

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



246157

การปรับปรุงกระบวนการประเมินผลนักเรียนในอุตสาหกรรมช่างเทคนิค

นายธานีินทร์ ศิลปนาถ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๐๐๐๒๕๑๖๒๔

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



การปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซมแผ่นวงจรถออิเล็กทรอนิกส์ในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์



นายธานินทร์ ศิลปนาฏ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



IMPROVING PRINTED CIRCUIT BOARD ASSEMBLY REPAIR PROCESS
IN HARD DISK DRIVE INDUSTRY

Mr. Tanin Silapanad

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

ธานินทร์ ศิลปนาฏ : การปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซมแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์. (IMPROVING PRINTED CIRCUIT BOARD ASSEMBLY REPAIR PROCESS IN HARD DISK DRIVE INDUSTRY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
หลัก: ผศ.ดร.ดาริชา สุธีวงศ์ ,159 หน้า.

246157

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซมแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นกระบวนการสนับสนุนการผลิตในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยในโรงงานกรณีศึกษาปัจจุบันกระบวนการนี้ใช้การผลิตแบบผลัด ส่งผลให้มีระยะเวลาในการซ่อมแซมแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยเฉลี่ยต่อแผ่นยาวนานและเกิดงานระหว่างทำในกระบวนการเป็นจำนวนมาก เนื่องจากกฎการปล่อยงานที่ไม่เหมาะสม รูปแบบการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า และกระบวนการที่เป็นคอขวด จากปัญหาต่างๆดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้แบ่งการปรับปรุงแก้ไขปัญหาเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือ การแก้ไขปรับปรุงโดยนําระบบการบริหารการผลิตแบบลีน ชิکش ชิกมา มาใช้ในการลดระยะเวลานำในการซ่อมแซมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการโดยวิธีการหลักที่นำมาใช้ได้แก่ การจัดการผลิตแบบไหลต่อเนื่องที่ละชิ้น การจัดการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า ผลที่ได้รับหลังการปรับปรุงกระบวนการ พบว่าสามารถลดระยะเวลานำโดยเฉลี่ยของการซ่อมแซมของ 2 ส่วนประกอบลดลง 54.72% และ 65.2% ตามลำดับ และทำให้จำนวนงานระหว่างทำเฉลี่ยของกระบวนการลดลง 81.65% ขั้นตอนที่สองคือ การแก้ไขปรับปรุงโดยมีการลงทุนในการซื้อเครื่องจักรเพิ่มเติม เพื่อช่วยในการจัดการกับคอขวดของกระบวนการโดยมีการทำแบบจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า เพื่อหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมในการแก้ไข้ปัญหา ผลที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์พบว่า โรงงานกรณีศึกษาควรลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มจำนวน 1 เครื่อง จะสามารถลดระยะเวลานำได้เหมาะสมที่สุด และการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มมีความคุ้มค่าในการลงทุน และมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนเท่ากับ 24.62% และระยะเวลาดำเนินทุนเท่ากับ 7.39 ปี

ภาควิชา..... วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....ลายมือชื่อนิสิต.....ธานินทร์ ศิลปนาฏ.....
สาขาวิชา..... วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก..... อ.ดร. สุธีวงศ์.....
ปีการศึกษา..... 2553.....

#5171494521: MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : LEAN SIX SIGMA / MANUFACTURING LEAD TIME REDUCTION / SIMULATION / PRINTED CIRCUIT BOARD ASSEMBLY REPAIR PROCESS / HARD DISK DRIVE INDUSTRY

TANIN SILAPANAD: IMPROVING PRINTED CIRCUIT BOARD ASSEMBLY REPAIR PROCESS IN HARD DISK DRIVE INDUSTRY. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. DARICHA SUTIVONG, PH.D. , 159 pp.

246157

This thesis aims to improve productivity of the Printed Circuit Board Assembly Repair Process, which is a supportive process in the hard disk drive production. Currently, the repair process is based on a push production, leading to a long lead time and extensive work-in-process. The specific problems include improper launching rules, non-value added activities and the bottleneck in the production line. As the first step of the solutions, the Lean Six Sigma approach has been applied to solve these problems and improve efficiency. The main tools consist of an application of One Piece Flow manufacturing and management of non-value added activities. Using the Lean Six Sigma, the lead time of two types of repair have been reduced by 54.72% and 65.2% and the average work-in-process has been reduced by 81.65%. The second step of the solutions involves the investment in a new machine in order to address the bottleneck of the production line. A simulation model has been constructed using ARENA simulation package to analyze an impact of adding more machines to the process. From simulation results, this factory should buy one new machine which can optimally reduce the lead time, and the investment has an internal rate of return (IRR) of 24.62% and payback period of 7.39 years.

Department : INDUSTRIAL ENGINEERING Student's Signature Tanin S.
 Field of Study : INDUSTRIAL ENGINEERING Advisor's Signature Daricha Sutivong
 Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีต้องขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดาริชา สุธีวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่ท่านได้ให้ความรู้ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนวางแผนและติดตามการทำงานวิจัยนี้อย่างใกล้ชิด ทำให้ผู้วิจัยได้เกิดแนวความคิดและมุมมองต่างๆ มากมายในการทำงานเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์ หากไม่มีท่านอาจารย์คอยช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ แล้ววิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมมาภรณ์พิลาศ และ ท่านอาจารย์ ดร.นันทชัย กานตานิเทศ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ทางวิชาการ คำแนะนำและการอบรมซ้ำพเจ้าด้วยดีตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษายู่ในสถาบันการศึกษาแห่งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณธวัชชัย วงศ์ภิญโญจิต และ คุณเชาวลิต สัมแก้ว ที่ให้ความช่วยเหลือทุกอย่างให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวทุกคน ที่ให้การสนับสนุนทางด้านการศึกษาดูด้วยดีตลอดมา ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือเวลาพบปัญหาต่างๆ และช่วยให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจทุกท่าน และเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อไปในอนาคต

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญภาพ.....	ฌ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา.....	1
1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.3 แนวคิดและวิธีการดำเนินงาน.....	5
1.4 วัตถุประสงค์.....	8
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	8
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	9
1.7 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย.....	10
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	11
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12
2.1 ลีนและซิกซ์ซิกมา.....	12
2.2 ระบบการผลิตแบบลีน.....	14
2.2.1 มุมมองของลีน (Lean Perspective).....	14
2.2.2 ผังกระบวนการระดับสูง (SIPOC).....	15
2.2.3 การปรับปรุงพื้นที่ทำงานด้วยกิจกรรม 5 ส.....	15
2.2.4 การปรับปรุงการวางผังพื้นที่ทำงาน (Plan Layout).....	16
2.2.5 ความสูญเปล่า 7 ประการ.....	17
2.2.6 แนวคิดของระบบการผลิตแบบลีน.....	18
2.2.7 แผนภาพสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM).....	19

	หน้า
2.2.8 การผลิตแบบไหลต่อเนื่องที่ละชิ้น (One Piece Flow).....	19
2.2.9 การควบคุมการผลิตแบบลีน.....	20
2.2.10 การฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน (Cross Trained Workforce).....	22
2.2.11 งานที่เป็นมาตรฐาน (Standard Work).....	23
2.3 การจำลองแบบปัญหา (Simulation).....	23
2.4 การทดสอบสมมติฐาน (Test of Hypotheses).....	26
2.4.1 ความหมายของสมมติฐานทางสถิติ.....	26
2.4.2 การตั้งสมมติฐานทางสถิติ.....	26
2.4.3 หลักเกณฑ์ในการตั้งสมมติฐาน.....	27
2.4.4 ความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ.....	27
2.4.5 ประเภทของการทดสอบสมมติฐาน.....	28
2.4.6 ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน.....	30
2.4.7 การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลต่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร (Two Sample Tests of Hypothesis).....	31
2.5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis).....	37
2.5.1 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย.....	37
2.5.2 การวิเคราะห์ผลประโยชน์ตอบแทน.....	38
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	41
2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับลีน ซิกซ์ ซิกมา (Lean Six Sigma).....	41
2.6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis).....	42
บทที่ 3 การนิยามปัญหา (Define Phase).....	44
3.1 ความต้องการของกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Customer Requirement)	44
3.2 การสำรวจระยะเวลาในการซ่อมแซม PCBAและการสร้างสายธารคุณค่า.....	45
3.3 การจัดตั้งทีมงานและกำหนดปัญหา.....	46
3.4 แผนผังกระบวนการระดับสูง (SIPOC Map).....	47
3.5 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการซ่อมแซม PCBA.....	49
3.5.1 คำจำกัดความ.....	49

	หน้า
3.5.2 เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการซ่อมแซม PCBA.....	49
3.5.3 แผนผังกระบวนการซ่อมแซม PCBA.....	50
3.5.4 เส้นทางการเดินของ PCBA (Spaghetti Diagram).....	51
3.6 ระยะเวลาในการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Lead Time).....	51
3.7 จำนวนชั่วโมงการทำงานของพนักงาน (Work Hours).....	52
3.8 ผลผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Process Productivity).....	52
3.9 ปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process).....	52
บทที่ 4 การวัดสภาพของปัญหา (Measure Phase).....	53
4.1 แนวทางการวัดและเก็บข้อมูลเบื้องต้น.....	53
4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลาในการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และ แผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1.....	54
4.3 ข้อมูลเกี่ยวกับชั่วโมงการทำงานของพนักงาน.....	56
4.4 ข้อมูลเกี่ยวกับผลผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยรวม.....	57
4.5 ข้อมูลเกี่ยวกับผลผลิตภาพการทำงานของแต่ละกระบวนการ.....	58
4.6 ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณงานระหว่างทำ.....	62
4.7 สรุปผลการวัดข้อมูลเบื้องต้น.....	64
บทที่ 5 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase).....	65
5.1 การวิเคราะห์ 4M.....	66
5.2 การวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart).....	67
5.3 การสร้างแผนภูมิกลุ่มเชื่อมโยงหรือผังกลุ่มเครือญาติ (Affinity Diagram).....	69
5.4 ผังความสัมพันธ์ (Relation Diagram).....	73
5.5 การพิจารณาเลือกสาเหตุของปัญหาเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไข.....	76
5.6 การนำสาเหตุมาหาแนวทางปรับปรุงแก้ไข.....	82
5.7 สรุปแนวทางการแก้ไขปัญหา.....	87

	หน้า
บทที่ 6 การปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve Phase) โดยไม่มีการลงทุนเพิ่ม.....	89
6.1 การลดกระบวนการที่สูญเปล่าของกระบวนการซ่อมแซม PCBA.....	89
6.2 การปรับปรุงผังการผลิตของกระบวนการซ่อมแซม PCBA.....	91
6.3 วิธีการผลิตแบบไหลต่อเนื่องที่ละชิ้น (One Piece Flow).....	93
6.4 การจัดทำเอกสารวิธีการทำงานมาตรฐาน.....	95
6.5 การจัดทำแผนฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน.....	86
6.5.1 ช่วงก่อนการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน.....	97
6.5.2 ช่วงดำเนินการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน.....	99
6.5.3 ช่วงหลังการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน.....	99
6.6 การแก้ไขปัญหาระบบการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยพนักงาน.....	101
6.7 ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขปัญหาทั้งหมด.....	102
6.7.1 ระยะเวลาในการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Lead Time).....	102
6.7.2 จำนวนชั่วโมงการทำงานของพนักงาน (Work Hours).....	103
6.7.3 ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Process Productivity).....	105
6.7.4 ปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process).....	107
บทที่ 7 การปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve Phase) โดยมีการลงทุนเพิ่ม.....	110
7.1 การวิเคราะห์ระยะเวลาที่ลดลงโดยการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า.....	111
7.2 การตั้งข้อกำหนดของแบบจำลองเหตุการณ์.....	114
7.3 การกำหนดตัววัดผล.....	114
7.4 วิธีการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในแบบจำลองเหตุการณ์.....	114
7.5 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า (Input Analyzer) ในแต่ละกระบวนการ.....	115
7.6 การสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า.....	117
7.7 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเหตุการณ์ (Model Validation).....	117
7.7.1 การทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของระยะเวลาของการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในแต่ละกระบวนการและระยะเวลาโดยรวม.....	118
7.8 ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า.....	121

7.9 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน.....	124
7.9.1 วิธีที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่า.....	124
7.9.2 ต้นทุนในการสั่งซื้อเครื่องจักร.....	124
7.9.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุน.....	125
7.9.4 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน.....	129
7.10 การตัดสินใจลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม.....	131
7.11 สรุปผลประโยชน์ตอบแทนของการซื้อเครื่องจักรเพิ่ม.....	133
7.4.1 ผลประโยชน์ตอบแทนทางตรง (Direct Benefit).....	133
7.4.2 ผลประโยชน์ตอบแทนทางอ้อม (Indirect Benefit).....	133
บทที่ 8 การควบคุม (Control Phase).....	134
8.1 การวางแผนเพื่อกำหนดตัวควบคุมผลการดำเนินงานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA....	134
8.1.1 การกำหนดเป้าหมายและเปอร์เซ็นต์ต่ำที่สุดที่สามารถยอมรับได้ของเปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการส่งคืน PCBA ให้กับกระบวนการผลิต.....	134
8.1.2 การกำหนดเป้าหมายและค่าสูงสุดที่สามารถยอมรับได้ของระยะเวลาในการ ซ่อมแซม PCBA ในแต่ละกระบวนการและระยะเวลาโดยรวม.....	135
8.1.3 การกำหนดเป้าหมายและค่าต่ำที่สุดที่สามารถยอมรับได้ของผลผลิตภาพของ กระบวนการซ่อมแซม PCBA ต่อวัน.....	136
บทที่ 9 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	138
9.1 สรุปผลการวิจัย.....	138
9.1.1 สรุปผลการแก้ไขปัญหาเพื่อลดระยะเวลาในกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดย ไม่มีการลงทุนเพิ่มและมีการลงทุนเพิ่ม.....	138
9.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนในการซื้อเครื่องจักรเพิ่ม.....	139
9.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	140
9.3 ข้อเสนอแนะ.....	141
รายการอ้างอิง.....	142
ภาคผนวก.....	145

	หน้า
ภาคผนวก ก เอกสารที่ออกแบบเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการซ่อมแซม PCBA.....	146
ภาคผนวก ข การเขียนแบบจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีนา 12.0 เพื่อหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมในการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA.....	149
ภาคผนวก ค รายละเอียดเครื่องจักรที่ต้องการซื้อ.....	152
ภาคผนวก ง การคำนวณความคุ้มค่าในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม.....	154
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	159

สารบัญญัตราสาร

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ระยะเวลานำโดยเฉลี่ยของการซ่อมแซม PCBA เดือน ต.ค. 2552 ถึง มี.ค.2553.....	3
ตารางที่ 1.2 รุ่นของ PCBA ที่เข้าสู่กระบวนการซ่อมแซม PCBA เดือน ม.ค. ถึง มี.ค.2553.....	4
ตารางที่ 1.3 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย.....	10
ตารางที่ 2.1 Integrated Lean Sigma Roadmap จาก Sigma Breakthrough Technologies, Inc. (SBTI).....	13
ตารางที่ 2.2 การพิจารณาสภาพสมดุลการผลิตของกระบวนการ.....	22
ตารางที่ 2.3 แสดงสัญลักษณ์ในการทดสอบสมมติฐานของประชากร.....	31
ตารางที่ 2.4 แสดงสัญลักษณ์ในการทดสอบสมมติฐานของตัวอย่างที่สุ่มจากประชากร.....	31
ตารางที่ 2.5 แสดงส่วนเขตปฏิเสธ H_0 ในกรณีประชากรทั้งสองมีการแจกแจงแบบปกติและทราบค่า σ^2_1 และ σ^2_2	33
ตารางที่ 2.6 เขตการปฏิเสธ H_0 ในกรณีที่ประชากรทั้งสองมีการแจกแจงแบบปกติหรือใกล้เคียงแบบปกติ ขนาดตัวอย่างเล็กและไม่ทราบค่า σ^2_1 และ σ^2_2	35
ตารางที่ 2.7 เขตการปฏิเสธ H_0 ในกรณีไม่ทราบค่า σ^2_1 และ σ^2_2 แต่ทราบว่า $\sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$	36
ตารางที่ 3.1 แผนผังกระบวนการระดับสูง (SIPOC Map).....	48
ตารางที่ 5.1 ประเภทและความหมายของความสูญเสียเปล่า 7 ประการ.....	70
ตารางที่ 5.2 สาเหตุย่อยทั้งหมดที่ได้จากปัญหาเรื่องผลผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ต่ำ...	76
ตารางที่ 5.3 สาเหตุย่อยทั้งหมดที่ได้จากปัญหาเรื่องปริมาณงานระหว่างทำมาก.....	77
ตารางที่ 5.4 สาเหตุของปัญหาทั้งหมดในกระบวนการซ่อมแซม PCBA.....	78
ตารางที่ 6.1 ระยะทางการทำงานก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง.....	93
ตารางที่ 6.2 ระดับทักษะพนักงานก่อนการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน.....	98
ตารางที่ 6.3 ระดับทักษะพนักงานหลังการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน.....	100
ตารางที่ 6.4 สรุปทักษะความสามารถของพนักงานก่อนและหลังการฝึกอบรมข้ามสายงาน.....	101
ตารางที่ 7.1 ทรัพยากรการผลิตในแต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA.....	113
ตารางที่ 7.2 ลักษณะการกระจายข้อมูลและค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเหตุการณ์ของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ของแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1.....	116
ตารางที่ 7.3 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ Z ของแต่ละกระบวนการและโดยรวม..	120

	หน้า
ตารางที่ 7.4 ระยะเวลานำเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า.....	121
ตารางที่ 7.5 สรุปผลการปรับปรุงแก้ไขก่อนและหลังการดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยมีการลงทุนเพิ่ม... เพิ่มในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1.....	123
ตารางที่ 7.6 การคิดเงินในการทำงานล่วงเวลาช่วงวันจันทร์ถึงวันศุกร์.....	127
ตารางที่ 7.7 การคิดเงินในการทำงานล่วงเวลาช่วงวันหยุด (วันเสาร์).....	128
ตารางที่ 7.8 ตารางสรุปค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาในเดือนพฤศจิกายน 2553.....	129
ตารางที่ 7.9 การคิดค่าใช้จ่ายกระแสไฟฟ้าของเครื่องที่ซื้อเพิ่ม.....	130
ตารางที่ 7.10 สรุปค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปี.....	131
ตารางที่ 7.11 ค่าที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม.....	132
ตารางที่ 8.1 ระยะเวลานำที่ได้กำหนดเป็นเป้าหมาย.....	136
ตารางที่ 8.2 ดัชนีชี้วัดเพื่อติดตามและควบคุมการดำเนินงานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA.....	137
ตารางที่ 9.1 ผลการปรับปรุงก่อนและหลังการดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยไม่มีการลงทุนเพิ่มและมี การลงทุนเพิ่ม.....	139
ตารางที่ 9.2 ค่าที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม.....	140

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Printed Circuit Board Assembly: PCBA).....	2
ภาพที่ 1.2 กราฟพาเรโตแสดงจำนวนส่วนประกอบที่ทำการซ่อมแซมของ PCBA รุ่น E ตั้งแต่ ม.ค. ถึง มี.ค. 2553.....	4
ภาพที่ 3.1 สายธารคุณค่า (Value Stream Map) ของกระบวนการซ่อมแซม PCBA.....	46
ภาพที่ 3.2 แผนผังกระบวนการซ่อมแซม PCBA.....	50
ภาพที่ 3.3 แผนภาพเส้นทางการเดินของงาน (Spaghetti Diagram) ในกระบวนการซ่อมแซม PCBA	51
ภาพที่ 4.1 ลักษณะความสามารถของกระบวนการของชั่วโมงการทำงานของพนักงานในแต่ละวัน.....	56
ภาพที่ 4.2 ลักษณะการกระจายของผลผลิตภาพของการซ่อมแซม PCBA แต่ละวัน.....	58
ภาพที่ 4.3 เปรียบเทียบผลผลิตภาพการผลิตของแต่ละกระบวนการ (จำนวน PCBA ขึ้น/วัน).....	59
ภาพที่ 4.4 ปริมาณงานระหว่างทำเฉลี่ยในแต่ละกระบวนการ.....	63
ภาพที่ 4.5 กระบวนการที่มีปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process).....	63
ภาพที่ 5.1 แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการซ่อมแซม PCBA.....	68
ภาพที่ 5.2 เปรียบเทียบผลผลิตภาพของการซ่อมแซมของแต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA.....	69
ภาพที่ 5.3 ผังกลุ่มเครือญาติ (Affinity Diagram) จะทำให้ได้สาเหตุของปัญหาหลักของกระบวนการ	72
ภาพที่ 5.4 ผังความสัมพันธ์ (Relation Diagram) แสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดผลผลิตภาพ ในการซ่อมแซม PCBA โดยรวมต่ำ.....	74
ภาพที่ 5.5 ผังความสัมพันธ์ (Relation Diagram) แสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดปริมาณ งานระหว่างทำมาก.....	75
ภาพที่ 5.6 แผนภูมิคัดเลือก (Pick Chart) คัดเลือกสาเหตุของปัญหาที่จะนำไปปรับปรุงแก้ไข.....	80
ภาพที่ 5.7 แผนผังเมทริกซ์ชนิดรูปตัวเอ็กซ์ (X-type Matrix) แสดงความสัมพันธ์ของปัญหาหลักการ ในกระบวนการ กระบวนการต่างๆ สาเหตุของปัญหา และแนวทางการแก้ปัญหา.....	83
ภาพที่ 6.1 แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการซ่อมแซม PCBA หลังการปรับปรุง.....	90
ภาพที่ 6.2 การเปลี่ยนแปลงผังกระบวนการซ่อมแซม PCBA เพื่อปรับปรุงการไหลของ PCBA.....	92
ภาพที่ 6.3 การวางตำแหน่งของพนักงานและช่างเทคนิคในการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2.....	93
ภาพที่ 6.4 การวางตำแหน่งของพนักงานและช่างเทคนิคในการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1.....	94
ภาพที่ 6.5 คู่มือการทำงานมาตรฐานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA.....	96

	หน้า
ภาพที่ 6.6 ระยะเวลาในการซ่อมแซม PCBA หลังการปรับปรุง.....	103
ภาพที่ 6.7 ความสามารถของกระบวนการของชั่วโมงการทำงานของพนักงานก่อนและ และหลังการปรับปรุง.....	104
ภาพที่ 6.8 ผลผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยรวมหลังการปรับปรุง.....	105
ภาพที่ 6.9 ผลผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ก่อนและหลังการปรับปรุง.....	106
ภาพที่ 6.10 ปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process) ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ.....	107
ภาพที่ 6.11 สรุปผลดัชนีชี้วัดทั้ง 4 ตัว ก่อน-หลังการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA.....	109
ภาพที่ 7.1 ขั้นตอนการไหลของ PCBA ภายในระบบการซ่อมแซม PCBA หลังการปรับปรุง.....	112
ภาพที่ 7.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลานำและจำนวนเครื่องจักร.....	122
ภาพที่ 7.3 ร้อยละของระยะเวลานำเฉลี่ยที่ลดลงกับจำนวนเครื่องจักรที่เพิ่มขึ้น.....	122
ภาพที่ ข-1 แบบจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า 12.0 ในการหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสม..	150
ภาพที่ ข-2 การคำนวณหาค่า Z ของแต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA ด้วยโปรแกรม ไมโครซอฟท์เอ็กเซล.....	151
ภาพที่ ค-1 เครื่องจักร Summit 1100 (BGA Rework Station).....	153
ภาพที่ ง-1 รายละเอียดในการคำนวณหามูลค่าสุทธิและอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนการซื้อ เครื่องจักรเพิ่มเติม ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล.....	155
ภาพที่ ง-2 รายละเอียดในการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) ด้วยโปรแกรม ไมโครซอฟท์เอ็กเซล.....	156
ภาพที่ ง-3 การคำนวณระยะเวลาคืนทุน ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล.....	157