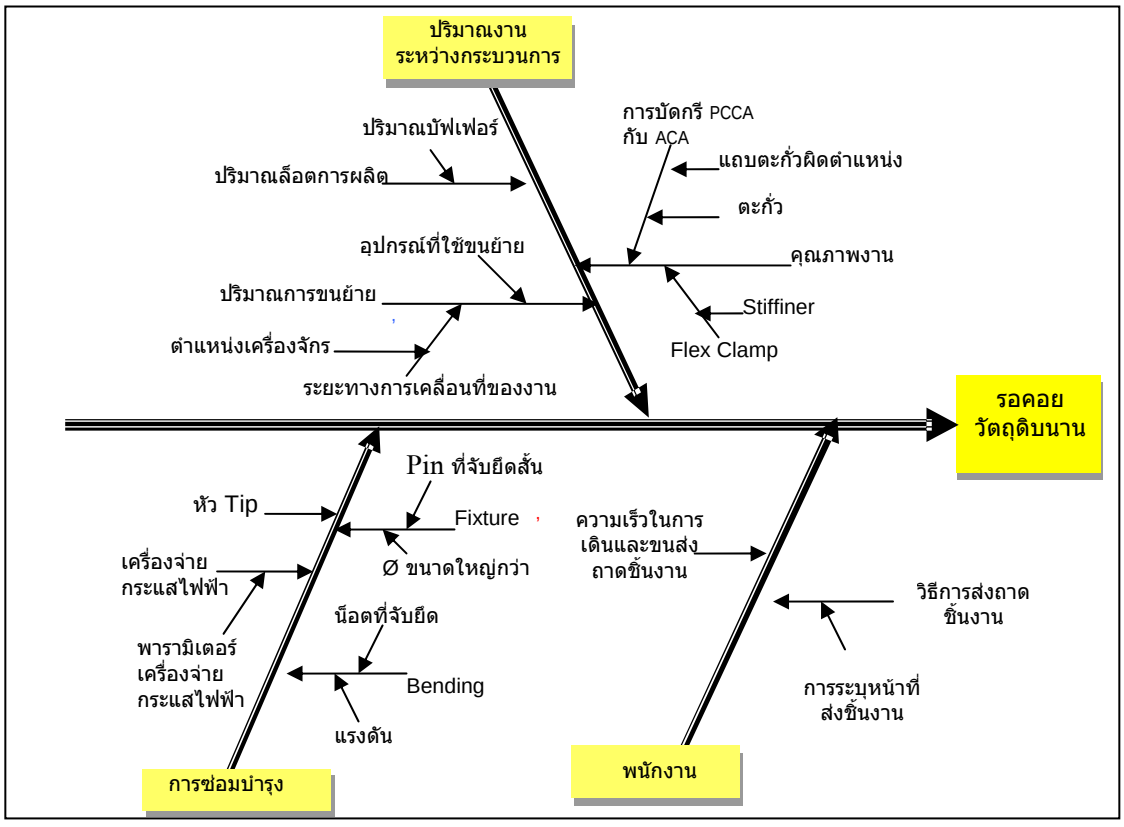


รูปที่ 4.19 ความสามารถของกระบวนการ Adhesive Dropping

จากรูปที่ 4.19 พบว่า แผนภูมิควบคุม Xbar – R ไม่มีจุดที่พลอตออกนอกช่วงการควบคุมแสดงว่ากระบวนการผลิตมีเสถียรภาพ คือ ความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการ เกิดจากสาเหตุธรรมชาติเท่านั้น ดังนั้นจึงดำเนินการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการได้ Histogram และ NOPP แสดงความเป็นปกติของข้อมูล (P = 0.714 สูง) และมีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ นั่นคือ ข้อมูลมีความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ ซึ่งสามารถคาดการณ์ได้ C_{pk}และ P_{pk} ซึ่งเป็นดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่า กระบวนการมีค่าดัชนี C_{pk} เท่ากับ 0.52 และค่า P_{pk} ที่มีค่าเท่ากับ 0.49 มีค่าใกล้เคียงกันสามารถอธิบายได้ว่ากระบวนการ Adhesive Dropping ขาดความสามารถการออกแบบกระบวนการ จึงมีความจำเป็นต้องทำการค้นหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเวลามาตรฐานในการทำงานของกระบวนการ Adhesive Dropping โดยมีค่าเฉลี่ยเวลาในการทำงานมาตรฐานเท่ากับ 19.50 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55

4.4.3 การวิเคราะห์สาเหตุและผล (Cause and Effect Analysis)

ในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่มีความสัมพันธ์กับปัญหารอคอยวัตถุดิบนาน ทำโดยวิธีการระดมสมองของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้จัดการแผนกผลิต หัวหน้างานส่วนการผลิตย่อย และพนักงานปฏิบัติหน้าที่หน้างาน เป็นต้น เพื่อช่วยวิเคราะห์หาสาเหตุในแต่ละกระบวนการ เพื่อระบุสาเหตุที่คาดว่ามีผลต่อปัญหาโดยผ่านแผนผังสาเหตุและผล ในรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 แผนภาพก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้รอบเวลาผลิตสูง ในกระบวนการ Adhesive Dropping

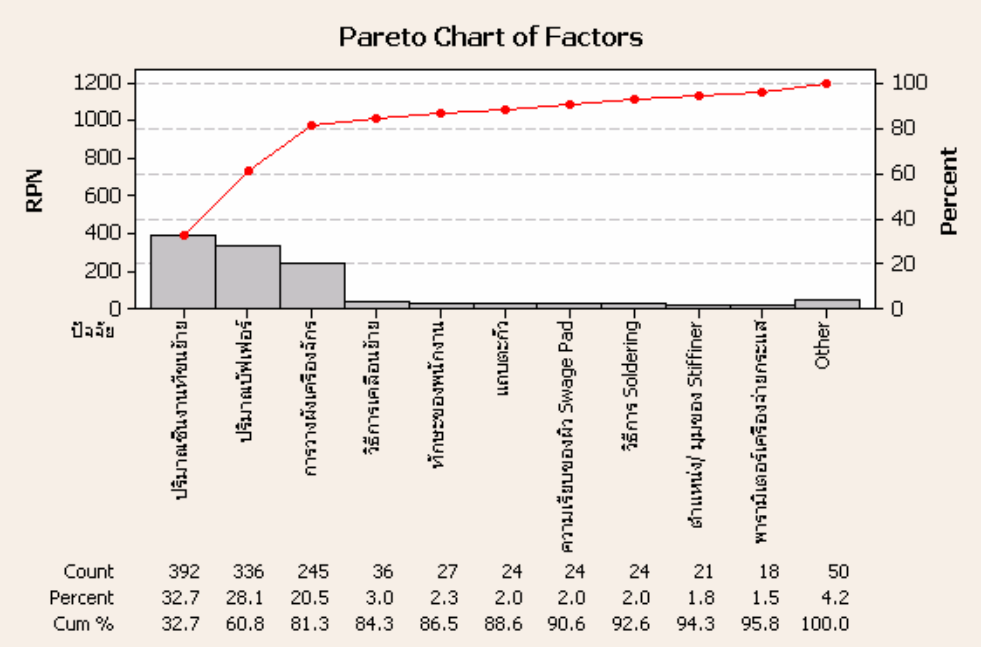
4.4.4 การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดของกระบวนการ

จากแผนภาพก้างปลา ทำการเลือกสาเหตุไปทำการพิสูจน์โดยอาศัยแผนภาพแมทริกซ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.15 โดยหลักเกณฑ์ในการให้คะแนนอยู่ในภาคผนวก ค

ตารางที่ 4.15 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องจากความผิดพลาดในกระบวนการ Adhesive Dropping

	ปัจจัย	ผลกระทบ			คะแนนรวม
		เวลารอคอยผลิต	ปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการ	คุณภาพการบัดกรี	
		10	9	8	
1	วิธีการ Soldering	4	3	2	24
2	กรออกแบบ Fixture	3	2	2	12
3	ทักษะของพนักงาน	3	3	3	27
4	แถบตะกั่วผิดตำแหน่ง	7	1	2	14
5	Flex Clamp มีรอยร้าว	8	1	2	16
6	ตำแหน่ง/ มุมของ Stiffener	7	1	3	21
7	ความเรียบของผิว Swage Pad	4	3	2	24
8	แถบตะกั่ว	4	3	2	24
9	หัวบัดกรี	4	1	2	8
10	พารามิเตอร์เครื่องจ่ายกระแส	9	1	2	18
11	การวางผังเครื่องจักร	7	7	5	245
12	ปริมาณชิ้นงานที่ขนย้าย	8	7	7	392
13	ปริมาณบัฟเฟอร์	8	7	6	336
14	วิธีการเคลื่อนย้าย	4	3	3	36

เนื่องจากการให้คะแนนมาจากอัตวิสัย จึงทวนสอบว่า การให้คะแนนมีการจำแนกความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ด้วยแผนภาพพาเรโต ดังรูปที่ 4.21 แผนภาพที่ได้เป็นไปตามหลักการพาเรโตที่ว่า สิ่งที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย ในขณะที่สิ่งที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อย จะมีอีกจำนวนมากมาย แสดงว่าการให้คะแนนเป็นไปอย่างเหมาะสม



รูปที่ 4.21 แผนภาพพาเรโตสำหรับคะแนน RPN จากการวิเคราะห์สาเหตุและผล

จากรูปที่ 4.21 เมื่อทำการพิจารณาจากแผนภาพพาเรโต จะพบว่าการให้คะแนนเป็นไปอย่างถูกต้อง ซึ่งจะพบว่า จากสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด 14 สาเหตุ จะมี 3 สาเหตุหลัก คือ ปริมาณชิ้นงานที่ขนย้ายแต่ละครั้ง ปริมาณบัฟเฟอร์ การวางผังเครื่องจักร ที่มีความสำคัญกว่า 81.3 เปอร์เซ็นต์ของความสำคัญทั้งหมด

สรุปการวิเคราะห์หาสาเหตุ

จากขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุและผล เพื่อหาปัจจัยที่มีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อปัญหาเวลารอคอยวัตถุดิบนานของกระบวนการ Adhesive Dropping โดยคณะทำงานมุ่งเน้นในการพิจารณาถึงเวลาที่ถูกใช้ไปในแต่ละกิจกรรมของการส่งมอบชิ้นงานระหว่างกระบวนการ PCCA Solderling และกระบวนการ Adhesive Dropping ซึ่งพบว่าปัจจัยป้อนเข้าที่คาดว่า มีผลกระทบต่อปัญหาดังนี้ คือ ปริมาณชิ้นงานที่ขนย้ายแต่ละครั้ง ปริมาณบัฟเฟอร์ การวางผังเครื่องจักร การซ่อมบำรุงนอกแผน จากการหาสาเหตุและจัดทำแผนภูมิก้างปลา รวบรวมสาเหตุที่อาจเป็นไปได้ที่แนวโน้ม ส่งผลกระทบต่อปัญหาเวลารอคอยวัตถุดิบนานของกระบวนการ Adhesive Dropping จากนั้นวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องจากความผิดพลาดในกระบวนการ เพื่อจัดลำดับค่าความเสี่ยงของปัจจัยที่มีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อปัญหา ซึ่งพบว่าปัจจัยป้อนเข้าที่คาดว่ามีผลกระทบต่อปัญหาดังนี้ คือ ปริมาณชิ้นงานที่ขนย้ายแต่ละครั้ง ปริมาณบัฟเฟอร์ การวางผังเครื่องจักร ซึ่งปัจจัยดังกล่าวนี้จะถูกนำไปวิเคราะห์แนวโน้มและพฤติกรรมของความสัมพันธ์ในขั้นการวิเคราะห์ปัจจัยในขั้นตอนต่อไป

4.4.5 การวิเคราะห์ปัจจัย

เมื่อทำการระดมสมองหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดแล้ว ต้องนำปัจจัยของสาเหตุดังกล่าว มาทำการทดสอบแบบ OFAT (One-Factor-At-A-Time) โดยมีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบเบื้องต้นและคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบไปศึกษาต่อ ซึ่งได้กำหนดระดับของปัจจัย แสดงดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์แบบ OFAT

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย	หน่วย
1. ปริมาณชิ้นงานที่ขนย้าย	8, 16, 24, 32, 40, 48	ชิ้นต่อถาด
2. ปริมาณบัฟเฟอร์	8, 16, 24, 32, 40, 48	ชิ้นต่อถาด
3. การวางผังเครื่องจักร	1.2, 2.4, 3.6, 4.8	เมตร

สำหรับระดับปัจจัยที่มาทำการทดสอบแบบ OFAT กำหนดขึ้น จากสภาพการทำงานจริงในปัจจุบัน ซึ่งแต่ละระดับปัจจัยมีรายละเอียดดังนี้

1. ปริมาณชิ้นงานที่ขนย้ายจะเป็นตัวกำหนดอุปกรณ์ในการขนย้าย และชนิดของการขนย้าย ถ้าการขนย้ายแต่ละครั้งมีปริมาณมาก จะทำให้การขนย้ายน้อยครั้งลง หากการขนย้ายแต่ละครั้งมีปริมาณน้อย จะทำให้ต้องมีการขนย้ายบ่อยครั้งขึ้น และอาจทำให้ขนย้ายไม่สมดุลกับอัตราการผลิต ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองปรับปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้ง เพื่อเป็นการศึกษาถึงปริมาณงานระหว่างกระบวนการที่เกิดขึ้น โดยจะทำการปรับให้มีปริมาณต่ำที่สุดเป็น 1 ถาด 8 ชิ้น และมีปริมาณมากที่สุดเป็น 5 ถาด 40 ชิ้น ซึ่งถ้าการขนย้ายในปริมาณน้อยกว่า 8 ชิ้น จะทำให้อุปกรณ์ที่ใช้ในการขนย้ายระหว่างกระบวนการ คือ ถาดใช้งานได้ไม่เต็มที่ คือ ใส่ชิ้นงานน้อยเกินไป ปัจจุบันในส่วนสายงานประกอบและสายงานผลิตดำเนินการขนย้ายครั้งละ 5 ถาด ระหว่างกระบวนการ

2. ปริมาณบัฟเฟอร์ ปริมาณบัฟเฟอร์จะส่งผลถึงความต่อเนื่องของระบบการทำงาน เนื่องจากเป็นปริมาณชิ้นงานที่สามารถมารอ ระหว่างกระบวนการได้มากที่สุด ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองปรับปริมาณบัฟเฟอร์ เพื่อเป็นการศึกษาถึงปริมาณงานระหว่างกระบวนการที่เกิดขึ้น โดยจะทำการปรับให้มีปริมาณต่ำที่สุดเช่นเดียวกับปริมาณชิ้นงานที่ขนย้าย และปริมาณการขนถ่ายแต่ละครั้ง ต้องมีความสัมพันธ์กัน ด้านความสามารถของเครื่องจักรที่ผลิตได้ครั้งละ 1 ชิ้น ทำให้ต้องมีบัฟเฟอร์เข้ามาช่วยในเรื่องการรอและบล็อกของชิ้นงาน เพื่อความต่อเนื่องของกระบวนการผลิต

3. การวางผังเครื่องจักร มีผลให้ระยะทางการเคลื่อนย้ายระหว่างกระบวนการผลิต ซึ่งระยะทางการขนย้ายที่มากขึ้น อาจทำให้เวลาในการขนย้ายนานขึ้น ส่งผลให้มีชิ้นงานมารอที่จะทำการขนย้ายมากขึ้น ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองปรับระยะทางในการขนย้าย โดยทำการปรับให้ระยะทางในการขนถ่ายตามระยะห่างระหว่างกระบวนการ PCCA Soldering และ Adhesive Dropping สั้นลง โดยการ

จัดสมดุลการผลิตและทำการปรับเรียบการผลิตใหม่ แสดงในตารางที่ ข.4 และรูปที่ ข.3 จะได้สถานีงานของกระบวนการ PCCA Soldering ลดลงจำนวน 2 สถานี จากเดิมมี 8 สถานี ลดเหลือ 6 สถานี ทำให้มีระยะทางระหว่างสถานี 2.4 เมตร ถึง 4.8 เมตร แสดงการวางผังเครื่องจักรที่ออกแบบใหม่ ในรูป ข.2 ทั้งนี้การปรับผังเครื่องจักร สามารถทำได้ทันที เพราะไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการของผลิตภัณฑ์อื่น เนื่องจากสายงานประกอบผลิตภัณฑ์ รุ่น T6 เป็นสายงานประกอบเฉพาะ มีการผลิตตลอดปี ซึ่งมีลักษณะการจัดวางผังเป็นแนวเส้นตรงและระยะทางที่ 2.4 ถึง 4.8 เมตร เป็นระยะห่างในสภาวะจริง ที่ทำให้เกิดการรอคอย เนื่องจากการส่งชิ้นงานให้กระบวนการถัดไป ไม่สามารถทำได้ทันที มีบางสถานีงานของกระบวนการ PCCA Soldering ไม่ได้อยู่ติดกับกระบวนการ Adhesive Dropping การส่งชิ้นงาน ทำโดยให้พนักงานที่มีหน้าที่ส่งชิ้นงาน เดินขนย้ายระหว่างสถานี จึงมีเวลาสูญเปล่า เนื่องจากการเดินไปมาเพื่อส่งชิ้นงานระหว่างกระบวนการ โดยการเก็บข้อมูลนั้นจะต้องมีการหาจำนวนรอบของการทำซ้ำ เพื่อเฉลี่ยปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ออกไป จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม Minitab ได้จำนวนรอบของการทำซ้ำ แสดงดังรูปที่ 4.22

```
Power and Sample Size

One-way ANOVA

Alpha = 0.05  Assumed standard deviation = 0.5  Number of Levels = 6


          Sample                 Maximum
SS Means    Size    Power  Difference
   1.125       5  0.92553         1.5
   1.125      10  0.99974         1.5
   1.125      15  1.00000         1.5
   1.125      30  1.00000         1.5
   1.125      35  1.00000         1.5

The sample size is for each level.
```

รูปที่ 4.22 จำนวนรอบของการทำซ้ำ

จากรูปที่ 4.22 เลือกใช้จำนวนรอบของการทำซ้ำเท่ากับ 10 รอบ เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่า Power ค่อนข้างเปลี่ยนแปลงน้อย เริ่มเข้าสู่ค่าคงที่

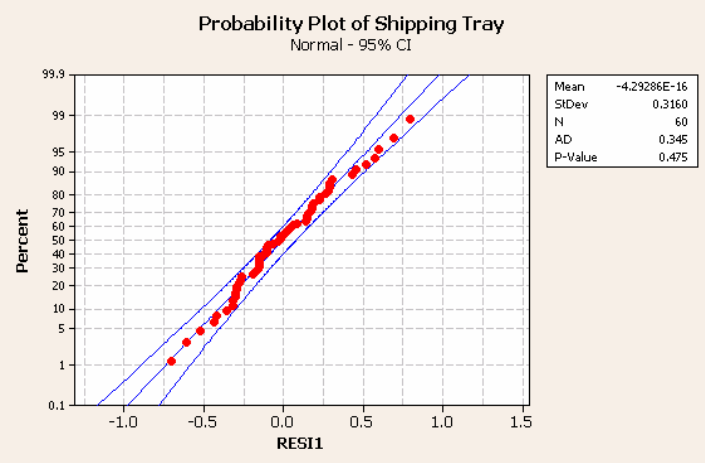
ขั้นตอนการทำการทดลอง

ศึกษาผลกระทบที่ละ 1 ปัจจัย และจับเวลาจากชิ้นงานอย่างสุ่มมาทั้งหมด 10 ตัวอย่าง ในแต่ละระดับของปัจจัย โดยให้ปัจจัยอื่น ๆ ตั้งค่าไว้ที่ค่าใช้งานในสภาวะปกติ

วิเคราะห์ผลการทดลอง

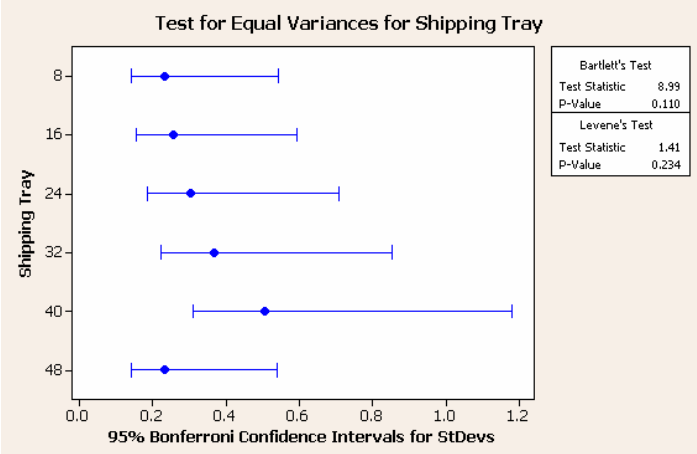
ปัจจัยที่ 1 ปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้ง

ทดสอบการแจกแจงของข้อมูลว่า ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ สามารถทดสอบได้โดยใช้ NOPP: Normal Probability Plot แสดงดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 การตรวจสอบความเป็นปกติของข้อมูลปัจจัยปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้ง

จากรูปที่ 4.23 ค่า P-Value เท่ากับ 0.475 สำหรับปริมาณชิ้นงานที่ขนย้ายแต่ละครั้งที่ระดับ 8 , 16 , 24 , 32 , 40 , 48 หมายความว่า P-Value ของการทดลองมีค่ามาก A-Squared น้อย คือ พื้นที่ระหว่างจุดและเส้นตรงน้อย แสดงว่าข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองมีความแตกต่างจากตัวแบบปกติไม่มากนัก



รูปที่ 4.24 การทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนของข้อมูลปัจจัยปริมาณการขนย้าย

จากรูปที่ 4.24 แสดงการทดสอบ Test for Equal Variance ทำการตรวจสอบว่าความผันแปรของข้อมูลในแต่ละระดับปัจจัยการทดลองว่า มีค่าคงที่หรือไม่ โดยมีสมมติฐานว่าความผันแปรของข้อมูลในแต่ละระดับปัจจัยต้องมีความผันแปรคงที่ จากผลการทดลองพบว่าไม่มีเครื่องหมายดอกจันทร์ คือไม่มีจุดออกนอกการควบคุม และ P-Value เท่ากับ 0.110 คือ P-Value มีค่ามาก ตัวสถิติทดสอบ F-Test มีค่าน้อย หมายความว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลมิได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากการทดสอบทั้งการแจกแจงแบบปกติ และตรวจสอบความแปรผันของข้อมูลนี้ สรุปได้ว่า ข้อมูลมีความเหมาะสมเพียงพอที่จะนำไปใช้วิเคราะห์ต่อไปได้

จากนั้นทดสอบปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้ง มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยใช้หลักการทดสอบแบบ ANOVA แบบความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับปัจจัย 6 ระดับ จำนวน 1 กลุ่ม มีค่าเท่ากัน โดยมีสมมติฐานดังนี้

H_0: ปริมาณชิ้นงานที่ขนย้ายไม่มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

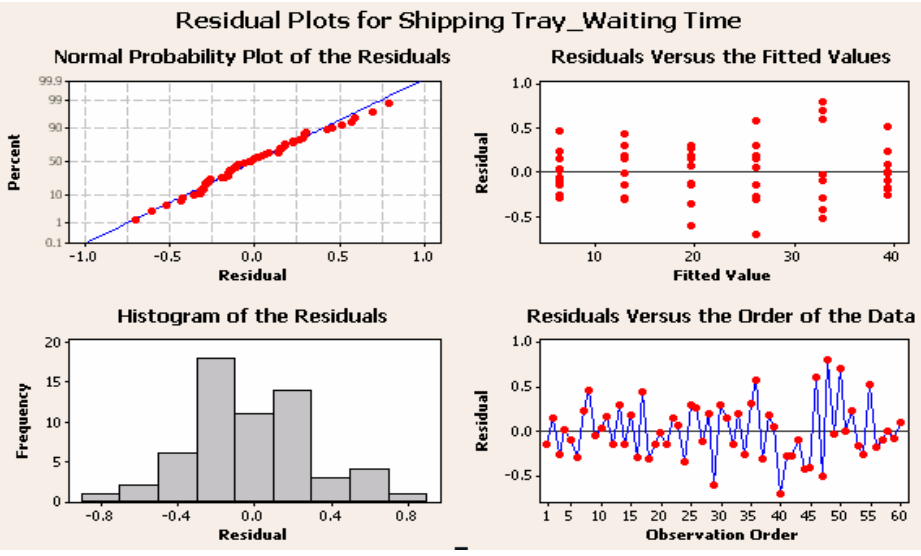
H_1: ปริมาณชิ้นงานที่ขนย้ายมีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

สามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ ได้ว่า

H_0: $\mu_8 = \mu_{16} = \mu_{24} = \mu_{32} = \mu_{40} = \mu_{48}$

H_1: $\mu_i \neq \mu_j$ for at least one pair (i, j)

ได้ผลการทดลอง แสดงได้ดังรูปที่ 4.25 และ ตารางที่ 4.17



รูปที่ 4.25 การตรวจสอบการแจกแจงและการทดสอบความมีเสถียรภาพของผลการทดสอบปัจจัยปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้ง

จากรูปที่ 4.25 ผลจากการทดลองพบว่า ข้อมูลมีลักษณะสุ่มและเมื่อพิจารณา Normal Plot แสดงเส้นตรง 1 เส้น เทียบเท่ากับ Histogram แสดงว่า ข้อมูลมาจากการทดลองที่มีค่า Setting ค่อนข้างดี และข้อมูลมีความผันแปรรอบค่าศูนย์ แสดงว่าข้อมูลไม่มีความผันแปรในแต่ละทรีตเมนต์ แสดงว่าข้อมูลได้รับการเก็บมาจากสภาวะควบคุม สามารถนำไปวิเคราะห์สัมประสิทธิการตัดสินใจ (R-Sq) ได้ ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลทดสอบปัจจัยปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้งในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการปรับปัจจัยปริมาณการขนย้าย

One-way ANOVA: Waiting Time versus Shipping Tray

Source	DF	SS	MS	F	P
Shipping Tray	5	7637.668	1527.534	14001.44	0.000
Error	54	5.891	0.109		
Total	59	7643.560			

S = 0.3303 R-Sq = 99.92% R-Sq(adj) = 99.92%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
8	10	6.421	0.233	*)
16	10	12.986	0.255	*
24	10	19.575	0.304	(*
32	10	26.143	0.366	*
40	10	32.852	0.506	*
48	10	39.432	0.231	*)

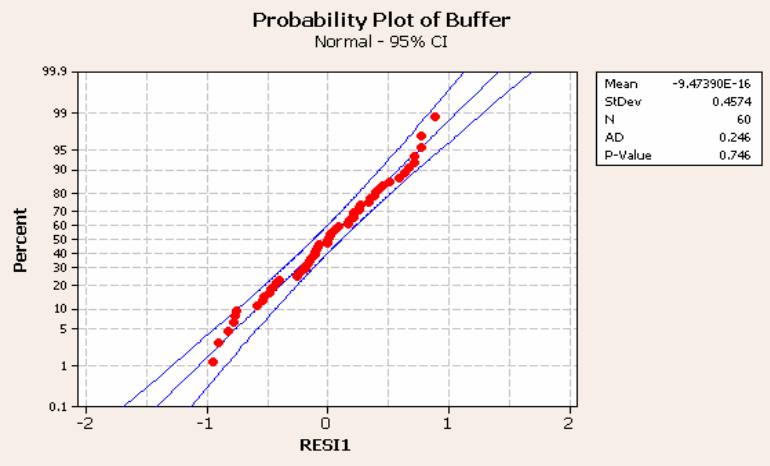
10 20 30 40

Pooled StDev = 0.330

จากตารางที่ 4.17 ค่า R-Sq = 99.89 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า Model สามารถอธิบายความผันแปรของข้อมูลได้ 99 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบ R-Sq = 99.92 เปอร์เซ็นต์ กับ R-Sq(adj) = 99.92 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าข้อมูลที่นำมาใช้เพียงพอแล้ว จากนั้นวิเคราะห์ P-Value มีค่าน้อย (0.000) แสดงว่า F มีค่ามาก แสดงว่า MS มีค่ามากอย่างมีนัยสำคัญ จากเหตุผลดังกล่าว แสดงว่าปัจจัยปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้งมีผลต่อเวลารอคอย

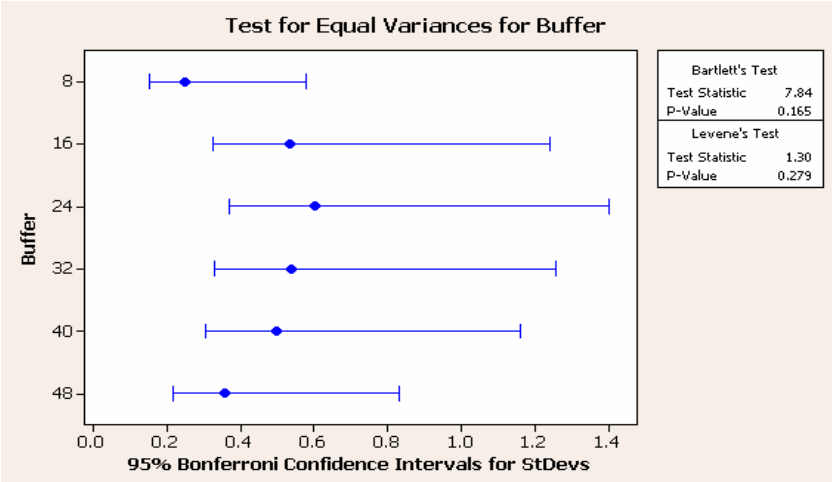
ปัจจัยที่ 2 ปริมาณบัฟเฟอร์

ทดสอบการแจกแจงของข้อมูลได้โดยใช้ NOPP: Normal Probability Plot แสดงดังรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.26 การตรวจสอบความเป็นปกติของข้อมูลปัจจัยบัฟเฟอร์

จากรูปที่ 4.26 ค่า P-Value เท่ากับ 0.475 สำหรับบัฟเฟอร์ที่ระดับ 8 , 16 , 24 , 32 , 40 และ 48 หมายความว่า P-Value ของการทดลองมีค่ามาก A-Squared น้อย คือ พื้นที่ระหว่างจุดและเส้นตรงน้อย แสดงว่าข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองมีความแตกต่างจากตัวแบบปกติไม่มากนัก



รูปที่ 4.27 การทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนของข้อมูลปัจจัยบัฟเฟอร์

จากรูปที่ 4.27 แสดงการทดสอบ Test for Equal Variance ทำการตรวจสอบว่าความผันแปรของข้อมูลในแต่ละระดับปัจจัยการทดลองว่ามีค่าคงที่หรือไม่ โดยมีสมมติฐานว่าความผันแปรของข้อมูล ในแต่ละระดับปัจจัยต้องมีความผันแปรคงที่ จากผลการทดลองพบว่าไม่มีเครื่องหมายดอกจันทร์ คือไม่มีจุดออกนอกการควบคุม และ P-Value เท่ากับ 0.165 คือ P-Value มีค่ามาก ตัวสถิติทดสอบ F-Test มีค่าน้อย หมายความว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ จากการทดสอบ ทั้งการแจกแจงแบบปกติและตรวจสอบความแปรผันของข้อมูลนี้ สรุปได้ว่าข้อมูลมีความเหมาะสมเพียงพอที่จะนำไปใช้วิเคราะห์ต่อไปได้ จากนั้นทดสอบปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้งมีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยใช้หลักการทดสอบแบบ ANOVA แบบความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับปัจจัย 6 ระดับ จำนวน 1 กลุ่ม มีค่าเท่ากัน โดยมีสมมติฐานดังนี้

H_0: ปริมาณบัฟเฟอร์ไม่มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

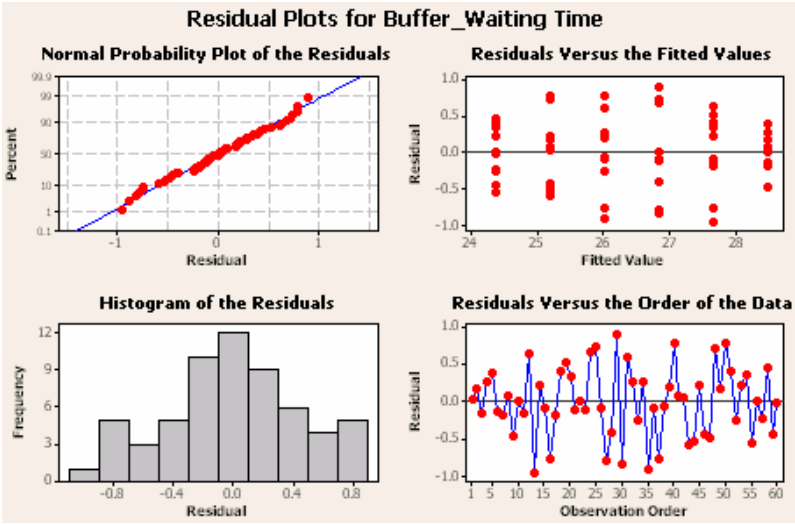
H_1: ปริมาณบัฟเฟอร์มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

สามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ ได้ว่า

H_0: $\mu_8 = \mu_{16} = \mu_{24} = \mu_{32} = \mu_{40} = \mu_{48}$

H_1: $\mu_i \neq \mu_j$ for at least one pair (i, j)

ได้ผลการทดลอง แสดงได้ดังรูปที่ 4.28 และ ตารางที่ 4.17



รูปที่ 4.28 การตรวจสอบการแจกแจงและการทดสอบความมีเสถียรภาพ ของผลการทดสอบปัจจัยปริมาณบัฟเฟอร์

จากรูปที่ 4.28 ผลจากการทดลองพบว่า ข้อมูลมีลักษณะสุ่มและเมื่อพิจารณา Normal Plot แสดงเส้นตรง 1 เส้น เทียบเท่ากับ Histogram แสดงว่า ข้อมูลมาจากการทดลองที่มีค่า Setting ค่อนข้างดี และข้อมูลมีความผันแปรรอบค่าศูนย์ แสดงว่าข้อมูลไม่มีความผันแปรในแต่ละทรีตเมนต์ แสดงว่าข้อมูลได้รับการเก็บมาจากสภาวะควบคุม สามารถนำไปวิเคราะห์สัมประสิทธิการตัดสินใจ (R-Sq) ได้ ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลทดสอบปัจจัยปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้งในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการปรับปัจจัยปริมาณบัฟเฟอร์

One-way ANOVA: Waiting Time versus Buffer

Source	DF	SS	MS	F	P
Buffer	5	117.712	23.542	102.97	0.000
Error	54	12.346	0.229		
Total	59	130.058			

S = 0.4782 R-Sq = 90.51% R-Sq(adj) = 89.63%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
8	10	28.466	0.248	(-*--)
16	10	27.642	0.532	(-*--)
24	10	26.825	0.602	(--*-)
32	10	26.014	0.539	(--*-)
40	10	25.184	0.498	(--*-)
48	10	24.362	0.356	(--*--)

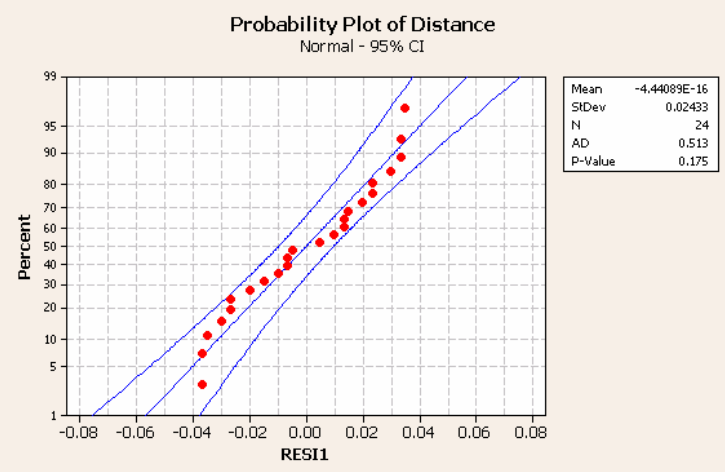
24.0 25.2 26.4 27.6

Pooled StDev = 0.478

จากตารางที่ 4.18 ค่า R-Sq = 90.51 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า Model สามารถอธิบายความผันแปรของข้อมูลได้ 90 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบ R-Sq = 90.15 เปอร์เซ็นต์ กับ R-Sq (adj) = 89.63 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าข้อมูลที่นำมาใช้เพียงพอแล้ว จากนั้นวิเคราะห์ P-Value มีค่าน้อย (0.000) แสดงว่า F มีค่ามาก แสดงว่า MS มีค่ามากอย่างมีนัยสำคัญ จากเหตุผลดังกล่าวแสดงว่าปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้งมีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

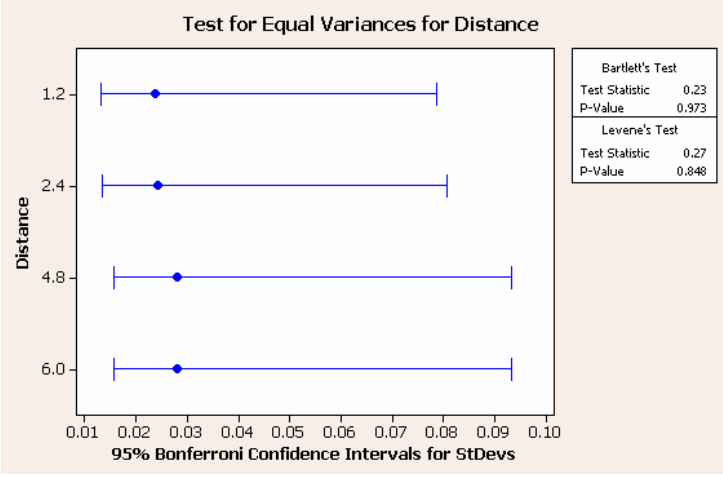
ปัจจัยที่ 3 การวางผังเครื่องจักร

การหาขนาดของสิ่งตัวอย่าง ซึ่งสามารถหาได้จากโปรแกรม Minitab โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ความไว อันเนื่องจากค่าพารามิเตอร์ α, β, D และ σ การหาขนาดของสิ่งตัวอย่าง ซึ่งคณะผู้ดำเนินงานเลือกขนาดสิ่งตัวอย่าง 6 ตัวอย่าง ค่ากำลังการทดสอบ 0.95 ทดสอบการแจกแจงของข้อมูลว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ สามารถทดสอบได้โดยใช้ NOPP: Normal Probability Plot แสดงดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 การตรวจสอบความเป็นปกติของข้อมูลปัจจัยการวางผังเครื่องจักร

จากรูปที่ 4.29 ค่า P-Value เท่ากับ 0.106 สำหรับระยะทางที่ระดับ 1.2 , 2.4 , 3.6 และ 4.8 เมตร หมายความว่า P ของการทดลองมีค่ามาก A-Squared น้อย คือ พื้นที่ระหว่างจุดและเส้นตรงน้อย แสดงว่าข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองมีความแตกต่างจากตัวแบบปกติไม่มากนัก



รูปที่ 4.30 การทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนของข้อมูลปัจจัยการวางผังเครื่องจักร

จากรูปที่ 4.30 แสดงการทดสอบ Test for Equal Variance ทำการตรวจสอบว่าความผันแปรของข้อมูลในแต่ละระดับปัจจัยการทดลองว่ามีค่าคงที่หรือไม่ โดยมีสมมติฐานว่าความผันแปรของข้อมูล ในแต่ละระดับปัจจัยต้องมีความผันแปรคงที่ จากผลการทดลองพบว่าไม่มีเครื่องหมายดอกจันทร์ คือ ไม่มีจุดออกนอกการควบคุมและ P-Value เท่ากับ 0.165 คือ P-Value มีค่ามาก ตัวสถิติทดสอบ F-Test มีค่าน้อย หมายความว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ จากการทดสอบทั้งการแจกแจงแบบปกติ และตรวจสอบความแปรผันของข้อมูลนี้ สรุปได้ว่าข้อมูลมีความเหมาะสมเพียงพอที่จะนำไปใช้วิเคราะห์ต่อไปได้ จากนั้นทดสอบระยะทางขนย้ายมีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยใช้หลักการทดสอบแบบ ANOVA แบบความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับปัจจัย 4 ระดับ จำนวน 1 กลุ่ม มีค่าเท่ากัน โดยมีสมมติฐานดังนี้

H_0: การวางผังเครื่องจักรไม่มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

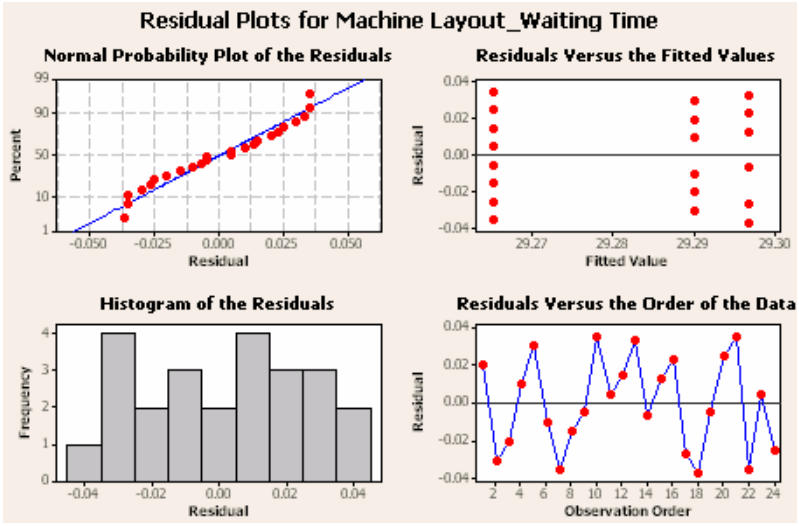
H_1: การวางผังเครื่องจักรมีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

สามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ ได้ว่า

H_0: $\mu_{1.2} = \mu_{2.4} = \mu_{3.6} = \mu_{4.8}$

H_1: $\mu_i \neq \mu_j$ for at least one pair (i, j)

ได้ผลการทดลอง แสดงได้ดังรูปที่ 4.31 และ ตารางที่ 4.19



รูปที่ 4.31 การตรวจสอบการแจกแจงและการทดสอบความมีเสถียรภาพของผลการทดสอบปัจจัยการวางผังเครื่องจักร

จากรูปที่ 4.31 ผลจากการทดลองพบว่า ข้อมูลมีลักษณะสุ่มและเมื่อพิจารณา Normal Plot แสดงเส้นตรง 1 เส้น เทียบเท่ากับ Histogram แสดงว่า ข้อมูลมาจากการทดลองที่มีค่า Setting ค่อนข้างดี และข้อมูลมีความผันแปรรอบค่าศูนย์ แสดงว่าข้อมูลไม่มีความผันแปรในแต่ละทรีตเมนต์ แสดงว่าข้อมูลได้รับการเก็บมาจากสภาวะควบคุม สามารถนำไปวิเคราะห์สัมประสิทธิการตัดสินใจ (R-Sq) ได้ ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลทดสอบปัจจัยการวางผังเครื่องจักรในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการปรับปัจจัยการวางผังเครื่องจักร

One-way ANOVA: Waiting Time versus Machine Layout

Source	DF	SS	MS	F	P
Machine Layout	3	0.004679	0.001560	2.29	0.109
Error	20	0.013617	0.000681		
Total	23	0.018296			

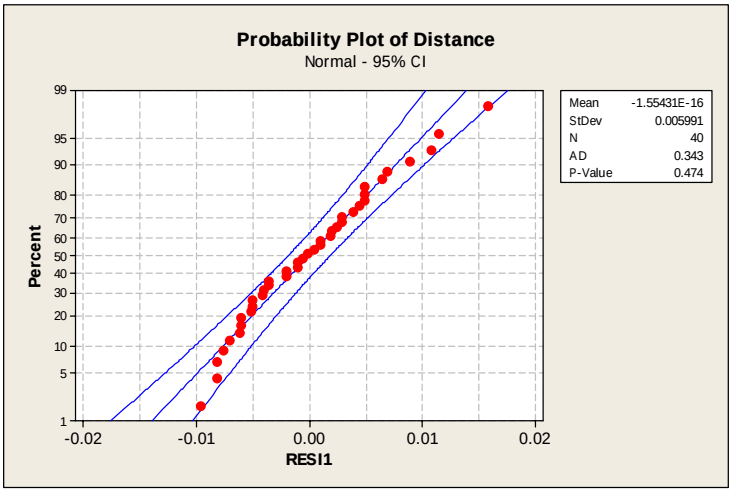
S = 0.02609 R-Sq = 25.58% R-Sq(adj) = 14.41%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
3	6	29.2900	0.0237	(----------*----------)
4	6	29.2650	0.0243	(----------*----------)
5	6	29.2967	0.0280	(----------*----------)
6	6	29.2667	0.0280	(----------*----------)

29.260 29.280 29.300 29.320

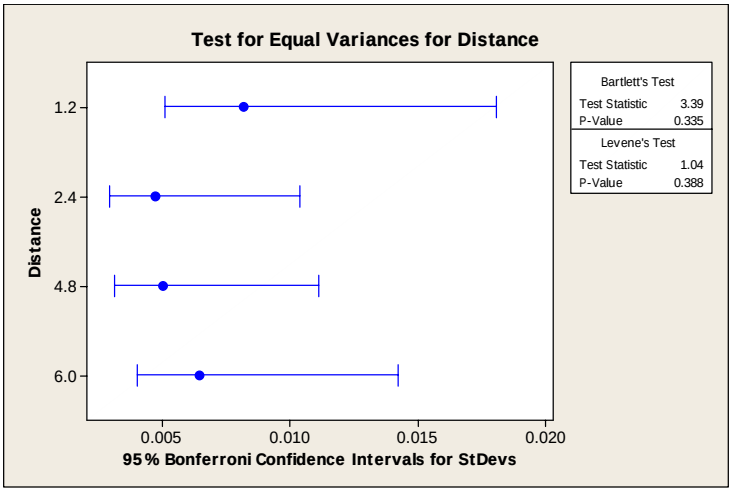
Pooled StDev = 0.0261

จากตารางที่ 4.19 พบว่า ค่า R-Square มีค่าน้อยแสดงว่าการออกแบบการทดลองเก็บข้อมูล ไม่เหมาะสม เนื่องจากความผันแปรของระยะทางที่ทดลองมีค่าน้อย ต้องเพิ่มการทดลองแต่มีข้อจำกัดที่ตำแหน่งของกระบวนการ PCCA Soldering และ Adhesive Dropping มีระยะห่างกัน 2.4-4.8 เมตร ดังนั้นจึงทำการ Blocking ปัจจัยจำนวนชิ้นงานที่ขนยายมีค่า 8 ชิ้นเท่ากันตลอด เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการปรับปัจจัย การจัดสายการผลิตว่ามีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบหรือไม่ โดยกำหนดระยะทางที่ขนย้ายชิ้นงานระหว่างกระบวนการ PCCA Soldering และ Adhesive Dropping ทำการวัดเวลารอคอยวัตถุดิบ 10 ซ้ำ จากนั้นทดสอบการแจกแจงของข้อมูลว่า ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ สามารถทดสอบได้โดยใช้ NOPP: Normal Probability Plot แสดงดังรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.32 การตรวจสอบความเป็นปกติของข้อมูลปัจจัยการวางผังเครื่องจักร

จากรูปที่ 4.32 ค่า P-Value เท่ากับ 0.474 สำหรับระยะทางที่ระดับ 1.2 , 2.4 , 4.8 และ 6 เมตร หมายความว่า P ของการทดลองมีค่ามาก A-Squared น้อย คือ พื้นที่ระหว่างจุดและเส้นตรงน้อย แสดงว่าข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองมีความแตกต่างจากตัวแบบปกติไม่มากนัก



รูปที่ 4.33 การทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนของข้อมูลปัจจัยการวางผังเครื่องจักร

จากรูปที่ 4.33 แสดงการทดสอบ Test for Equal Variance ทำการตรวจสอบว่าความผันแปรของข้อมูลในแต่ละระดับปัจจัยการทดลองว่ามีค่าคงที่หรือไม่ โดยมีสมมติฐานว่าความผันแปรของข้อมูล ในแต่ละระดับปัจจัย ต้องมีความผันแปรคงที่ จากผลการทดลองพบว่าไม่มีเครื่องหมายดอกจันทร์ คือ ไม่มีจุดออกนอกการควบคุมและ P-Value เท่ากับ 0.335 คือ P-Value มีค่ามาก ตัวสถิติทดสอบ F-Test มีค่าน้อย หมายความว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ จากการ

ทดสอบ ทั้งการแจกแจงแบบปกติและตรวจสอบความแปรผันของข้อมูลนี้ สรุปได้ว่าข้อมูลมีความเหมาะสมเพียงพอที่จะนำไปใช้วิเคราะห์ต่อไปได้ จากนั้นทดสอบระยะทางขนย้ายมีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยใช้หลักการทดสอบแบบ ANOVA แบบความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับปัจจัย 4 ระดับ จำนวน 1 กลุ่มมีค่าเท่ากัน โดยมีสมมติฐานเช่นเดียวกับการทดลองที่ไม่ได้ทำการ Blocking สมมติฐาน คือ

H_0: ผังเครื่องจักรไม่มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

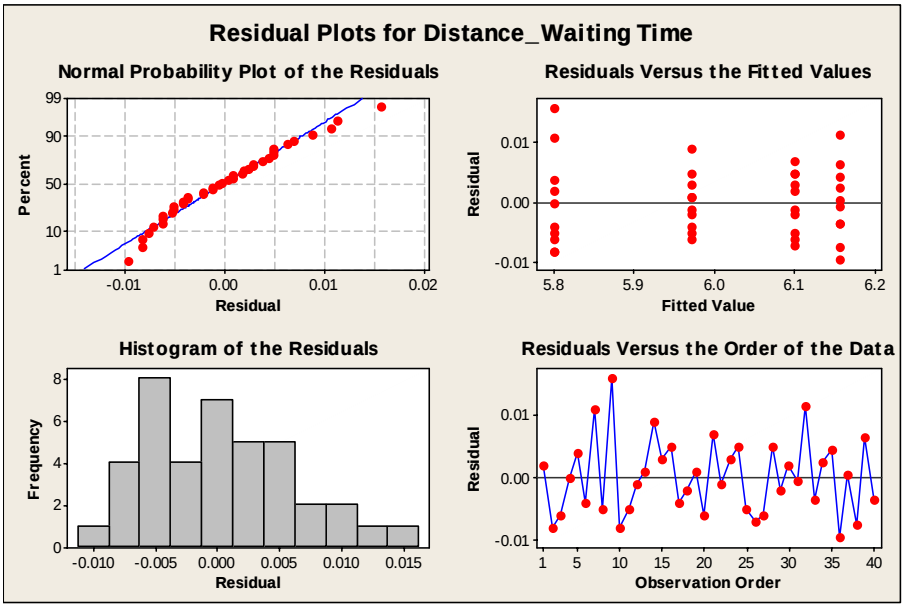
H_1: ผังเครื่องจักรมีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

สามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ ได้ว่า

H_0: $\mu_{1.2} = \mu_{2.4} = \mu_{3.6} = \mu_{4.8}$

H_1: $\mu_i \neq \mu_j$ for at least one pair (i, j)

ได้ผลการทดลอง แสดงได้ดังรูปที่ 4.34 และ ตารางที่ 4.20



รูปที่ 4.34 การตรวจสอบการแจกแจงและการทดสอบความมีเสถียรภาพ ของผลการทดสอบปัจจัยผังเครื่องจักรที่ทำการ Blocking

จากรูปที่ 4.34 ผลจากการทดลอง พบว่าข้อมูลมีลักษณะสุ่มและเมื่อพิจารณา Normal Plot แสดงเส้นตรง 1 เส้น เทียบเท่ากับ Histogram แสดงว่าข้อมูลมาจากการทดลองที่มีค่า Setting ค่อนข้างดี และข้อมูลมีความผันแปรรอบค่าศูนย์ แสดงว่าข้อมูลไม่มีความผันแปรในแต่ละทรีตเมนต์ แสดงว่าข้อมูลได้รับการเก็บมาจากสภาวะควบคุม สามารถนำไปวิเคราะห์สัมประสิทธิการตัดสินใจ (R-Sq) ได้ ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลทดสอบปัจจัยการวางผังเครื่องจักรในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการปรับปัจจัยวางผังเครื่องจักรที่ทำการ Blocking

One-way ANOVA: Waiting Time versus Machine Layout

Source	DF	SS	MS	F	P
Machine Layout	3	0.7461842	0.2487281	6396.78	0.000
Error	36	0.0013998	0.0000389		
Total	39	0.7475840			

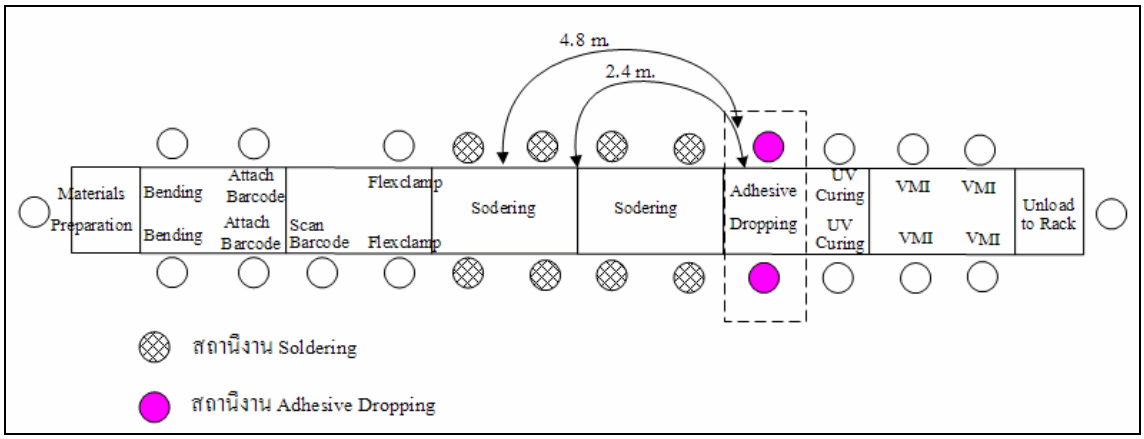
S = 0.006236 R-Sq = 99.81% R-Sq(adj) = 99.80%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1.2	10	5.80020	0.00818	*
2.4	10	5.97110	0.00470	*)
4.8	10	6.09910	0.00502	*
6.0	10	6.15560	0.00643	(*

5.80 5.90 6.00 6.10

Pooled StDev = 0.00624

จากตารางที่ 4.20 ค่า R-Sq = 99.81 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า Model สามารถอธิบายความผันแปรของข้อมูลได้ 90 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบ R-Sq = 99.81 เปอร์เซ็นต์ กับ R-Sq(adj) = 99.80 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าข้อมูลที่นำมาใช้เพียงพอแล้ว จากนั้นวิเคราะห์ P-Value มีค่าน้อย (0.000) แสดงว่า F มีค่ามาก แสดงว่า MS มีค่ามากอย่างมีนัยสำคัญ จากเหตุผลดังกล่าว แสดงว่าการวางผังเครื่องจักรมีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ ในสายงานประกอบแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 ที่ตำแหน่งของกระบวนการ PCCA Soldering และ Adhesive Dropping มีระยะห่างกัน 2.4-4.8 เมตร แต่ในการขนย้ายวัตถุดิบระหว่างกระบวนการ ต้องเดินไปมาด้วยความถี่หลายเที่ยวต่อวัน จึงสรุปว่าการวางผังเครื่องจักร มีผลให้เกิดการรอคอยวัตถุดิบ ดังรูปที่ 4.35



รูปที่ 4.35 การวางผังเครื่องจักรปัจจุบันของกระบวนการผลิตในสายงานประกอบ

จากรูปที่ 4.35 แสดงการวางผังเครื่องจักรในสายงานประกอบ สำหรับกระบวนการที่อยู่ติดกัน พนักงาน เมื่อทำการผลิตชิ้นงานเสร็จ สามารถส่งถาดชิ้นงานได้ทันที แต่สำหรับกระบวนการ Soldering ซึ่งมี 8 สถานีงาน ต้องมีพนักงานทำหน้าที่ในการเดินขนย้ายถาดชิ้นงาน ระหว่างกระบวนการ Soldering และ Adhesive Dropping ซึ่งมีระยะห่างสั้นที่สุด คือ 2.4 เมตร และระยะห่างมากที่สุด คือ 4.8 เมตร โดยพนักงานเดินขนย้ายถาดชิ้นงานระหว่างกระบวนการไปมา ซึ่งระยะห่างที่เกิดจากการวางผังเครื่องจักร คือ สาเหตุที่ทำให้เกิดเวลารอคอยวัตถุดิบ สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยในตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัย

ปัจจัย	R^2 (%)	F	P	Significant
ปริมาณการขนย้ายชิ้นงานแต่ละครั้ง	99.92	3290.05	0.000	Yes
ปริมาณบัฟเฟอร์	90.51	28.84	0.000	Yes
การวางผังเครื่องจักร	99.81	6396.78	0.000	Yes

สรุปจากการทำ OFAT พบว่าทั้ง 3 ปัจจัย ที่มีอิทธิพลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบในกระบวนการ Adhesive Dropping เป็นอย่างมาก คือ ปริมาณการขนย้ายชิ้นงานแต่ละครั้ง ปริมาณบัฟเฟอร์ และการวางผังเครื่องจักร ดังนั้นการเลือกปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ ทั้ง 3 ปัจจัยนี้ สามารถนำไปวิเคราะห์ต่อเพื่อปรับปรุงกระบวนการต่อได้

4.4.6 ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาผลของอิทธิพลร่วม

การออกแบบการทดลอง เพื่อศึกษาผลของปัจจัยร่วมได้เลือกแบบ 2^k Factorial Design เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ผลของปัจจัยทั้งผลของปัจจัยหลัก และผลของอิทธิพลร่วมของปัจจัยได้ทั้งหมดในเวลาเดียวกัน อีกทั้งมีข้อดี คือ มีความสมดุลของการออกแบบการทดลองแต่ละการทดลอง เป็นอิสระแก่กัน ไม่ขึ้นแก่กัน แต่มีข้อเสีย คือ ต้องทำการทดลองจำนวนมากครั้งการทดลอง สำหรับการทำงานจริง อาจไม่สามารถทำการทดลองได้ครบ เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาการทำงาน งบประมาณ และสภาพแวดล้อมของการทำงานที่เปลี่ยนไปไม่สามารถควบคุมได้ อาจเลือกการทดลองแบบแฟคทอเรียล ที่มีจำนวนครั้งของการทดลองลดลง แต่อาจเกิดการ Alias ของปัจจัย ซึ่งต้องใช้การคำนวณแยกสาเหตุทั้งสองออกจากกันต่อไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการพิจารณาเลือกใช้ โดยที่เลือกใช้เป็นแบบแฟคทอเรียล แบบสมบูรณ์ซึ่งมีระดับของปัจจัย 2 ระดับ จำนวน 3 ปัจจัย การทำซ้ำ 2 ครั้ง มีการ Blocking

การกำหนดระดับของปัจจัย

การกำหนดระดับของปัจจัยหลัก และปัจจัยที่ควบคุมในการทดลองนี้ จะกำหนดระดับของปัจจัย เป็นแบบกำหนดคงที่ เน้นจากเป็นปัจจัยที่กำหนดค่าได้แน่นอน โดยอาศัยความรู้พื้นฐานในการทดลองเบื้องต้นออกเป็น 2 ระดับ เพื่อใช้ในการทดลอง โดยใช้สภาวะในการผลิตปัจจุบันไว้ที่ระดับกลางและกำหนดค่าที่เพิ่มขึ้น และลดลงของแต่ละปัจจัยในระดับที่สูงกว่าและต่ำกว่า เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นและเปรียบเทียบกับสภาวะการผลิตในปัจจุบัน ซึ่งช่วงที่ศึกษาของตัวแปรแต่ละตัวแปรจะเป็นจุดสนใจในกระบวนการผลิต และเป็นช่วงที่เหมาะสม โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การกำหนดช่วงจะต้องอาศัยความรู้ ในกระบวนการการผลิตเข้าช่วยในการตัดสินใจ ซึ่งมีข้อพิจารณาดังนี้

1. ปริมาณการขนย้ายชิ้นงานแต่ละครั้ง ที่ระดับน้อยสุด 8 ชิ้น และมากที่สุด 40 ชิ้น
2. ปริมาณบัฟเฟอร์ ที่ระดับน้อยสุด 8 ชิ้น และมากที่สุด 40 ชิ้น
3. การวางผังเครื่องจักร เนื่องจากการจัดสมดุลการผลิต พบว่าสามารถลดจำนวนสถานีของกระบวนการ PCCA Soldering จากเดิม 8 สถานี ให้เหลือ 6 สถานี ก็สามารถผลิตได้ตามแผนและจากการจัดผังเครื่องจักรตามการจัดสมดุลการผลิต แสดงการจัดสมดุลการผลิต ในตารางที่ ข.4 สามารถกำหนดระยะทางส่งชิ้นงานระหว่าง กระบวนการ PCCA Soldering และ Adhesive Dropping ที่ระดับน้อยสุด 2.4 เมตร และมากที่สุด 4.8 เมตร โดยได้กำหนดสัญลักษณ์ และระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง แสดงดังตารางที่ 4.22 และออกแบบการทดลองและการเก็บข้อมูลแสดงในตารางที่ ข.5

ตารางที่ 4.22 แสดงการกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัยในการทดลอง

ลำดับ	ปัจจัย	สัญลักษณ์	ค่าปัจจุบัน	
			- (ต่ำ)	+ (สูง)
1.	ปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้ง	A	8 ชิ้น	40 ชิ้น
2.	ปริมาณบัฟเฟอร์	B	8 ชิ้น	16 ชิ้น
3.	การวางผังเครื่องจักร	C	2.4 เมตร	4.8 เมตร

ออกแบบการทดลองเก็บข้อมูลแบบ 2-level Factorial ที่มีการทำซ้ำ 2 การทำซ้ำ โดยมีสมมติฐานในการทำการทดลอง คือ จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยเทอมอิทธิพลของปัจจัยหลัก และอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งเป็นตัวแบบกำลังหนึ่ง สามารถเขียนจำลองสถิติเชิงเส้น Linear Statistical Model ได้ดังนี้คือ

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{i\,jkl} \qquad (4.2)$$

สำหรับแบบการทดลองนี้ $i, j, k = 1, 2$ เนื่องจากเป็นการทดลองที่ออกแบบที่ 2 ระดับ คือ high, low

โดยที่ μ หมายถึง ผลเฉลี่ยทั้งหมด

τ_i หมายถึง ผลที่เกิดจากปัจจัย A

β_j หมายถึง ผลที่เกิดจากปัจจัย B

γ_k หมายถึง ผลที่เกิดจากปัจจัย C

$(\tau\beta)_i$ หมายถึง ผลที่เกิดจากอันตรกิริยาระหว่าง τ_i และ β_j

$(\tau\gamma)_{ik}$ หมายถึง ผลที่เกิดจากอันตรกิริยาระหว่าง τ_i และ γ_k

$(\beta\gamma)_{jk}$ หมายถึง ผลที่เกิดจากอันตรกิริยาระหว่าง β_j และ γ_k

$(\tau\beta\gamma)_{jjk}$ หมายถึง ผลที่เกิดอันตรกิริยาระหว่าง τ_i β_j และ γ_k

ε_{ijkl} หมายถึง องค์ประกอบของความผิดพลาดแบบสุ่ม

การทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3 ปัจจัย ปัจจัยที่เกิดจาก A , B และ C มีความสำคัญเท่ากัน ดังนั้นจึงทำการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความเท่ากันของผลที่เกิดจากปัจจัย A

$H_{0:}$ ปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้งไม่มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

H_1: ปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้งมีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

สามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ ได้ว่า

$H_{0:}$ $\tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_3 = 0$

H_1: at least one $\tau_i \neq 0$

$H_{0:}$ ปริมาณบัฟเฟอร์ไม่มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

H_1: ปริมาณบัฟเฟอร์มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

สามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ ได้ว่า

$H_{0:}$ $\beta_1 = \beta_2 = \ldots = \beta_3 = 0$

H_1: at least one $\beta_j \neq 0$

$H_{0:}$ การวางผังจักรไม่มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

H_1: การวางผังจักรมีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

สามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ ได้ว่า

$H_{0:}$ $\gamma_1 = \gamma_2 = \ldots = \gamma_3 = 0$

H_1: at least one $\gamma_k \neq 0$

$H_{0:}$ อันตรกิริยาระหว่างปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้งและบัฟเฟอร์ไม่มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

H_1: อันตรกิริยาระหว่างปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้งและบัฟเฟอร์มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

สามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ ได้ว่า

$H_{0:}$ $(\tau\beta)_{ij} = 0$ for all i, j

H_1: at least one $(\tau\beta)_{ij} \neq 0$

$H_{0:}$ อันตรกิริยาระหว่างปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้งและการวางผังจักรไม่มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

$H_{1:}$ อันตรกิริยาระหว่างปริมาณการขนย้ายแต่ละครั้งและการวางผังจักรมีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

สามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ ได้ว่า

$H_{0:}$ $(\tau\gamma)_{ik} = 0$ for all i, k

H_1: at least one$(\tau\gamma)_{ik} \neq 0$

$H_{0:}$ อันตรกิริยาระหว่างบัฟเฟอร์และการวางผังจักรไม่มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

H_1: อันตรกิริยาระหว่างบัฟเฟอร์และการวางผังจักรมีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

สามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ ได้ว่า

$H_{0:}$ $(\beta\gamma)_{jk} = 0$ for all j, k

H_1: at least one $(\beta\gamma)_{jk} \neq 0$

$H_{0:}$ อันตรกิริยาระหว่างปริมาณการขนย้าย บัฟเฟอร์ การวางผังจักรไม่มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

H_1: อันตรกิริยาระหว่างปริมาณการขนย้าย บัฟเฟอร์ การวางผังจักรมีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบ

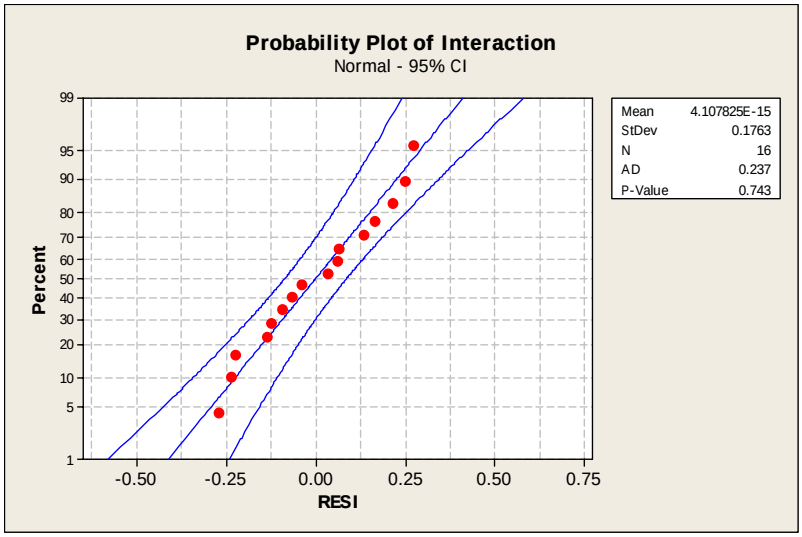
สามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ ได้ว่า

$H_{0:}$ $(\tau\beta\gamma)_{jjk} = 0$ for all i, j, k

H_1: at least one $(\tau\beta\gamma)_{jjk} \neq 0$

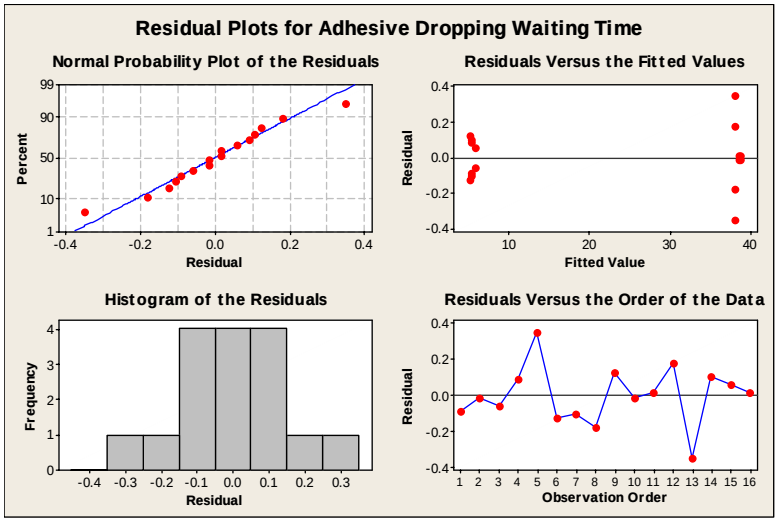
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.9 การทดสอบการแจกแจงของข้อมูลว่า ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ สามารถทดสอบได้โดยใช้ NOPP: Normal Probability Plot แสดงดังรูปที่ 4.36



รูปที่ 4.36 การตรวจสอบความเป็นปกติของข้อมูลอิทธิพลร่วมของ 3 ปัจจัย

จากรูปที่ 4.36 ค่า P-Value เท่ากับ 0.748 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่า ข้อมูลมีความแตกต่างจากตัวแบบปกติไม่มากนัก จากนั้นตรวจสอบว่าข้อมูลมีคุณภาพ ดังแสดงในรูปที่ 4.37 พบว่าข้อมูลมีอิสระต่อกันเป็นการเก็บมาจากการสุ่มที่ดี ข้อมูลมีความเป็นปกติและความแปรปรวนของข้อมูลเมื่อระดับของปัจจัยเปลี่ยนไปมีค่าคงที่ แสดงว่าข้อมูลมีคุณภาพสามารถวิเคราะห์การปรับปัจจัยพร้อมกัน 3 ปัจจัย ว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วม ที่มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบที่กระบวนการ Adhesive Dropping



รูปที่ 4.37 การตรวจสอบการแจกแจงและการทดสอบความมีเสถียรภาพ

จากรูปที่ 4.37 พบว่า ข้อมูลมีอิสระต่อกันเป็นการเก็บมาจากการสุ่มที่ดี ข้อมูลมีความเป็นปกติและความแปรปรวนของข้อมูล เมื่อระดับของปัจจัยเปลี่ยนไปมีค่าคงที่ แสดงว่าข้อมูลมีคุณภาพสามารถวิเคราะห์การปรับปัจจัยพร้อมกัน 3 ปัจจัย ว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมที่มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบที่กระบวนการ Adhesive Dropping ในการพิจารณาว่า การทดลองปรับปัจจัยพร้อมกัน 3 ปัจจัย มีอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมตัวใดบ้าง ที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง คือ เวลารอคอยวัตถุดิบ เพื่อเป็นการศึกษาว่าควรจะต้องมีการปรับปัจจัยไปในทิศทางใด จึงจะส่งผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบในกระบวนการที่ลดลง ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการปรับปัจจัยพร้อมกัน แสดงดังตารางที่ 4.23 และรูปที่ 4.38

ตารางที่ 4.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการปรับปัจจัยพร้อมกัน 3 ปัจจัย

Factorial Fit: Waiting Time versus A, B, C

Estimated Effects and Coefficients for Waiting Time (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		21.9238	0.05501	398.51	0.000
A	32.9175	16.4587	0.05501	299.17	0.000
B	-0.3725	-0.1862	0.05501	-3.39	0.010
C	0.2575	0.1288	0.05501	2.34	0.047
A*B	-0.1625	-0.0813	0.05501	-1.48	0.178
A*C	-0.0975	-0.0488	0.05501	-0.89	0.401
B*C	-0.0975	-0.0488	0.05501	-0.89	0.401
A*B*C	0.0275	0.0137	0.05501	0.25	0.809

S = 0.220057 R-Sq = 99.99% R-Sq(adj) = 99.98%

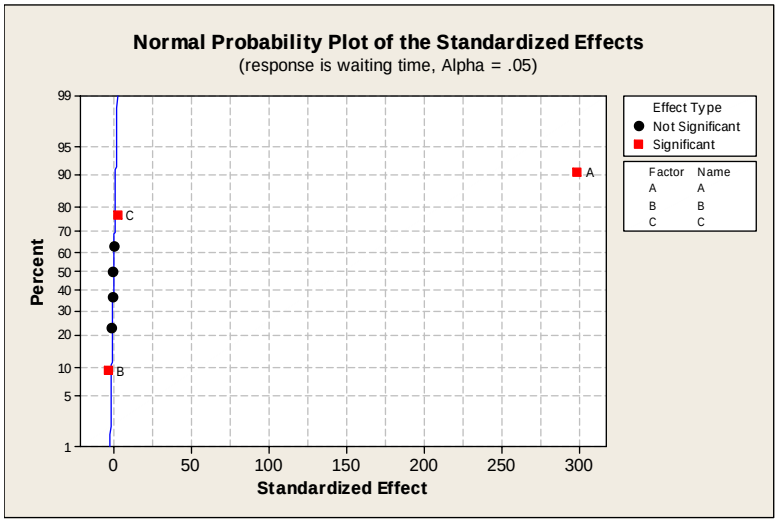
Analysis of Variance for Waiting Time (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	4335.07	4335.07	1445.02	29840.42	0.000
2-Way Interactions	3	0.18	0.18	0.06	1.25	0.354
3-Way Interactions	1	0.00	0.00	0.00	0.06	0.809
Residual Error	8	0.39	0.39	0.05		
Pure Error	8	0.39	0.39	0.05		
Total	15	4335.64				

Estimated Coefficients for Waiting Time using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	-3.80125
A	1.06078
B	0.0359375
C	0.341667
A*B	-0.00191406
A*C	-0.00468750
B*C	-0.0144531
A*B*C	0.000179036

พิจารณาตารางที่ 4.23 พบว่า P-Value ของอิทธิพลร่วม มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าอิทธิพลร่วมของการเปลี่ยนแปลงพร้อมกัน 3 ปัจจัย ไม่มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบที่กระบวนการ Adhesive Dropping P-Value ของอิทธิพลหลักของทั้ง 3 ปัจจัย มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณชิ้นงานที่ขนย้ายระหว่างกระบวนการปริมาณบัฟเฟอร์ และการวางผังเครื่องจักร มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบที่กระบวนการ Adhesive Dropping



รูปที่ 4.38 การตรวจสอบการแจกแจงและการทดสอบความมีเสถียรภาพ

จากรูปที่ 4.38 วิเคราะห์โดยผ่านกราฟ Normal Plot พบว่า เมื่อเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย คือ ปริมาณชิ้นงานที่ขนย้ายแต่ละครั้ง ปริมาณบัฟเฟอร์และการวางผังเครื่องจักร มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบของกระบวนการ Adhesive Dropping อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ดังนั้นจึงทำการลดรูปแบบให้เหลือเฉพาะ 3 ปัจจัย แล้วทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนอีกครั้ง พร้อมกับตรวจสอบผลอีกครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.24 ตารางที่ 4.24 พบว่า P-Value ของ อิทธิพลหลักของทั้ง 3 ปัจจัย มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณชิ้นงานที่ขนย้ายระหว่างกระบวนการ ปริมาณบัฟเฟอร์ และการวางผังเครื่องจักร มีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบที่กระบวนการ Adhesive Dropping จากตารางที่ 4.24 สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ ในรูปของ Uncoded Units ได้ดังสมการดังนี้

$$y = -2.592 + 1.029x_1 - 0.047x_2 + 0.107x_3 \qquad (4.3)$$

เมื่อ y คือ เวลารอคอยวัตถุดิบ

x_1 คือ ปริมาณขนย้ายแต่ละครั้ง (A)

x_2 คือ บัฟเฟอร์ (B)

x_3 คือ การวางผังเครื่องจักร (C)

ตารางที่ 4.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการลดรูปแบบ Reduced Model

Factorial Fit: Waiting Time versus A, B, C

Estimated Effects and Coefficients for Waiting Time (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		21.9238	0.05459	401.63	0.000
A	32.9175	16.4587	0.05459	301.52	0.000
B	-0.3725	-0.1862	0.05459	-3.41	0.005
C	0.2575	0.1288	0.05459	2.36	0.036

S = 0.218346 R-Sq = 99.99% R-Sq(adj) = 99.98%

Analysis of Variance for Waiting Time (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	4335.07	4335.07	1445.02	30309.86	0.000
Residual Error	12	0.57	0.57	0.05		
Lack of Fit	4	0.18	0.18	0.05	0.95	0.482
Pure Error	8	0.39	0.39	0.05		
Total	15	4335.64				

Estimated Coefficients for Waiting Time using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	-2.59187
A	1.02867
B	-0.0465625
C	0.107292

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง 2^k Factorial ที่มีการทำซ้ำ 2 การทำซ้ำ เพื่อหาความสัมพันธ์ของเวลารอคอยวัตถุดิบกับปัจจัยที่ทำการทดลอง ได้แก่ ปริมาณขนย้ายชิ้นงานแต่ละครั้ง ปริมาณบัฟเฟอร์ และการวางผังเครื่องจักร ซึ่งหลังจากได้ทำการทดลองพบว่าค่าทั้ง 3 ปัจจัย คือ มีอิทธิพลหลักต่อเวลารอคอยวัตถุดิบของกระบวนการ Adhesive Dropping และไม่มีผลที่เกิดจากอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความมีนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยสร้างเป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการรอคอยวัตถุดิบได้ดังสมการที่ 4.3 ซึ่งจะนำไปวิเคราะห์สถานการณ์ที่ได้ค่าเวลารอคอยวัตถุดิบสั้นที่สุด เพื่อปรับปรุงกระบวนการในขั้นตอนถัดไป

4.4.7 วิเคราะห์หาสถาณการณ์ที่ได้เวลารอคอยวัตถุดิบสั้นที่สุด

จากสมการที่ 4.3 ทำการพล็อตกราฟเพื่อกำหนดค่าของพารามิเตอร์ ที่จะให้ค่าเวลารอคอยวัตถุดิบน้อยที่สุด แสดงดังตารางที่ 4.25 และรูปที่ 4.39 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.25 แสดงสถานการณ์สำหรับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ ที่ให้เวลารอคอยวัตถุดิบสั้นที่สุด

Response Optimization
Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Waiting Time	Minimum	3.75	3.75	37.46	1	1

Global Solution

A	=	8.0
B	=	16.0
C	=	2.4

Predicted Responses

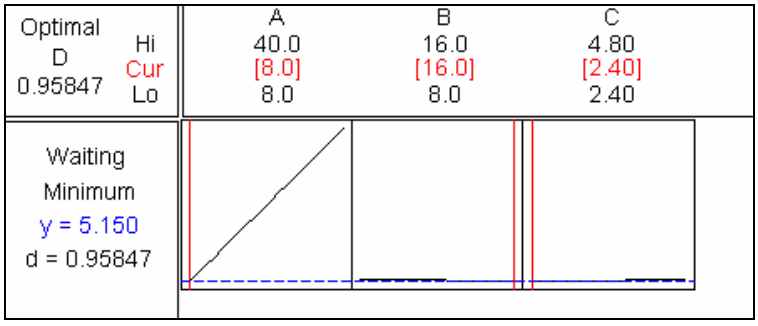
Waiting Time = 5.15, desirability = 0.95847

Composite Desirability = 0.95847

จากตารางที่ 4.25 ทำการพล็อตกราฟ จะได้เวลารอคอยวัตถุดิบสั้นที่สุดที่ 5.15 นาที เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ คือ A ปริมาณชิ้นงานที่ขนย้ายแต่ละครั้ง กำหนดที่ 8 ชิ้น

B ปริมาณบัฟเฟอร์ กำหนดที่ 16 ชิ้น

C การวางผังเครื่องจักรของกระบวนการ PCCA Soldering ให้มีระยะห่างจากกระบวนการ Adhesive Dropping ที่ระยะ 2.4 เมตร



รูปที่ 4.39 การพล็อตกราฟเพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์

4.5 การกำหนดมาตรการตอบโต้

4.5.1 พิจารณาหามาตรการ

การวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการ โดยอาศัยเทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการปรับปรุงงาน รวมถึงการกำจัดของเสียในกระบวนการ ความไม่สม่ำเสมอของการผลิตและการทำงานที่ไม่ทำให้เกิดผลงาน โดยใช้หลักการปรับปรุงให้การทำงานง่ายขึ้น สะดวกและรวดเร็วขึ้น ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีเช่น ECRS และ 5W+1H

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์โดยผ่านเทคนิค ECRS ร่วมกับการตั้งคำถาม 5W 1H คือ การตั้งคำถามเพื่อวิเคราะห์ความจำเป็นของแต่ละกระบวนการและหาวิธีการปรับปรุง โดยการกำจัดขั้นตอนบางขั้นตอนที่ไม่เพิ่มคุณค่าออกไป ยุบรวมหรือสลับขั้นตอนบางขั้นตอนที่ไม่เพิ่มคุณค่า และวิธีการที่ทำให้กระบวนการทำงานง่ายขึ้น การตั้งคำถาม 5W+1H โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่ม What , Where , When , Who และ How สำหรับการตรวจสอบ
2. กลุ่ม Why เพื่อพัฒนาปรับปรุงวิธีการทำงาน โดยตรวจสอบเหตุผล ความเหมาะสมของวิธีการทำงานและเสนอทางเลือกอื่น ๆ ซึ่งสามารถแบ่งตามหัวข้อสิ่งที่ศึกษาและความสัมพันธ์กับเทคนิค ECRS ได้ ดังแสดงการวิเคราะห์แนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้หลักการ 5W–1H และการปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS แสดงดังตารางที่ 4.27 , 4.28 , 4.29 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.26 แสดงการวิเคราะห์ปริมาณขนย้ายชิ้นงานแต่ละครั้งระหว่างกระบวนการ

ประเด็น		สถานะปัจจุบัน	เหตุผล	ECRS				บทสรุป
				ตัดทิ้ง	รวม	แทนที่	ง่าย	
จุดประสงค์ (What)	รอคอยวัตถุดิบนาน	ขนย้ายชิ้นงานระหว่างกระบวนการเพื่ออะไร	เพื่อส่งชิ้นงานให้กระบวนการถัดไปทำการผลิตตามขั้นตอน			✓		สามารถหาวิธีการขนย้ายใหม่ได้ โดยลดปริมาณการขนย้ายชิ้นงานระหว่างกระบวนการและการมีบัฟเฟอร์ในปริมาณที่เหมาะสม
สถานที่ (Where)	เกิดที่กระบวนการใด	ส่วนที่ 1 เกิดที่กระบวนการผลิตในสายงานประกอบ คือ Adhesive Dropping ซึ่งมีกระบวนการต้นน้ำคือ PCCA Soldering และกระบวนการท้ายน้ำคือ Curing และ ส่วนที่ 2 ทำความสะอาดด้วยเครื่องอัตโนมัติ (JCS) ส่วนที่ 3 ส่วนตรวจสอบทางอิเลคทรอนิคส์และตรวจสอบทางกล ได้แก่ ขั้นตอน ET-test, FVMI (All), Swage Pad Arm Pitch / Roll	กระบวนการผลิตมีลักษณะเรียงลำดับตามขั้นตอนการผลิต การรอคอยวัตถุดิบ จึงมีผลกระทบให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการต่อเนื่อง โดยสังเกตจากการรอคอยวัตถุดิบเริ่มต้นที่ กระบวนการ Adhesive Dropping ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ PCCA Soldering และ Adhesive Dropping และกระบวนการถัดมา มีผลกระทบต่อรอบเวลาผลิต					ไม่สามารถรวมขั้นตอนการผลิตหรือ จัดลำดับใหม่ได้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ ต้องผ่านกระบวนการ PCCA Soldering ก่อน ไม่สามารถจัดลำดับใหม่มาได้
ลำดับขั้นตอนการผลิต (When)	มีลำดับขั้นตอนในการผลิตอย่างไร	กระบวนการผลิตมีลักษณะเรียงลำดับตามขั้นตอนโดยในสายงานประกอบเป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องและส่วนทดสอบทางอิเลคทรอนิคส์และตรวจสอบทางกลมีกระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง	กระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ นำเทคโนโลยีกลุ่มมาใช้กับระบบการผลิตแบบเซลลูลาร์ ซึ่งทำให้ได้ประโยชน์จากการผลิตสูงสุดดังนี้ คือ รอบเวลาการผลิตสั้น เวลาปรับตั้งเครื่องลดลงได้ เพราะมีการออกแบบฟิคเจอร์ ขึ้นมา เพื่อใช้กับชิ้นงาน ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันหรือลักษณะสมบัติที่คล้ายกัน					ไม่สามารถสลับขั้นตอนในกระบวนการ เพื่อลดเวลารอคอยวัตถุดิบได้ เนื่องจากกระบวนการผลิตเรียง ตามลำดับขั้นตอน มีความเกี่ยวเนื่องกัน ไม่สามารถสลับขั้นตอน ในกระบวนการได้
บุคลากร (Who)	ใครทำหน้าที่ขนส่งวัตถุดิบ	มีพนักงานที่ทำหน้าที่ขนย้ายชิ้นงานภายในสายงานประกอบ 1 คน	เนื่องจากสายงานประกอบมีการขนส่งงานระหว่างกระบวนการ PCCA Soldering จำนวน 8 สถานี , Adhesive Dropping จำนวน 2 สถานี, VMI จำนวน 4 สถานี ดังนั้นจึงมีพนักงานทำหน้าที่ขนส่งชิ้นงานเพื่อให้กระบวนการผลิตไหลอย่างต่อเนื่อง				✓	พนักงานคนอื่นสามารถทำได้ คือ พนักงานในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ, กระบวนการสแกนบาร์โค้ด หลังจากผลิตชิ้นงานเพียงพอกับความต้องการในกระบวนการถัดไป จะมีเวลาที่สามารถส่งชิ้นงานได้
วิธีการ (How)	วิธีการทำงานอย่างไร	มีอุปกรณ์ 2 ชนิด คือ 1.ถาดอบความร้อนที่บรรจุ 12 ชิ้น สำหรับ PCCA และ Flexclamp, (ขนย้ายระหว่างกระบวนการส่วนที่ 1) ปัจจุบันกำหนดให้ขนย้ายครั้งละ 40 ชิ้น (8 ถาด) 2.ถาดอบความร้อน ที่บรรจุ 8 ชิ้น สำหรับ ACA (ขนย้ายระหว่างกระบวนการส่วนที่ 1 และ 2) ปัจจุบันกำหนดให้ขนย้ายครั้งละ 40 ชิ้น (8 ถาด) 3. Rack ที่บรรจุชิ้นงานได้ 96 ชิ้น (ขนย้ายระหว่างกระบวนการส่วนที่ 1 ไป 2)	อุปกรณ์ที่ใช้ในการขนส่ง ได้ออกแบบสำหรับใช้บรรจุชิ้นงานในการขนส่งให้ เพื่อรักษาคุณภาพระหว่างการขนย้ายงาน และพื้นที่ในการวางอุปกรณ์เพื่อความสะดวกในกระบวนการผลิต นอกจากนี้ถาดบรรจุ 8 ชิ้น เป็น แพ็คกิ้งที่ลูกค้าระบุสำหรับ Rack เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบสัมพันธ์กับการรับน้ำหนักชิ้นงานของเครื่อง ล้างอัตโนมัติ (JCS) ซึ่งเป็นข้อจำกัด ให้ Rack สามารถบรรจุชิ้นงานได้ครั้งละ 96 ชิ้น และเครื่อง JCS สามารถรับน้ำหนักได้ 2 Rack นอกจากนี้ยังรักษาคุณภาพของชิ้นงาน ในระหว่างการขนส่ง			✓		-ไม่สามารถสลับขั้นตอนวิธีการและอุปกรณ์ขนย้ายได้ เนื่องจากมีการออกแบบสัมพันธ์กับเครื่องจักร และพื้นที่วางงานในกระบวนการผลิต -สามารถลดปริมาณขนย้ายชิ้นงานจาก 40 ชิ้น ให้เหลือครั้งละ 8 ชิ้นต่อครั้ง

จากตารางที่ 4.26 สรุปได้ว่า การรอคอยวัตถุดิบที่มีผลกระทบให้รอบเวลาผลิตในกระบวนการสูงเกิดที่การผลิตใน ส่วนที่ 1 สายงานประกอบ คือ กระบวนการ Adhesive Dropping ซึ่งมีกระบวนการต้นน้ำ คือ PCCA Soldering และกระบวนการท้ายน้ำ คือ Curing ซึ่งการรอคอยวัตถุดิบที่กระบวนการ Adhesive Dropping ส่งผลกระทบให้เกิดการรอคอยที่กระบวนการผลิตถัดมา คือ ส่วนที่ 2 ทำความสะอาดด้วยเครื่องอัตโนมัติ JCS และส่วนที่ 3 ส่วนตรวจสอบทางอิเลคทรอนิคส์และตรวจสอบทางกล ได้แก่ ขั้นตอน ET-Test , FVMI , Swage Pad Arm Pitch/Roll ซึ่งกระบวนการผลิตมีลักษณะเรียงลำดับตามขั้นตอน โดยในสายงานประกอบเป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง และส่วนทดสอบทางอิเลคทรอนิคส์ และตรวจสอบทางกลมีกระบวนการผลิตแบบต่อไม่ต่อเนื่อง เมื่อเริ่มเกิดความล่าช้าในการขนย้ายชิ้นงาน ระหว่างกระบวนการ PCCA Soldering และ Adhesive Dropping จึงทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการถัดมา จึงกำหนดปริมาณการขนย้ายชิ้นงานแต่ละครั้ง คือ

1. ถาดอบความร้อนที่บรรจุ 12 ชิ้น สำหรับ PCCA และ Flex clamp
2. ถาดอบความร้อนที่บรรจุ 8 ชิ้น สำหรับ ACA
3. Rack ที่บรรจุชิ้นงานได้ 96 ชิ้น

ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการขนย้าย ได้ออกแบบสำหรับใช้บรรจุชิ้นงาน เพื่อรักษาคุณภาพระหว่างการขนส่งชิ้นงาน และพื้นที่ในการวางอุปกรณ์ เพื่อความสะดวกในกระบวนการผลิต นอกจากนี้ถาดบรรจุ 8 ชิ้น ที่ใช้ขนส่งก็ คือ แพ็คกิ้งที่ลูกค้าระบุ โดยมีวิธีการดังนี้ คือ

วิธีการปัจจุบัน

- ถาดอบความร้อนที่บรรจุ 12 ชิ้น สำหรับ PCCA และ Flex Clamp จะใช้ขนส่งระหว่างกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ กระบวนการ PCCA Bending , Barcode Attach to Flex clamp , Flexclamp Assembly
- ถาดอบความร้อนที่บรรจุ ACA 8 ชิ้น จะใช้ขนส่งในสายประกอบระหว่าง PCCA Soldering ไปกระบวนการ Adhesive Dropping และกระบวนการ UV Curing ไปกระบวนการ VMI ซึ่งมีการขนย้ายครั้งละ 5 ถาด 40 ชิ้น และจะใช้ขนส่งชิ้นงานหลังจากผ่านขั้นตอนล้างทำความสะอาดด้วยเครื่องล้างอัตโนมัติ ในส่วนส่วนตรวจสอบทางอิเลคทรอนิคส์ และตรวจสอบทางกลจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนส่งชิ้นงานที่บรรจุในถาด 8 ชิ้น จำนวนแพคกิ้งละ 5 ถาด 40 ชิ้น ให้ลูกค้า
- Rack ที่บรรจุชิ้นงานได้ 96 ชิ้น จะเป็นอุปกรณ์ที่ขนส่งชิ้นงานระหว่างชิ้นงานที่ผ่านขั้นตอนตรวจทำความสะอาด ในสายประกอบไปขั้นตอนล้างทำความสะอาดด้วยเครื่องล้างอัตโนมัติ แสดงผังเครื่องจักรปัจจุบันในภาคผนวก ข รูปที่ ข.1

วิธีการเพื่อปรับปรุงการขนย้ายชิ้นงานระหว่างกระบวนการ

- ถาดอบความร้อนที่บรรจุ 12 ชิ้น สำหรับ PCCA และ Flex Clamp จะใช้ขนส่งระหว่างกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ กระบวนการ PCCA Bending, Barcode Attach to Flex Clamp , Flexclamp Assembly โดยปริมาณการขนย้ายครั้งละ 4 ถาด ซึ่งบรรจุถาดละ 12 ชิ้น ดังนั้นปริมาณการขนย้ายทั้งหมด 48 ชิ้น
- ปรับปรุงปริมาณการขนย้ายชิ้นงานในสายงานประกอบ โดยเริ่มระหว่างกระบวนการ PCCA Soldering ไปกระบวนการ Adhesive Dropping กำหนดให้มีการขนย้ายครั้งละ 1 ถาด 8 ชิ้น และกำหนดให้มีบัฟเฟอร์อย่างน้อย 1 ถาด 8 ชิ้น ที่กระบวนการ Adhesive Dropping ทั้ง 2 สถานี
- พนักงานที่มีหน้าที่ในการเตรียมวัตถุดิบ หลังจากเตรียมวัตถุดิบเป็นบัฟเฟอร์ ให้กับกระบวนการถัดไป 16 ถาด 64 ชิ้น ให้ย้ายมาทำงานที่กระบวนการ Stiffiner Bending และ พนักงานที่ทำงานในกระบวนการ Scan Barcode กำหนดหน้าที่ให้ทำงานในกระบวนการ Flex Clamp Assembly เพิ่ม และลดพนักงานที่ทำงานประจำ ในกระบวนการนี้จาก 2 คน ลดให้เหลือประจำ 1 คน
- ทำการลดพนักงานประจำกระบวนการ Barcode Flexclamp ให้เหลือประจำ 1 คน กำหนดหน้าที่ให้พนักงานที่ปฏิบัติงานในกระบวน Barcode Flexclamp เพิ่ม คือ หลังจากผลิตตามจำนวนที่เบิกให้ผลิตงานในกระบวนการ Flexclamp Assembly พนักงานที่ปฏิบัติงานในกระบวนการ PCCA Sodering เมื่อผลิตเสร็จตามแผนและคุณภาพผ่านเกณฑ์ ให้ส่งให้กระบวนการถัดไปทันที

ตารางที่ 4.27 แสดงการวิเคราะห์ปริมาณบัฟเฟอร์ระหว่างกระบวนการ

ประเด็น		สถานะปัจจุบัน	เหตุผล	ECRS				บทสรุป
				ตัด	รวม	แทน	ง่าย	
จุดประสงค์ (What)	รอคอยวัตถุดิบนาน	มีบัฟเฟอร์ระหว่างกระบวนการเพื่ออะไร	เพื่อให้กระบวนการผลิตสามารถผลิตงานได้ต่อเนื่อง			✓		สามารถกำหนดปริมาณบัฟเฟอร์ในปริมาณที่เหมาะสมที่น้อยที่สุดที่จะทำให้สายการผลิตยังสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่อง
สถานที่ (Where)	เกิดที่กระบวนการใด	เริ่มต้นที่กระบวนการผลิตในสายงานประกอบ ซึ่งมีกระบวนการจัดเตรียมวัตถุดิบจะจัดชิ้นงานในถาด เตรียมให้ขนย้าย	กระบวนการผลิตมีลักษณะเรียงลำดับตามขั้นตอนการผลิต ซึ่งการขนย้ายชิ้นงานครั้งละ 40 ชิ้น มีผลให้เกิดปริมาณงานระหว่างกระบวนการผลิตสูง					ไม่สามารถรวมขั้นตอนการผลิตหรือ จัดลำดับใหม่ได้เนื่องจากกระบวนการผลิตมีลักษณะเรียงตามลำดับขั้นตอน
ลำดับขั้นตอน (When)	มีลำดับขั้นตอนในการกำหนดปริมาณบัฟเฟอร์อย่างไร	เกิดบัฟเฟอร์แต่ละสถานีในสายงานประกอบ จำนวน 8 ชิ้น ถึง 40 ชิ้น และส่งผลให้กระบวนการท้ายน้ำ คือ 'ส่วนทดสอบทางอิเลคทรอนิคส์และตรวจสอบทางกล มีบัฟเฟอร์ในปริมาณสูงด้วย	กระบวนการผลิตมีลักษณะเรียงลำดับตามขั้นตอนโดยขนย้ายชิ้นงาน ครั้งละ 40 ชิ้น ในสายงานประกอบและส่วนทดสอบทางอิเลคทรอนิคส์และตรวจสอบทางกล ทำให้เกิดบัฟเฟอร์แต่ละสถานี จำนวน 8 ชิ้น ถึง 40 ชิ้น			✓		สามารถลดปริมาณบัฟเฟอร์ในแต่ละสถานีในกระบวนการผลิตได้ โดยที่ปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนลดลง แต่สายการผลิตยังสามารถผลิตงานได้ต่อเนื่อง
บุคลากร (Who)	ใครทำหน้าที่ขนส่งวัตถุดิบ	มีพนักงานที่ทำหน้าที่ขนย้ายชิ้นงานภายในสายงานประกอบ 1 คน	พนักงานทำหน้าที่ขนส่งชิ้นงานเพื่อให้กระบวนการผลิตไหลอย่างต่อเนื่อง ซึ่งต้องมีการสังเกตระดับปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการด้วย เพื่อให้กระบวนการผลิต สามารถผลิตชิ้นงานได้ต่อเนื่อง				✓	พนักงานคนอื่นสามารถทำได้ คือ พนักงานในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ, กระบวนการสแกนบาร์โค้ด หลังจากผลิตชิ้นงานเพียงพอกับความต้องการในกระบวนการถัดไป จะมีเวลาที่สามารถส่งชิ้นงานได้
วิธีการ (How)	วิธีการทำงานอย่างไร	ปริมาณบัฟเฟอร์ จะมีจำนวน น้อยที่สุด 8 ชิ้น และมากที่สุด 40 ชิ้น ในแต่ละสถานี	ปัจจุบันกำหนดให้ขนย้ายชิ้นงานครั้งละ 40 ชิ้น (8 ถาด)			✓		-สามารถออกแบบ วิธีการควบคุมปริมาณบัฟเฟอร์ โดยทำป้ายคัมบังควบคุมการเบิกวัตถุดิบของกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ ซึ่งเป็นกระบวนการเริ่มต้นในสายงานประกอบ

จากตารางที่ 4.27 สรุปการวิเคราะห์แนวทางการกำหนดปริมาณบัฟเฟอร์ได้ดังนี้

วิธีการปัจจุบัน

- ปัจจุบันจากการที่มีการขนย้ายชิ้นงานครั้งละ 40 ชิ้น ทำให้ระดับบัฟเฟอร์และปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการ Adhesive Dropping มีปริมาณบัฟเฟอร์ 8 ชิ้น ถึง 40 ชิ้น ในแต่ละสถานี ทำให้มีปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการค่อนข้างสูง จึงวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงดังนี้

- พนักงานที่ทำหน้าที่ขนย้ายชิ้นงาน จะทำหน้าที่ในการเตรียมชิ้นงานบัฟเฟอร์ โดยใช้วิธีการสังเกตระดับชิ้นงานที่รอผลิต ว่าใกล้หมดจนเหลืออย่างน้อย 8 ชิ้น ก็จะขนย้ายชิ้นงานที่เป็นบัฟเฟอร์มาวางให้ ซึ่งก็จะเท่ากับจำนวนที่ขนย้ายคือ 40 ชิ้น

วิธีการเพื่อกำหนดปริมาณบัฟเฟอร์

- จากการจัดสมดุลการผลิตมีสถานีงานของกระบวนการ Adhesive Dropping ในสายงานประกอบทั้งหมด 2 สถานี จึงกำหนดปรับลดปริมาณบัฟเฟอร์ของกระบวนการ Adhesive Droppingให้เหลือ 16 ชิ้น หรืออธิบายได้ว่ากำหนดให้มีบัฟเฟอร์ 8 ชิ้นต่อสถานี ซึ่งก็จะเท่ากับปริมาณชิ้นงานที่ขนย้ายระหว่างกระบวนการ จากการวิเคราะห์แนวทางการกำหนดปริมาณบัฟเฟอร์ในตารางที่ 4.28 สรุปได้

ตารางที่ 4.28 แสดงการวิเคราะห์การวางผังเครื่องจักร

ประเด็น		สถานะปัจจุบัน	เหตุผล	ECRS				บทสรุป
				ตัด	รวม	แทน	จาย	
จุดประสงค์ (What)	รอคอยวัตถุดิบนาน	มีบัฟเฟอร์ระหว่างกระบวนการเพื่ออะไร	เพื่อให้กระบวนการผลิตสามารถผลิตงานได้ต่อเนื่อง			✓		สามารถกำหนดปริมาณบัฟเฟอร์ในปริมาณที่เหมาะสมที่น้อยที่สุดที่จะทำให้สายการผลิตยังสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่อง
สถานที่ (Where)	เกิดที่กระบวนการใด	เริ่มต้นที่กระบวนการผลิตในสายงานประกอบ ซึ่งมีกระบวนการจัดเตรียมวัตถุดิบจะจัดชิ้นงานในถาด เตรียมให้ขนย้าย	กระบวนการผลิตมีลักษณะเรียงลำดับตามขั้นตอนการผลิต ซึ่งการขนย้ายชิ้นงานครั้งละ 40 ชิ้น มีผลให้เกิดปริมาณงานระหว่างกระบวนการผลิตสูง					ไม่สามารถรวมขั้นตอนการผลิตหรือ จัดลำดับใหม่ได้เนื่องจากกระบวนการผลิตมีลักษณะเรียงตามลำดับขั้นตอน
ลำดับขั้นตอน (When)	มีลำดับขั้นตอนในการกำหนดปริมาณบัฟเฟอร์อย่างไร	เกิดบัฟเฟอร์แต่ละสถานีในสายงานประกอบ จำนวน 8 ชิ้น ถึง 40 ชิ้น และส่งผลให้กระบวนการท้ายน้ำ คือ 'ส่วนทดสอบทางอิเลคทรอนิคส์และตรวจสอบทางกล มีบัฟเฟอร์ในปริมาณสูงด้วย	กระบวนการผลิตมีลักษณะเรียงลำดับตามขั้นตอนโดยขนย้ายชิ้นงาน ครั้งละ 40 ชิ้น ในสายงานประกอบ และส่วนทดสอบทางอิเลคทรอนิคส์และตรวจสอบทางกล ทำให้เกิดบัฟเฟอร์แต่ละสถานี จำนวน 8 ชิ้น ถึง 40 ชิ้น			✓		สามารถลดปริมาณบัฟเฟอร์ในแต่ละสถานีในกระบวนการผลิตได้ โดยที่ ปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนลดลง แต่สายการผลิตยังสามารถผลิตงานได้ต่อเนื่อง
บุคลากร (Who)	ใครทำหน้าที่ขนส่งวัตถุดิบ	มีพนักงานที่ทำหน้าที่ขนย้ายชิ้นงานภายในสายงานประกอบ 1 คน	พนักงานทำหน้าที่ขนส่งชิ้นงานเพื่อให้กระบวนการผลิตไหลอย่างต่อเนื่อง ซึ่งต้องมีการสังเกตระดับปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการด้วย เพื่อให้กระบวนการผลิต สามารถผลิตชิ้นงานได้ต่อเนื่อง				✓	พนักงานคนอื่นสามารถทำได้ คือ พนักงานในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ, กระบวนการสแกนบาร์โค้ด หลังจากผลิตชิ้นงานเพียงพอกับความต้องการในกระบวนการถัดไป จะมีเวลาที่สามารถส่งชิ้นงานได้
วิธีการ (How)	วิธีการทำงานอย่างไร	ปริมาณบัฟเฟอร์ จะมีจำนวน น้อยที่สุด 8 ชิ้น และมากที่สุด 40 ชิ้น ในแต่ละสถานี	ปัจจุบันกำหนดให้ขนย้ายชิ้นงานครั้งละ 40 ชิ้น (8 ถาด)			✓		-สามารถออกแบบ วิธีการควบคุมปริมาณบัฟเฟอร์ โดยทำป้ายคัมบังควบคุมการเบิกวัตถุดิบของกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ ซึ่งเป็นกระบวนการเริ่มต้นในสายงานประกอบ

วิธีการปัจจุบัน

- มีสถานีงานของกระบวนการ PCCA Soldering ในสายงานประกอบทั้งหมด 8 สถานี
- ระยะห่างระหว่างกระบวนการมากที่สุด 4.8 เมตร และบางสถานีของกระบวนการ PCCA Soldering ส่งงานให้กระบวนการถัดไปช้า ทำให้เกิดการรอคอยวัตถุดิบ และปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการสูง

วิธีการเพื่อกำหนดการวางผังเครื่องจักร

มีสถานีงานของกระบวนการ PCCA Soldering ในสายงานประกอบทั้งหมด 8 สถานีงาน จัดสมดุลการผลิตใหม่ โดยดำเนินการดังนี้ คือ

- จับเวลากระบวนการผลิตของแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการ เพื่อให้ได้รอบเวลาผลิตปัจจุบันของแต่ละกระบวนการ
- ตรวจสอบแผนการผลิต ปริมาณการผลิต กำหนดวันส่งมอบ
- กำหนดจำนวนพนักงาน ตามแผนการผลิต
- จัดวางผังเครื่องจักรให้ระยะทางการขนย้ายงานสั้นที่สุด

แสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.5 พบว่ากระบวนการ PCCA Soldering มีสถานีงานลดจาก 8 สถานี เหลือ 6 สถานี มีผลให้ระยะห่างระหว่างกระบวนการ PCCA Soldering และกระบวนการ Adhesive Dropping ลดจาก 4.8 เมตร เหลือ 2.4 เมตร

4.5.2 การดำเนินมาตรการ

เพื่อให้การดำเนินการปรับปรุงเสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด จึงวางแผนดำเนินการแสดงดังรูปที่ 4.40

ลำดับ	ดำเนินการ	ผู้รับผิดชอบ	กุมภาพันธ์				มีนาคม 2549				หมายเหตุ
		สัปดาห์	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	สร้างทีมงานในการดำเนินการ	ผู้จัดการแผนกผลิต, วางแผนผลิต วิศวกรประจำรุ่นผลิตภัณฑ์ , IE	---								
2	กำหนดสายการผลิตที่จะดำเนินการ	หัวหน้าสายการผลิตประจำกะ	---								
3	อบรมพนักงานและวิธีการ	ฝ่ายอบรม	---	---							
4	ดำเนินการผลิตที่มีการควบคุมการเบิกจำนวนชิ้นงาน	แผนกผลิต		---	---	---	---				
5	ติดตามผลการดำเนินงาน	หัวหน้าสายการผลิตประจำกะ, IE วิศวกรประจำรุ่นผลิตภัณฑ์		---	---	---	---				
6	ทบทวนผลการดำเนินการ / แนวทางการทำกิจกรรมต่อไป	หัวหน้าสายการผลิตประจำกะ					---				
7	จัดทำเป็นมาตรฐานและบริหารให้คงอยู่อย่างต่อเนื่อง	หัวหน้าสายการผลิตประจำกะ						---	—		

รูปที่ 4.40 แผนดำเนินการปรับปรุง

วิธีการเพื่อปรับปรุง

- ถาดอบความร้อนที่บรรจุ 12 ชิ้น สำหรับ PCCA และ Flex Clamp จะใช้ขนส่งระหว่างกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ กระบวนการ PCCA Bending, Barcode Attach to Flex clamp , Flexclamp Assembly โดยปริมาณการขนย้ายครั้งละ 4 ถาด 48 ชิ้น
- ปรับปรุงปริมาณการขนย้ายชิ้นงานในสายงานประกอบ โดยเริ่มระหว่างกระบวนการ PCCA Soldering ไปกระบวนการ Adhesive Dropping กำหนดให้มีการขนย้ายครั้งละ 1 ถาด 8 ชิ้น และกำหนดให้มีบัฟเฟอร์อย่างน้อย 1 ถาด 8 ชิ้น ที่กระบวนการ Adhesive Dropping ทั้ง 2 สถานี
- พนักงานที่มีหน้าที่ในการเตรียมวัตถุดิบ หลังจากเตรียมวัตถุดิบเป็นบัฟเฟอร์ให้กับสถานีงานของกระบวน PCCA Soldering ทั้งหมด 6 สถานี 48 ชิ้น ให้ย้ายมาทำงานที่กระบวนการ Stiffiner Bending และ พนักงานที่ทำงานในกระบวนการ Scan Barcode กำหนดหน้าที่ให้ทำงานในกระบวน Flex Clamp Assembly เพิ่ม
- ทำการลดพนักงานประจำกระบวนการ Stiffiner Bending และ Barcode Flexclamp จากมีพนักงานนั่งประจำสถานีละ 2 คน ลดให้เหลือประจำสถานีละ 1 คน และกำหนดหน้าที่ให้พนักงานที่ปฏิบัติงานในกระบวน Barcode Flexclamp เพิ่ม คือ หลังจากผลิตตามจำนวนที่เบิก ให้ผลิตงานในกระบวนการ Flexclamp Assembly
- ทำการลดพนักงานประจำกระบวนการ PCCA Sodering คน จาก 8 คน ให้เหลือประจำ 6 คน พนักงานที่ปฏิบัติงานในกระบวนการ PCCA Sodering เมื่อผลิตเสร็จตามแผนและคุณภาพผ่านเกณฑ์ให้ส่งให้กระบวนการถัดไปทันที

สำหรับพนักงานที่ไม่ได้มีหน้าที่ประจำและอยู่ในสายการผลิตแล้ว จำนวน 4 คน ให้หัวหน้างานจัดให้สนับสนุนงานในส่วนอื่นที่ต้องการพนักงานเพิ่ม แสดงการวางผังเครื่องจักรปัจจุบันและผังเครื่องจักรที่ปรับปรุงในภาคผนวก ข รูปที่ ข.2

การทดลองปฏิบัติ

จากแนวทางในการปรับปรุงดังกล่าวข้างต้น คณะทีมงานวิจัยได้ทำการทดลองพบว่า การทำงานดังกล่าวสามารถลดเวลารอคอยวัตถุดิบที่กระบวนการ Adhesive Dropping และสามารถลดเวลารอคอยรวมในกระบวนการผลิต นอกจากนี้หลังจากลดปริมาณชิ้นงานที่ขนย้าย พบว่าสามารถลดพนักงานในสายประกอบจาก 23 คน เหลือ 19 คน แต่ส่งผลให้พนักงานที่ทำหน้าที่ขนย้ายงานระหว่างกระบวนการเดินบ่อยขึ้น สรุปผลการดำเนินการปรับปรุง ดังแสดงในตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 สรุปผลการทดลองปฏิบัติ เปรียบเทียบเวลารอคอยก่อนและหลังการปรับปรุง

กระบวนการผลิต	กิจกรรม	ก่อน ปรับปรุง	หลัง ปรับปรุง	% ปรับปรุง
ส่วนที่ 1 กระบวนการประกอบแขนจับหัวอ่าน-เขียน สำเร็จ	รอบเวลา ผลิต	5.58	4.128	26.02%
	เวลารอคอย	232.23	164.11	29.33%
ส่วนที่ 2 ขั้นตอนล้างด้วยเครื่องล้างอัตโนมัติ (JCS)	รอบเวลา ผลิต	2.11	2.11	-
	เวลารอคอย	121.98	121.98	-
ส่วนที่ 3 กระบวนการตรวจสอบทางกลและอิเลคทรอนิกส์	รอบเวลา ผลิต	2.19	2.01	8.22%
	เวลารอคอย	76.08	73.75	3.06%
รวมกระบวนการทั้ง 3 ส่วน	รอบเวลา ผลิต	9.88	8.68	10.65%
	เวลารอคอย	430.29	391.63	8.98%

หมายเหตุ รอบเวลาผลิต (หน่วย: ชั่วโมง)
เวลารอคอย (หน่วย: นาที)

จากตารางที่ 4.29 สรุปผลการดำเนินการได้ดังนี้

1. การลดปริมาณงานการขนย้ายระหว่างกระบวนการ PCCA Soldering และ Adhesive Dropping จาก 40 ชิ้นต่อเที่ยว เหลือ 8 ชิ้น โดยกำหนดให้มีปริมาณบัฟเฟอร์ อย่างน้อย 16 ชิ้น ทำให้เวลารอคอยวัตถุดิบของกระบวนการ Adhesive Dropping ลดลงจากเดิม 37.46 นาที เหลือ 5.15 นาที คิดเป็น 86.25 เปอร์เซ็นต์ แต่เป้าหมาย คือ ลดเวลารอคอยวัตถุดิบของกระบวนการAdhesive Dropping ลง 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลจากการปฏิบัติคลาดเคลื่อนไป 3.75 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเกิดจากการการเปลี่ยนกะก่อนเริ่มผลิตจะต้องมีการเตรียมเครื่อง และตรวจสอบจำนวนวัตถุดิบที่ค้างอยู่ในสายการผลิต ซึ่งการดำเนินกิจกรรมเหล่านี้ อาจส่งผลให้ผลการปรับปรุงไม่ได้ตามเป้าหมาย

2. การลดปริมาณงานการขนย้ายระหว่างกระบวนการ PCCA Soldering และ Adhesive Dropping ทำให้เวลารอคอยระหว่างกระบวนการของสายงานประกอบแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จลดลง 8.98 เปอร์เซ็นต์ คือ ก่อนการปรับปรุงเวลารอคอย 430.29 นาที หลังจากปรับปรุงลดเหลือ 391.63 นาที และช่วยปรับปรุงให้รอบเวลาการผลิตของสายการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 เร็วขึ้น 10.73 เปอร์เซ็นต์ จากเดิมรอบเวลาการผลิตของชิ้นงานชุดแรกใช้เวลา 9.88 ชั่วโมง หลังจากปรับปรุงใช้เวลาผลิต 8.82 ชั่วโมง

3. การลดปริมาณงานการขนย้ายระหว่างกระบวนการ สามารถลดพนักงานได้ 4 คน

4. ปริมาณงานระหว่างกระบวนการแต่ละวันมีจำนวนลดลง 22.89%

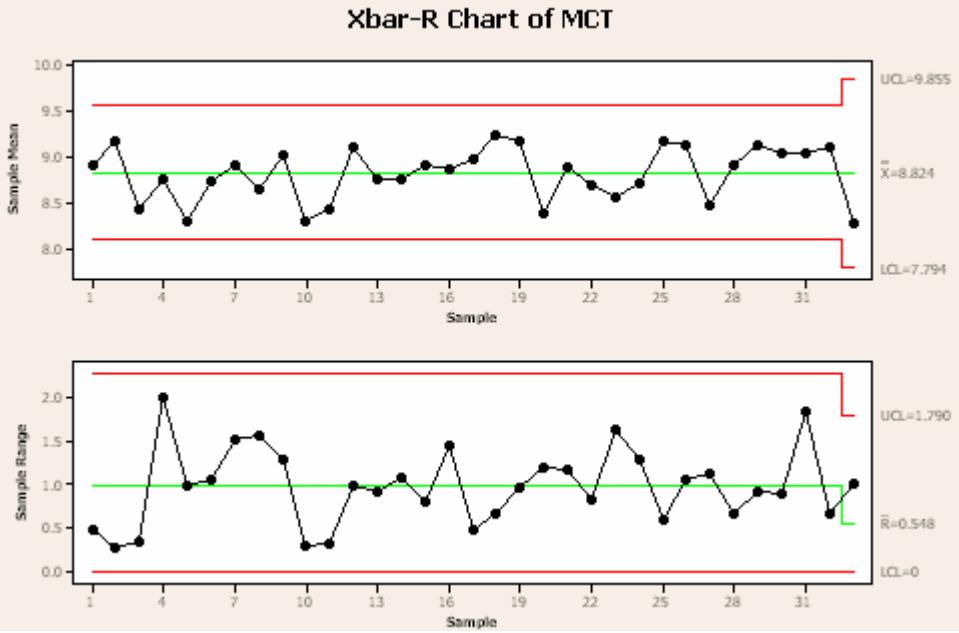
4.6 การยืนยันความมีประสิทธิผลของมาตรการตอบโต้

ดำเนินการตรวจสอบผลการดำเนินการปรับปรุงดังนี้

ขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. วางแผนสุ่มเก็บข้อมูล วัดรอบเวลาผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนมีนาคม 2549
2. ทำสัญลักษณ์ที่ถาดชิ้นงาน ตั้งแต่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ และบันทึกบาร์โค้ดของชิ้นงาน ในถาดที่จับเวลา
3. เริ่มจับเวลาตั้งแต่กระบวนการแรก คือ เตรียมวัตถุดิบจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการทุกวัน วันละ 4 ในแต่ละสัปดาห์ รวมทั้งหมด 130 ตัวอย่าง

แสดงข้อมูลรอบเวลาผลิตในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.6 ผลดำเนินการปรับปรุงแสดงในรูปที่ 4.41 แสดงการตรวจสอบความมีเสถียรภาพของกระบวนการหลังจากการดำเนินการปรับปรุง พบว่า ไม่มีข้อมูลออกนอกพิกัดควบคุม แสดงว่าข้อมูลมีความผันแปรภายใต้สาเหตุธรรมชาติ และตรวจสอบรูปทรงของข้อมูลมีเสถียรภาพเพียง เนื่องจากข้อมูลอยู่ในพิกัดควบคุมและผันแปรอยู่รอบค่ากลาง ซึ่งค่าเฉลี่ยรอบเวลาผลิตที่ได้จากกระบวนการวัดปัจจุบัน คือ 8.82 ชั่วโมง ดังนั้นสรุปว่า แผนดำเนินการปรับปรุง สามารถนำไปสร้างมาตรการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตได้



รูปที่ 4.41 แผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ ของเวลารอบเวลาผลิต ของกระบวนการผลิต รุ่น T6 หลังดำเนินการปรับปรุง

4.7 การทำให้เป็นมาตรฐาน

จากแนวคิดการผลิตระบบลีน การกำจัดความสูญเปล่าและปรับปรุงสมรรถนะของสายธารคุณค่า โดยมีจุดประสงค์เพื่อจะได้บรรลุสู่การผลิตแบบทีละชิ้นที่ยึดตาม Takt Time เป็นหลัก คือ การผลิตตามแผนให้ได้ตามจำนวนและเวลาที่ลูกค้ากำหนด สภาวะแวดล้อมอาจทำให้สามารถบรรลุสู่การไหลที่แท้จริงนั้นยาก แต่การเพิ่มประสิทธิภาพการปรับเรียบการผลิต โดยการจัดทำระบบการเบิกชิ้นงานให้เป็นไปตามจังหวะ หรือที่เรียกว่าระบบการผลิตแบบดึง โดยนำเครื่องมือ คือ คัมบังเป็นบัตรที่ใช้แทนปริมาณความต้องการวัตถุดิบ ช่วยในการควบคุมการผลิตต้นทางและระบบการเบิกชิ้นงาน เพื่อควบคุมการผลิตให้ผลิตตามความต้องการของลูกค้า

4.7.1 กำหนดคัมบังในกระบวนการผลิต

- คัมบังสัญญาณ (Signal Kanban) คือ บัตรพิมพ์ที่ระบุจำนวนชิ้นงาน ที่ต้องทำการผลิตแบบเป็นชุดเพื่อเติมชิ้นงานที่ถูกดึงไปจากซุปเปอร์มาร์เก็ตถัดไป ซึ่งจะกำหนดไว้ที่ชั้นวางวัตถุดิบ ที่เข้ามาในสายการผลิต ครั้งละ 1 ลอต จำนวน 5,760 ชิ้น และแทนปริมาณชิ้นงานด้วยแผ่นคัมบัง 8 แผ่น โดยที่ใน 1 แผ่น จะแทนการเบิกชิ้นงาน 720 ชิ้น
- การเตรียมวัตถุดิบ (Materials Preparation) คือ PCCA Bending , Barcode Attach to Flex clamp , Flexclamp Assembly ซึ่งจะถูกขนย้ายโดยถาดที่บรรจุ 12 ชิ้นต่อถาด จะถูกจัดเตรียมเท่ากับชิ้นงานจำนวน 720 ชิ้น
- สร้างมาตรฐานกำหนดปริมาณขนย้ายชิ้นงานของสายการผลิต ในแผนการควบคุมการผลิตแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.30 แผนการควบคุมการขนย้ายวัตถุดิบ

WI - PE 19 (Storage)

Operation	Requirement	Mearsurement Method	Freq	Who Measure	Where Record
1.PCCA Soldering	2 Shipping Tray	Visual	1 hours	Lead, Operator	Check Sheet PMP 19 - A
2.Addhesive Dropping	Buffer = 16 Pcs before Starting Production	Visual	Starting Production	Lead, Operator	Check Sheet PMP 19 - A
3.Curing	2 Shipping Tray	Visual	1 hours	Lead, Operator	Check Sheet PMP 19 - A

จากตารางที่ 4.30 กำหนดปริมาณการขนย้ายวัตถุดิบจากกระบวนการ PCCA Soldering ไปกระบวนการถัดมา คือ Adhesive Dropping ให้ขนย้ายครั้งละ 1 ถาดชิ้นงาน คือ เมื่อชิ้นงานผ่านกระบวนการ PCCA Soldering 1 ถาด ให้ส่งไปกระบวนการ Adhesive Dropping ทันที จากกระบวนการ Adhesive Dropping ไปกระบวนการ Curing มีลักษณะชิ้นต่อชิ้น คือ เมื่อชิ้นงานผ่านกระบวนการ Adhesive Dropping พนักงานจะหยิบชิ้นงานวางบนถาดขนาดบรรจุ 8 ชิ้น

- ก่อนเริ่มการผลิต กำหนดให้มีปริมาณบัฟเฟอร์ที่กระบวนการ PCCA Soldering จำนวน 2 ถาด Adhesive Dropping 2 ถาด จำนวน 16 ชิ้น และที่กระบวนการ Curing จำนวน 2 ถาด
- บันทึกจำนวนชิ้นงานที่รอผลิตของกระบวนการ PCCA Soldering , Adhesive Dropping และ Curing ทุก 1 ชั่วโมงในแบบฟอร์ม PMP 19-A แสดงแบบฟอร์มในภาคผนวก ข รูปที่ ข.5

4.7.2 แผนงานควบคุม

- การเบิกวัตถุดิบจะนำคัมบัง มาใช้ในการควบคุมการเบิกวัตถุดิบของสายการผลิต โดยจะแบ่งชิ้นงาน 1 ลอต จำนวน 5,760 ชิ้น ออกเป็น 8 ส่วน เท่ากับ 720 ชิ้น ซึ่งแต่ละส่วนแทนปริมาณชิ้นงานด้วยแผ่นคัมบัง 8 แผ่น
- กำหนดตำแหน่งควบคุมที่จุดชั้นวางวัตถุดิบ และทำที่เก็บแผ่นป้ายคัมบัง 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งเข้าและตำแหน่งออก เมื่อมีการรับวัตถุดิบเข้ามาในสายการผลิต ให้นำแผ่นป้ายคัมบังใช้แทนปริมาณวัตถุดิบใส่ในตำแหน่งเข้า และเมื่อพนักงานเบิกเตรียมผลิต ให้ใส่เครื่องหมายที่แผ่นป้ายคัมบังแล้วนำไปไว้ในตำแหน่งออก ทุก ๆ 1 ชั่วโมง พนักงานจะทำการเบิกวัตถุดิบไป เตรียมเพื่อส่งเข้าในไลน์ โดยทำการกำหนดให้เบิกชิ้นงานเตรียมชั่วโมงละ 720 ชิ้น แสดงป้ายคัมบังในภาคผนวก ข รูปที่ ข.6
- สายการผลิตในส่วนประกอบ จะจัดทำป้ายบันทึกจำนวนชิ้นงานที่ผลิต ได้ที่ตำแหน่งสุดท้าย คือ โหลดชิ้นงานใส่ Rack เพื่อเป็นการตรวจสอบผลข้างเคียง จากการปรับปรุงที่กระทบต่อรอบเวลาการผลิต
- ตรวจสอบปริมาณงานระหว่างกระบวนการผลิตแต่ละวัน เพื่อเปรียบเทียบว่า หลังจากดำเนินการปรับปรุง มีจำนวนลดลงตามที่คาดการณ์หรือไม่

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

โครงงานวิจัยอุตสาหกรรมได้รับการอนุเคราะห์จาก บริษัท คอมพาร์ท พรีซีชั่น (ประเทศไทย) จำกัด ที่ได้ให้ความสนับสนุนเป็นอย่างดี ในการให้ผู้วิจัยเข้าไปศึกษากระบวนการผลิต ทำการวิเคราะห์และปรับปรุงปัญหาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยการลดเวลารอคอย ซึ่งผู้วิจัยได้มีโอกาสศึกษาประยุกต์เอาแนวคิด วิธีการวิเคราะห์ปัญหาผ่านแผนภาพสายธารคุณค่า (VSM) ของการผลิตแบบลีนร่วมกับหลักการเทคนิควิศวกรรมอุตสาหการและหลักการคิวซีสตอรี่ มาเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต เพื่อลดรอบเวลาการผลิต โดยการลดเวลารอคอยในกระบวนการ ทั้งนี้การดำเนินโครงวิจัยอุตสาหกรรม ได้ดำเนินตามคิวซีสตอรี่ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการกำหนดหัวข้อปัญหา การสำรวจสภาพปัจจุบันและการตั้งเป้าหมาย การวิเคราะห์การวางแผนแก้ไข การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้า การกำหนดมาตรการตอบโต้และการนำไปปฏิบัติ การยืนยันความมีประสิทธิผลของมาตรการตอบโต้ การทำให้เป็นมาตรฐานสรุปดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

1. ขั้นตอนการกำหนดปัญหาการระบุปัญหาของโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมฉบับนี้ มุ่งพิจารณาปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อองค์กรในแง่ของธุรกิจเป็นสำคัญอันได้แก่ ต้นทุนสินค้า ความพึงพอใจของลูกค้าทั้งในเรื่องของเวลาในการส่งมอบ ซึ่งจากสภาวะปัจจุบันของสถานประกอบการ ที่ทำงานวิจัยพบว่า ปัญหาการดำเนินงานที่เป็นความสูญเปล่าของสายการผลิต เป็นปัญหาที่ส่งผลต่อธุรกิจขององค์กร ทั้งในด้านของต้นทุนการผลิต ความสามารถทางด้านการแข่งขันเกี่ยวกับราคา ปริมาณในการผลิต และเวลาในการส่งมอบ จึงเป็นปัญหาที่ถูกเลือกและนำมาเป็นหัวข้อที่ใช้ในการศึกษาโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมในครั้งนี้ โดยโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมนี้ ได้พิจารณาถึงกิจกรรมในการดำเนินงานที่เป็นความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต โดยใช้แนวทางการผลิตระบบลีน และใช้เครื่องมือของลีน คือ (Value Stream Mapping ; VSM) ในการพิจารณากำหนดปัญหาเบื้องต้นเพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา จากนั้นจึงต้องวิเคราะห์สาเหตุในระดับย่อย เพื่อทำการระบุปัญหาจากแผนภาพการไหล กระบวนการด้วยหลักการเทคนิควิศวกรรมอุตสาหการมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อตั้งเป้าหมายในการปรับปรุงกระบวนการ

2. ขั้นตอนการสำรวจสภาพปัจจุบันและการตั้งเป้าหมาย จากแผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต พบว่ามีเวลารอคอยระหว่างกระบวนการในสายงานประกอบ ที่กระบวนการ Adhesive Dropping เท่ากับ 37.46 นาที จึงตั้งเป้าหมายด้วยการลดเวลารอคอยลง 90 เปอร์เซ็นต์ จาก 37.46 นาที ให้เหลือ 3.75 นาที เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการ ให้รอบเวลาการผลิตลดลงจาก 9.88 ชั่วโมง ลดเหลือ 8.73 ชั่วโมง

3. ขั้นตอนการวางแผนแก้ไข จากการวางแผนการดำเนินการ พบว่าการดำเนินการปรับปรุงไม่ได้เป็นไปตามเวลาที่กำหนด แต่จากการที่มีการตรวจสอบความคืบหน้า เมื่อเกิดปัญหาด้านความล่าช้าก็ต้องมีการหารือในกลุ่ม เพื่อปฏิบัติการแก้ไขให้เป็นไปตามแผนการ แสดงแผนงานและการปฏิบัติจริงดังรูปที่ 5.1

ลำดับที่	กิจกรรมที่ต้องทำ	ผู้รับผิดชอบ	ช่วงเวลา												เครื่องมือ
			มกราคม 2549				กุมภาพันธ์ 49				มีนาคม 49				
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	ทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา	ปานจิต													ใบตรวจสอบ, พาเรโต แผนภูมิควบคุม
2	วิเคราะห์สาเหตุ	ปานจิต, กิติณัติ, หัวหน้าผลิต													ก้างปลา FMEA
3	พิจารณามาตรการตอบโต้	ปานจิต, กิติณัติ, หัวหน้าผลิต													5 W 1H และ ECRS
	3.1 สร้างทีมงานในการดำเนินการ	ทีมงาน													
	3.2 กำหนดสายการผลิตที่จะดำเนินการ	หัวหน้าสายการผลิตประจำกะ													
	3.3 อบรมพนักงานและวิธีการใช้ป้ายคัมบัง	ฝ่ายอบรม													
	3.4 ดำเนินการผลิตที่มีการควบคุมการเบิกจำนวนชิ้นงาน	แผนกผลิต													
4	ตรวจติดตามผล	ปานจิต, กิติณัติ													แผนภูมิควบคุม
5	ปฏิบัติการแก้ไข	หัวหน้าผลิต, พนักงาน													QC Story Sheet
6	ทบทวนผลงานและสรุปผล	ปานจิต, กิติณัติ													QC Story Sheet

หมายเหตุ: แผนงาน ปฏิบัติจริง

ทีมงาน: วางแผนผลิต, วิศวกรประจำรุ่นผลิตภัณฑ์, กิติณัติ, ปานจิต หัวหน้าสายการผลิตประจำกะ, แผนกผลิต

รูปที่ 5.1 การปฏิบัติตามแผนการดำเนินงาน

4. ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้า โครงงานวิจัยอุตสาหกรรมนี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์ระบบการวัดทั้งในด้านความถูกต้องและความแม่นยำ ซึ่งมีความจำเป็นอย่างมากต่อความน่าเชื่อถือและสารสนเทศของข้อมูลที่ได้มาจากกระบวนการนั้น ๆ จากนั้นทำการวิเคราะห์ถึงปัจจัย ป้อนเข้าที่ ส่งผลกระทบต่อปัญหาของกระบวนการ ผ่านแผนภาพก้างปลา และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการ พบว่าสาเหตุที่มีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อเวลารอคอยวัตถุดิบนาน ได้แก่ 1. ปริมาณชิ้นงานที่ขนย้ายแต่ละครั้ง 2. ปริมาณบัฟเฟอร์ 3. การวางผังเครื่องจักร ซึ่งสาเหตุดังกล่าวจะถูกนำไปวิเคราะห์ เพื่อพิสูจน์ผลกระทบต่อปัญหาต่อไป จากการทดลอง 2^k Factorial ที่มีการทำซ้ำ 2 การทำซ้ำ เพื่อหาความสัมพันธ์ของเวลารอคอยวัตถุดิบกับปัจจัยที่ทำการทดลอง เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ผลของอิทธิพลหลัก และผลของอิทธิพลร่วมของปัจจัยได้ทั้งหมดในเวลาเดียวกัน จากผลการทดลองปรับปัจจัยพบว่าอิทธิพลหลักมีผลต่อเวลารอคอยวัตถุดิบของกระบวนการ Adhesive Dropping และไม่มีผลที่เกิดจากอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดยสร้างเป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการรอคอยวัตถุดิบได้

$$y = -2.592 + 1.029x_1 - 0.047x_2 + 0.107x_3 \qquad (5.1)$$

เมื่อ y คือ เวลารอคอยวัตถุดิบ
x_1 คือ ปริมาณขนย้ายแต่ละครั้ง (A)
x_2 คือ บัฟเฟอร์ (B)
x_3 คือ การวางผังเครื่องจักร (C)

จากสมการความสัมพันธ์นำไปพล็อตกราฟเพื่อกำหนดค่าของพารามิเตอร์ เพื่อปรับปรุงกระบวนการให้ค่าเวลารอคอยวัตถุดิบน้อยที่สุด จะต้องกำหนดค่าปริมาณการขนย้ายชิ้นงานกำหนดที่ 8 ชิ้น ปริมาณบัฟเฟอร์กำหนดที่ 16 ชิ้น สำหรับ 2 สถานีงาน การจัดวางผังเครื่องจักรระหว่างกระบวนการ PCCA Soldering กับ Adhesive Dropping ให้มีระยะห่างมากสุด 2.4 เมตร

5. ขั้นตอนการกำหนดมาตรการตอบโต้ มีวัตถุประสงค์เพื่อประมวลแนวทางแก้ไขและขจัดสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาการรอคอยวัตถุดิบนาน ที่กระบวนการ Adhesive Dropping โดยการวิเคราะห์จุดบกพร่องจากการทำงานเดิม ด้วยหลักการของวิศวกรรมอุตสาหกรรม คือ การวิเคราะห์ด้วยหลักการ ECRS จากการวิเคราะห์สรุปได้ว่า ความล่าช้าในการขนย้ายงานระหว่างกระบวนการ PCCA Soldering และ Adhesive Dropping จึงทำให้เกิดปัญหาการรอคอยวัตถุดิบที่กระบวนการ Adhesive Dropping และส่งผลกระทบให้เกิดการรอคอยที่กระบวนการผลิตถัดมา เนื่องจาก

กระบวนการผลิตมีลักษณะเรียงลำดับตามขั้นตอน โดยในสายงานประกอบเป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง ทีมงานปรับปรุงจึงได้นำเสนอ มาตรการกำหนดปริมาณการขนย้าย ระหว่างกระบวนการ PCCA Soldering ส่งให้กระบวนการ Adhesive Dropping ทำการขนย้าย ครั้งละ 1 ถาด จำนวน 8 ชิ้น และกำหนดให้มีปริมาณบัฟเฟอร์ อย่างน้อย 16 ชิ้น โดยให้พนักงานและหัวหน้าเป็นผู้ตรวจสอบ และลงบันทึกปริมาณงานที่รอผลิตของกระบวนการ Adhesive Dropping ทุก 1 ชั่วโมงในแบบฟอร์ม (PMP 19-A) และเมื่อเปลี่ยนกะทำงาน ก่อนเริ่มการผลิตสามารถตรวจสอบปริมาณบัฟเฟอร์ของกระบวนการ Adhesive Dropping ได้จากแบบฟอร์ม (PMP 19-A)

6. ขั้นตอนการยืนยันความมีประสิทธิผลของมาตรการตอบโต้ โดยดำเนินการตรวจสอบผลของการดำเนิน การปรับปรุง โดยการเก็บข้อมูลวัดรอบเวลาผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนมีนาคม 2549 โดยสุ่มเริ่มวัดทุก 2 ชั่วโมงในแต่ละวัน เพื่อวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของกระบวนการและเปรียบเทียบผลจากการแก้ไข พบว่ารอบเวลาผลิต (MCT) ลดลงจาก 9.88 ชั่วโมง หลังจากปรับปรุงใช้เวลาผลิต 8.88 ชั่วโมง การลดปริมาณงานการขนย้ายระหว่างกระบวนการสามารถลดพนักงานได้ 4 คน และปริมาณงานระหว่างกระบวนการแต่ละวันมีจำนวนลดลง 22.89 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นสรุปว่า มาตรการตอบโต้สามารถนำไปสร้างมาตรการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตได้

7. ขั้นตอนการทำให้เป็นมาตรฐาน สร้างมาตรฐานปริมาณการขนย้ายระหว่างกระบวนการ PCCA Soldering และ Adhesive Dropping จาก 40 ชิ้น ต่อเที่ยว เหลือ 8 ชิ้น โดยกำหนดให้มีปริมาณบัฟเฟอร์ อย่างน้อย 16 ชิ้น ทำให้เวลารอคอยวัตถุดิบของกระบวนการ Adhesive Dropping ลดลงจากเดิม 37.46 นาที เหลือ 5.15 นาที คิดเป็น 86.25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการลดปริมาณงานการขนย้ายระหว่างกระบวนการ PCCA Soldering และ Adhesive Dropping ทำให้เวลารอคอยระหว่างกระบวนการของสายงานประกอบแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ ลดลง 8.98 เปอร์เซ็นต์ คือ ก่อนการปรับปรุงเวลารอคอย 430.29 นาที หลังจากปรับปรุงลดเหลือ 391.63 นาที และช่วยปรับปรุงรอบเวลาการผลิตของสายการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6 เร็วขึ้น 10.73 เปอร์เซ็นต์ จากเดิมรอบเวลาการผลิตของชิ้นงานชุดแรกใช้เวลา 9.88 ชั่วโมง หลังจากปรับปรุงใช้เวลา 8.82 ชั่วโมง และปริมาณงานระหว่างกระบวนการผลิตแต่ละวันลดลง 22.89 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้นจากการปรับปรุงกระบวนการ Adhesive Dropping ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยลดลง ดังนี้

ต้นทุนที่ลดลง = รอบเวลาผลิตที่ลดลงต่อหน่วย x ต้นทุนแปรสภาพต่อชั่วโมงต่อหน่วย

= 0.027 (Hour) x 0.864 (USD/Hour/Unit)

= 0.025 USD ต่อหน่วย

ผลิตภัณฑ์ รุ่น T6 ได้รับคำสั่งผลิตจำนวน 9,384,240 ยูนิตต่อปี ดังนั้น เมื่อดำเนินการปรับปรุงในระยะเวลา 1 ปี จะทำให้บริษัทฯ มีต้นทุนการผลิตลดลงถึง 214,862 USD ต่อปี

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ข้อดีและข้อเสียของโครงงานวิจัยอุตสาหกรรม จะเห็นได้ว่าถึงแม้แผนภาพสายธารคุณค่า จะช่วยให้เข้าใจกระบวนการไหลของข้อมูล และสารสนเทศของกระบวนการผลิตในลักษณะภาพรวม และช่วยให้สามารถระบุถึงชนิดของความสูญเปล่า ที่มีอยู่แต่ละจุดของกระบวนการผลิตได้ จากการสังเกตที่ข้อมูลซึ่งอยู่ในกล่องข้อมูล สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในแผนภาพ แต่ไม่สามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบระดับความสำคัญของความสูญเปล่าได้ เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากแผนภาพนั้น มีหน่วยวัดที่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าในแผนภาพสายธารคุณค่าจะมีหน่วยวัดเป็นเวลา แต่เวลานี้มุ่งเน้นให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างรอบเวลาการผลิต กับเวลาที่ใช้ในการจัดเก็บวัสดุคงคลังเท่านั้น นอกจากนี้ ข้อมูลที่ถูกนำมาเขียนในแผนภาพสายธารคุณค่านั้น ก็เป็นเพียงข้อมูลที่เกิดขึ้น ณ จุดเวลาหนึ่ง ๆ ดังนั้นในการที่จะตัดสินใจว่าอะไร เป็นความสูญเปล่าหลักที่แท้จริงของกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียน สำเร็จ รุ่น T 6 จะต้องนำข้อมูลมาวิเคราะห์ต่อด้วยแผนภาพการไหลของกระบวนการ

2. แนวทางในการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม การศึกษาถึงความสูญเปล่าที่เกิดในกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียน สำเร็จ รุ่น T 6 เป็นผลจากการศึกษาภายใต้ขอบเขตและข้อจำกัดเกี่ยวกับการได้มาซึ่งข้อมูล จึงทำให้โครงงานวิจัยอุตสาหกรรมครั้งนี้ ยังขาดการพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยบางส่วนไป ดังนั้นการจะนำขั้นตอนของงานวิจัยครั้งนี้ ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงขึ้น ก็ควรที่จะทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนต่าง ๆ ดังนี้
   - ควรจะมีการพิจารณาเพิ่มเติมในส่วนของปัจจัย ซึ่งส่งผลกระทบต่อการวางแผนการผลิต ปัจจัยที่มีผลมาจากระดับความสูญเปล่าแต่ละชนิด ปัจจัยที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับความต้องการของลูกค้า ปัจจัยที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการจัดส่งของผู้จัดส่ง
   - ควรมีการพิจารณาถึงความสูญเปล่าชนิดอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น การพิจารณาถึงความสูญเปล่าประเภทการรอคอยในส่วนของสถานีการผลิต หรือคนผลิตที่จะต้องมีการรอคอยชิ้นงาน จากสถานีก่อนหน้า และการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการผลิตเกิน

- สำหรับสายการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียน สำเร็จ รุ่น T 6 มีความสูญเสียของการรอผลิต ที่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบนั่นหมายถึง เงินที่เราลงทุนซื้อวัตถุดิบเข้ามา แต่ยังไม่ได้ผลิตทันที ถ้าวิเคราะห์จากหลักการผลิตแบบลีน ความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก ไม่ผลิตเกินความต้องการ สามารถใช้เครื่องมือปรับปรุงของลีน ได้แก่ Pull Production , Kanba นอกจากนี้การทำกิจกรรมเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง หรือที่เรียกว่า Kaizen ก็สามารถลดความสูญเสียและยังสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ถ้าทำหลายจุดก็สามารถลดต้นทุนต่อหน่วยได้มาก
- เนื่องจากสายการผลิตนี้มีข้อจำกัดที่ถาดชิ้นงานที่ถูกกำหนด โดยลูกค้ สามารถบรรจุชิ้นงานได้ 8 ชิ้นต่อถาด แต่ถ้าในกรณีที่ไม่ได้ระบุขนาดของถาดชิ้นงาน สามารถใช้วิธีการออกแบบการทดลองของโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมนี้ เป็นการออกแบบภาชนะที่ใช้ขนย้ายชิ้นงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกระบวนการผลิต

เอกสารอ้างอิง

1. อำนาจ อมฤก, 2547, **การลดเวลาการผลิตรวมโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดแบบลีน กรณีศึกษา : โรงงานผลิตแท็งก์รถบรรทุก,** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า 2-61.

2. สถาพร พลแสน, 2543, **การใช้แบบจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตหัวอ่านคอมพิวเตอร์,** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 4-69.

3. ก้องเดชา บ้านหิมะ , 2546, **การพัฒนาแบบจำลองวิสาหกิจแบบลีนโดยใช้ CIMOSA,** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า 2-104.

4. จารุพรรณ เพชรสุข, 2546, **การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสูญเปล่าในระบบการผลิตโดยใช้แบบจำลองพลวัตของระบบ กรณีศึกษา : โรงงานซีเกท จังหวัดนครราชสีมา,** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า 12-121.

5. Rich, N. and Hines, P., 1997, "Value Stream Mapping Tools." **International Journal of Operation & Production Management**, pp. 66-64.

6. Tennessee Manufacturing Extension Program, 2002, Manufacturing Takes Time, Lean Manufacturing Gives You More. [Online].
Available from Http:// www.temp.utk.edu [2002, June 5]

7. นิพนธ์ บัวแก้ว, 2547, **ระบบการผลิตแบบลีน (Introduction to Lean Manufacturing)**, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), หน้า 5-109.

8. เอกสารการฝึกอบรม, 2004, **Adidas-Salomon Lean Development Program,** Productivity, Inc. หน้า 45-77.

9. Lovelle, J., 2002, Use Value Stream Mapping to Reveal the Benefits of Lean Manufacturing. [Online]. Available from: Http://solution.iienet.org [2002, June 10].

10. คะทซึยะ โฮโซตานิ, 2550, **การแก้ปัญหาแบบคิวซี**, พิมพ์ครั้งที่ 12, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, หน้า 97-99.

11. กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2544, **ระบบควบคุมคุณภาพที่หน้างาน : คิวซีเซอร์เคิล,** พิมพ์ครั้งที่ 4, บริษัท เทคนิคอล แอพโพรช เคลาน์เซลลิ่ง แอนด์ เทรนนิ่ง จำกัด, กรุงเทพฯ, หน้า 155-305.

12. กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2543, **การวิเคราะห์ระบบการวัด**, พิมพ์ครั้งที่ 2, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, หน้า 3-113.

13. นราศรี ถาวรกูล, ก้องเดชา บ้านหิมะ และวิทยา สุหฤทดำรง, 2545, " Value Stream Mapping (VSM) เครื่องมือตัวแรกสู่การผลิตแบบลีน" **Industrial Technology Review 94,** หน้า 128-144.

14. กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2547, **การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ**, พิมพ์ครั้งที่ 1, บริษัท เทคนิคอล แอพโพรช เคลาน์เซลลิ่ง แอนด์ เทรนนิ่ง จำกัด, กรุงเทพฯ, หน้า 79-104.

15. กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2544, **ระบบควบคุมคุณภาพที่หน้างาน : คิวซีเซอร์เคิล,** พิมพ์ครั้งที่ 4 , บริษัท เทคนิคอล แอพโพรช เคลาน์เซลลิ่ง แอนด์ เทรนนิ่ง จำกัด, กรุงเทพฯ, หน้า 155-305.

16. กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2543, **การวิเคราะห์ระบบการวัด**, พิมพ์ครั้งที่ 2, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, หน้า 3-113.

17. กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2544, **การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ**, พิมพ์ครั้งที่ 1, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, หน้า 1-49, 79-108.

18. กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2545, **สถิติสำหรับวิศวกรรม, เล่ม 2**, พิมพ์ครั้งที่ 3, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, หน้า 9-88, 191-251.

19. Michael, L.G., 2002, **Lean Six Sigma : Combining Six Sigma Quality with Lean Speed**, McGraw Hill, United State of America, pp. 33-181.

20. Center for Economic Growth, 2002, Lean Enterprise Workshop Descriptions. [Online]. Available from : Http://www.ceg.org [2002, June 10].

21. Djumin, S.C., Wibowo, Y. and Irani, S.A., 2000, "**Value Stream Mapping from an Industrial Engineering Viewpoint**." Department of Industrials, Welding and Systems Engineering, The Ohio State University, pp. 35-259.

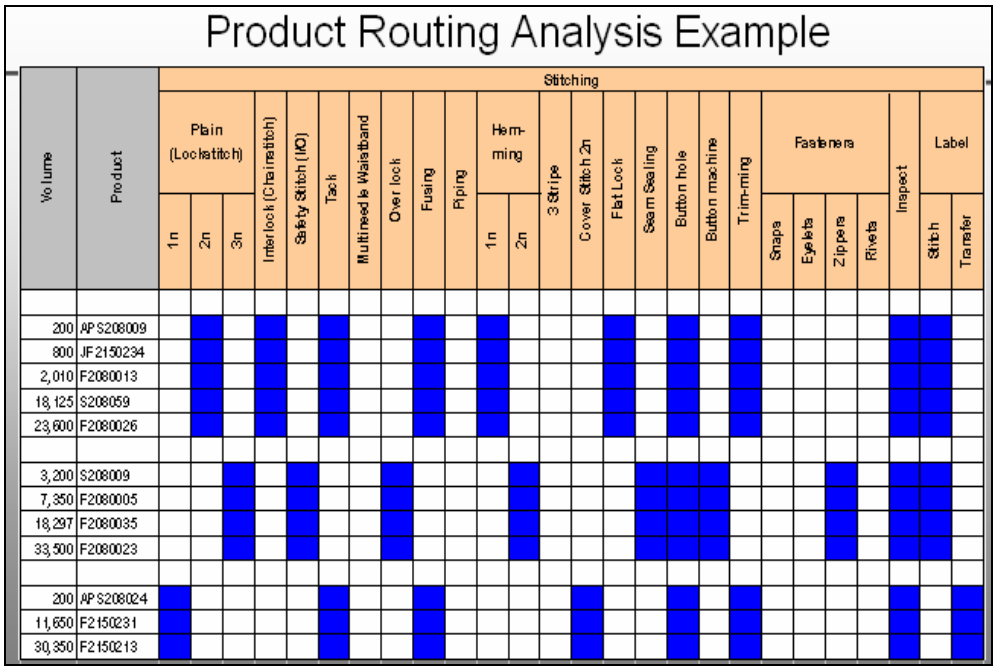
ภาคผนวก ก

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพสายธารคุณค่าและขั้นตอนการวาดภาพสายธารคุณค่า

ก.1 ขั้นตอนการวาดแผนภาพสายธารคุณค่า [9]

1. กำหนดความต้องการของลูกค้า หรือการหานิยามของคำว่าคุณค่าในตัวสินค้าและบริการ ซึ่งก็คือขั้นตอนของการหาความหมายและทำความเข้าใจ เกี่ยวกับความต้องการที่แท้จริงของลูกค้า ทั้งในแง่ของหน้าที่การทำงานหลัก คุณภาพ การส่งมอบ และราคา [10] โดยการจะทราบความต้องการที่แท้จริงของลูกค้าได้นั้นอาจทำโดยการสำรวจตลาด การออกแบบสอบถาม และการใช้เทคนิค

2. กำหนดตระกูลของผลิตภัณฑ์ ที่จะนำมาเขียนแผนภาพ ซึ่งในกรณีที่ผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการมีหลายชนิดหลายรุ่น จะต้องทำการจัดตระกูลของผลิตภัณฑ์ โดยให้ผลิตภัณฑ์ที่มีขั้นตอนการผลิตเหมือนกันอยู่กลุ่มเดียวกัน ด้วยการจัดกลุ่มตามการวิเคราะห์ ปริมาณการผลิต ขั้นตอนการผลิต ประเภทเครื่องจักร แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ ดังรูปที่ ก.1 แล้วหลังจากนั้นจึงทำการเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์เพื่อมาเขียนแผนภาพเพียง 1 กลุ่ม



รูปที่ ก.1 แสดงการจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการผลิตและชนิดเครื่องจักร [8]

3. สังเกตในพื้นที่ปฏิบัติงาน และเขียนแผนภาพของสถานการณ์ปัจจุบัน โดยใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ซึ่งในการวาดแผนภาพนั้น จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การวาดแผนภาพภายใน ซึ่งจะแสดงถึงกิจกรรมการผลิตทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในองค์กร และการวาดแผนภาพภายนอก ที่แสดงให้เห็นถึงกิจกรรมและความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างองค์กร ก็คือ ระหว่างโรงงานกับผู้จัดส่งและระหว่างโรงงานกับลูกค้านั่นเอง [21]

4. การวิเคราะห์คุณค่า คือ การพิจารณาว่าแต่ละกิจกรรมที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันนั้น เป็นกิจกรรมที่สร้างคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ตามมุมมองของลูกค้าหรือไม่ โดยใช้ความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก

5. เขียนแผนภาพสถานการณ์ในอนาคตที่ได้ทำการกำจัดความสูญเปล่าต่าง ๆ ออกไปแล้ว ซึ่งการใช้ความคิดสร้างสรรค์ที่แตกต่างจากความคิดเดิมโดยสิ้นเชิง ประกอบกับการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง จะช่วยให้สามารถสร้างสภาพการณ์ในอนาคตที่มีแข็งแกร่งมากขึ้น โดยในการตัดสินใจเลือกแผนภาพนั้น เราอาจจะทดสอบผลของแต่ละทางเลือก ด้วยการจำลองสถานการณ์เพื่อที่จะได้ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดแต่จะต้องระลึกอยู่เสมอว่า แผนภาพสถานการณ์ในอนาคตที่ได้นั้น เป็นแผนภาพที่เหมาะสมสำหรับขณะใดขณะหนึ่งเท่านั้น เมื่อเวลาเปลี่ยนไปก็จะต้องทำการออกแบบใหม่ เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการณ์ที่เปลี่ยนไป โดยเครื่องมือที่มักจะถูกนำมาใช้ในการพัฒนาให้เป็นแผนภาพสถานการณ์ในอนาคตมีดังนี้ [13] กิจกรรม 5ส การลดเวลาในการตั้งเครื่อง โดยใช้กฎของการเปลี่ยนแม่พิมพ์ในหนึ่งนาที การจัดการไหลแบบเซลล์ ซึ่งจะเน้นการเชื่อมโยงระหว่างคนกับเครื่องจักรและการปรับสมดุลการผลิต เพื่อให้เกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง ลดความสูญเปล่าที่เกิดจากเครื่องมือ รวมทั้งการใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม การทำงานร่วมกันเป็นหมู่คณะ เพื่อแก้ไขปัญหา และหาวิธีปรับปรุง การจัดสถานที่ทำงานให้สามารถมองเห็นได้ชัด จัดสถานที่ทำงานให้สามารถมองเห็นถึงข้อผิดพลาดได้ง่ายขึ้น เพื่อให้ทุกคนสามารถชี้บ่งถึงปัญหา และแก้ไขข้อผิดพลาดได้ด้วยตนเอง วิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐาน

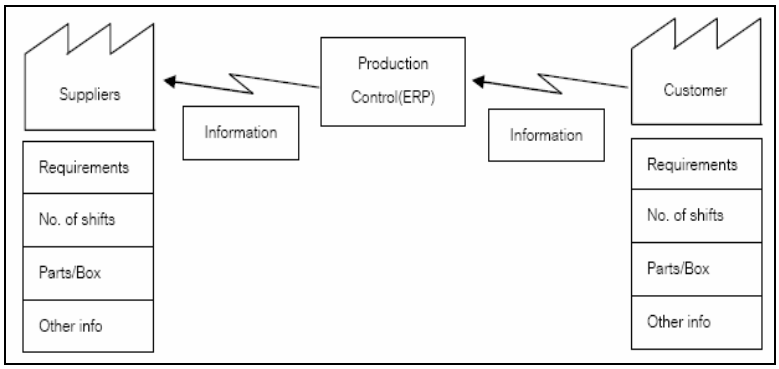
6. นำแผนภาพ FSM ไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง

การวาดแผนภาพภายนอก [21]

1. เขียนสัญลักษณ์โรงงานของลูกค้าเพียง 1 โรงงาน โดยไม่ต้องคำนึงถึงจำนวนลูกค้าว่ามีกี่รายและกรอกรายละเอียดลงในกล่องข้อความ เช่น จำนวนชิ้นงานที่ลูกค้าต้องการต่อวัน จำนวนกะ (เริ่มต้นวาดแผนภาพที่ลูกค้าเนื่องจากลูกค้าคือผู้ที่กำหนดคุณค่าที่แท้จริง)

2. เขียนสัญลักษณ์โรงงานของผู้จัดส่งเพียง 1 โรงงาน โดยเลือกผู้จัดส่งที่มีความสำคัญสูงสุดนั่นคือ เลือกเฉพาะชิ้นส่วน ที่มีความสำคัญสูงสุดในการผลิต หรือเลือกชิ้นส่วนที่ต้องใช้การลงทุนเป็นจำนวนเงินมากที่สุด จากผู้จัดส่งวัตถุดิบรายใหญ่ที่สุดที่ทำการส่งชิ้นส่วนนั้น และกรอกรายละเอียดลงในกล่องข้อความ ซึ่งรายละเอียดนี้จะต้องเป็นรายละเอียดที่ฝ่ายจัดซื้อต้องการ

3. เขียนสัญลักษณ์ของโรงงาน แล้วทำการเชื่อมระหว่างลูกค้าโรงงานและผู้จัดส่ง โดยใช้สัญลักษณ์ของการไหลของข้อมูล นอกจากนี้ยังสามารถกรอกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการไหลของข้อมูลเหล่านั้น เช่น ความถี่ของการไหลของข้อมูล ลงในกล่อง ใส่รายละเอียดใต้ลูกศร



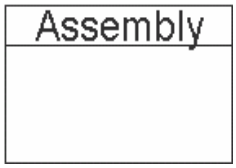
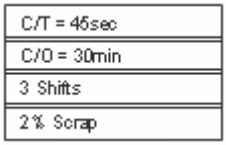
รูปที่ ก.2 แผนภาพภายนอก [12]

การวาดแผนภาพภายใน [21]

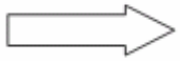
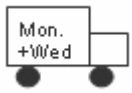
คือ การวาดแผนภาพที่แสดงถึงกิจกรรมในกระบวนการผลิตทั้งหมด ซึ่งเกี่ยวข้องเฉพาะภายในองค์กร โดยในการวาดแผนภาพนั้น ผู้วาดจะต้องออกไปสังเกตการณ์ ในกระบวนการจริง ๆ เพื่อเก็บรายละเอียดทั้งหมด และการวาดก็จะต้องเริ่มจากการสังเกตที่กระบวนการหลังสุด ย้อนกลับไปข้างหน้านั่นคือ จากฝ่ายขนส่ง ย้อนกลับไปจนถึงฝ่ายรับวัตถุดิบ เหตุผลก็คือ จะทำให้สามารถเข้าใจการไหลของการผลิตนั้นได้ง่ายขึ้น ซึ่งการเขียนแผนภาพมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เริ่มที่แผนกขนส่ง โดยใช้สัญลักษณ์ของรถบรรทุก และบันทึกข้อมูลความถี่ในการจัดส่งไว้ภายใน
2. ย้อนกลับขึ้นไปในกระบวนการต่าง ๆ ของขั้นตอนการผลิต โดยเริ่มจากขั้นตอนสุดท้าย จนถึงขั้นตอนแรกด้วยสัญลักษณ์ของกระบวนการในการผลิต ที่แสดงถึงกระบวนการผลิตในแต่ละขั้น และถ้าในระหว่างกระบวนการผลิต มีการเก็บสินค้าคงคลังไว้ ก็ให้วาดสัญลักษณ์การเก็บสินค้าคงคลังในแผนภาพด้วย
3. กรอกข้อมูลลงในกล่องใส่ข้อมูลอย่างครบถ้วน
4. เติมสัญลักษณ์การไหลของวัตถุดิบและข้อมูลให้สมบูรณ์
5. วาดสัญลักษณ์ของรถบรรทุก แสดงถึงการขนส่งวัตถุดิบจากผู้จัดส่งมายังกระบวนการผลิตขั้นแรก
6. ทบทวนความถูกต้องของแผนภาพ ทั้งในด้านความถูกต้องของข้อมูลและองค์ประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ จากตัวอย่างรูปที่ 2.4 และ รูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมระบบการควบคุมการผลิตเข้ากับกระบวนการผลิตแต่ละกระบวนการ
7. เขียนเส้นเชื่อมต่อระหว่างกระบวนการ ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงกระบวนการสุดท้าย แสดงการไหลของงานและการใช้เวลาของแต่ละกระบวนการ ประกอบด้วยเวลาที่ใช้ผลิต รวมทั้งเวลาที่แท้จริงที่จำเป็นต้องใช้ในกระบวน และเวลาการรอคอยของสินค้าคงคลังระหว่างผลิตแต่ละแห่ง และเขียนเวลานำทั้งหมดของการผลิต ซึ่งจากรูปที่ 2.5 เวลานำในกระบวนการผลิตทั้งหมดเท่ากับ 23.01 วัน ในขณะที่รอบเวลาการผลิตสินค้าที่แท้จริงเท่ากับ 140 วินาที แสดงให้เห็นว่ามีกิจกรรมที่ถือว่าไม่เป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์อยู่มากมาย ดังนั้นเราจึงควรที่จะลดหรือกำจัดกิจกรรมเหล่านั้นออกไป

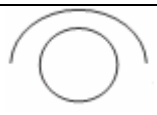
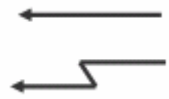
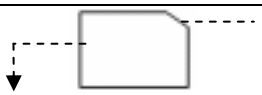
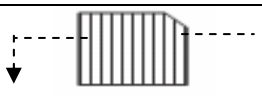
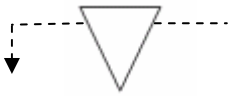
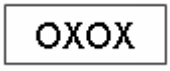
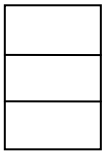
ตารางที่ ก.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพสายธารคุณค่า [21]

สัญลักษณ์ทางวัสดุ	ความหมาย
 โรงงาน (Factory) Outside Sources	- ผู้จัดส่งวัตถุดิบ (Supplier) ซึ่งจะเขียนอยู่มุมซ้ายบนของแผนภาพ และเป็นจุดเริ่มต้นการไหลของวัตถุดิบ - ลูกค้า (Customer) จะเขียนอยู่มุมขวาของแผนภาพ และเป็นจุดสิ้นสุดการไหลของวัตถุดิบ
 กระบวนการผลิต Manufacturing Process	- กระบวนการ (Process) การปฏิบัติงาน (Operation) ของคน, เครื่องจักร หรือแผนกใด ๆ (Department) จะใช้กล่องกระบวนการ (Process Box) 1 ภาพแทน 1 แผนก ในการผลิต
 กล่องข้อมูล (Data Box) C/T cycle time C/O changeover	เพื่อบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบ -รอบเวลา (Cycle Time : C/T) รอบเวลาการผลิตนับตั้งแต่เมื่อผลิตภัณฑ์เริ่มเข้าสู่กระบวนการหนึ่งจนออกจากกระบวนการนั้น -เวลาในการปรับตั้งเครื่องมือ, อัพไทม์ (Uptime) เปอร์เซ็นต์ของเวลาที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้ -จำนวนแรงงาน - ความสามารถของเครื่อง - ความสามารถของเครื่อง - อัตราการเกิดของเสีย ขนาดของแบทช์ ในแต่ละการเคลื่อนย้าย

ตารางที่ ก.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพสายธารคุณค่า [21] (ต่อ)

สัญลักษณ์ทางวัสดุ	ความหมาย
สินค้าคงคลัง (Inventory)	แสดงจำนวนของคงคลังที่สะสมไว้ในระหว่างกระบวนการซึ่งจะเขียนไว้ภายในรูปสามเหลี่ยม นอกจากนี้ยังใช้แสดงแทนสถานที่ที่ใช้เก็บวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปด้วย
 การไหลของวัตถุดิบภายในองค์กร (Movement of Finished Goods to Customers)	เป็นสัญลักษณ์แสดงถึงการไหลของวัตถุดิบซึ่งรับจากผู้จัดส่งเข้ามาสู่แผนกรับวัตถุดิบ หรือแสดงการไหลของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากแผนกขนส่งไปสู่ลูกค้า
 การขนส่ง (Truck Shipment)	การเคลื่อนย้าย การขนส่งทั้งภายในและภายนอกองค์กร โดยที่จะมีข้อมูลความถี่ในการขนย้ายแสดงไว้ภายในรูป
การไหลแบบผลัก (Movement of material by PUSH)	การไหลของวัตถุดิบจากกระบวนการหนึ่งไปยังกระบวนการหนึ่ง ซึ่งเป็นการไหลแบบผลัก (Push) หมายถึงกระบวนการผลิตที่ไม่ได้ให้ความสำคัญในปริมาณความต้องการที่แท้จริงของกระบวนการสุดท้าย
ซูเปอร์มาร์เก็ต (Supermarket)	การคงคลังแบบซูเปอร์มาร์เก็ต (Supermarket) หรือบัฟเฟอร์ (Buffer) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า การไหลของระบบควรจะเป็นการไหลอย่างต่อเนื่องหรือไหลทีละชิ้นและมีกระบวนการผลิตเป็นแบบแบทช์ เพื่อในการช่วยป้องกันการผลิตเกิน (Half Overproduction) และเป็นข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้ผู้ผลิตเห็นความต้องการของลูกค้า
การดึง (PULL WTHDRAWAL)	การไหลของวัตถุดิบที่เป็นระบบแบบดึง (Pull System) ซึ่งจะใช้ติดกับสัญลักษณ์ซูเปอร์มาร์เก็ตที่ กระบวนการผลิตจะทำการจัดส่งผลิตภัณฑ์เข้าสู่ซูเปอร์มาร์เก็ต

ตารางที่ ก.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพสายธารคุณค่า [21] (ต่อ)

สัญลักษณ์ทางวัสดุ	ความหมาย
 พนักงาน (Operator)	ผู้ปฏิบัติงานซึ่งจะเขียนไว้ในสัญลักษณ์กระบวนการผลิตในแต่ละส่วนของสถานีงานหรือกระบวนการนั้นๆ
 การไหลของข้อมูล (Information Flow)	การไหลของข้อมูล ซึ่งการไหลของข้อมูลตามปกติจะแสดงแทนด้วยลูกศรธรรมดา แต่หากการไหลของข้อมูลนั้นใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น อินเตอร์เน็ต, การแลกเปลี่ยนข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Data Interchange : EDI), เครือข่ายแลน (LAN), เครือข่าย (WAN) ก็จะใช้ลูกศรหยักๆ ในการแสดง
 คัมบังสั่งผลิต (Production Kanban)	“คัมบังสั่งผลิต” เป็นการ์ดหรือเครื่องมือบอกปริมาณที่ต้องทำการผลิต และเป็นสัญลักษณ์ที่จะสั่งให้เกิดการผลิตและจัดส่งชิ้นส่วนไปสู่กระบวนการถัดไป
 คัมบังเบิก (Withdrawal Kanban)	“คัมบังเบิก” ใช้แทนการซื้อ หรือการเบิกของในซูเปอร์มาร์เก็ตไปใช้ โดยจะใช้การ์ดหรือเครื่องมือใดๆ บอกให้ผู้ปฏิบัติการไปที่ซูเปอร์มาร์เก็ต แล้วทำการเบิกของในจำนวนที่แสดงไว้ในคัมบังนำไปให้กระบวนการที่ต้องการ
 คัมบังสัญญาณ (Signal Kanban)	ใช้เมื่อระดับของคงคลังที่เก็บไว้ในซูเปอร์มาร์เก็ตระหว่างกระบวนการมีการลดลงถึงระดับต่ำสุดที่ได้กำหนดไว้ เมื่อคัมบังนี้ส่งไปถึงกระบวนการใดจะเป็นสัญลักษณ์ให้กระบวนการนั้นทำการผลิตตามที่กำหนดไว้ในคัมบัง
 ระดับการผลิต (Load eveling)	เป็นเครื่องมือที่ใช้เหมือนคัมบังแบบแบทช์ที่แสดงถึงระดับปริมาณการผลิตและช่วงเวลา
กิจกรรมไคเซ็น (Kaizen)	สิ่งที่จะต้องปรับปรุงและแผนการในการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำมาสู่แผนภาพสถานการณ์ในอนาคตของการผลิต
 เซฟตี้ สต็อก(Safety Stock) (Safety Stock)	การเก็บของคงคลังที่เผื่อไว้ชั่วคราวเพื่อป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในการผลิต เช่น ดาวน์ไทม์ (Downtime), การป้องกันปัญหาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความต้องการของลูกค้า หรือเมื่อระบบเกิดขัดข้องเป็นต้น ซึ่งมีการจัดการสำหรับจำนวนที่ชัดเจนและเหมาะสม

ภาคผนวก ข

ผลการดำเนินการวิจัย

ตารางที่ ข.1 แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต แขนจับหัวอ่านเขียน-สำเร็จ

กระบวนการผลิต	ลำดับ	กิจกรรมการไหลของกระบวนการผลิต	เวลา (นาที)	เวลาของกิจกรรมแยกตามประเภท (นาที)						ประเภทกิจกรรม
				○	□	⇨	▽	✡	▽	
1. Materials preparation	1	วัตถุดิบ Flex Clamp และ ACA รอโหลดใส่ถาด					60.72			NNVA
	2	โหลด Flex Clamp และ ACA ใส่ในถาดที่บรรจุ 12 ชิ้น และโหลด ACA ใส่ในถาดที่บรรจุ 8 ชิ้น	60.72	0.53						VA
	3	ถาดที่บรรจุ Flex Clamp จะเลื่อนถาดวางไว้ในตำแหน่งรอส่ง	61.25						6.37	NVA
	4	ส่งถาดชิ้นงานที่มีชิ้น Flex Clamp ในถาดที่บรรจุ 12 ชิ้น จำนวน 12 ถาดให้ขั้นตอน Stiffener Bending	67.62			0.05				NNVA
2. Stiffener Bending	5	รอ Stiffener Bending	67.67						28.47	NVA
	6	หยิบ PCCA จากถาด ใส่ในเครื่อง Bending ระหว่างที่เครื่องทำการ Bending หยิบชิ้นงานเตรียมป้อนเข้าเครื่อง	96.15	1.60						VA
	7	วางชิ้นงานที่ Bending เสร็จ ในถาดที่มีชิ้น Flex Clamp รอให้ Bending ชิ้นงานครบ 12 ชิ้น ทั้งหมดในถาด	97.75					1.47		NVA
	8	เลื่อนถาดชิ้นงานที่ผ่านขั้นตอน Stiffener Bending วางในตำแหน่งรอติดบาร์โค้ด	99.22			0.05				NNVA
3. Barcode Attach to Flexclamp	9	รอติดบาร์โค้ดที่ชิ้น Flex Clamp	99.27						28.61	NVA
	10	นำบาร์โค้ดติดที่ Flex Clamp	127.88	2.73						VA
	11	วาง Flex Clamp ที่ติดบาร์โค้ดเสร็จใส่ในถาด รอให้ติดบาร์โค้ดครบ 12 ชิ้น ทั้งหมดในถาด	130.62					2.51		NVA
4.PCCA & Hook up Barcode Scanning	12	ส่งถาดชิ้นงาน Flex Clamp ที่ติดบาร์โค้ดครบ 12 ชิ้น ในตำแหน่งรอสแกน	133.12			0.05				NNVA
	13	รอสแกนบาร์โค้ดชิ้น Flex Clamp	133.17						7.02	NVA
	14	สแกนบาร์โค้ดชิ้น Flex Clamp	140.19	0.94						VA
	15	วางชิ้นงานที่สแกนบาร์โค้ดเสร็จ ที่ช่องตำแหน่งเดิมในถาด รอให้สแกนบาร์โค้ดทุกชิ้นงานครบ 12 ชิ้น ทั้งหมดในถาด	141.13					0.86		NVA
	16	ส่งถาดที่สแกนบาร์โค้ดเสร็จครบ 12 ชิ้น ให้ขั้นตอน Flex Clamp Assembly	142.00			0.05				NNVA
5. Flex Clamp Assembly	17	รอประกบชิ้น Flex Clamp ติด PCCA	142.05						29.78	NVA
	18	หยิบชิ้นงานจากถาด ทำการประกบชิ้น Flex Clamp ติด PCCA	171.82	1.48						VA
	19	วางชิ้นงานที่ประกบชิ้น Flex Clamp ติด PCCA เสร็จ ที่ช่องตำแหน่งเดิมในถาด รอให้ครบ 12 ชิ้น ทั้งหมดในถาด	173.30					1.36		NVA
	20	เลื่อนถาดชิ้นงานที่ผ่านขั้นตอนประกบชิ้น Flex Clamp ติด PCCA ในตำแหน่งรอส่งให้ขั้นตอน PCCA Soldering	174.66			0.05				NNVA
	21	รอส่งถาดชิ้นงาน	174.71						26.28	NVA

ตารางที่ ข.1 แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต แขนจับหัวอ่านเขียน-สำเร็จ (ต่อ)

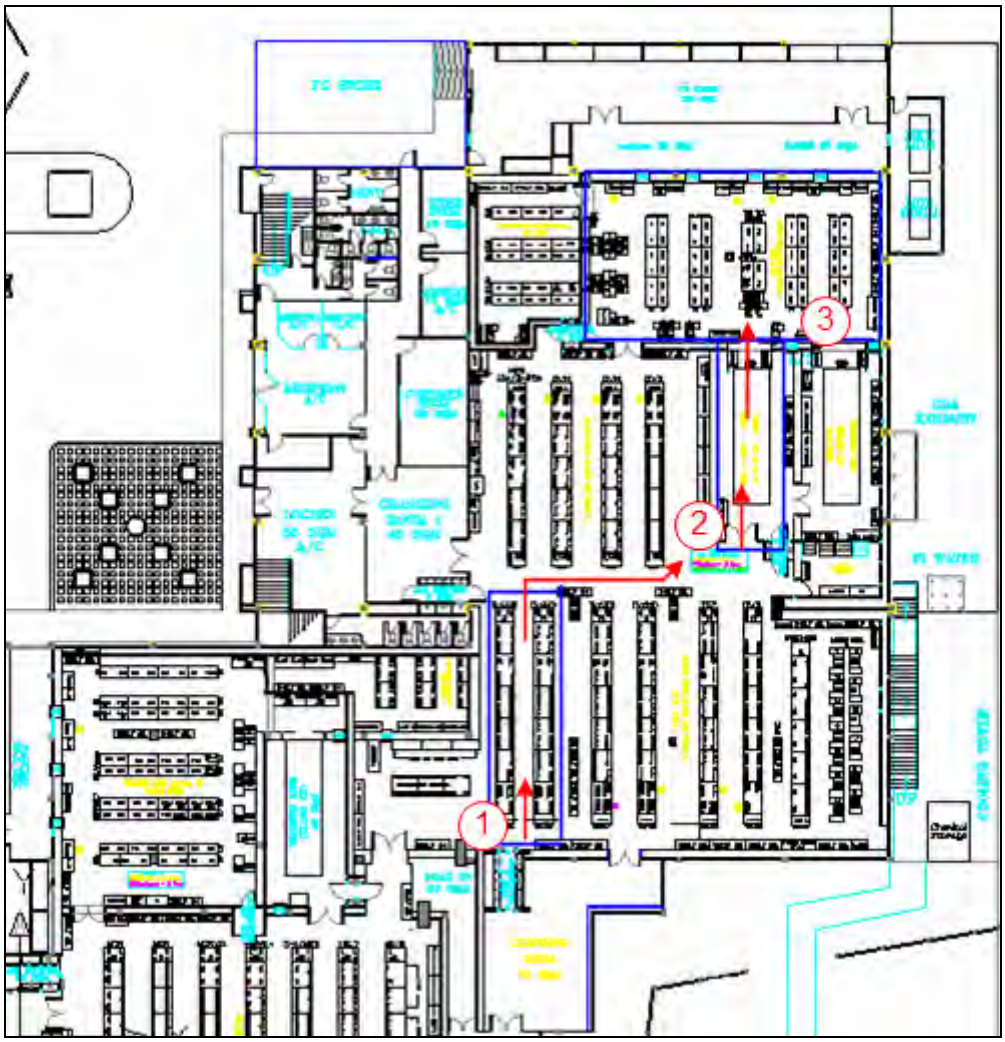
กระบวนการผลิต	ลำดับ	กิจกรรมการไหลของกระบวนการผลิต	เวลา (นาที)	เวลาของกิจกรรมแยกตามประเภท (นาที)						ประเภทกิจกรรม
				○	□	⇨	△	✡	▽	
6. PCCA Soldering	22	พนักงานส่งถาดชิ้นงานที่ผ่านขั้นตอน Flex Clamp Assembly ส่งให้ขั้นตอน PCCA Soldering ที่มี 8 สถานี โดยพนักงานส่งจะขนส่งครั้งละ 32 ถาด และจะเดินส่งเที่ยวเดียว วางในตำแหน่งตรงกลางระหว่างสายประกอบ 4 ตำแหน่ง ตำแหน่งละ 4 ถาด	200.99			0.25				NNVA
	23	ถาดชิ้นงานที่ผ่านขั้นตอน Flex Clamp Assembly จะถูกนำมาวางรอผลิตในขั้นตอน PCCA Soldering พร้อมกับถาดที่บรรจุ ACA จำนวน 8 ชิ้น จำนวน 6 ถาดต่อ 1 สถานี	201.24						10.08	NVA
	24	เชื่อม PCCA ติดกับ ACA (PCCA Soldering)	211.32	6.57						VA
	25	วางชิ้นงานที่เชื่อม PCCA ติดกับ ACA เสร็จ ที่ช่องตำแหน่งเดิมในถาดที่บรรจุ ACA รอให้ครบ 8 ชิ้น ทั้งหมดในถาด	217.89					5.75		NVA
	26	รอพนักงานเดินส่งถาดชิ้นงานไปขั้นตอนหยอดกาว (Adhesive Dropping)	223.64						31.61	NVA
	27	พนักงานส่งถาดชิ้นงานที่ PCCA Soldering เสร็จ ให้ขั้นตอนหยอดกาวครั้งละ 5 ถาด	255.25			0.25				NNVA
7. Adhesive Dropping	28	ถาดชิ้นงาน วางรอหยอดกาว	255.50						45.33	NVA
	29	หยอดกาว (Adhesive Dropping) ที่จุดเชื่อม PCCA ติดกับ ACA ชิ้นงานที่หยอดกาวเสร็จ ส่งให้ขั้นตอนอบกาวได้ทันที	300.83	0.30						VA
	30	วางชิ้นงานที่หยอดกาวเสร็จ รออบกาวที่ชิ้นงาน	301.13						0.73	NVA
8. UV Caring	31	อบกาว (UV Caring)ที่ชิ้นงานให้แห้ง	301.86	1.46						VA
	32	วางชิ้นงานที่ทำการอบเสร็จในถาดที่บรรจุจำนวน 8 ชิ้น รอให้บรรจุในถาดครบจำนวน 8 ชิ้น	303.32					1.28		NVA
	33	ส่งให้ขั้นตอนตรวจ ทำความสะอาด (VMI)	304.59			0.08				NNVA
9.VMI	34	ถาดชิ้นงาน วางรอในขั้นตอนตรวจ ทำความสะอาด	304.68						16.02	NVA
	35	ตรวจทำความสะอาดชิ้นงาน	320.70		6.32					VA
	36	วางชิ้นงานที่ตรวจทำความสะอาดเสร็จ ที่ช่องตำแหน่งเดิมในถาดรอให้ครบ 8 ชิ้น ในถาด	327.02					5.53		NVA
	37	รอส่งให้กระบวนการโหลดใส่ Rack							23.10	
	38	ส่งถาดชิ้นงานที่ตรวจทำความสะอาดเสร็จให้ขั้นตอนบรรจุใส่ Rack	332.55			0.08				NNVA
10.Unload to Lack	39	รอโหลดใส่ Rack	332.64						1.70	
	40	หยิบชิ้นงานจากถาดที่บรรจุ 8 ชิ้น ใส่ Rack ให้ครบ 96 ชิ้น	334.33	4.62						VA
		รวมเวลากิจกรรมในกระบวนการผลิตส่วนที่ 1 สายงานประกอบ		20.25	6.32	0.92	60.72	18.76	255.09	

ตารางที่ ข.1 แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต แขนจับหัวอ่านเขียน-สำเร็จ (ต่อ)

กระบวนการผลิต	ลำดับ	กิจกรรมการไหลของกระบวนการผลิต	เวลา (นาที)	เวลาของกิจกรรมแยกตามประเภท (นาที)						ประเภทกิจกรรม
				○	□	⇨	△	✡	▽	
	41	Rack ที่บรรจุครบจำนวน 96 ชิ้น ส่งไปขั้นตอนล้างทำความสะอาดด้วยเครื่องล้างทำความสะอาด (JCS)	338.96			0.20				NNVA
11.JSC Cleaning	42	วาง Rack รอใส่ในเครื่องล้างทำความสะอาด	339.16						121.98	NVA
	43	ล้างทำความสะอาดชิ้นงานใน Rack ด้วยเครื่องล้างทำความสะอาด	461.14	34.62						VA
12.Load to Tray		รวมเวลากิจกรรมในกระบวนการผลิตส่วนที่ 2 ล้างทำความสะอาดด้วยเครื่องอัตโนมัติ JCS		34.62	0.00	0.20	0.00	0.00	121.98	
	44	Rack ที่ล้างทำความสะอาดเสร็จ วางรอโหลดชิ้นงานใส่ถาดที่บรรจุชิ้นงาน 8 ชิ้น	495.76						6.53	NVA
	45	โหลดชิ้นงานใส่ถาดที่บรรจุ 8 ชิ้น	502.29	0.28						VA
	46	ถาดที่มีชิ้นงานบรรจุครบ 8 ชิ้น รอพนักงานขนส่งไปขั้นตอนตรวจสอบทางอิเลคทรอนิกส์	502.57						1.11	NVA
	47	พนักงานส่งถาดชิ้นงานไปขั้นตอนตรวจสอบทางอิเลคทรอนิกส์	503.69			0.10				NNVA
13. ET-test	48	ถาดชิ้นงานรอตรวจสอบทางอิเลคทรอนิกส์	503.79						4.61	NVA
	49	ตรวจสอบชิ้นงานทางอิเลคทรอนิกส์	508.39		1.79					VA
	50	วางชิ้นงานที่ตรวจสอบทางอิเลคทรอนิกส์เสร็จ ที่ช่องตำแหน่งเดิมในถาดรอให้ครบ 8 ชิ้น ทั้งหมดในถาด	510.19					1.57		NVA
	51	พนักงานเดินส่งถาดชิ้นงานไปตรวจสอบทางกล	511.75			0.10				NNVA
	52	ถาดชิ้นงานรอตรวจสอบทางกล	511.85						4.31	NVA
14.FVMI (All)	53	หยิบชิ้นงานจากถาด ทำการตรวจสอบทางกล	516.16		1.76					VA
	54	วางชิ้นงานที่ตรวจสอบทางกลเสร็จ ที่ช่องตำแหน่งเดิมในถาด รอให้ครบ 8 ชิ้น ทั้งหมดในถาด	517.93					1.54		NVA
	55	รอพนักงานขนส่งถาดชิ้นงานที่ตรวจสอบทางกลเสร็จไปขั้นตอน Swage Pad Arm Pitch / Roll	519.47						7.06	NVA
	56	พนักส่งถาดชิ้นงานไปขั้นตอน Swage Pad Arm Pitch / Roll	526.53			0.20				NNVA
	57	ถาดชิ้นงานรอ Swage Pad Arm Pitch / Roll	526.73						11.87	NVA
15. Swage Pad Arm Pitch / Roll	58	หยิบชิ้นงานจากถาด ทำการ Swage Pad Arm Pitch / Roll	538.60	3.70						VA
	59	วางชิ้นงานที่ ทำการ Swage Pad Arm Pitch / Roll เสร็จ ที่ช่องตำแหน่งเดิมในถาด รอให้ครบ 8 ชิ้น ทั้งหมดในถาด	542.30					3.24		NVA
	60	รอพนักส่งไปขั้นตอนสุ่มตรวจ OQA & LAT	545.54						14.80	NVA
	61	พนักงานเดินส่งถาดชิ้นงานไปขั้นตอนสุ่มตรวจ OQA & LAT	560.34			0.10				NNVA
	62	รอสุ่มตรวจชิ้นงาน	560.44						2.44	NVA
16.OQA & LAT	63	สุ่มตรวจชิ้นงาน	562.87		0.28					VA
	64	พนักงานเดินส่งถาดชิ้นงานไปสแกนบาร์โค้ด	563.15			0.20				NNVA
17. Barcode Scanning	65	ถาดชิ้นงานรอสแกนบาร์โค้ด	563.35						14.53	NVA
	66	ติดบาร์โค้ดที่ถาดชิ้นงาน พร้อมสแกนบาร์โค้ดที่ถาดชิ้นงาน และสแกนบาร์โค้ดที่ชิ้นงานที่ติดใน Flex Clamp ซ้ำอีกครั้ง	577.89	2.42						VA

ตารางที่ ข.1 แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต แขนจับหัวอ่านเขียน-สำเร็จ (ต่อ)

กระบวนการผลิต	ลำดับ	กิจกรรมการไหลของกระบวนการผลิต	เวลา (นาที)	เวลาของกิจกรรมแยกตามประเภท (นาที)						ประเภทกิจกรรม
				○	□	⇨	△	✡	▽	
18. Vecuum Packing	67	ถาดที่สแกนบาร์โค้ดเสร็จ รอบรรจุหีบห่อชั้นที่ 1	580.31						5.32	NVA
	68	บรรจุหีบห่อ จำนวน 5 ถาด ในถุงปิดผนึกทำให้เป็นสูญญากาศ	585.63	0.87						VA
	69	บรรจุหีบห่อ โดยใส่ถาดชิ้นงานจำนวน 5 ถาด ในถุงปิดผนึกและทำให้เป็นสูญญากาศ	585.63	0.87						VA
	70	รอบรรจุหีบห่อชั้นที่ 2	586.50						5.48	NVA
	71	นำชิ้นงานที่บรรจุหีบห่อเสร็จ ใส่ในถุงปิดผนึกและทำให้เป็นสูญญากาศชั้นที่ 2	591.97	0.30						VA
19.Packing	72	ส่งให้ขั้นตอนบรรจุลงกล่องแล้วส่งออก	592.27							NNVA
		รวมเวลากิจกรรมในกระบวนการผลิตส่วนที่ 3 การทดสอบทางอิเลคทรอนิคส์และทางกล (นาที)		58.71	7.02	1.12	67.07	96.82	377.07	
		รวมเวลากิจกรรมในกระบวนการผลิตทั้ง 3 ส่วน (นาที)		62.44	10.2	1.82	60.72	25.11	455.13	
		รวมเวลากิจกรรมในกระบวนการผลิตทั้ง 3 ส่วน (ชั่วโมง)	9.87							

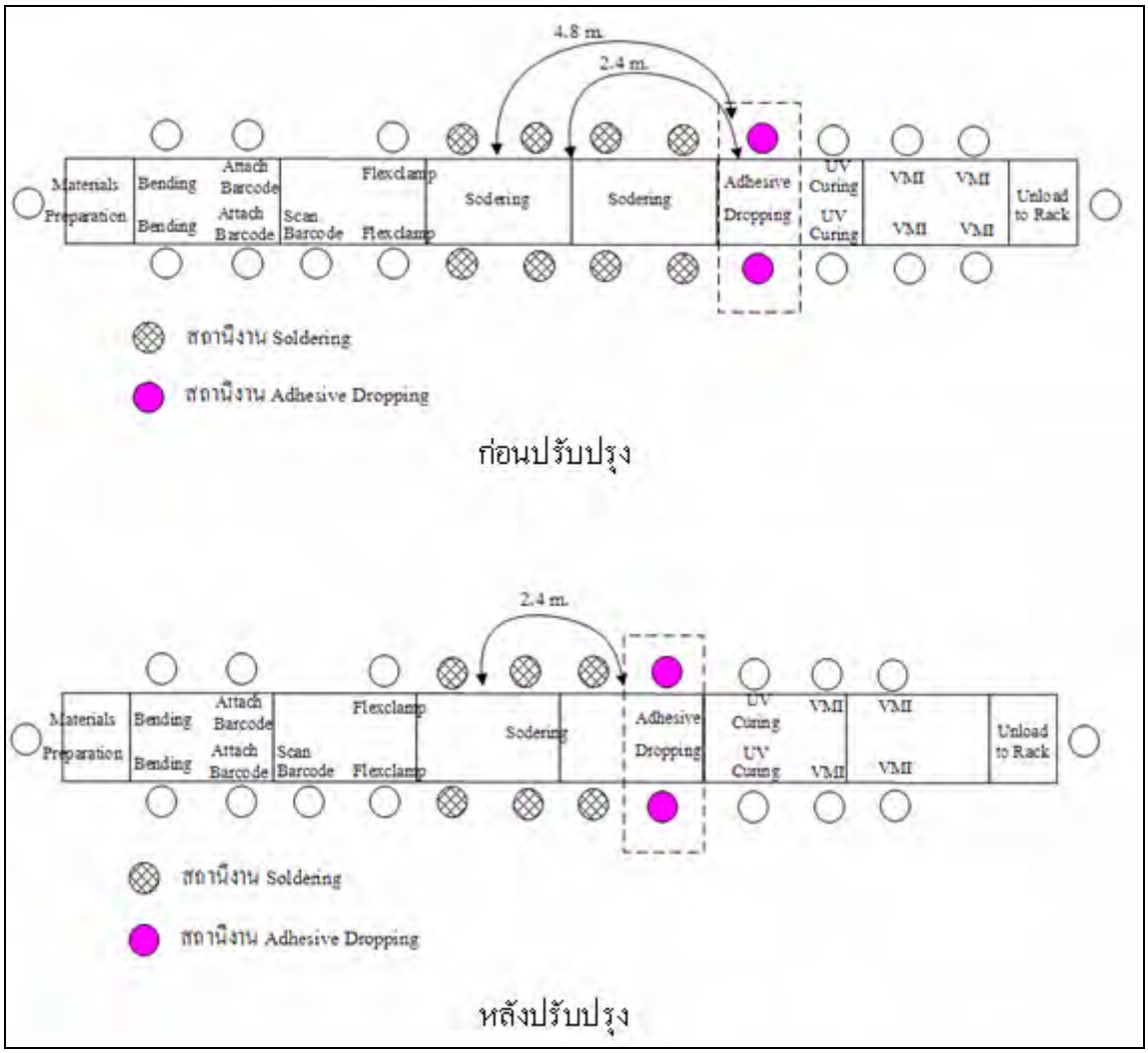


รูปที่ ข.1 ผังเครื่องจักรของกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ รุ่น T6

ส่วนที่ 1 สายงานประกอบ

ส่วนที่ 2 ทำความสะอาดด้วยเครื่องอัตโนมัติ (JCS)

ส่วนที่ 3 ส่วนตรวจสอบทาง อิเลคทรอนิคส์และตรวจสอบทางกล ได้แก่ ขั้นตอน ET-Test , FVMI (All) , Swage Pad Arm Pitch/Roll



รูปที่ ข.2 ผังเครื่องจักรของสายงานประกอบแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ ผลิตภัณฑ์ รุ่น T 6

ตารางที่ ข.2 แสดงรอบเวลาการผลิต ตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2548

ตัวอย่าง n	ช่วงเวลาเริ่มวัด Time	ไลน์ Line	รอบเวลาผลิต MCT (hrs.)
1	08.00-10.00	1	9.968
2	10.00-12.00	1	10.864
3	12.00-14.00	1	9.484
4	14.00-16.00	1	9.981
5	08.00-10.00	2	9.988
6	10.00-12.00	2	10.072
7	12.00-14.00	2	9.676
8	14.00-16.00	2	9.552
9	08.00-10.00	1	9.686
10	10.00-12.00	1	9.402
11	12.00-14.00	1	10.122
12	14.00-16.00	1	10.042
13	08.00-10.00	2	9.984
14	10.00-12.00	2	10.016
15	12.00-14.00	2	10.864
16	14.00-16.00	2	8.847
17	08.00-10.00	1	9.385
18	10.00-12.00	1	9.509
19	12.00-14.00	1	9.509
20	14.00-16.00	1	9.335
21	08.00-10.00	2	10.569
22	10.00-12.00	2	10.366
23	12.00-14.00	2	9.13
24	14.00-16.00	2	10.266
25	08.00-10.00	1	10.343
26	10.00-12.00	1	9.13
27	12.00-14.00	1	10.33
28	14.00-16.00	1	10.885
29	08.00-10.00	2	8.847
30	10.00-12.00	2	9.936
31	12.00-14.00	2	10.719
32	14.00-16.00	2	10.687
33	08.00-10.00	1	10.756
34	10.00-12.00	1	10.709
35	12.00-14.00	1	8.827
36	14.00-16.00	1	10.33
37	08.00-10.00	2	9.24
38	10.00-12.00	2	9.089
39	12.00-14.00	2	10.151
40	14.00-16.00	2	9.922
41	08.00-10.00	1	10.195
42	10.00-12.00	1	10.016
43	12.00-14.00	1	10.33
44	14.00-16.00	1	10.151
45	08.00-10.00	2	9.566
46	10.00-12.00	2	10.188
47	12.00-14.00	2	10.224
48	14.00-16.00	2	10.316
49	08.00-10.00	3	10.195
50	10.00-12.00	3	9.24
51	12.00-14.00	3	9.677
52	14.00-16.00	3	9.718
53	08.00-10.00	4	10.224
54	10.00-12.00	4	9.448
55	12.00-14.00	4	8.856
56	14.00-16.00	4	10.084
57	08.00-10.00	3	10.202
58	10.00-12.00	3	9.24
59	12.00-14.00	3	10.188
60	14.00-16.00	3	9.566
61	08.00-10.00	4	10.083
62	10.00-12.00	4	10.195
63	12.00-14.00	4	9.034
64	14.00-16.00	4	10.038

ตัวอย่าง n	ช่วงเวลาเริ่มวัด Time	ไลน์ Line	รอบเวลาผลิต MCT (hrs.)
65	08.00-10.00	3	9.13
66	10.00-12.00	3	10.028
67	12.00-14.00	3	10.092
68	14.00-16.00	3	10.095
69	08.00-10.00	4	10.864
70	10.00-12.00	4	10.195
71	12.00-14.00	4	10.092
72	14.00-16.00	4	10.28
73	08.00-10.00	3	9.976
74	10.00-12.00	3	9.768
75	12.00-14.00	3	10.575
76	14.00-16.00	3	9.153
77	08.00-10.00	4	10.575
78	10.00-12.00	4	9.24
79	12.00-14.00	4	9.768
80	14.00-16.00	4	9.153
81	08.00-10.00	3	10.366
82	10.00-12.00	3	10.575
83	12.00-14.00	3	9.995
84	14.00-16.00	3	9.768
85	08.00-10.00	4	9.686
86	10.00-12.00	4	10.087
87	12.00-14.00	4	9.683
88	14.00-16.00	4	9.939
89	08.00-10.00	3	8.709
90	10.00-12.00	3	9.49
91	12.00-14.00	3	9.963
92	14.00-16.00	3	10.445
93	08.00-10.00	4	8.978
94	10.00-12.00	4	10.569
95	12.00-14.00	4	9.363
96	14.00-16.00	4	8.715
97	08.00-10.00	1	10.719
98	10.00-12.00	1	9.713
99	12.00-14.00	1	9.928
100	14.00-16.00	1	9.997
101	08.00-10.00	2	10.435
102	10.00-12.00	2	9.455
103	12.00-14.00	2	9.556
104	14.00-16.00	2	10.709
105	08.00-10.00	1	9.327
106	10.00-12.00	1	8.991
107	12.00-14.00	1	9.533
108	14.00-16.00	1	9.089
109	08.00-10.00	2	9.402
110	10.00-12.00	2	10.226
111	12.00-14.00	2	10.569
112	14.00-16.00	2	9.676
113	08.00-10.00	1	10.336
114	10.00-12.00	1	9.984
115	12.00-14.00	1	9.88
116	14.00-16.00	1	9.24
117	08.00-10.00	2	10.33
118	10.00-12.00	2	9.685
119	12.00-14.00	2	9.606
120	14.00-16.00	2	9.611
121	08.00-10.00	1	10.435
122	10.00-12.00	1	10.864
123	12.00-14.00	1	9.814
124	14.00-16.00	1	10.038
125	08.00-10.00	2	10.454
126	10.00-12.00	2	9.878
127	12.00-14.00	2	9.566
128	14.00-16.00	2	9.88
129	08.00-10.00	1	9.42
130	10.00-12.00	1	8.605

ตารางที่ ข.3 แสดงปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการก่อนดำเนินการปรับปรุง

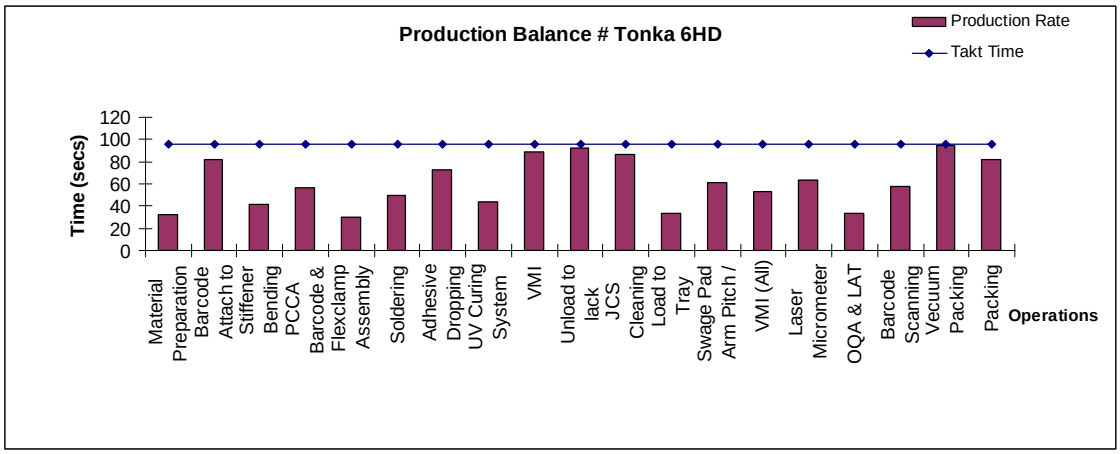
ตัวอย่าง n	งานระหว่างกระบวนการ WIP	ไลน์ Line
1	12,333	1
2	12,917	2
3	11,288	3
4	12,712	4
5	13,714	1
6	13,633	2
7	11,225	3
8	10,844	4
9	12,200	1
10	11,516	2
11	12,020	3
12	10,481	4
13	10,891	1
14	12,045	2
15	13,792	3
16	10,140	4
17	11,333	1
18	10,361	2
19	10,834	3
20	10,673	4
21	12,169	1
22	14,144	2
23	12,420	3
24	11,483	4
25	13,052	1
26	10,035	2
27	9,986	3
28	12,935	4
29	9,725	1
30	13,934	2
31	13,051	3
32	11,048	4
33	13,696	1
34	11,624	2
35	10,659	3
36	11,624	4
37	11,725	1
38	10,662	2
39	11,558	3
40	12,538	4
41	12,048	1
42	13,711	2
43	13,455	3
44	12,443	4
45	11,175	1
46	12,971	2
47	12,428	3
48	12,858	4
49	12,351	1
50	11,581	2
51	12,764	3
52	12,106	4
53	14,762	1
54	12,827	2
55	9,796	3
56	12,097	4
57	13,668	1
58	10,872	2
59	11,709	3
60	12,337	4
61	11,423	1
62	12,098	2
63	10,424	3
64	12,089	4

ตัวอย่าง n	งานระหว่างกระบวนการ WIP	ไลน์ Line
65	10,624	1
66	12,017	2
67	11,295	3
68	11,958	4
69	13,823	1
70	13,463	2
71	14,713	3
72	13,326	4
73	14,160	1
74	12,607	2
75	13,005	3
76	12,013	4
77	12,643	1
78	11,996	2
79	11,685	3
80	11,014	4
81	13,032	1
82	11,684	2
83	13,079	3
84	10,861	4
85	11,716	1
86	12,436	2
87	10,784	3
88	10,560	4
89	10,409	1
90	10,603	2
91	11,507	3
92	14,611	4
93	10,755	1
94	12,310	2
95	12,076	3
96	10,171	4
97	15,837	1
98	12,225	2
99	11,776	3
100	13,859	4
101	13,528	1
102	12,029	2
103	11,894	3
104	14,130	4
105	10,912	1
106	10,201	2
107	11,229	3
108	11,727	4
109	11,683	1
110	12,045	2
111	12,456	3
112	12,817	4
113	12,639	1
114	12,893	2
115	13,469	3
116	11,264	4
117	13,701	1
118	13,775	2
119	11,393	3
120	12,719	4
121	11,379	1
122	14,359	2
123	13,869	3
124	11,582	4
125	12,734	1
126	13,353	2
127	12,531	3
128	12,404	4
129	11,946	1
130	9,441	2

ตารางที่ ข.4 แสดงการจัดสมดุลการผลิตก่อนการปรับปรุง

(A)	**DGR (Units/day)**	55,000
(B)	**Available Time (hrs.)**	10.5
(C)	**Shift**	2
(D)	**Production Line (Model:T6)**	2
(E)	**Worker per Line**	35
(F)	**Net Available Time (secs.) = BxCxDxE**	5,292,000
	Takt Time (secs.) = F/A	96.22

	Operations	Units per Tray	Cycle Time per Unit (Secs.)	Cycle Time perTray (Secs.)	Production rate per Tray (Secs.)	Current MC/ Operator	Up Time (%)	% Yield
1	Material Preparation	12	2.02	24.29	32.39	0.75	100%	100%
2	Barcode Attach to Flexclamp	1	13.67	13.67	82.04	2.00	100%	100%
3	Stiffener Bending	12	6.83	81.99	41.00	2.00	100%	100%
4	PCCA Barcode & Hook up Barcode Scan	12	4.71	56.55	56.55	1.00	100%	100%
5	Flexclamp Assembly	12	7.41	88.91	29.64	2.00	100%	100%
6	Soldering	8	49.29	49.29	49.29	8.00	100%	99.96%
7	Adhesive Dropping Fixture	1	18.04	18.04	72.16	2.00	100%	99.82%
8	UV Curing System	8	10.95	87.63	43.81	2.00	100%	100%
9	VMI	1	47.41	47.41	89.25	4.00	100%	99.78%
10	Load to lack	96	2.89	23.13	92.53	1.00	100%	100%
11	JCS Cleaning	192	10.82	2,077.63	86.57	0.50	85.20%	100%
12	Load to Tray	8	2.09	16.75	33.50	0.50	100%	88.21%
13	Swage Pad Arm Pitch / Roll	8	13.44	13.44	61.42	1.75	100%	99.97%
14	VMI (All)	8	13.23	13.23	52.92	2.50	100%	92.62%
15	Laser Micrometer	8	27.75	27.75	63.42	3.50	100%	99.20%
16	OQA & LAT	8	2.11	16.85	33.70	1.00	100%	100%
17	Barcode Scanning	8	3.63	29.02	58.04	0.50	100%	100%
18	Vecuum Packing	40	1.30	52.11	94.74	0.09	100%	100%
19	Packing	40	0.45	18.03	81.95	0.04	100%	100%

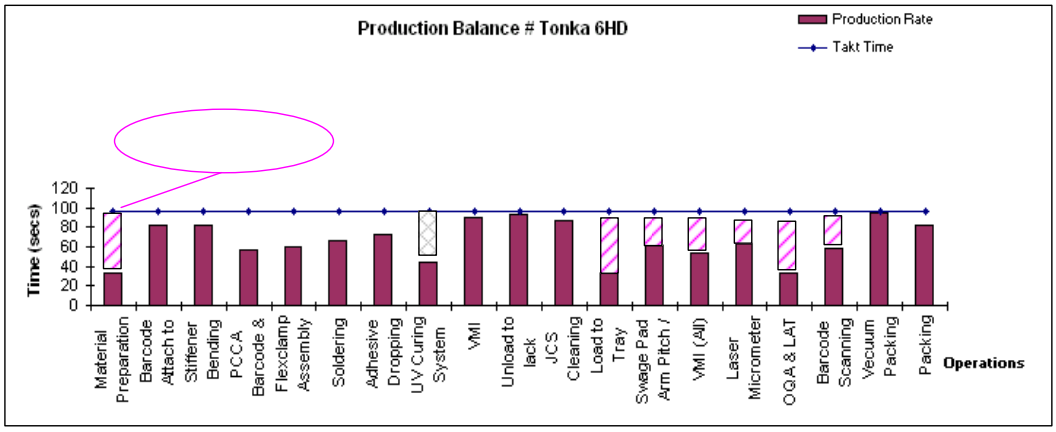


รูปที่ ข.3 แสดงการปรับเรียบการผลิตก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ ข.5 แสดงการจัดสมดุลการผลิตหลังการปรับปรุง

(A)	**DGR (Units/day)**	55,000
(B)	**Available Time (hrs.)**	10.5
(C)	**Shift**	2
(D)	**Production Line (Model:T6)**	2
(E)	**Worker per Line**	31
(F)	**Net Available Time (secs.) = BxCxDxE**	5,292,000
	Takt Time (secs.) = F/A	96.22

	Operations	Units per Tray	Total	Cycle Time per Unit (Secs.)	Cycle Time perTray (Secs.)	Production rate per Tray (Secs.)	Current MC/ Operator	Up Time (%)	% Yield
1	Material Preparation	12	8%	2.02	24.29	32.39	0.75	100%	100%
2	Barcode Attach to Flexclamp	1	8%	13.67	13.67	82.04	2.00	100%	100%
3	Stiffener Bending	12	10%	6.83	81.99	41.00	1.00	100%	100%
4	PCCA Barcode & Hook up Barcode Scanning	12	8%	4.71	56.55	56.55	1.00	100%	100%
5	Flexclamp Assembly	12	10%	7.41	88.91	29.64	1.00	100%	100%
6	Soldering	8	10%	49.29	49.29	49.29	6.00	100%	99.96%
7	Adhesive Dropping Fixture	1	10%	18.04	18.04	72.16	2.00	100%	99.82%
8	UV Curing System	8	10%	10.95	87.63	43.81	2.00	100%	100%
9	VMI	1	6%	47.41	47.41	89.25	4.25	100%	99.78%
10	Load to lack	96	8%	2.89	23.13	92.53	0.25	100%	100%
11	JCS Cleaning	192	4%	10.82	2,077.63	86.57	1.50	85.20%	100%
12	Load to Tray	8	8%	2.09	16.75	33.50	0.50	100%	88.21%
13	Swage Pad Arm Pitch / Roll	8	8%	13.44	13.44	61.42	1.75	100%	99.97%
14	VMI (All)	8	8%	13.23	13.23	52.92	2.00	100%	92.62%
15	Laser Micrometer	8	8%	27.75	27.75	63.42	3.50	100%	99.20%
16	OQA & LAT	8	8%	2.11	16.85	33.70	0.50	100%	100%
17	Barcode Scanning	8	8%	3.63	29.02	58.04	0.50	100%	100%
18	Vecuum Packing	40	10%	1.30	52.11	94.74	0.50	100%	100%
19	Packing	40	10%	0.45	18.03	81.95	0.20	100%	100%



รูปที่ ข.4 แสดงการปรับเรียบการผลิตหลังการปรับปรุง

ตารางที่ ข.6 แสดงตารางออกแบบการทดลอง 2^k Factorial

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	Waiting Time
1	1	1	1	8	8	2.4	
14	2	1	1	40	8	4.8	
5	3	1	1	8	8	4.8	
9	4	1	1	8	8	2.4	
12	5	1	1	40	16	2.4	
11	6	1	1	8	16	2.4	
7	7	1	1	8	16	4.8	
8	8	1	1	40	16	4.8	
3	9	1	1	8	16	2.4	
2	10	1	1	40	8	2.4	
10	11	1	1	40	8	2.4	
16	12	1	1	40	16	4.8	
4	13	1	1	40	16	2.4	
15	14	1	1	8	16	4.8	
13	15	1	1	8	8	4.8	
6	16	1	1	40	8	4.8	

ตารางที่ ข.7 แสดงผลการทดลอง 2^k Factorial

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	Waiting Time
1	1	1	1	8	8	2.4	5.24
14	2	1	1	40	8	4.8	38.75
5	3	1	1	8	8	4.8	5.75
9	4	1	1	8	8	2.4	5.42
12	5	1	1	40	16	2.4	38.42
11	6	1	1	8	16	2.4	5.12
7	7	1	1	8	16	4.8	5.37
8	8	1	1	40	16	4.8	37.98
3	9	1	1	8	16	2.4	5.37
2	10	1	1	40	8	2.4	38.52
10	11	1	1	40	8	2.4	38.55
16	12	1	1	40	16	4.8	38.34
4	13	1	1	40	16	2.4	37.72
15	14	1	1	8	16	4.8	5.58
13	15	1	1	8	8	4.8	5.87
6	16	1	1	40	8	4.8	38.78

ปัจจัย A คือ ปริมาณชิ้นงานที่ขนย้ายแต่ละครั้ง (หน่วย : ชิ้นงาน)

ปัจจัย B คือ ปริมาณบัฟเฟอร์ (หน่วย : ชิ้นงาน)

ปัจจัย C คือ การวางผังเครื่องจักร (หน่วย : เมตร)

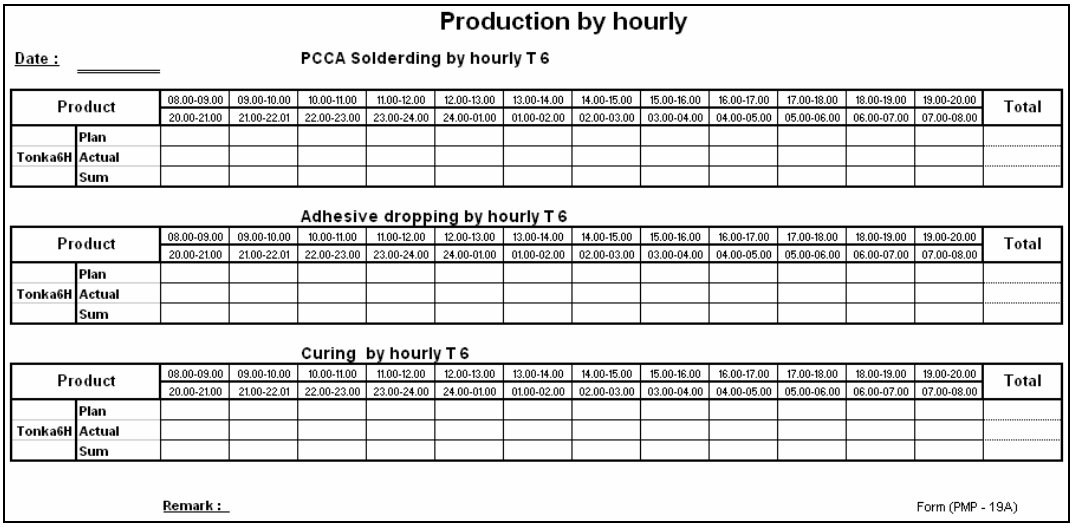
Waiting Time คือ เวลารอคอย (นาที)

ตารางที่ ข.8 แสดงรอบเวลาผลิต (MCT) หลังดำเนินการปรับปรุงในเดือนมีนาคม 2549

ตัวอย่าง n	ช่วงเวลาเริ่มวัด Time	ไลน์ Line	รอบเวลาผลิต MCT (hrs.)
1	08.00-10.00	1	8.492
2	10.00-12.00	1	8.700
3	12.00-14.00	1	8.440
4	14.00-16.00	1	8.916
5	08.00-10.00	2	8.728
6	10.00-12.00	2	8.967
7	12.00-14.00	2	9.005
8	14.00-16.00	2	8.921
9	08.00-10.00	1	8.249
10	10.00-12.00	1	7.975
11	12.00-14.00	1	8.317
12	14.00-16.00	1	8.075
13	08.00-10.00	2	7.961
14	10.00-12.00	2	8.695
15	12.00-14.00	2	9.620
16	14.00-16.00	2	7.614
17	08.00-10.00	1	8.558
18	10.00-12.00	1	7.612
19	12.00-14.00	1	8.354
20	14.00-16.00	1	7.564
21	08.00-10.00	2	8.723
22	10.00-12.00	2	8.920
23	12.00-14.00	2	7.863
24	14.00-16.00	2	8.323
25	08.00-10.00	1	8.572
26	10.00-12.00	1	8.055
27	12.00-14.00	1	8.329
28	14.00-16.00	1	9.565
29	08.00-10.00	2	7.340
30	10.00-12.00	2	8.494
31	12.00-14.00	2	8.905
32	14.00-16.00	2	8.772
33	08.00-10.00	1	8.704
34	10.00-12.00	1	9.343
35	12.00-14.00	1	8.042
36	14.00-16.00	1	8.892
37	08.00-10.00	2	7.918
38	10.00-12.00	2	7.891
39	12.00-14.00	2	8.185
40	14.00-16.00	2	8.122
41	08.00-10.00	1	7.997
42	10.00-12.00	1	8.193
43	12.00-14.00	1	8.318
44	14.00-16.00	1	8.115
45	08.00-10.00	2	8.539
46	10.00-12.00	2	9.421
47	12.00-14.00	2	8.921
48	14.00-16.00	2	8.429
49	08.00-10.00	3	9.093
50	10.00-12.00	3	8.183
51	12.00-14.00	3	8.386
52	14.00-16.00	3	8.239
53	08.00-10.00	4	8.909
54	10.00-12.00	4	8.802
55	12.00-14.00	4	7.834
56	14.00-16.00	4	8.395
57	08.00-10.00	3	8.530
58	10.00-12.00	3	8.257
59	12.00-14.00	3	9.053
60	14.00-16.00	3	8.723
61	08.00-10.00	4	8.992
62	10.00-12.00	4	8.823
63	12.00-14.00	4	7.557
64	14.00-16.00	4	9.012
65	08.00-10.00	3	9.13
66	10.00-12.00	3	10.028
67	12.00-14.00	3	10.092
68	14.00-16.00	3	10.095
69	08.00-10.00	4	10.864
70	10.00-12.00	4	10.195
71	12.00-14.00	4	10.092
72	14.00-16.00	4	10.28
73	08.00-10.00	3	9.976
74	10.00-12.00	3	9.768
75	12.00-14.00	3	10.575
76	14.00-16.00	3	9.153
77	08.00-10.00	4	10.575
78	10.00-12.00	4	9.24
79	12.00-14.00	4	9.768
80	14.00-16.00	4	9.153
81	08.00-10.00	3	10.366
82	10.00-12.00	3	10.575
83	12.00-14.00	3	9.995
84	14.00-16.00	3	9.768
85	08.00-10.00	4	9.686
86	10.00-12.00	4	10.087
87	12.00-14.00	4	9.683
88	14.00-16.00	4	9.939
89	08.00-10.00	3	8.709
90	10.00-12.00	3	9.49
91	12.00-14.00	3	9.963
92	14.00-16.00	3	10.445
93	08.00-10.00	4	8.978
94	10.00-12.00	4	10.569
95	12.00-14.00	4	9.363
96	14.00-16.00	4	8.715
97	08.00-10.00	1	10.719
98	10.00-12.00	1	9.713
99	12.00-14.00	1	9.928
100	14.00-16.00	1	9.997
101	08.00-10.00	2	10.435
102	10.00-12.00	2	9.455
103	12.00-14.00	2	9.556
104	14.00-16.00	2	10.709
105	08.00-10.00	1	9.327
106	10.00-12.00	1	8.991
107	12.00-14.00	1	9.533
108	14.00-16.00	1	9.089
109	08.00-10.00	2	9.402
110	10.00-12.00	2	10.226
111	12.00-14.00	2	10.569
112	14.00-16.00	2	9.676
113	08.00-10.00	1	10.336
114	10.00-12.00	1	9.984
115	12.00-14.00	1	9.88
116	14.00-16.00	1	9.24
117	08.00-10.00	2	10.33
118	10.00-12.00	2	9.685
119	12.00-14.00	2	9.606
120	14.00-16.00	2	9.611
121	08.00-10.00	1	10.435
122	10.00-12.00	1	10.864
123	12.00-14.00	1	9.814
124	14.00-16.00	1	10.038
125	08.00-10.00	2	10.454
126	10.00-12.00	2	9.878
127	12.00-14.00	2	9.566
128	14.00-16.00	2	9.88
129	08.00-10.00	1	9.42
130	10.00-12.00	1	8.605

ตารางที่ ข.9 แสดงปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการหลังดำเนินการปรับปรุง

ตัวอย่าง n	งานระหว่างกระบวนการ WIP	ไลน์ Line
1	9,772	1
2	10,101	2
3	8,761	3
4	10,472	4
5	11,155	1
6	10,993	2
7	8,770	3
8	8,244	4
9	9,652	1
10	8,737	2
11	9,268	3
12	7,914	4
13	8,028	1
14	9,583	2
15	11,197	3
16	7,621	4
17	9,062	1
18	7,659	2
19	8,285	3
20	7,943	4
21	9,730	1
22	11,160	2
23	9,876	3
24	8,966	4
25	10,294	1
26	7,260	2
27	7,163	3
28	10,560	4
29	7,351	1
30	11,209	2
31	10,255	3
32	8,330	4
33	11,053	1
34	9,092	2
35	8,366	3
36	9,007	4
37	9,191	1
38	8,253	2
39	8,828	3
40	9,792	4
41	9,389	1
42	11,213	2
43	10,689	3
44	9,762	4
45	8,487	1
46	10,493	2
47	9,792	3
48	10,292	4
49	9,809	1
50	9,157	2
51	10,103	3
52	9,365	4
53	12,073	1
54	10,485	2
55	7,306	3
56	9,346	4
57	10,960	1
58	8,362	2
59	9,206	3
60	9,750	4
61	9,081	1
62	9,442	2
63	7,901	3
64	9,474	4
65	8,474	1
66	9,574	2
67	8,817	3
68	9,557	4
69	11,172	1
70	10,859	2
71	12,243	3
72	10,857	4
73	11,872	1
74	10,133	2
75	10,475	3
76	9,414	4
77	10,110	1
78	9,314	2
79	9,008	3
80	8,448	4
81	10,387	1
82	9,060	2
83	10,496	3
84	8,351	4
85	9,195	1
86	9,650	2
87	8,136	3
88	8,047	4
89	8,198	1
90	7,803	2
91	8,919	3
92	11,905	4
93	8,361	1
94	9,711	2
95	9,547	3
96	7,671	4
97	13,357	1
98	9,673	2
99	9,146	3
100	11,392	4
101	10,914	1
102	9,859	2
103	9,338	3
104	11,421	4
105	8,562	1
106	7,653	2
107	8,657	3
108	9,325	4
109	9,152	1
110	9,546	2
111	9,857	3
112	10,150	4
113	9,943	1
114	10,501	2
115	10,883	3
116	8,799	4
117	11,124	1
118	11,222	2
119	8,856	3
120	10,180	4
121	8,581	1
122	11,824	2
123	11,220	3
124	9,021	4
125	10,373	1
126	10,950	2
127	9,935	3
128	9,985	4
129	9,409	1
130	7,065	2



Production by hourly

Date : _____ PCCA Solderding by hourly T 6

Product		08.00-09.00 / 20.00-21.00	09.00-10.00 / 21.00-22.01	10.00-11.00 / 22.00-23.00	11.00-12.00 / 23.00-24.00	12.00-13.00 / 24.00-01.00	13.00-14.00 / 01.00-02.00	14.00-15.00 / 02.00-03.00	15.00-16.00 / 03.00-04.00	16.00-17.00 / 04.00-05.00	17.00-18.00 / 05.00-06.00	18.00-19.00 / 06.00-07.00	19.00-20.00 / 07.00-08.00	Total
Tonka6H	Plan													
	Actual													
	Sum													

Adhesive dropping by hourly T 6

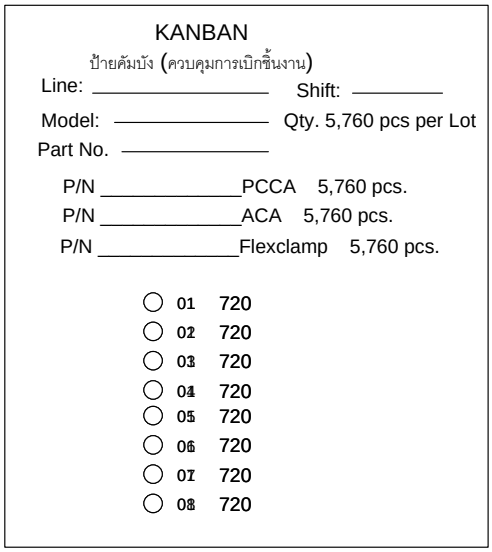
Product		08.00-09.00 / 20.00-21.00	09.00-10.00 / 21.00-22.01	10.00-11.00 / 22.00-23.00	11.00-12.00 / 23.00-24.00	12.00-13.00 / 24.00-01.00	13.00-14.00 / 01.00-02.00	14.00-15.00 / 02.00-03.00	15.00-16.00 / 03.00-04.00	16.00-17.00 / 04.00-05.00	17.00-18.00 / 05.00-06.00	18.00-19.00 / 06.00-07.00	19.00-20.00 / 07.00-08.00	Total
Tonka6H	Plan													
	Actual													
	Sum													

Curing by hourly T 6

Product		08.00-09.00 / 20.00-21.00	09.00-10.00 / 21.00-22.01	10.00-11.00 / 22.00-23.00	11.00-12.00 / 23.00-24.00	12.00-13.00 / 24.00-01.00	13.00-14.00 / 01.00-02.00	14.00-15.00 / 02.00-03.00	15.00-16.00 / 03.00-04.00	16.00-17.00 / 04.00-05.00	17.00-18.00 / 05.00-06.00	18.00-19.00 / 06.00-07.00	19.00-20.00 / 07.00-08.00	Total
Tonka6H	Plan													
	Actual													
	Sum													

Remark : _____ Form (PMP - 19A)

รูปที่ ข.5 แบบฟอร์ (PMP-19A)



KANBAN

ป้ายคัมบัง (ควบคุมการเบิกชิ้นงาน)

Line: _____ Shift: _____

Model: _____ Qty. 5,760 pcs per Lot

Part No. _____

P/N _____PCCA 5,760 pcs.

P/N _____ACA 5,760 pcs.

P/N _____Flexclamp 5,760 pcs.

- ○ 01 720
- ○ 02 720
- ○ 03 720
- ○ 04 720
- ○ 05 720
- ○ 06 720
- ○ 07 720
- ○ 08 720

รูปที่ ข.6 แสดงป้ายคัมบังที่ใช้ในการเบิกวัตถุดิบ

ภาคผนวก ค

ตารางคะแนนการวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องจากลักษณะข้อบกพร่อง

ตารางที่ ค.1 เกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบจากข้อบกพร่อง

Effect	Criteria: Severity of Effect Defined	Ranking
Hazardous: Without Warning	May endanger operator. Failure mode affects safe vehicle operation and / or involves noncompliance with government regulation. Failure will occur **WITHOUT** warning.	10
Hazardous: With Warning	May endanger operator. Failure mode affects safe vehicle operation and / or involves noncompliance with government regulation. Failure will occur **WITH** warning.	9
Very High	Major disruption to production line. 100% of product may have to be scrapped. Vehicle / item inoperable, loss of primary function. Customer very dissatisfied.	8
High	Minor disruption to production line. Product may have to be sorted and a portion (less than 100%) scrapped. Vehicle operable, but at a reduced level of performance. Customer dissatisfied.	7
Moderate	Minor disruption to production line. A portion (less than 100%) may have to be scrapped (no sorting). Vehicle / item operable, but some comfort / convenience item(s) inoperable. Customers experience discomfort.	6
Low	Minor disruption to production line. 100% of product may have to be reworked. Vehicle / item operable, but some comfort / convenience item(s) operable at reduced level of performance. Customer experiences some dissatisfaction.	5
Very Low	Minor disruption to production line. The product may have to be sorted and a portion (less than 100%) reworked. Fit / finish / squeak / rattle item does not conform. Defect noticed by most customers.	4
Minor	Minor disruption to production line. A portion (less than 100%) of the product may have to be reworked on-line but out-of-station. Fit / finish / squeak / rattle item does not conform. Defect noticed by average customers.	3
Very Minor	Minor disruption to production line. A portion (less than 100%) of the product may have to be reworked on-line but in-station. Fit / finish / squeak / rattle item does not conform. Defect noticed by discriminating customers.	2
None	No effect.	1

ตารางที่ ค.2 กฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสเกิดขึ้นของสาเหตุ

Probability of Failure	Possible Failure Rates	Cpk	Ranking
Very High:	≥ 1 in 2	< 0.33	10
Failure is almost inevitable	1 in 3	≥ 0.33	9
High: Generally associated with processes similar to previous	1 in 8	≥ 0.51	8
processes that have often failed	1 in 20	≥ 0.67	7
Moderate: Generally associated with processes similar to	1 in 80	≥ 0.83	6
previous processes which have	1 in 400	≥ 1.00	5
experienced occasional failures, but not in major	1 in 2,000	≥ 1.17	4
Low: Isolated failures associated with similar processes	1 in 15,000	≥ 1.33	3
Very Low: Only isolated failures associated with almost identical processes	1 in 150,000	≥ 1.5	2
Remote: Failure is unlikely. No failures ever associated with almost identical processes	≤ 1 in 1,500,000	≥ 1.67	1

ตารางที่ ค.3 กฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับหรือป้องกันของระบบควบคุม

Detection	Criteria: Liklihood the existence of a defect will be detected by test content before product advances to next or subsequent process	Ranking
Almost Impossible	Test content detects < 80 % of failures	10
Very Remote	Test content must detect 80 % of failures	9
Remote	Test content must detect 82.5 % of failures	8
Very Low	Test content must detect 85 % of failures	7
Low	Test content must detect 87.5 % of failures	6
Moderate	Test content must detect 90 % of failures	5
Moderately High	Test content must detect 92.5 % of failures	4
High	Test content must detect 95 % of failures	3
Very High	Test content must detect 97.5 % of failures	2
Almost Certain	Test content must detect 99.5 % of failures	1

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวปานจิต แก้วคำแพง

วัน เดือน ปีเกิด 6 มกราคม 2522

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา ประโยคมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช พ.ศ.2539

ระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พ.ศ.2545

ระดับปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ.2549

ประวัติการทำงาน วิศวกรกระบวนการผลิต
บริษัท ไทยอีสเทอร์น อินดัสทรี้ จำกัด พ.ศ.2545-2547

วิศวกรอุตสาหการ
บริษัท เจเนรัล อิเลคทรอนิคส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
พ.ศ. 2549-ปัจจุบัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ข้อตกลงว่าด้วยการโอนลิขสิทธิ์ในโครงงานวิจัยอุตสาหกรรม

วันที่….**24**……เดือน……**สิงหาคม**……พ.ศ……**2550**……

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว)…**ปานจิต**…**แก้วคำแพง** ……รหัสประจำตัว……..…**47430013**…….……

เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระดับปริญญา ☑ โท ☐ เอก

หลักสูตร……..……**วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต**……..……สาขาวิชา……..**วิศวกรรมระบบการผลิต**……...…

คณะ…..…….**วิศวกรรมศาสตร์**…..…….……อยู่บ้านเลขที่…….…**93…**…..... หมู่ที่. ....-… ถนน…**สุขาอุปถัมภ์**……

ตำบล/แขวง .....**ในเมือง**….อำเภอ **เมือง**……จังหวัด…...**อุบลราชธานี**.....รหัสไปรษณีย์…**34000**.....

ขอโอนลิขสิทธิ์ในโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมให้ไว้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยมี…….....

รศ.ดร.เอก ไชยสวัสดิ์……ตำแหน่ง……**คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์**…เป็นผู้รับโอนลิขสิทธิ์และมีข้อตกลงดังนี้

1. ข้าพเจ้าได้จัดทำโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมเรื่อง.....**การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน~เขียนสำเร็จ: กรณีศึกษา** .. ...ซึ่งอยู่ในความควบคุมของ.....**รศ. กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ**... ตามมาตรา 14 แห่ง พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 และถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2. ข้าพเจ้าตกลงโอนลิขสิทธิ์จากผลงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการสร้างสรรค์ของข้าพเจ้าในโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมให้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตลอดอายุแห่งการคุ้มครองลิขสิทธิ์ตามมาตรา 23 แห่งพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 ตั้งแต่วันที่ได้รับอนุมัติโครงร่างโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมจากมหาวิทยาลัย

3. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมไปใช้ในการเผยแพร่ในสื่อใด ๆ ก็ตาม ข้าพเจ้าจะต้องระบุว่าเป็นโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมเป็นผลงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีทุก ๆ ครั้งที่มีการเผยแพร่

4. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมไปเผยแพร่หรืออนุญาตให้ผู้อื่นทำซ้ำหรือดัดแปลง หรือ เผยแพร่ต่อสาธารณชนหรือกระทำการอื่นใด ตามมาตรา 27, มาตรา 28 และมาตรา 29 และมาตรา 30 แห่งพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดยมีค่าตอบแทนในเชิงธุรกิจ ข้าพเจ้าจะกระทำได้เมื่อได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ลงชื่อ……..……ผู้โอนลิขสิทธิ์

(นางสาว ปานจิต แก้วคำแพง)

ลงชื่อ……ผู้รับโอนลิขสิทธิ์

(รศ.ดร.เอก ไชยสวัสดิ์)

ลงชื่อ……พยาน

(รศ.ดร.บวรโชค ผู้พัฒน์)

ลงชื่อ…...……พยาน

(รศ.กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ)

- 3 ส.ค. 2550

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ข้อตกลงว่าด้วยการโอนลิขสิทธิ์ในโครงงานวิจัยอุตสาหกรรม

วันที่....24.....เดือน.....สิงหาคม.....พ.ศ.....2550.....

ข้าพเจ้า (~~นาย~~/~~นาย~~/นางสาว)...ปานจิต...แก้วคำแพง .....รหัสประจำตัว.....47430013.....
เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระดับปริญญา ☑ โท ☐ เอก
หลักสูตร.....วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต.....สาขาวิชา.....วิศวกรรมระบบการผลิต.....
คณะ.....วิศวกรรมศาสตร์.....อยู่บ้านเลขที่.....93..... หมู่ที่. ....-... ถนน...สุขาอุปถัมภ์.....
ตำบล/แขวง .....ในเมือง....อำเภอ เมือง.....จังหวัด.....อุบลราชธานี.....รหัสไปรษณีย์...34000.....
ขอโอนลิขสิทธิ์ในโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมให้ไว้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยมี.....
รศ.ดร.เอก ไชยสวัสดิ์.....ตำแหน่ง.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์...เป็นผู้รับโอนลิขสิทธิ์และมีข้อตกลงดังนี้

1. ข้าพเจ้าได้จัดทำโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมเรื่อง.....**การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ: กรณีศึกษา** .. ...ซึ่งอยู่ในความควบคุมของ.....**รศ. กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ**... ตามมาตรา 14 แห่ง พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 และถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2. ข้าพเจ้าตกลงโอนลิขสิทธิ์จากผลงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการสร้างสรรค์ของข้าพเจ้าในโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมให้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตลอดอายุแห่งการคุ้มครองลิขสิทธิ์ตามมาตรา 23 แห่งพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 ตั้งแต่วันที่ได้รับอนุมัติโครงร่างโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมจากมหาวิทยาลัย

3. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมไปใช้ในการเผยแพร่ในสื่อใด ๆ ก็ตาม ข้าพเจ้าจะต้องระบุว่าเป็นโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมเป็นผลงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีทุก ๆ ครั้งที่มีการเผยแพร่

4. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำโครงงานวิจัยอุตสาหกรรมไปเผยแพร่หรืออนุญาตให้ผู้อื่นทำซ้ำหรือดัดแปลงหรือ เผยแพร่ต่อสาธารณชนหรือกระทำการอื่นใด ตามมาตรา 27, มาตรา 28 และมาตรา 29 และมาตรา 30 แห่งพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดยมีค่าตอบแทนในเชิงธุรกิจ ข้าพเจ้าจะกระทำได้เมื่อได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ลงชื่อ.....ผู้โอนลิขสิทธิ์
(นางสาว ปานจิต แก้วคำแพง)

ลงชื่อ.....ผู้รับโอนลิขสิทธิ์
(รศ.ดร.เอก ไชยสวัสดิ์)

ลงชื่อ.....พยาน
(รศ.ดร.บวร โชค ผู้พัฒน์)

ลงชื่อ.....พยาน
(กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ)