

การลดของเสียแขนจับหัวอ่านด้วยวิธีการซิกซ์ ซิกม่า
กรณีศึกษากระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน



นาย ชาญชัย บวรโชคชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1214-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

121165828

REDUCTION OF SUSPENSION DEFECT BY SIX SIGMA
CASE STUDY OF A SUSPENSION MANUFACTURING PROCESS

Mr. Chanchai Bovornchokchai

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

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering


Chulalongkorn University

Academic Year 2002

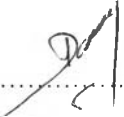
ISBN 974-17-1214-6

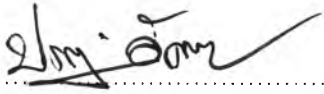
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การลดของเสียแขนจับหัวอ่านด้วยวิธีการชีกซ์ ซิกม่า : กรณีศึกษา
กระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน
โดย นาย ชาญชัย บวรโชคชัย
ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

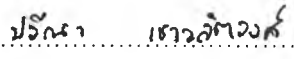

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิทวงศ์)



ชาญชัย บวรโชคชัย : การลดของเสียแขวนจับหัวอ่านด้วยวิธีการซิกซ์ ซิกม่า : กรณีศึกษากระบวนการผลิตแขวนจับหัวอ่าน (REDUCTION OF SUSPENSION DEFECT BY SIX SIGMA : CASE STUDY OF A SUSPENSION MANUFACTURING PROCESS) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ประเสริฐ อัครประถมพงศ์ , 250 หน้า. ISBN 974-17-1214-6

การวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของของเสียที่เกิดขึ้นจากค่า Pitch Static Attitude (PSA) ของแขวนจับหัวอ่านนอกข้อกำหนดด้านผลิตภัณฑ์ของลูกค้ โดยนำวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า มาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความแปรปรวนของ PSA และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าวในการผลิตที่จะทำให้ค่าความแปรปรวนลดลงได้ โดยหน่วยวัดผลระดับการปรับปรุงของการวิจัยที่กำหนดคือปริมาณของของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย Defect Part Per Million (DPPM) ซึ่งก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีปริมาณของเสียเท่ากับ 4,456 DPPM

ขั้นตอนการวิจัยจะดำเนินตามขั้นตอนตามวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่าทั้ง 5 ขั้นตอน โดยเริ่มจากการขั้นตอนนิยามปัญหา, ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา, ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยเมื่อผ่านขั้นตอนนี้แล้ว ผลลัพธ์ที่ได้คือกระบวนการเชื่อมประกอบชิ้นงานเป็นกระบวนการผลิตที่มีค่าความแปรปรวนของค่ามุมมากที่สุด และปัจจัยนำเข้าที่สำคัญได้แก่ ระยะเวลา Y ของจุดเชื่อม, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจุดเชื่อมและค่าแรงดันไฟฟ้า จากนั้นจึงนำปัจจัยทั้งสามนี้มาทำการออกแบบการทดลองในขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ ซึ่งผลลัพธ์ของค่าที่เหมาะสมในการใช้งานที่ได้เป็นดังนี้ ค่าแรงดันไฟฟ้า 280 โวลต์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจุดเชื่อม 0.234 มิลลิเมตร และระยะ Y ของจุดเชื่อม 2.017 มิลลิเมตร จากนั้นจึงนำไปทดสอบเพื่อยืนยันผลก่อนนำไปใช้งานจริงในกระบวนการผลิต และทำการกำหนดระบบควบคุมแก่ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้งสามในขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า

จากข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการพบว่า มีปริมาณของของเสียเกิดขึ้นประมาณ 997 DPPM ซึ่งคิดเป็น 77.63 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนของเสียที่ลดได้ก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต และสามารถที่จะลดความสูญเสียได้เป็นจำนวนเงิน 2,750,580 บาท โดยประมาณการจากปริมาณการขายที่พยากรณ์ไว้ของบริษัทจากเดือนกรกฎาคม 2545 ถึงเดือนมีนาคม 2546

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา 2545

ลายมือชื่อนิสิต 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4370274521 : MAJOR INDUSTRY ENGINEERING

KEY WORD : SIX SIGMA / SUSPENSION IN HARD DISK / DEFECT PART PER MILLION / DEFINE PHASE / MEASURE PHASE / ANALYZE PHASE / IMPROVE PHASE / CONTROL PHASE

CHANCHAI BOVORNCHOKCHAI : REDUCTION OF SUSPENSION DEFECT BY SIX SIGMA : CASE STUDY OF A SUSPENSION MANUFACTURING PROCESS. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. PRASERT AKKHARAPRATHOMPHONG ,250 pp. ISBN 974-17-1214-6

The objective of this research is to reduce a number of suspensions defect which have Pitch Static Attitude (PSA) out of product specification limit by applying Six Sigma methodology to study factors that influence PSA variation and identify appropriate operative conditions in order to reduce its variation. The measure of improvement in this project is a number of defect in DPPM unit measured, and the current process has 4,456 Defect Part Per Million (DPPM).

The step of study will follow five-phase improvement model of Six Sigma methodology which begins with define phase, measure phase, analyze phase. After finishing analyze phase, laser welding shows the highest standard deviation value of suspension angle and key process input variables (KPIVs) are Y-distance, Diameter of welding point and laser welding voltage, then perform an experiment of these KPIVs in improvement phase and from the experiment, the appropriate operating condition are laser welding voltage 280 volt, Diameter of welding point 0.234 mm. and Y-distance 2.017 mm. After that pre-running in order to confirm the result before applying in production line. Then setting the control system for these KPIVs in control phase which is the last step of Six Sigma improvement model.

The data of PSA defect after process improvement show 997 DPPM which is equal to 77.63 % of amount of defect before process improvement. And it could reduce cost about 2,750,580 baht estimated from sales forecast from July,2002 till March,2003.

Department Industrial Engineering
 Field of study Industrial Engineering
 Academic year 2002

Student's signature
 Advisor's signature
 Co-advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ที่ให้ คำชี้แนะและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในงานวิจัยมาด้วยดีโดยตลอด และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ และอาจารย์ ดร. ปวีณา เชาวลิทวงศ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ พร้อมทั้งตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องภายในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. นภัสวงศ์ โอสถศิลป์ และอาจารย์ วรโชค ไชยวงศ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณสมาชิกทุกท่านที่ได้ให้ข้อมูลและเข้าร่วมการระดมความคิดเห็นในการทำการวิจัย ตลอดจนพนักงานในโรงงานตัวอย่างที่ให้ความร่วมมือในการทำการทดลองเป็นอย่างดี

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ พี่น้อง เพื่อนสนิท และท่านที่มีได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้ทำวิจัย เสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ชาญชัย บวรโชคชัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ศ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.5 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน.....	5
1.6 สรุปเนื้อหาโดยสังเขป.....	7

บทที่ 2 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับฮาร์ดไดรฟ์.....	9
2.2 ความรู้เกี่ยวกับแขนจับหัวอ่าน.....	11
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13

บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 ความหมายและประวัติความเป็นมา.....	15
3.2 ตัววัดระดับของคุณภาพ.....	16
3.3 การปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า.....	17

บทที่ 4 การนิยามปัญหา

4.1 บทนำ.....	52
4.2 ที่มาของปัญหา.....	52
4.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	53
4.4 เป้าหมายในการปรับปรุง.....	53

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5 หน่วยวัดผล.....	53
4.6 ขอบเขตในการดำเนินการ.....	53
4.7 ระยะเวลาในการดำเนินการ.....	54
4.8 กำหนดสมาชิก.....	54
บทที่ 5 การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา	
5.1 การศึกษากระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน.....	55
5.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด.....	65
5.3 การทดลองเบื้องต้นเพื่อจัดลำดับค่าความผันแปรของกระบวนการ.....	85
5.4 การวิเคราะห์สาเหตุด้วย Cause and Effect Matrix.....	98
5.5 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA).....	103
5.6 สรุปผลขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา.....	110
บทที่ 6 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา	
6.1 บทนำ.....	111
6.2 การทดสอบสมมติฐาน.....	111
6.3 สรุปผลการทดลอง.....	143
บทที่ 7 การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ	
7.1 บทนำ.....	144
7.2 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ.....	144
7.3 ตัวแปรตอบสนอง.....	145
7.4 แบบการทดลอง.....	145
7.5 การเตรียมการทดลอง.....	148
7.6 ขั้นตอนในการทดลอง.....	148
7.7 ดำเนินการทดลอง.....	149
7.8 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	150
7.9 สรุปผลการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ.....	163

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 8 การทดสอบยืนยันผล

8.1 บทนำ.....	165
8.2 ขั้นตอนการทดสอบยืนยันผล.....	165
8.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	167
8.4 สรุปผลการทดสอบ.....	169

บทที่ 9 การควบคุมกระบวนการผลิต

9.1 บทนำ.....	170
9.2 แผนการควบคุม.....	170
9.3 ข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต.....	178
9.4 สรุปขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต.....	187

บทที่ 10 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

10.1 บทนำ.....	190
10.2 บทสรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา.....	190
10.3 บทสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา.....	192
10.4 บทสรุปขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ.....	192
10.5 บทสรุปขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต.....	193
10.6 ข้อจำกัดในงานวิจัย.....	196
10.7 ข้อเสนอแนะ.....	196

รายการอ้างอิง.....	198
--------------------	-----

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก.....	200
ภาคผนวก ก จุดอ้างอิงในการวัดค่า PSA (Geometry of Pitch Static Attitude).....	201
ภาคผนวก ข การคำนวณความสามารถของกระบวนการผลิตในระดับชิกซ์ ชิคม่า...	202
ภาคผนวก ค กระบวนการกัดด้วยน้ำยาเคมี (Etching Process).....	204
ภาคผนวก ง ผลการศึกษาระบบการวัด.....	209
ภาคผนวก จ ผลการทดสอบเพื่อจัดลำดับค่าความผันแปรของกระบวนการ.....	216
ภาคผนวก ฉ เส้นโค้งโอซีสำหรับการทดสอบสองด้านของตัวสถิติทดสอบแบบ F....	221
ภาคผนวก ช ผลการทดสอบสมมติฐาน.....	222
ภาคผนวก ซ ผลการทดลองการปรับปรุงกระบวนการ.....	231
ภาคผนวก ฌ ผลการทดสอบยืนยันผล.....	234
ภาคผนวก ญ ข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต.....	239
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	250

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	แสดงจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละ Sigma quality level.....	16
3.2	ตัวอย่างตาราง Cause and Effect Matrix.....	22
3.3	แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความร้ายแรง (Severity Score).....	28
3.4	ตาราง ANOVA สำหรับการวิเคราะห์ระบบการวัด	33
3.5	ตาราง One-way ANOVA.....	49
4.1	ระยะเวลาในการดำเนินการ.....	54
5.1	ตาราง ANOVA ของการศึกษา GR&R ของการวัดมุม TG หลัง Pre-singulation....	67
5.2	ตาราง ANOVA แบบลดรูปของการศึกษา GR&R ของการวัดมุม TG หลัง Pre-singulation.....	67
5.3	ผลการประเมินความผันแปรของการวัดมุม TG หลัง Pre-singulation.....	68
5.4	ตาราง ANOVA ของการศึกษา GR&R ของการวัดมุม TG หลัง Final-singulation..	70
5.5	ตาราง ANOVA แบบลดรูปของการศึกษา GR&R ของการวัดมุม TG หลัง Final-singulation.....	70
5.6	ผลการประเมินความผันแปรของการวัดมุม TG หลัง Final-singulation.....	71
5.7	ตาราง ANOVA ของการศึกษา GR&R ของการวัดมุม Arm หลังการขึ้นรูป.....	73
5.8	ตาราง ANOVA แบบลดรูปของการศึกษา GR&R ของการวัดมุม Arm หลังการขึ้นรูป.....	73
5.9	ผลการประเมินความผันแปรของการวัดมุม Arm หลังการขึ้นรูป.....	74
5.10	ตาราง ANOVA ของการศึกษา GR&R ของการวัดมุมงานหลังเชื่อม.....	76
5.11	ตาราง ANOVA แบบลดรูปของการศึกษา GR&R ของการวัดมุมงานหลังเชื่อม.....	76
5.12	ผลการประเมินความผันแปรของการวัดมุมงานหลังเชื่อม.....	77
5.13	ตาราง ANOVA ของการศึกษา GR&R ของการวัดมุมงานหลังขึ้นค่าสปริง.....	79
5.14	ตาราง ANOVA แบบลดรูปของการศึกษา GR&R ของการวัดมุมงานหลังขึ้นค่าสปริง.....	79
5.15	ผลการประเมินความผันแปรของการวัดมุมงานหลังขึ้นค่าสปริง.....	80
5.16	ตาราง ANOVA ของการศึกษา GR&R ของการวัดมุม PSA.....	82
5.17	ตาราง ANOVA ของการศึกษา GR&R ของการวัดมุม PSA.....	82
5.18	ผลการประเมินความผันแปรของการวัดมุม PSA.....	83

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.19	แสดงผลการทดสอบการแจกแจงปกติ..... 91
5.20	ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าความแปรปรวนของค่ามูมก่อนและหลัง กระบวนการขึ้นรูปค่าสปริง..... 92
5.21	ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าความแปรปรวนของค่ามูมก่อนและหลัง กระบวนการล้างชิ้นงาน..... 92
5.22	ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าความแปรปรวนของค่ามูมก่อนและหลัง กระบวนการตัดค่าสปริงและค่ามูมตัวงานที่ M1..... 93
5.23	ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าความแปรปรวนของค่ามูมก่อนและหลัง กระบวนการตัดค่าสปริงและค่ามูมตัวงานที่ M2..... 94
5.24	ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าความแปรปรวนของค่ามูมก่อนและหลัง กระบวนการตัดค่าสปริงและค่ามูมตัวงานที่ M3..... 95
5.25	ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าความแปรปรวนของค่ามูมก่อนและหลัง กระบวนการตัดแยกตัวงาน..... 95
5.26	ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าความแปรปรวนของค่ามูมก่อนและหลัง กระบวนการตรวจสอบด้วยตา..... 96
5.27	แสดงตาราง Cause and Effect Matrix..... 101
5.28	ตารางการวิเคราะห์ FMEA ของกระบวนการเชื่อมประกอบชิ้นงาน..... 106
6.1	แสดงค่าการปรับในแต่ละระดับของปัจจัย..... 115
6.3	แสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากค่าระยะ Y..... 128
6.3	แสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากค่าระยะ X..... 130
6.4	แสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง..... 132
6.5	แสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจาก ความเรียบของ TG..... 134
6.6	แสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจาก การระยะเวลาในการประจุพลังงาน..... 136
6.7	แสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจาก การระยะเวลาในการคายพลังงาน..... 138
6.8	แสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจาก ค่าแรงดันไฟฟ้า..... 140

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
6.9	แสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจาก ระยะไฟฟ้าของการเชื่อม.....	142
7.1	แสดงค่าระดับของปัจจัยในการทดลอง.....	144
7.2	ตาราง Design Matrix ของการทดลอง.....	147
7.3	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต.....	152
7.4	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแบบลดรูป.....	154
7.5	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแบบถดถอย.....	158
7.6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความไม่สมรูปของตัวแบบกับข้อมูล.....	159
9.1	ตารางผลตอบแทนหลังการปรับปรุงเทียบกับปริมาณการขายจากการพยากรณ์.....	185

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตของพารามิเตอร์ PSA.....	2
2.1	ส่วนประกอบของฮาร์ดไดรฟ์.....	9
2.2	ส่วนประกอบของแขนจับหัวอ่าน.....	11
2.3	แขนจับหัวอ่านสำเร็จรูป.....	12
3.1	Five-phase improvement cycle.....	17
3.2	สัญลักษณ์พื้นฐานในแผนภาพกระบวนการผลิต.....	19
3.3	ตัวอย่างแผนภูมิอิชิกาวาของปัญหาการรอคอยเตียงรักษาของคนไข้ในโรงพยาบาล	21
3.4	แผนภูมิพาเรโตแสดงข้อบกพร่องในการใช้ยา.....	23
3.5	แผนภาพขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ.....	25
3.6	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร.....	40
3.7	แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยเหลือและลำดับของข้อมูล.....	43
3.8	แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยเหลือและลำดับของข้อมูล.....	44
3.9	แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยเหลือและค่า Fitted value.....	45
3.10	แผนภาพแสดงปัจจัยร่วมในการทดลอง.....	46
3.11	แผนภาพแสดง Treatment Combination ใน 2^k Factorial Design	47
3.12	รูปแบบทั่วไปของแผนภูมิควบคุม.....	49
5.1	แสดงชิ้นส่วนประกอบแขนจับหัวอ่านโมเดล QS Long Tail.....	55
5.2	แสดงแผนภาพกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน.....	56
5.3	เครื่อง Janome Machine.....	57
5.4	ลักษณะ Formed Arm.....	58
5.5	ลักษณะแถบสีบาร์โค้ดที่ถูกต้องและชัดเจน.....	58
5.6	กระบวนการ Pre-singulation.....	59
5.7	เครื่องจักร Final-singulation.....	59
5.8	งาน Trace laminated gimbal ที่พร้อมจะนำไปเชื่อม.....	60
5.9	เครื่อง Laser welding machine.....	60
5.10	ลำดับการใส่ชิ้นงานใน carrier.....	61
5.11	ลักษณะของ Cartridge.....	61
5.12	ชิ้นงานหลังผ่านกระบวนการ 3 in 1.....	62

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.13	ตะกร้าล้างงาน..... 62
5.14	เครื่องล้างงาน APC (Aqueous precision cleaning machine)..... 63
5.15	Cpk enhancement machine..... 64
5.16	ลักษณะของบรรจุภัณฑ์..... 64
5.17	การตรวจสอบด้วยสายตา..... 65
5.18	แผนภูมิควบคุม Xbar-R ของพารามิเตอร์ Pre-Angle..... 69
5.19	แผนภูมิควบคุม Xbar-R ของพารามิเตอร์ Final-Angle..... 72
5.20	แผนภูมิควบคุม Xbar-R ของพารามิเตอร์ Arm-Angle..... 75
5.21	แผนภูมิควบคุม Xbar-R ของพารามิเตอร์ LW-pitch..... 78
5.22	แผนภูมิควบคุม Xbar-R ของพารามิเตอร์ RF-pitch..... 81
5.23	แผนภูมิควบคุม Xbar-R ของพารามิเตอร์ PSA..... 84
5.24	แผนภาพขั้นตอนการทดลอง..... 86
5.25	แสดงฮีสโตแกรมของกระบวนการเชื่อม..... 87
5.26	แสดงฮีสโตแกรมของกระบวนการขึ้นรูปค่าสปริง..... 87
5.27	แสดงฮีสโตแกรมของกระบวนการล้างชิ้นงาน..... 88
5.28	แสดงฮีสโตแกรมของกระบวนการตัดค่าสปริงและค้ำมุดตัวงาน..... 89
5.29	แสดงฮีสโตแกรมของกระบวนการตัดแยกตัวงาน..... 89
5.30	แสดงฮีสโตแกรมของกระบวนการตรวจสอบด้วยตา..... 90
5.31	กราฟแสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานแยกตามกระบวนการ..... 97
5.32	กราฟแสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่กระบวนการตัดค่าสปริงและค้ำมุดตัวงาน..... 97
5.33	แสดงแผนภาพกระบวนการเชื่อมประกอบชิ้นส่วน..... 99
5.34	แสดงแผนภาพอิชิกาวาของความแปรปรวนของค้ำมุด..... 100
5.35	แสดงแผนภูมิพาเรโตเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ จากการวิเคราะห์ ด้วย Cause and Effect Matrix..... 102
5.36	แสดงแผนภูมิพาเรโตเรียงลำดับตามคะแนน RPN..... 105
6.1	แสดงตำแหน่งการวัดของระยะ X และ Y ของจุดเชื่อม..... 112
6.2	ลักษณะของเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อม..... 113
6.3	ระยะโฟกัสของการเชื่อม..... 114
6.4	ขั้นตอนการทดลองสำหรับระยะ Y ของจุดเชื่อม..... 119
6.5	ขั้นตอนการทดลองสำหรับระยะ X ของจุดเชื่อม..... 120

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
6.6	ขั้นตอนการทดลองสำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อม.....	121
6.7	ขั้นตอนการทดลองสำหรับความเรียบของ TG.....	122
6.8	ขั้นตอนการทดลองสำหรับระยะเวลาในการประจุพลังงาน.....	123
6.9	ขั้นตอนการทดลองสำหรับระยะเวลาในการคายพลังงาน.....	124
6.10	ขั้นตอนการทดลองสำหรับแรงดันไฟฟ้า.....	125
6.11	ขั้นตอนการทดลองสำหรับระยะโพกัสของการเชื่อม.....	126
6.12	กราฟแสดงการกระจายของค่ามุมหลังเชื่อมของระยะ Y.....	128
6.13	กราฟแสดงการกระจายของค่ามุมหลังเชื่อมของระยะ X.....	130
6.14	กราฟแสดงการกระจายของค่ามุมหลังเชื่อมของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง.....	132
6.15	กราฟแสดงการกระจายของค่ามุมหลังเชื่อมของ TG.....	134
6.16	กราฟแสดงการกระจายของค่ามุมหลังเชื่อมของ T-Off.....	136
6.17	กราฟแสดงการกระจายของค่ามุมหลังเชื่อมของ T-On.....	138
6.18	กราฟแสดงการกระจายของค่ามุมหลังเชื่อมของค่าแรงดันไฟฟ้า.....	140
6.19	กราฟแสดงการกระจายของค่ามุมหลังเชื่อมของระยะโพกัสของการเชื่อม.....	142
7.1	ขั้นตอนการทดลองเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต.....	149
7.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $SS_E(\lambda)$ กับค่า λ	150
7.3	แผนภูมิพาเรโตแสดงอิทธิพลของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง.....	153
7.4	กราฟแสดงการกระจายของค่าเฉลี่ยเหลือ.....	155
7.5	แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยเหลือและลำดับของข้อมูล.....	156
7.6	แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยเหลือและค่า Fitted value.....	157
7.7	ผลการวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าไปที่สำคัญ.....	160
7.8	แผนภูมิการกระจายของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อมที่ 1.....	161
7.9	แผนภูมิการกระจายของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อมที่ 2.....	161
7.10	แผนภูมิการกระจายของระยะ Y ของจุดเชื่อมที่ 1.....	162
7.11	แผนภูมิการกระจายของระยะ Y ของจุดเชื่อมที่ 2.....	163
8.1	ขั้นตอนการทดสอบยืนยันผล.....	166
8.2	การแผนการกระจายของค่ามุมหลังเชื่อม.....	167
8.3	ผลการทดสอบค่า PSA.....	168

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
9.1	ไปตรวจสอบเครื่องเชื่อมประกอบชิ้นงาน..... 171
9.2	ขั้นตอนการแก้ไขเมื่อแรงดันไฟฟ้าออกนอกค่าที่กำหนด.....172
9.3	ลักษณะของข้อมูลที่ออกนอกการควบคุม..... 175
9.4	OCAP สำหรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อม..... 176
9.5	OCAP สำหรับระยะ Y ของจุดเชื่อม..... 177
9.6	แผนภูมิควบคุม \bar{X} - R สำหรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจุดเชื่อมจุดที่ 1..... 178
9.7	แผนภูมิควบคุม \bar{X} - R สำหรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจุดเชื่อมจุดที่ 2..... 179
9.8	แผนภูมิควบคุม \bar{X} - R สำหรับระยะ Y ของจุดเชื่อมจุดที่ 1..... 180
9.9	แผนภูมิควบคุม \bar{X} - R สำหรับระยะ Y ของจุดเชื่อมจุดที่ 2..... 180
9.10	การกระจายของค่ามุมหลังเชื่อม..... 181
9.11	ปริมาณของเสียในหน่วย DPPM ก่อนและหลังการปรับปรุง..... 182
9.12	การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง.....183
9.13	กราฟเส้นแสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีความสามารถ ด้านสมรรถนะของกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุง.....183