

**การถอดจุดบกพร่องของการประกอบแผ่นฉายวงจรพิมพ์
โดยการวิเคราะห์ความสามารถในการผลิต**

นาย ทิพรชัย ปราการพิลาต



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-639-831-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**DEFECTS REDUCTION OF A PRINTED CIRCUIT BOARD ASSEMBLY
BASED ON ANALYSIS OF MANUFACTURING CAPABILITY**



Mr Tipornchai Prakarnpilas

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

Department of Industrial Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1998

ISBN 974-639-831-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การลดจุดบกพร่องของการประกอบแผ่นลายวงจรพิมพ์
โดยการวิเคราะห์ความสามารถในการผลิต

ภาควิชา


นาย ทิพรชัย ปราการพิลาศ

อาจารย์ที่ปรึกษา

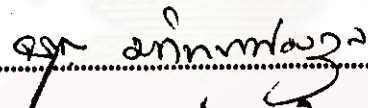
วิศวกรรมอุตสาหกรรม


ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชุตินวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์จรรยา มหิตาพงษ์กุล)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรียวเดชะ)

ทิพรชัย ปราการพิลาศ : การลดจุดบกพร่องของการประกอบแผ่นลายวงจรพิมพ์โดยการวิเคราะห์ความสามารถในการผลิต (DEFECTS REDUCTION OF A PRINTED CIRCUIT BOARD ASSEMBLY BASED ON ANALYSIS OF MANUFACTURING CAPABILITY) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 109 หน้า ISBN 974-639-831-8

อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมที่มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตมักจะถูกออกแบบมาจากบริษัทแม่หรือไม่ก็มีการลอกเลียนแบบมา แบบที่ใช้ในการผลิตที่ได้มาจากฝ่ายออกแบบมักจะไม่สามารถคล้องกับความสามารถในการผลิต ดังนั้นทำให้การผลิตจึงมีปัญหา มาก ต้องเดินที่จะผลิตและจะประสบปัญหาของเสียมีจำนวนมาก ดังนั้นการวิเคราะห์ความสามารถในการผลิตจะช่วยลดปัญหาเหล่านี้ได้

การลดจุดบกพร่องในการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นลายวงจรพิมพ์โดยการวิเคราะห์ความสามารถในการผลิต โดยการวิเคราะห์จุดบกพร่องของผลิตภัณฑ์รุ่น PCBA1 โดยการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลของจุดบกพร่อง ซึ่งพบว่ามีปัญหาจุดบกพร่องหลักอยู่ 4 ชนิด คือ Short , Unsolder , Reverse และ Floating จากนั้นจะทำการวิเคราะห์จุดบกพร่องของผลิตภัณฑ์เนื่องจากข้อกำหนดของแบบเทียบกับความสามารถในการผลิต ทั้งนี้การวิเคราะห์จะยึดตามหลักของการจัดการ 3 M ได้แก่ คน (Man) , วิธีการ (Method) และเครื่องจักร (Machine) ซึ่งจะพบว่าปัญหาส่วนใหญ่จะเกิดจากการออกแบบที่ไม่เหมาะสมกับความสามารถในการผลิต จากนั้นทำการกำหนดแนวทางในการปรับปรุงโดยไม่เน้นที่แก้ที่ต้นเหตุของปัญหาซึ่งมีอยู่ 2 วิธี คือการเปลี่ยนแบบ และการเปลี่ยนวิธีการทำงาน ซึ่งทำให้เปอร์เซ็นต์จุดบกพร่องลดลงอย่างมาก ซึ่งได้แก่

ปัญหาเรื่อง Unsolder	ลดลงจาก 273.0 เปอร์เซ็นต์เป็น	1.41 เปอร์เซ็นต์
ปัญหาเรื่อง Short	ลดลงจาก 213.5 เปอร์เซ็นต์เป็น	2.54 เปอร์เซ็นต์
ปัญหาเรื่อง Floating	ลดลงจาก 120.5 เปอร์เซ็นต์เป็น	0 เปอร์เซ็นต์
ปัญหาเรื่อง Reverse	ลดลงจาก 20.5 เปอร์เซ็นต์เป็น	0 เปอร์เซ็นต์
ปัญหาเรื่อง ไม่สามารถทำได้	ลดลงจาก 200 เปอร์เซ็นต์เป็น	0 เปอร์เซ็นต์

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
 สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
 ปีการศึกษา ๒๕๕๑

ลายมือชื่อนิสิต ทนธร ปรุการพิลาศ
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C816910 INDUSTRIAL ENGINEERING

: MAJOR

KEY WORD: DEFECTS REDUCTION

TIPORNCHAI PRAKARNPILAS : DEFECTS REDUCTION OF A PRINTED CIRCUIT BOARD ASSEMBLY BASED ON ANALYSIS OF MANUFACTURING CAPABILITY. THESIS ADVISOR: PROF. SIRICHAN THONGPRASERT, Ph.D. 109pp. ISBN 974-639-831-8

Electrical appliance and electronic industry is the continuing expansion industry but the design of product most come from parent company or the duplicated one. Design input is not relevant to the existing manufacturing capability so many production problems and defects are resulted. The analysis of manufacturing capability is proposed to solve this problem.

Defects reduction of printed circuit board assembly based on the analysis of manufacturing capability are developed. By analysing the causes of PCBA1 model defects, 4 major defects, namely Short, Unsolder, Reverse and Floating, are found. By analysing the manufacturing capability based on 3 M management Man Method and Machine on the defects, their causes are from design that is not suitable for manufacturing capability. Then 2 guidelines for improvement i.e. Design Change and Method Change are proposed to reduce the defects. The result from the proposed guidelines are as follows:

Unsold	Problem	reduce from 273.0 to	1.41%
Short	Problem	reduce from 213.5 to	2.54%
Floating	Problem	reduce from 120.5 to	0%
Reverse	Problem	reduce from 20.5 to	0%
Can't do	Problem	reduce from 200.0 to	0%

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม

สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา..... 2541

ลายมือชื่อนิสิต..... วิชาเอก วิศวกรรมไฟฟ้า

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดีจากความกรุณาเป็นอย่างสูงของศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ทองประเสริฐ ซึ่งได้กรุณาตรวจทาน แก้ไข แนะนำแนวทางและให้คำอธิบายตลอดเวลาที่ทำการวิจัย นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ จรุง มหิตธาฟองกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรียวเดชะซึ่งได้ให้คำชี้แนะในการดำเนินแนวทางการวิจัยตั้งแต่ต้น

ผู้เขียนยังได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากพนักงาน วิศวกรของโรงงานที่ทำการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานตามโครงการวิจัยนี้ โดยช่วยในการเก็บข้อมูล, ให้รายละเอียด, ให้ความร่วมมือในการวิเคราะห์ข้อมูลและเสนอแนวทางในการลดจุดบกพร่องในการประกอบแผ่นลายวงจรพิมพ์เป็นอย่างดี จึงขอขอบพระคุณอย่างจริงใจต่อทุกท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณพระคุณบิดา-มารดา ซึ่งให้การอบรมสั่งสอนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำย่อ

DFM	ย่อมาจาก	DESIGN FOR MANUFACTURABILITY
PCB	ย่อมาจาก	PRINTED CIRCUIT BOARD
PCBA	ย่อมาจาก	PRINTED CIRCUIT BOARD ASSEMBLY
SMT	ย่อมาจาก	SURFACE MOUNT TECHNOLOGY



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
คำย่อ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ณ
1. บทนำ.....	1
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
3. การศึกษาโรงงานตัวอย่างและการประกอบผลิตภัณฑ์ที่ทำกรวิจัย.....	17
3.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานที่ศึกษาวิจัย.....	17
3.2 การประกอบผลิตภัณฑ์ที่ทำกรวิจัย.....	19
3.3 การวิเคราะห์ขีดความสามารถในการผลิตของสถานึงานใน สาขการผลิต.....	34
4. การศึกษาการวิเคราะห์ปัญหาและจุดบกพร่อง.....	48
4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลของจุดบกพร่อง.....	59
4.2 ข้อมูลของจุดบกพร่อง.....	59
4.3 การวิเคราะห์ปัญหาของจุดบกพร่องตามสาเหตุ.....	60
5. กำหนดแนวทางในการปรับปรุง.....	81
5.1 การเปลี่ยนแบบ (DESIGN CHANG).....	81
5.2 การเปลี่ยนวิธีการทำงาน.....	90
5.3 ผลการปรับปรุงการเปลี่ยนแบบ.....	99
5.4 ผลการปรับปรุงการเปลี่ยนวิธีการทำงาน.....	100
5.5 การกำหนดแนวทางในการปรับปรุง.....	102

สารบัญ

	หน้า
6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	105
รายการอ้างอิง.....	108
ประวัติผู้เขียน.....	109



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
3.1 รายการปริมาณการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และชื่อตำแหน่งของการเสียบ อัดโนมัติในแนวนอน	23
3.2 รายการปริมาณการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และชื่อตำแหน่งของการเสียบ อัดโนมัติในแนวตั้ง	25
3.3 รายการปริมาณการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และชื่อตำแหน่งของการวางบน พื้นผิวอัดโนมัติ	28
3.4 รายการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และชื่อตำแหน่งของการประกอบด้วยมือ	31
3.5 รายการสรุปความสามารถในการผลิตของสถานงานในการผลิต ผลิตภัณฑ์ PCBA1	46
4.1 รายการปริมาณของจุดบกพร่อง FLOATING ของแผ่นลายวงจรพิมพ์ด้าน บน 3 ลีต จำนวน 400 ชิ้น	47
4.2 รายการเปอร์เซ็นต์ของจุดบกพร่อง FLOATING ของแผ่นลายวงจรพิมพ์ ด้านบน 3 ลีต จำนวน 400 ชิ้น	49
4.3 รายการปริมาณของจุดบกพร่อง REVERSE ของแผ่นลายวงจรพิมพ์ด้าน บน 3 ลีต จำนวน 400 ชิ้น	50
4.4 รายการเปอร์เซ็นต์ของจุดบกพร่อง REVERSE ของแผ่นลายวงจรพิมพ์ ด้านบน 3 ลีต จำนวน 400 ชิ้น	50
4.5 รายการปริมาณของจุดบกพร่อง SHORT ของแผ่นลายวงจรพิมพ์ด้านล่าง 3 ลีต จำนวน 400 ชิ้น	51
4.6 รายการเปอร์เซ็นต์ของจุดบกพร่อง SHORT ของแผ่นลายวงจรพิมพ์ด้าน ล่าง 3 ลีต จำนวน 400 ชิ้น	51
4.7 รายการปริมาณของจุดบกพร่อง UNSOLDER ของแผ่นลายวงจรพิมพ์ด้าน ล่าง 3 ลีต จำนวน 400 ชิ้น	52
4.8 รายการเปอร์เซ็นต์ของจุดบกพร่อง UNSOLDER ของแผ่นลายวงจรพิมพ์ ด้านล่าง 3 ลีต จำนวน 400 ชิ้น	52

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
4.9	วิเคราะห์ความสามารถในการผลิตเทียบกับข้อกำหนดของแบบ.....62 ของจุดบกพร่อง SW1,SW2และSW3
4.10	วิเคราะห์ความสามารถในการผลิตเทียบกับข้อกำหนดของแบบ.....64 ของจุดบกพร่อง JK1
4.11	วิเคราะห์ความสามารถในการผลิตเทียบกับข้อกำหนดของแบบ.....66 ของจุดบกพร่อง BCN2และBCN3
4.12	วิเคราะห์ความสามารถในการผลิตเทียบกับข้อกำหนดของแบบ.....68 ของจุดบกพร่อง BCN1,CN1,CN2,CN3,CN4,CN7และCN8
4.13	วิเคราะห์ความสามารถในการผลิตเทียบกับข้อกำหนดของแบบ.....71 ของจุดบกพร่อง CN7,CN7และCN3
4.14	วิเคราะห์ความสามารถในการผลิตเทียบกับข้อกำหนดของแบบ.....72 ของจุดบกพร่อง VR3และVR4
4.15	วิเคราะห์ความสามารถในการผลิตเทียบกับข้อกำหนดของแบบ.....74 ของจุดบกพร่อง BCN1
4.16	วิเคราะห์ความสามารถในการผลิตเทียบกับข้อกำหนดของแบบ.....75 ของจุดบกพร่อง Q3และQ8
4.17	วิเคราะห์ความสามารถในการผลิตเทียบกับข้อกำหนดของแบบ.....77 ของจุดบกพร่อง DT6,DT7,DT13,DT14,DT15และQ6
4.18	วิเคราะห์ความสามารถในการผลิตเทียบกับข้อกำหนดของแบบ.....78 ของจุดบกพร่อง Q5
4.19	วิเคราะห์ความสามารถในการผลิตเทียบกับข้อกำหนดของแบบ.....79 ของจุดบกพร่อง CN3
4.20	วิเคราะห์ความสามารถในการผลิตเทียบกับข้อกำหนดของแบบ.....80 ของจุดบกพร่อง IC9
5.1	รายการเปอร์เซ็นต์จุดบกพร่อง FLOATING ก่อนและหลังการ.....97 ปรับปรุง

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
5.2 รายการเปอร์เซ็นต์จุดบกพร่อง REVERSE ก่อนและหลังการ ปรับปรุง	97
5.3 รายการเปอร์เซ็นต์จุดบกพร่อง SHORT ก่อนและหลังการ ปรับปรุง	98
5.4 รายการเปอร์เซ็นต์จุดบกพร่อง UNSOLDER ก่อนและหลัง การปรับปรุง	98
5.5 ตารางการตรวจสอบความสามารถในการผลิต	104

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปภาพประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1 ความแตกต่างระหว่างปัญหาทางด้าน PRODUCIBILITY.....11 ENGINEERING กับ METHOD ENGINEERING	
3.1 การจัดองค์การของบริษัทที่ทำการศึกษาวิจัย.....18	
3.2 แสดงขั้นตอนการเทียบอัตโนมัติในแนวนอน.....20	
3.3 แสดงขั้นตอนกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ PCBA1.....22	
3.4 แสดงขั้นตอนการเทียบอัตโนมัติในแนวตั้ง.....24	
3.5 แสดงขั้นตอนการวางบนพื้นผิวอัตโนมัติ.....26	
3.6 PCB Size และ No Component at Edge ของสถานีการเทียบ.....35 อัตโนมัติในแนวนอน	
3.7 Maximum Height of Existing Component ของสถานีการเทียบ.....36 อัตโนมัติในแนวนอน	
3.8 PCB Size และ No Component at Edge ของสถานีการเทียบ.....38 อัตโนมัติในแนวตั้ง	
3.9 Maximum Height of Existing Component ของสถานีการเทียบ.....38 อัตโนมัติในแนวตั้ง	
3.10 PCB Size และ No Component at Edge ของสถานีการหยอด.....39 กาวอีพอกซี	
3.11 Maximum Height of Existing Component ของสถานีการหยอด.....40 กาวอีพอกซี	
3.12 PCB Size และ No Component at Edge ของสถานีการวางบนพื้นผิว.....41 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อัตโนมัติ	
3.13 Maximum Height of Existing Component ของสถานีการวางบนพื้นผิว.....42 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อัตโนมัติ	
3.14 Maximum Height of Existing Component ของสถานีการประกอบด้วยมือ.....43	
3.15 PCB Size และ No Component at Edge ของสถานีการบัดกรีอัตโนมัติ.....43	
3.16 Maximum Height of Existing Component ของสถานีการบัดกรีอัตโนมัติ.....44	

รายการรูปภาพประกอบ

รูปที่	หน้า
4.1 กราฟแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์และรายการของเสียของล็อตที่ 1,2 และ 3.....	53
4.2 กราฟแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์รายการของเสียจากมากไปหาน้อย.....	54
4.3 กราฟแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ของจุดบกพร่อง UNSOLDER.....	55
4.4 กราฟแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ของจุดบกพร่อง SHORT.....	56
4.5 กราฟแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ของจุดบกพร่อง FLOATING.....	57
4.6 กราฟแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ของจุดบกพร่อง REVERSE.....	58
4.7. ภาพด้านบนของแผ่นลายวงจรพิมพ์ ณ ตำแหน่งสวิทช์ SW1,.....	63
SW2 และ SW3 ก่อนใส่อุปกรณ์	
4.8. ภาพด้านบนของแผ่นลายวงจรพิมพ์ ณ ตำแหน่งสวิทช์ SW1,.....	63
SW2 และ SW3 หลังใส่อุปกรณ์	
4.9. ภาพด้านบนของแผ่นลายวงจรพิมพ์ ณ ตำแหน่งเต้าเสียบ JK1	64
ก่อนใส่อุปกรณ์	
4.10. ภาพด้านบนของแผ่นลายวงจรพิมพ์ ณ ตำแหน่งเต้าเสียบ JK1.....	65
หลังใส่อุปกรณ์	
4.11. ภาพด้านบนของแผ่นลายวงจรพิมพ์ ณ ตำแหน่งขั้วต่อ BCN2,.....	66
BCN3 ก่อนใส่อุปกรณ์	
4.12. ภาพด้านบนของแผ่นลายวงจรพิมพ์ ณ ตำแหน่งขั้วต่อ BCN2,.....	66
BCN3 หลังใส่อุปกรณ์	
4.13. ภาพด้านบนของแผ่นลายวงจรพิมพ์ ณ ตำแหน่งขั้วต่อ BCN1	68
ก่อนใส่อุปกรณ์	
4.14. ภาพด้านบนของแผ่นลายวงจรพิมพ์ ณ ตำแหน่งขั้วต่อ BCN1.....	68
หลังใส่อุปกรณ์	
4.15. ภาพด้านบนของแผ่นลายวงจรพิมพ์ ณ ตำแหน่งขั้วต่อ CN1,.....	68
และCN2 ก่อนใส่อุปกรณ์	
4.16. ภาพด้านบนของแผ่นลายวงจรพิมพ์ ณ ตำแหน่งขั้วต่อ CN1,.....	69
และCN2 หลังใส่อุปกรณ์	

รายการรูปภาพประกอบ

รูปที่	หน้า
4.17. ภาพด้านบนของแผ่นลายวงจรมิพท์ ณ ตำแหน่งขั้วต่อ CN3 ก่อนใส่อุปกรณ์	69
4.18. ภาพด้านบนของแผ่นลายวงจรมิพท์ ณ ตำแหน่งขั้วต่อ CN3..... หลังใส่อุปกรณ์	69
4.19. ภาพด้านบนของแผ่นลายวงจรมิพท์ ณ ตำแหน่งขั้วต่อ CN4..... ก่อนใส่อุปกรณ์	69
4.20. ภาพด้านบนของแผ่นลายวงจรมิพท์ ณ ตำแหน่งขั้วต่อ CN4..... หลังใส่อุปกรณ์	69
4.21. ภาพด้านบนของแผ่นลายวงจรมิพท์ ณ ตำแหน่งขั้วต่อ CN7,..... CN8 ก่อนใส่อุปกรณ์	70
4.22. ภาพด้านบนของแผ่นลายวงจรมิพท์ ณ ตำแหน่งขั้วต่อ CN7,..... CN8 หลังใส่อุปกรณ์	70
5.1 การปรับปรุงแบบสัญลักษณ์ภาพตัดด้านบนของข้อต่อ BCN2 และ BCN3	82
5.2 การปรับปรุงแบบสัญลักษณ์ภาพตัดด้านบนของข้อต่อ BCN1.....	83
5.3 การปรับปรุงแบบสัญลักษณ์ภาพตัดด้านบนของข้อต่อ CN1..... และ CN2	84
5.4 การปรับปรุงแบบสัญลักษณ์ภาพตัดด้านบนของข้อต่อ CN3.....	84
5.5 การปรับปรุงแบบสัญลักษณ์ภาพตัดด้านบนของข้อต่อ CN4.....	85
5.6 การปรับปรุงแบบสัญลักษณ์ภาพตัดด้านบนของข้อต่อ CN7..... และ CN8	85
5.7 การเปลี่ยนแบบของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูของปุ่มเลื่อน CN7 , CN8 และ CN3	86
5.8 การเปลี่ยนแบบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูของปุ่มเลื่อน VR3..... และ VR4	87

รายการรูปภาพประกอบ

รูปที่	หน้า
5.9 การปรับปรุงแบบสัญลักษณ์ภาพตัดด้านบนของข้อต่อ BCNI.....	89
5.10 เปลี่ยนวิธีการทำงานโดยใช้ SOLDERING JIG เป็นตัวลำเลียง.....	91
5.11 SHADOW EFFECT ความสูงของอุปกรณ์บังไม่ให้คลื่นตะกั่ว.....	95
สัมผัสถูกกับขาของอุปกรณ์ที่อยู่ด้านหลัง	
5.12 MIRROR EFFECT การสะท้อนของคลื่นตะกั่วโดยการหยอด.....	96
กาวอีพอกซีบริเวณด้านหลังของอุปกรณ์ที่เป็นเงา	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย