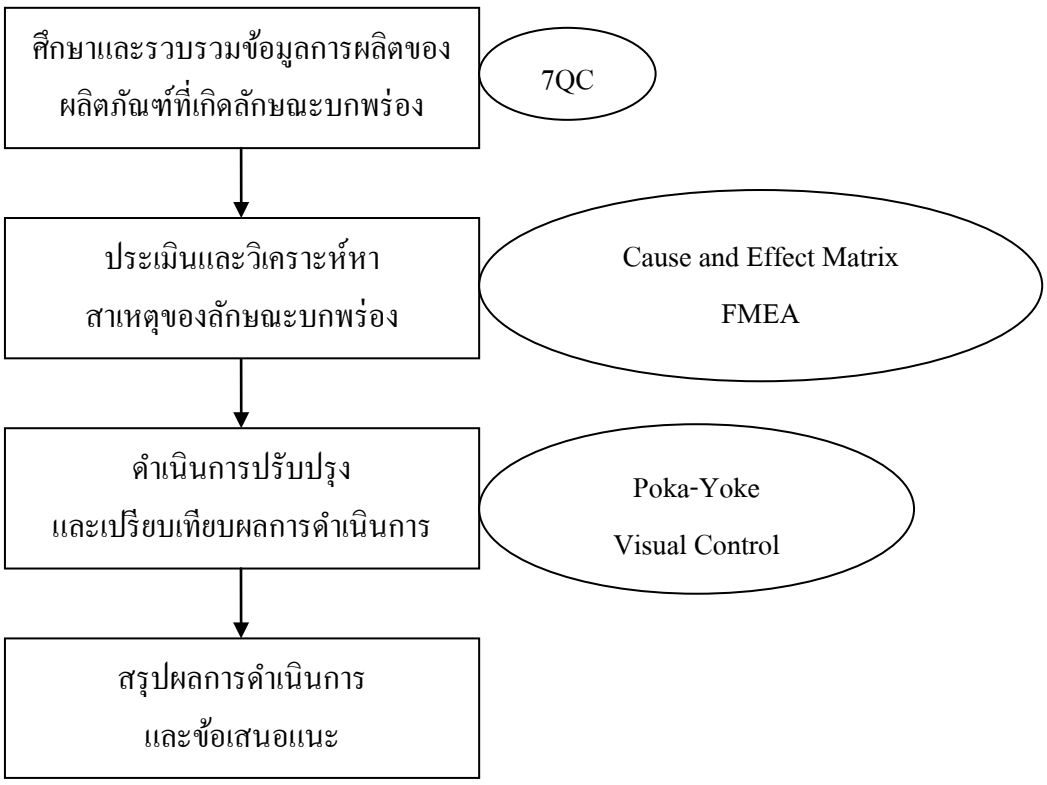
บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ขั้นตอนและวิธีการทำวิจัย

จากทฤษฎีที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 2 สามารถนำมาประยุกต์ใช้ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือ ลดลักษณะบกพร่องของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการประกอบแผงวงจรไฟฟ้า โดยวิเคราะห์หาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อกระบวนการประกอบแผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX

การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของลักษณะบกพร่องที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยและทีมงานได้ทำการกำหนดขั้นตอนต่าง ๆ ในการดำเนินงานแก้ไข ดังนี้



ภาพที่ 3.1 แผนภาพการไหลของขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 รายละเอียดขั้นตอนในการดำเนินงาน

3.2.1 ศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่เป็นสาเหตุปัจจัยให้เกิดลักษณะบกพร่อง และทำการรวบรวมข้อมูลลักษณะบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยนำเครื่องมือ 7QC มาประยุกต์ใช้ ทั้งนี้เลือกศึกษาจาก

(1) แหล่งข้อมูลภายนอก คือ เลือกศึกษาจากงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานที่ผู้วิจัยทำการศึกษา โดยนำเทคนิคการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติมาประยุกต์ใช้เพื่อหาสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ และเพื่อเป็นให้พนักงานตระหนักถึงการป้องกันและตรวจสอบถึงขีดความสามารถในกระบวนการผลิตที่แท้จริง รวมถึงสามารถพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เกิดประสิทธิภาพ เป็นมาตรฐานที่ดีขึ้น

(2) แหล่งข้อมูลภายใน คือ ศึกษาผ่านกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นจริง เพื่อค้นหา รวบรวมสาเหตุและแนวทางในการแก้ไข โดยการสำรวจบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลขั้นตอนการทำงานจริงในปัจจุบันและสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น

3.2.2 ดำเนินการประเมินและศึกษาวิเคราะห์ถึงสาเหตุของลักษณะบกพร่อง โดยผู้ที่มีความรู้เฉพาะทางในสายงานกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องของบริษัทตัวอย่างดังกล่าว ผ่านการระดมสมองและอาศัยเทคโนโลยีเฉพาะด้าน ด้วยการนำแผนผัง C&E Matrix และเทคนิค FMEA มาประยุกต์ใช้เพื่อให้เห็นภาพแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิตที่ชัดเจน สามารถระบุถึงปัจจัยสาเหตุที่เกี่ยวข้องและสามารถเลือกใช้หลักการทฤษฎีที่สอดคล้อง มากำหนดเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

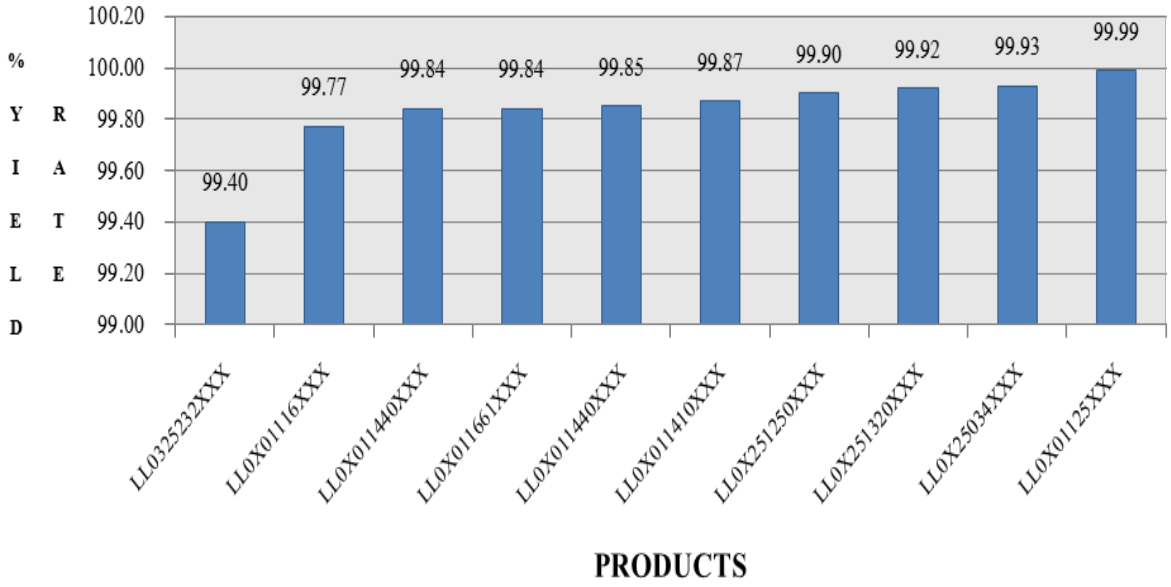
3.2.3 ดำเนินการปรับปรุงโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนก่อนหน้า พร้อมเปรียบเทียบผลการดำเนินการระหว่างผลก่อนการปรับปรุง และผลที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือเกิดประสิทธิภาพขึ้นมากน้อยเพียงใด

3.2.4 สรุปผลการดำเนินการว่ามีทิศทางการเปลี่ยนแปลงอย่างไร โดยลำดับขั้นอย่างเป็นเหตุเป็นผลที่ประกอบกัน และพร้อมนำเสนอแนวทางข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

3.3 การศึกษาและรวบรวมข้อมูลการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่เกิดลักษณะบกพร่อง

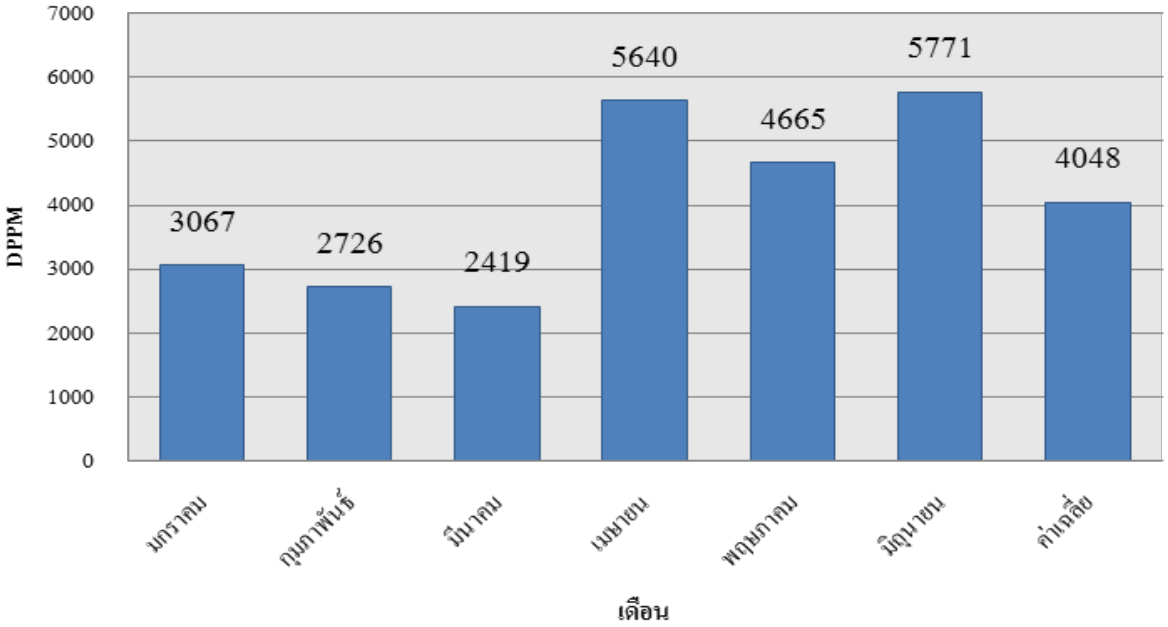
ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาอุตสาหกรรมการประกอบแผงวงจรไฟฟ้าและผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์จากบริษัทฯ ตัวอย่าง ซึ่งเป็นผู้ประกอบการที่ดำเนินธุรกิจให้บริการแบบครบวงจรในการประกอบผลิตภัณฑ์ประเภทแผงวงจรไฟฟ้าและผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิคส์ (Electronics Manufacturing Service: EMS) โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของผลิตภัณฑ์โดยการบันทึกและอ้างอิงค่าจาก Check Sheet และระบบคอมพิวเตอร์ในช่วงเดือน มกราคม ถึง มิถุนายน 2555

พบว่า ผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีผลผลิตสุทธิที่ได้จากกระบวนการผลิต ซึ่งหักการสูญเสียออกทั้งหมด (Yield) อยู่ที่ระดับ 99.40 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ซึ่งเป็นระดับที่ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระดับผลิตภัณฑ์อื่น หรือมีความผิดพลาดด้านคุณภาพ เกิดลักษณะบกพร่องสูงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการเกิดลักษณะบกพร่องของผลิตภัณฑ์อื่น ณ สถานีการตรวจสอบคุณภาพเพื่อเตรียมส่งไปยังลูกค้า PFQA (Pre-FQA: Final Inspection of Production) ดังภาพที่ 3.2



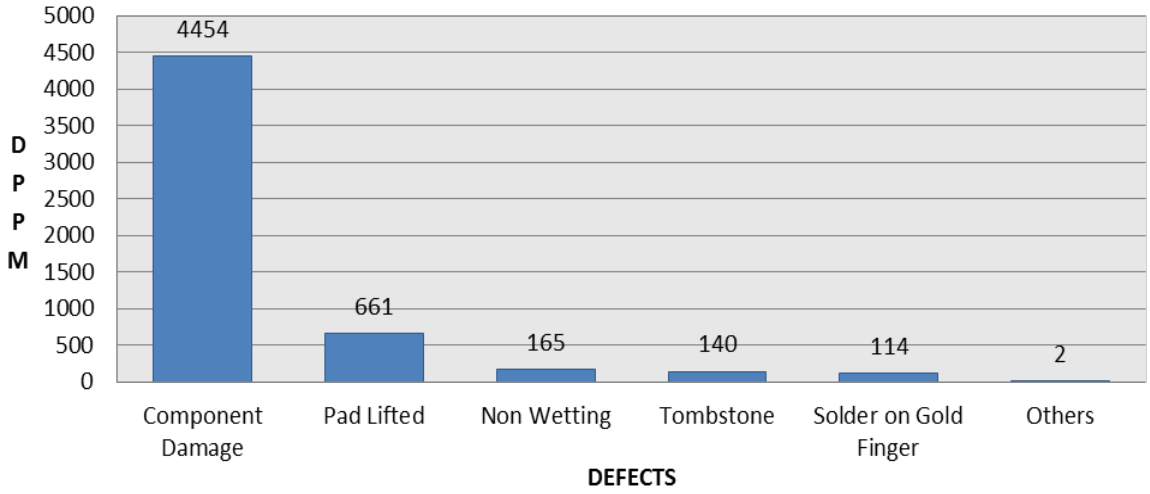
ภาพที่ 3.2 เปอร์เซ็นต์แสดงผลผลิตที่ได้ของผลิตภัณฑ์ LL0325232XXX เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่น ณ การตรวจสอบ PFQA ในช่วงเดือน มกราคม ถึง มิถุนายน 2555

เมื่อทำการตรวจสอบไปยังปริมาณลักษณะบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในระหว่างเดือนดังกล่าว โดยคิดในหน่วยของจำนวนของเสียต่อล้านหน่วย DPPM (Defect Parts Per Million) จะเห็นว่าปริมาณลักษณะบกพร่องที่เกิดขึ้นมีค่าเฉลี่ยถึง 4,048 DPPM ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ปริมาณลักษณะบกพร่อง ณ สถานีการตรวจสอบขั้นตอนสุดท้ายระหว่างเดือนมกราคม ถึง มิถุนายน 2555

หากพิจารณาเพิ่มเติมต่อไปถึงลักษณะบกพร่องที่พบมากที่สุด จะพบว่าเป็นลักษณะของชิ้นส่วนบนตัวอุปกรณ์บกพร่องได้รับความเสียหาย (Component Damaged) รองลงมาคือ ลายวงจรหลุดออกจากแผงวงจร (Pad Lifted) ตะกั่วไม่เชื่อมกับตัวอุปกรณ์ (Non Wetting) ส่วนลักษณะบกพร่องอื่น ๆ คิดเป็น DPPM ที่ลดหลั่นลงมา ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 สัดส่วนลักษณะบกพร่องของผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX ในช่วงเดือน มกราคม ถึง มิถุนายน 2555

ปัญหาดังกล่าวนั้น นำไปสู่ประสิทธิภาพในการผลิตและประสิทธิภาพในการทำงานที่ลดลง คือ หนึ่ง ด้านการสูญเสียเวลาในขั้นตอนการทำงานที่มากขึ้น ทำให้พนักงานต้องดำเนินการผลิต ตรวจสอบการผลิต และตรวจสอบชิ้นผลิตภัณฑ์ใหม่อีกครั้ง สอง ด้านต้นทุนการผลิต ไม่ว่าจะพนักงานที่จำต้องทำงานเพิ่มขึ้น ชิ้นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ที่บริษัทต้องใช้ในการผลิตเพิ่มขึ้น และสุดท้าย แนวโน้มการเกิดการขนส่งผลิตภัณฑ์ที่ต้องล่าช้าออกไป ไม่ตรงตามแผนกระบวนการผลิตที่วางแผนไว้ และเนื่องด้วยตัวเลขทางสถิติของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่เป็นที่น่าสนใจ บริษัทฯ ตัวอย่างจึงควรวิเคราะห์หาสาเหตุและดำเนินการปรับปรุงแก้ไข เพื่อรักษาผลประกอบการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงเลือกเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่างของลักษณะบกพร่องในการวิจัยครั้งนี้

ในกระบวนการผลิตปกติ จะมีรายละเอียดของผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX และต้นทุนการซ่อมแซม ดังตารางที่ 3.1 และ 3.2

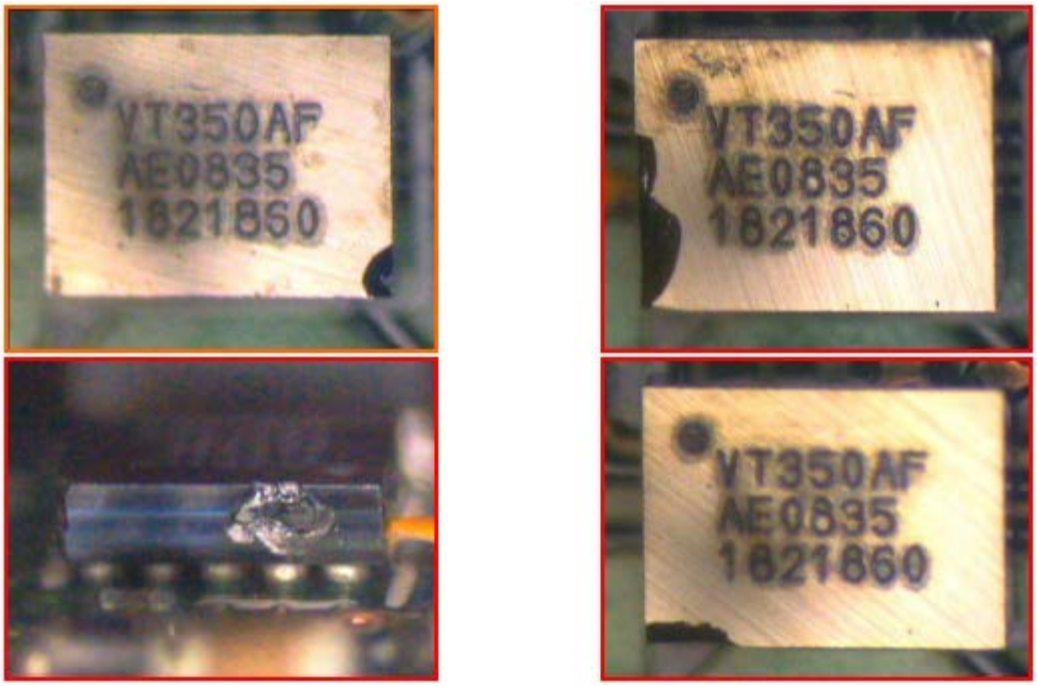
ตารางที่ 3.1 ปริมาณการผลิตและระยะเวลาการแก้ไขผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX

	แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX
ปริมาณการผลิต (ชิ้นต่อเดือน)	11,750
ระยะเวลาการแก้ไขการผลิต (นาทีต่อชิ้น)	5

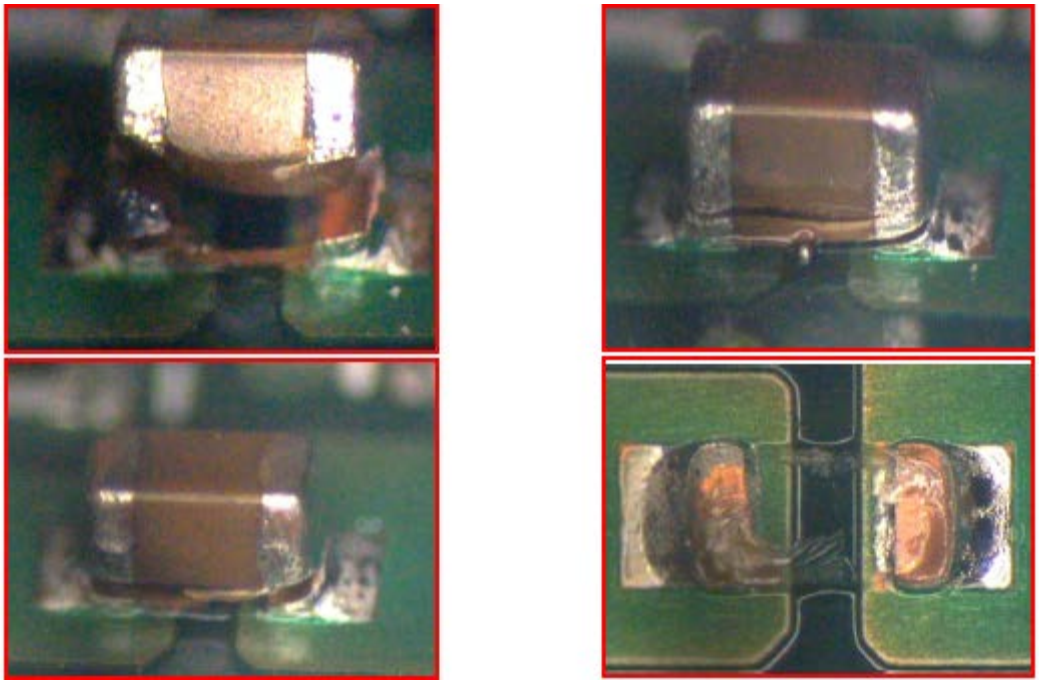
ตารางที่ 3.2 ต้นทุนในการซ่อมแซมแผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX

	ต้นทุน (ดอลลาร์สหรัฐฯ)
แรงงาน (ต่อชั่วโมง)	2.02
แผงวงจรไฟฟ้า (ต่อชิ้น)	8.00
ชิ้นส่วนอุปกรณ์สำรอง (ต่อชิ้น)	1.05

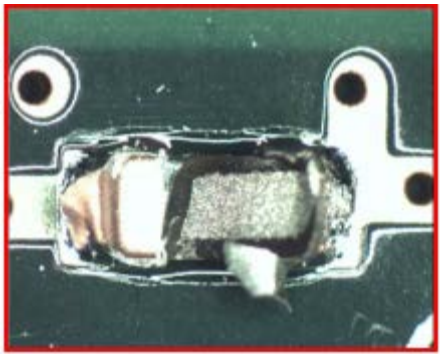
สำหรับลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตที่ตรวจพบจากบริษัทฯ ตัวอย่าง จะเป็นดังภาพที่ 3.5 ถึง 3.9



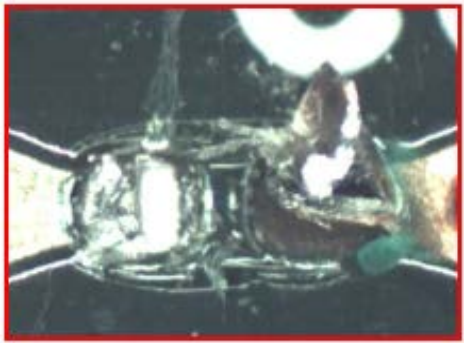
ภาพที่ 3.5 ภาพตัวอย่างลักษณะบกพร่องของอุปกรณ์ U1



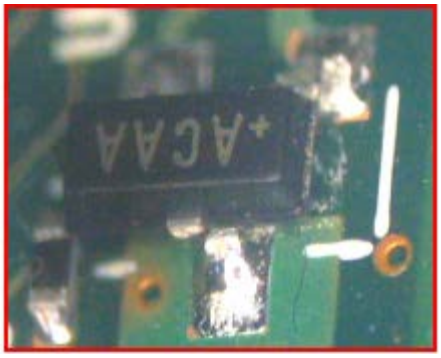
ภาพที่ 3.6 ภาพตัวอย่างลักษณะบกพร่องของอุปกรณ์ C5



ภาพที่ 3.7 ภาพตัวอย่างลักษณะบกพร่องของอุปกรณ์ C3



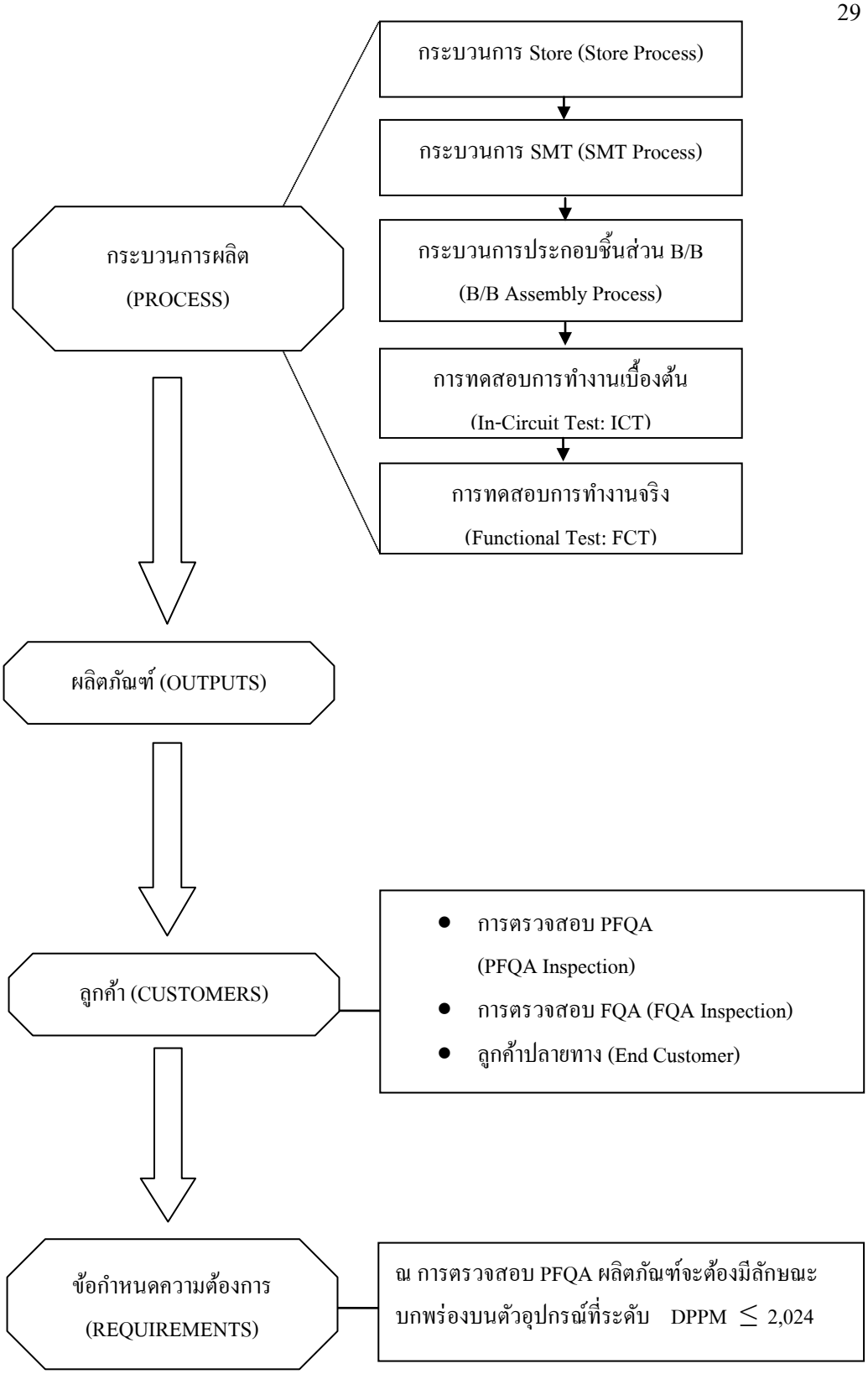
ภาพที่ 3.8 ภาพตัวอย่างลักษณะบกพร่องของอุปกรณ์ C34



ภาพที่ 3.9 ภาพตัวอย่างลักษณะบกพร่องของอุปกรณ์ U5

3.4 การประเมินและวิเคราะห์หาสาเหตุของลักษณะบกพร่อง

ผู้วิจัยและทีมงานเริ่มศึกษากระบวนการประกอบผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX ดังภาพที่ 3.10 ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในลำดับต่อไป



ภาพที่ 3.10 กระบวนการประกอบผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX

หากพิจารณาในขั้นตอนกระบวนการผลิต (Process) ที่ลงรายละเอียดต่อไป จะสามารถอธิบายได้เป็นขั้นตอนต่อเนื่อง คือ ขั้นตอน Store (Store Process) ขั้นตอน SMT (SMT Process) ขั้นตอน BoxBuild (BoxBuild Process: B/B Process)

สำหรับขั้นตอน Store (Store Process) จะแยกเป็น 4 สถานี ได้แก่

1) ขาเข้า (Incoming)

1.1) แยกหีบห่อการบรรจุชิ้นส่วนของวัตถุดิบเพื่อเตรียมการตรวจสอบ

1.2) ทำการตรวจ AQL และตรวจสอบตัวอย่างวัตถุดิบ

1.3) บันทึกข้อมูลในระบบ IQA

1.4) บรรจุหีบห่อวัตถุดิบอีกครั้ง

2) การจัดเก็บ (Store)

2.1) เก็บบันทึกข้อมูลของวัตถุดิบในระบบ

2.2) เคลื่อนย้ายวัตถุดิบเข้าที่ชั้นจัดเก็บ

2.3) จัดเตรียมวัตถุดิบตามรายการเมื่อมีการจัดสั่ง

3) เครื่องมือเตรียมการ (Kitting)

3.1) เตรียมวัตถุดิบตามรายการเพื่อคำสั่งการผลิต

3.2) จำแนกวัตถุดิบเพื่อเตรียมการสู่สายพานการผลิต

4) การจัดเตรียมสิ่งที่เกี่ยวข้อง

4.1) ตรวจสอบวัตถุดิบตามรายการที่เกี่ยวข้อง

4.2) จัดเตรียมวัตถุดิบสู่สายพานการผลิต

4.3) จัดเตรียมสายพานการผลิตและวัตถุดิบสู่เครื่องจักร

ต่อมาขั้นตอน SMT (SMT Process) จะแยกเป็น 8 สถานี ได้แก่

1) การลำเลียงแผงวงจรเข้าสู่กระบวนการผลิต (PCB Loader)

1.1) แยกหีบห่อ bare PCB จากบรรจุภัณฑ์หลัก

1.2) ลำเลียง bare PCB สู่สายพานการผลิต

2) การพิมพ์ตะกั่วบนพื้นผิวแผงวงจร (Screen Printing)

2.1) พิมพ์ลายฉลุลง bare PCB

2.2) ทำสูญญากาศส่วนที่เหลือและแนบติดกับ PCB

2.3) นำกล้องส่องตรวจสอบจุดสัญลักษณ์บน PCB

2.4) ทำความสะอาดพื้นผิวให้ปราศจากน้ำ

2.5) แยก PCB ออกจากแม่พิมพ์

2.6) เคลื่อนย้าย PCB ไปยังเครื่องยิงชิพ

3) เครื่องยิงชิพ (Chip Shooter)

3.1) วางแผ่นรองใต้ PCB

3.2) หัวจ่ายจัดวางชิพบนตำแหน่ง PCB

4) การกำหนดและเลือกวางตำแหน่ง (Pick and Place)

4.1) วางแผ่นรองใต้ PCB

4.2) หัวจ่ายกำหนดเลือกชิพและจัดวางชิพบนตำแหน่ง PCB

4.3) ผู้ควบคุมสายพานทำการวางตัวอุปกรณ์บน PCB

4.4) ผู้ควบคุมสายพานใช้คีมจัดวางตำแหน่ง

4.5) เคลื่อนย้าย PCBA ไปยังเครื่องหลอมเหลวตะกั่ว

5) การตรวจสอบ (Inspection)

5.1) การตรวจสอบ J2

5.2) ลำเลียง PCBA ไปยังแท่นวางผลิตภัณฑ์

6) เครื่องหลอมเหลวตะกั่ว (Reflow Oven)

6.1) ลำเลียง PCBA เข้าเครื่องหลอมเหลวตะกั่ว

7) การตรวจสอบหลังเข้าเครื่องหลอมเหลวตะกั่ว

7.1) เคลื่อนย้าย PCBA ด้วยสายพานแบบลาดไปยัง POI

7.2) เป่าลมทำความเย็นให้ PCBA ก่อนทำการตรวจสอบ

7.3) ผู้ตรวจสอบตรวจสอบ PCBA ด้วยสายตา

7.4) สแกน SFDC

7.5) วาง PCBA บนถาดและลำเอียงไปยัง AOI ด้วยรถเข็น

8) การตรวจสอบอัตโนมัติด้วยเครื่องจักร (Automatic Optical Inspection: AOI)

8.1) ลำเลียง PCBA เข้าเครื่องจักร AOI

8.2) AOI ตรวจสอบ PCBA ทุกส่วน

8.3) นำ PCBA ออกจากสายพานการผลิตหลังเสร็จสิ้น

8.4) สแกน SFDC

8.5) วาง PCBA บนถาดและลำเอียงไปยังสถานีต่อไปด้วยรถเข็น

จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอน BoxBuild (BoxBuild Process) จะแยกเป็น 5 สถานี ได้แก่

1) สแกน SFDC (Scan SFDC)

1.1) นำ PCBA ออกจากกล่อง

1.2) สแกน SFDC

1.3) วาง PCBA ใส่กล่อง

2) เครื่องตัดฉลุ (De-Panel: Perforate)

2.1) ใช้มือจับแผ่นบอร์ด

2.2) ใช้คีมตัดขอบแผ่นบอร์ด

2.3) จัดวางแผ่นบอร์ดเป็นชั้น

3) ติดป้ายฉลาก (Attach Label)

3.1) ลำเลียง PCBA สู่สายพานการผลิต

3.2) ติดป้ายฉลาก

3.3) ลำเลียง PCBA กลับสู่สายพานการผลิต

4) เครื่องทดสอบการทำงานเบื้องต้น (ICT Tester)

4.1) ลำเลียงแผ่นบอร์ดไปยังแผง ICT

4.2) ทดสอบแผ่นบอร์ดด้วยเครื่องทดสอบ ICT

4.3) จัดวางแผ่นบอร์ดบนถาด

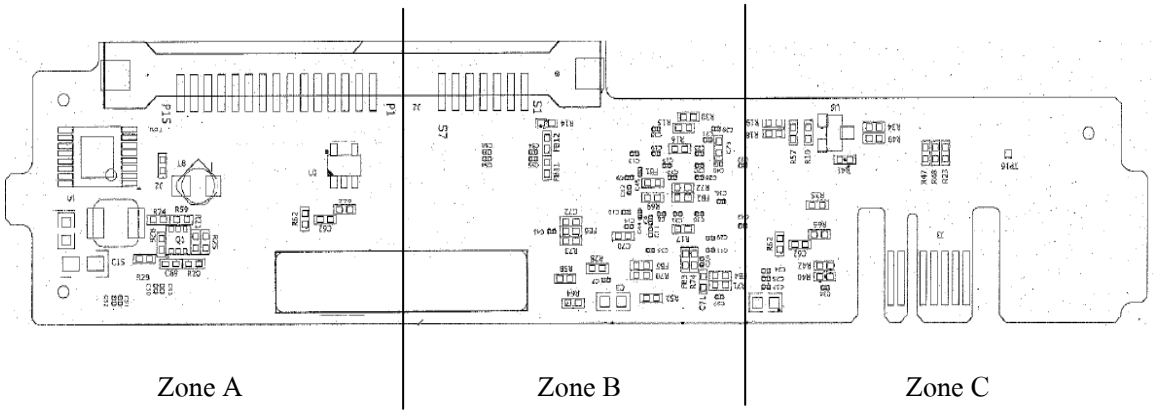
5) เครื่องทดสอบการทำงานจริง (FCT Tester)

5.1) ลำเลียงแผ่นบอร์ดไปยังแผง FCT

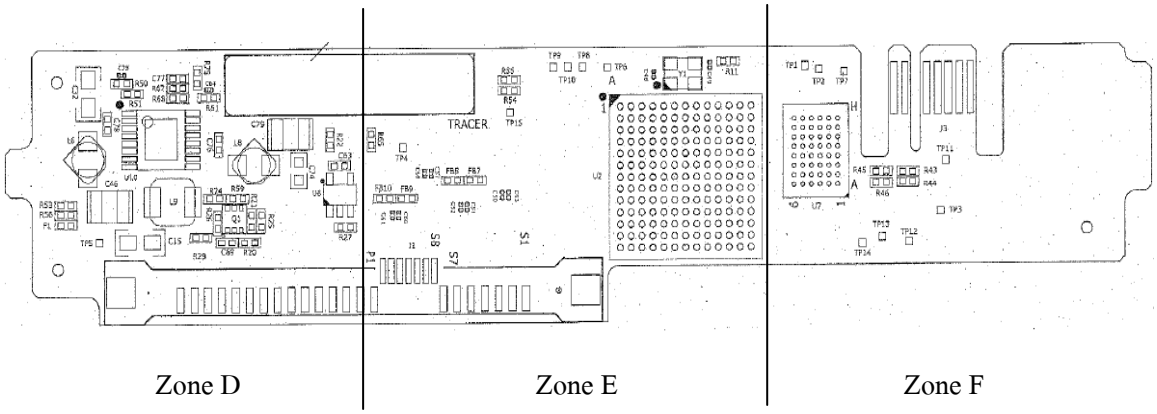
5.2) ทดสอบแผ่นบอร์ดด้วยเครื่องทดสอบ FCT

5.3) จัดวางแผ่นบอร์ดบนถาด

เมื่อผ่านกระบวนการผลิตทุกขั้นตอน จะได้ผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX ที่สำเร็จรูป แต่ลักษณะบกพร่องของผลิตภัณฑ์ก็เกิดขึ้นด้วย ทั้งนี้จะเลือกพิจารณาลักษณะบกพร่องของผลิตภัณฑ์ แบ่งเป็นส่วนล่างของผลิตภัณฑ์และส่วนบนของผลิตภัณฑ์ และแบ่งเป็นสัดส่วนโซนในการตรวจสอบ โดยลักษณะการแบ่งพื้นที่สัดส่วนโซนในการตรวจสอบจะแบ่งโดยพยายามไม่ให้มีตัวอุปกรณ์คั่นอยู่ระหว่างโซน เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบและบันทึกผล หรือถ้ามีตัวอุปกรณ์ตัวใดคั่นอยู่ระหว่างโซน จะให้อ้างอิงจากตำแหน่งของตัวอุปกรณ์นั้น ๆ คือ ถ้าตัวอุปกรณ์ตัวใดกินตำแหน่งอยู่ในโซนใดมากกว่า ให้ถือว่าตัวอุปกรณ์นั้นอยู่ในโซน ๆ นั้น ดังแสดงในภาพที่ 3.11 และ 3.12 ตามลำดับ



ภาพที่ 3.11 สัดส่วนพื้นที่ลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ของผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX (ส่วนล่างของผลิตภัณฑ์)



ภาพที่ 3.12 สัดส่วนพื้นที่ลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ของผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX (ส่วนบนของผลิตภัณฑ์)

โดยเมื่อทำการตรวจสอบลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ พบรายละเอียดเป็นดังตารางที่ 3.3 และเมื่อพิจารณาลักษณะบกพร่องดังกล่าวตามสัดส่วนของพื้นที่ผลิตภัณฑ์ จากตารางที่ 3.3 อีกครั้งจะเห็นได้ว่าสัดส่วนของพื้นที่โซน A, B, C, E, F ตรวจพบลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์เป็นเปอร์เซ็นต์จากสูงที่สุดมาต่ำที่สุดตามลำดับ ดังตาราง 3.4

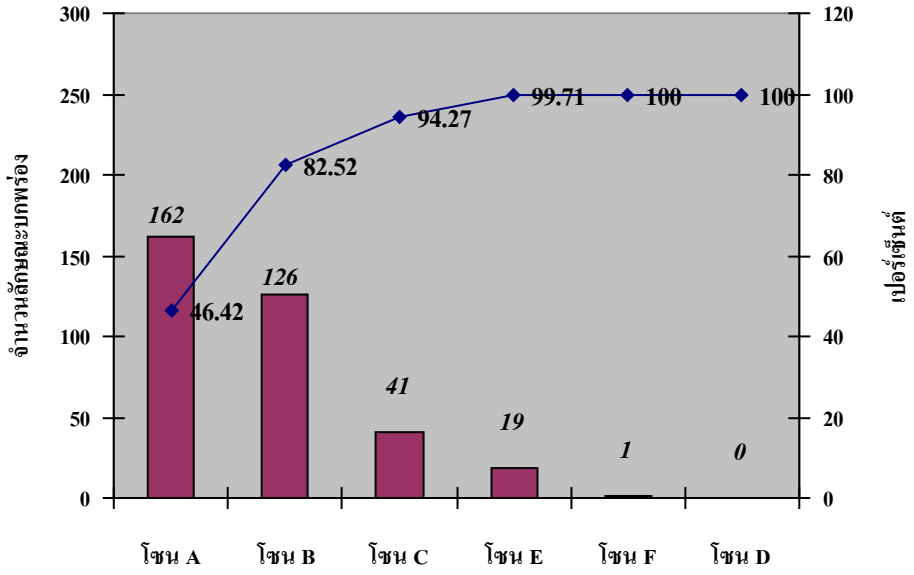
ตารางที่ 3.3 เปอร์เซ็นต์ของลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ของผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX

ส่วนของผลิตภัณฑ์	สัดส่วนพื้นที่ของผลิตภัณฑ์	ชิ้นส่วนประกอบ	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
ส่วนล่าง	โซน A	U1	136	38.97
	โซน C	U5	41	11.75
	โซน B	C3	32	9.17
	โซน A	C5	24	6.88
	โซน B	FB11	17	4.87
	โซน B	C16	3	0.86
	โซน B	R73	60	17.19
	โซน B	J2	11	3.15
	โซน A	C67	1	0.29
	โซน A	R68	1	0.29
	โซน B	C2	1	0.29
	โซน B	C42	1	0.29
	โซน B	R16	1	0.29
ส่วนบน	โซน E	U3	1	0.29
	โซน E	J1	17	4.87
	โซน F	R46	1	0.29
	โซน E	C50	1	0.29
		รวม	349	100

ตารางที่ 3.4 การจัดลำดับสัดส่วนพื้นที่ของผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX ที่พบลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์

สัดส่วนพื้นที่ของผลิตภัณฑ์	เปอร์เซ็นต์รวม
โซน A	46.42
โซน B	36.10
โซน C	11.75
โซน E	5.44
โซน F	0.29

นอกจากนี้สามารถอธิบายด้วยกราฟ Pareto ดังภาพที่ 3.13 ซึ่งจากกราฟสามารถสรุปได้ว่าสัดส่วนพื้นที่โซน A เกิดลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ของผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX มากที่สุด คิดเป็น 162 ชิ้น จากทั้งหมด 349 ชิ้น ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 46.42 ซึ่งเมื่อรวมกับโซน B, C และ E แล้ว จะอยู่ที่ร้อยละ 99.71 ซึ่งเป็นโซนที่ผู้วิจัยและทีมงานจะนำมาพิจารณา



ภาพที่ 3.13 แผนภาพ Pareto แสดงลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ของผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX

เพื่อสามารถวิเคราะห์หาแนวทางดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ผู้วิจัยและทีมงานจึงทำการระดมสมองและลงความเห็นเลือกตาราง C&E Matrix มาประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตในขั้นตอน

SMT และขั้นตอน BoxBuild (B/B) เพื่อแสดงให้เห็นว่า ณ แต่ละสถานีการผลิตนั้น ขั้นตอนใดเป็นสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์มากน้อยเพียงใด ดังตารางที่ 3.5 – 3.7

โดยผู้วิจัยและทีมงานได้เลือกใช้ โซน A, B, C, E ที่เกิดลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์มากที่สุด 4 อันดับแรก เป็น output ของตาราง และใช้เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของแต่ละโซนเป็นการจัดลำดับ output ตามความสำคัญ คือ 46, 36, 12 และ 5 ตามลำดับ

หลังจากนั้นผู้วิจัยและทีมงาน จึงกำหนดรายละเอียดของแต่ละกระบวนการทำงานเป็น input ของตาราง และร่วมกันกำหนดคะแนนความสำคัญของแต่ละ input ดังนี้

คะแนน 10 : ความเสี่ยงสูงที่สุด โดยตัวอุปกรณ์อาจเสียหาย และส่งผลต่อตัวแผงวงจรทั้งหมด ไม่สามารถเปลี่ยนตัวอุปกรณ์ใหม่ได้ และต้องทิ้งทั้งแผงวงจร

คะแนน 9 : ความเสี่ยงสูงมาก โดยตัวอุปกรณ์อาจเสียหาย และส่งผลต่อตัวแผงวงจรทั้งหมด ไม่สามารถเปลี่ยนตัวอุปกรณ์ใหม่ได้ แผงจงวรไม่สามารถใช้งานได้อีก แต่สามารถนำมาเป็นแบบในการทำแท่นรอง (Fixture) ได้

คะแนน 8 : ความเสี่ยงสูง โดยตัวอุปกรณ์อาจเสียหายอย่างมาก และส่งผลต่อตัวอุปกรณ์ข้างเคียง ต้องทำการเปลี่ยนตัวใหม่ (ตัวอุปกรณ์ที่เสียหายมีราคารวมกันเกิน 1 ดอลลาร์สหรัฐฯ)

คะแนน 7 : ความเสี่ยงสูง โดยตัวอุปกรณ์อาจเสียหายอย่างมาก และส่งผลต่อตัวอุปกรณ์ข้างเคียง ต้องทำการเปลี่ยนตัวใหม่ (ตัวอุปกรณ์ที่เสียหายมีราคารวมกันไม่เกิน 1 ดอลลาร์สหรัฐฯ)

คะแนน 6 : ความเสี่ยงปานกลาง โดยตัวอุปกรณ์อาจเสียหาย ต้องทำการเปลี่ยนตัวใหม่ (ตัวอุปกรณ์ที่เสียหายมีราคาเกิน 1 ดอลลาร์สหรัฐฯ)

คะแนน 5 : ความเสี่ยงปานกลาง โดยตัวอุปกรณ์อาจเสียหาย ต้องทำการเปลี่ยนตัวใหม่ (ตัวอุปกรณ์ที่เสียหายมีราคาไม่เกิน 1 ดอลลาร์สหรัฐฯ)

คะแนน 4 : ความเสี่ยงต่ำ โดยตัวอุปกรณ์อาจเสียหาย สามารถซ่อมที่ตัวอุปกรณ์เดิมได้ (ตัวอุปกรณ์มีลักษณะพิเศษ ทำให้ซ่อมแซมยาก เช่น IC ที่ขาอุปกรณ์มีระยะห่างกันน้อยกว่ามาตรฐาน)

คะแนน 3 : ความเสี่ยงต่ำ โดยตัวอุปกรณ์อาจเสียหายสามารถซ่อมที่ตัวอุปกรณ์เดิมได้ (ตัวอุปกรณ์ซ่อมแซมได้ไม่ยาก)

คะแนน 2 : ความเสี่ยงเล็กน้อย โดยตัวอุปกรณ์อาจมีเพียงแค่ร่องรอยขีดข่วน ที่สามารถยอมรับได้ตามมาตรฐาน แต่ไม่ควรเกิดขึ้นอีก (Process indicator)

คะแนน 1 : ความเสี่ยงเล็กน้อย โดยตัวอุปกรณ์อาจมีเพียงแค่ร่องรอยขีดข่วน ที่สามารถยอมรับได้ตามมาตรฐาน

คะแนน 0 : ไม่มีความเสี่ยงต่อตัวอุปกรณ์

ตารางที่ 3.5 C&E Matrix สำหรับกระบวนการ SMT (ส่วนล่างของผลิตภัณฑ์)

กระบวนการ SMT (PCB ส่วนล่าง)	รายละเอียดของกระบวนการทำงาน	โซน A (46)	โซน B (36)	โซน C (12)	โซน E (5)	ผลรวมย่อย	ผลรวมทั้งหมด
สถานีการลำเลียงแผงวงจรเข้าสู่สายพาน (PCB Loader)	แยกหีบห่อ bare PCB จากบรรจุภัณฑ์หลัก	0	0	0	0	0	0
	ลำเลียง bare PCB สู่สายพานการผลิต	0	0	0	0	0	
สถานีการพิมพ์ตะกั่วบนพื้นผิวแผงวงจร (Screen Printing)	พิมพ์ลายฉลุลง bare PCB	0	0	0	0	0	0
	ทำสุญญากาศส่วนที่เหลือและแนบติดกับ PCB	0	0	0	0	0	
	นำกล้องส่องตรวจสอบจุดสัญลักษณ์บน PCB	0	0	0	0	0	
	ทำความสะอาดพื้นผิวให้ปราศจากน้ำ	0	0	0	0	0	
	แยก PCB ออกจากแม่พิมพ์	0	0	0	0	0	
	เคลื่อนย้าย PCB ไปยังเครื่องยิงชิพ	0	0	0	0	0	
สถานีเครื่องยิงชิพ (Chip Shooter)	วางแผ่นรองใต้ PCB	0	0	0	0	0	0
	หัวจ่ายจัดวางชิพบนตำแหน่ง PCB	0	0	0	0	0	
สถานีการกำหนดและเลือกวางตำแหน่ง (Pick&Place)	วางแผ่นรองใต้ PCB	0	0	0	0	0	**188**
	หัวจ่ายกำหนดเลือกชิพและจัดวางชิพบนตำแหน่ง PCB	0	0	0	0	0	
	ผู้ควบคุมวางตัวอุปกรณ์บน PCB โซน A, B, C	0	0	0	0	0	
	ผู้ควบคุมใช้คีมจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์โซน A, B, C	**2**	**2**	**2**	**0**	**188**	
	เคลื่อนย้าย PCBA ไปยังเครื่องหลอมเหลวตะกั่ว	0	0	0	0	0	
สถานีเครื่องหลอมตะกั่ว (Reflow Oven)	ลำเลียงPCBA ไปยังแท่นวางผลิตภัณฑ์ผ่านสายพาน	0	0	0	0	0	0
	ลำเลียง PCBA เข้าเครื่องหลอมตะกั่ว	0	0	0	0	0	

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

กระบวนการ SMT (PCB ส่วนล่าง)	รายละเอียดของกระบวนการทำงาน	โซน A (46)	โซน B (36)	โซน C (12)	โซน E (5)	ผลรวมย่อย	ผลรวมทั้งหมด
สถานีการตรวจสอบหลังเข้าเครื่องหลอมเหลวตะกั่ว (Post-Oven Inspection)	เคลื่อนย้าย PCBA ด้วยสายพานแบบลาดไปยัง POI	0	0	0	0	0	**693**
	เป่าลมทำความเย็นให้ PCBA ก่อนทำการตรวจสอบ	0	0	0	0	0	
	ผู้ตรวจสอบตรวจสอบ PCBA ด้วยสายตา	0	0	0	0	0	
	สแกน SFDC	0	0	0	0	0	
	วาง PCBA บนถาดและลำเอียงไปยัง AOI ด้วยรถเข็น	**7**	**7**	**7**	**7**	**693**	
สถานีการตรวจสอบอัตโนมัติด้วยเครื่องจักร (AOI)	ลำเลียง PCBA เข้าเครื่องจักร AOI	0	0	0	0	0	**693**
	AOI ตรวจสอบ PCBA ทุกส่วน	0	0	0	0	0	
	นำ PCBA ออกจากสายพานการผลิตหลังเสร็จสิ้น	0	0	0	0	0	
	สแกน SFDC	0	0	0	0	0	
	วาง PCBA บนถาดและลำเอียงไปยังสถานีต่อไปด้วยรถเข็น	**7**	**7**	**7**	**7**	**693**	

ตารางที่ 3.6 C&E Matrix สำหรับกระบวนการ SMT (ส่วนบนของผลิตภัณฑ์)

กระบวนการ SMT (PCB ส่วนบน)	**รายละเอียดของกระบวนการทำงาน**	**โซน A (46)**	**โซน B (36)**	**โซน C (12)**	**โซน E (5)**	**ผลรวมย่อย**	**ผลรวมทั้งหมด**
สถานีการลำเลียงแผงวงจรเข้าสู่สายพาน (PCB Loader)	แยกหีบห่อ bare PCB จากบรรจุภัณฑ์หลัก	0	0	0	0	0	0
	ลำเลียง bare PCB สู่สายพานการผลิต	0	0	0	0	0	
สถานีการพิมพ์ตะกั่วบนพื้นผิวแผงวงจร (Screen Printing)	พิมพ์ลายฉลุลง bare PCB	0	0	0	0	0	0
	ทำสุญญากาศส่วนที่เหลือ และแนบติดกับ PCB	0	0	0	0	0	
	นำกล้องส่องตรวจสอบจุดสัญลักษณ์บน PCB	0	0	0	0	0	
	ทำความสะอาดพื้นผิวให้ปราศจากน้ำ	0	0	0	0	0	
	แยก PCB ออกจากแม่พิมพ์	0	0	0	0	0	
	เคลื่อนย้าย PCB ไปยังเครื่องยิงชิพ	0	0	0	0	0	
สถานีเครื่องยิงชิพ (Chip Shooter)	วางแผ่นรองใต้ PCB	0	0	0	0	0	0
	หัวจ่ายจัดวางชิพบนตำแหน่ง PCB	0	0	0	0	0	
สถานีการกำหนดและเลือกวางตำแหน่ง (Pick&Place)	วางแผ่นรองใต้ PCB	0	0	0	0	0	**10**
	หัวจ่ายกำหนดเลือกชิพและจัดวางชิพบนตำแหน่ง PCB	0	0	0	0	0	
	ผู้ควบคุมวางตัวอุปกรณ์บน PCB โซน E	0	0	0	0	0	
	ผู้ควบคุมใช้คีมจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ โซน E	**0**	**0**	**0**	**2**	**10**	
	เคลื่อนย้าย PCBA ไปยังเครื่องหลอมตะกั่ว	0	0	0	0	0	

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

กระบวนการ SMT (PCB ส่วนบน)	**รายละเอียดของกระบวนการทำงาน**	**โซน A (46)**	**โซน B (36)**	**โซน C (12)**	**โซน E (5)**	**ผลรวมย่อย**	**ผลรวมทั้งหมด**
สถานีเครื่องหลอมตะกั่ว (Reflow Oven)	**พนักงานลำเลียง PCBA ไปยังแท่นวางผลิตภัณฑ์**	**3**	**1**	**1**	**0**	**186**	**186**
	ลำเลียง PCBA เข้าเครื่องหลอมเหลว	0	0	0	0	0	
สถานีการตรวจสอบหลังเข้าเครื่องหลอมเหลวตะกั่ว (Post-Oven Inspection)	เคลื่อนย้าย PCBA ด้วยสายพานแบบลาดไปยัง POI	0	0	0	0	0	**693**
	เป่าลมทำความเย็นให้ PCBA ก่อนทำการตรวจสอบ	0	0	0	0	0	
	ผู้ตรวจสอบตรวจสอบ PCBA ด้วยสายตา	0	0	0	0	0	
	สแกน SFDC	0	0	0	0	0	
	วาง PCBA บนถาดและลำเลียงไปยัง AOI ด้วยรถเข็น	**7**	**7**	**7**	**7**	**693**	
สถานีการตรวจสอบอัตโนมัติด้วยเครื่องจักร (AOI)	ลำเลียง PCBA เข้าเครื่องจักร AOI	0	0	0	0	0	**693**
	AOI ตรวจสอบ PCBA ทุกส่วน	0	0	0	0	0	
	นำ PCBA ออกจากสายพานการผลิตหลังเสร็จสิ้น	0	0	0	0	0	
	สแกน SFDC	0	0	0	0	0	
	วาง PCBA บนถาดและลำเลียงไปยังสถานีต่อไปด้วยรถเข็น	**7**	**7**	**7**	**7**	**693**	

ตารางที่ 3.7 C&E Matrix สำหรับกระบวนการ BoxBuild

กระบวนการ BoxBuild	รายละเอียดของกระบวนการทำงาน	โซน A (46)	โซน B (36)	โซน C (12)	โซน E (5)	ผลรวมย่อย	ผลรวมทั้งหมด
สถานีสแกน SFDC (Scan SFDC)	นำ PCBA ออกจากกล่อง	0	0	0	0	0	**693**
	สแกน SFDC	0	0	0	0	0	
	วาง PCBA ใส่กล่อง	**7**	**7**	**7**	**7**	**693**	
สถานีเครื่องตัดฉลุ (De-Panel: Perforate)	นำ PCBA ออกจากกล่อง	0	0	0	0	0	**777**
	ใช้มือจับแผ่นบอร์ด	0	0	0	0	0	
	ใช้คีมตัดขอบแผ่นบอร์ด	**8**	**8**	**8**	**0**	**752**	
	จัดวางแผ่นบอร์ดเป็นชั้น	**0**	**0**	**0**	**5**	**25**	
สถานีติดป้ายฉลาก (Attach Label)	ลำเลียง PCBA มายังโต๊ะติดป้ายฉลาก	0	0	0	0	0	0
	ติดป้ายฉลาก	0	0	0	0	0	
	ลำเลียง PCBA ไปยังสถานี ICT	0	0	0	0	0	
สถานีเครื่องทดสอบการทำงานเบื้องต้น (ICT Tester)	**พนักงานลำเลียง PCBA สู่สายพานการผลิต**	**5**	**5**	**5**	**5**	**495**	**990**
	วาง PCBA บนแท่นวาง	0	0	0	0	0	
	กด S.W และเลื่อนฝาลง	0	0	0	0	0	
	ทดสอบแผ่นบอร์ดด้วยเครื่องทดสอบ ICT	0	0	0	0	0	
	เลื่อนฝาขึ้น เมื่อทำการทดสอบเสร็จ	0	0	0	0	0	
	พนักงานลำเลียง PCBA กลับสู่สายพานการผลิต	**5**	**5**	**5**	**5**	**495**	

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

กระบวนการ BoxBuild	รายละเอียดของกระบวนการทำงาน	โซน A (46)	โซน B (36)	โซน C (12)	โซน E (5)	ผลรวมย่อย	ผลรวมทั้งหมด
สถานีเครื่องทดสอบการทำงานจริง (FCT Tester)	**พนักงานลำเลียง PCBA สู่สายพานการผลิต**	**5**	**5**	**5**	**5**	**495**	**1212**
	วาง PCBA บนแท่นวาง	0	0	0	0	0	
	นำ PCBA พร้อมแท่นใส่ฮาร์ดดิสก์เพื่อทดสอบ	**3**	**2**	**1**	**0**	**222**	
	ทดสอบ PCBA ด้วยเครื่องทดสอบ FCT	0	0	0	0	0	
	นำ PCBA พร้อมแท่นออกจากฮาร์ดดิสก์	0	0	0	0	0	
	พนักงานลำเลียง PCBA กลับสู่สายพานการผลิต	**5**	**5**	**5**	**5**	**495**	

หมายเหตุ ลักษณะการลำเลียง PCBA ไปยังสถานีต่าง ๆ การให้คะแนนจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

(1) ระยะทางระหว่างสถานี

(2) วิธีการลำเลียง PCBA ด้วยพนักงาน

(3) วิธีการลำเลียง PCBA ด้วยรถเข็น

(4) วิธีการลำเลียง PCBA ด้วยเครื่องผ่านทางสายพาน

ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการปฏิบัติในแต่ละสถานี ในที่นี้จะไม่กล่าวรายละเอียดซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย การให้คะแนนจึงมีค่าไม่เท่ากันตามความเหมาะสมเทียบกับการทำงานจริง

ตัวอย่างการคำนวณค่าผลรวมย่อยและผลรวมทั้งหมด จะยกตัวอย่างของสถานีเครื่องทดสอบการทำงานจริง (FCT Tester)

สถานีเครื่องทดสอบการทำงานจริง (FCT Tester) สามารถแบ่งรายละเอียดการทำงานได้เป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ลำเลียง PCBA สู่สายพานการผลิต เมื่อร่วมกันพิจารณาผู้วิจัยและทีมงานได้ให้คะแนนความสำคัญในแต่ละโซนไว้เท่ากันหมด คือ 5 ความเสี่ยงปานกลาง โดยตัวอุปกรณ์อาจ

เสียหายต้องทำการเปลี่ยนตัวใหม่ เนื่องจากมีสัดส่วนความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นใกล้เคียงกัน และตัวอุปกรณ์มีราคาไม่เกิน 1 ดอลลาร์สหรัฐฯ

ผลรวมย่อยของการทำงานนี้ คือ (5 x 46) + (5 x 36) + (5 x 12) + (5 x 5) = 495

(2) วาง PCBA บนแท่นวาง เมื่อร่วมกันพิจารณาผู้วิจัยและทีมงานได้ให้คะแนนความสำคัญในแต่ละโซนไว้เท่ากันหมด คือ 0 ไม่มีความเสี่ยงต่อตัวอุปกรณ์

ผลรวมย่อยของการทำงานนี้ คือ (0 x 46) + (0 x 36) + (0 x 12) + (0 x 5) = 0

(3) นำ PCBA พร้อมแท่นใส่ฮาร์ดดิสก์เพื่อทดสอบ เมื่อร่วมกันพิจารณาผู้วิจัยและทีมงานได้ให้คะแนนความสำคัญแต่ละโซน ดังนี้

โซน A = 3 ความเสี่ยงต่ำ โดยตัวอุปกรณ์อาจเสียหาย สามารถซ่อมที่ตัวอุปกรณ์เดิมได้ไม่ยาก เพราะอุปกรณ์ในโซน A ใกล้กับจุดเสียบใส่ฮาร์ดดิสก์มากที่สุด

โซน B = 2 ความเสี่ยงเล็กน้อย โดยตัวอุปกรณ์อาจมีเพียงแค่ร่องรอยขีดข่วน ที่สามารถยอมรับได้ตามมาตรฐานแต่ไม่ควรเกิดขึ้นอีก เพราะอุปกรณ์โซน B ใกล้กับจุดเสียบใส่ฮาร์ดดิสก์รองลงมาจากอุปกรณ์ในโซน A

โซน C = 1 ความเสี่ยงเล็กน้อย โดยตัวอุปกรณ์อาจมีเพียงแค่ร่องรอยขีดข่วน ที่สามารถยอมรับได้ตามมาตรฐาน เพราะอุปกรณ์โซน C ใกล้กับจุดเสียบใส่ฮาร์ดดิสก์รองลงมาจากอุปกรณ์ในโซน B

โซน E = 0 ไม่มีความเสี่ยงต่อตัวอุปกรณ์

ผลรวมย่อยของการทำงานนี้ คือ (3 x 46) + (2 x 36) + (1 x 12) + (0 x 5) = 222

(4) ทดสอบ PCBA ด้วยเครื่องทดสอบ FCT เมื่อร่วมกันพิจารณาผู้วิจัยและทีมงานได้ให้คะแนนความสำคัญในแต่ละโซนไว้เท่ากันหมด คือ 0 ไม่มีความเสี่ยงต่อตัวอุปกรณ์

ผลรวมย่อยของการทำงานนี้ คือ (0 x 46) + (0 x 36) + (0 x 12) + (0 x 5) = 0

(5) นำ PCBA พร้อมแท่นออกจากฮาร์ดดิสก์ เมื่อร่วมกันพิจารณาผู้วิจัยและทีมงานได้ให้คะแนนความสำคัญในแต่ละโซนไว้เท่ากันหมด คือ 0 ไม่มีความเสี่ยงต่อตัวอุปกรณ์

ผลรวมย่อยของการทำงานนี้ คือ (0 x 46) + (0 x 36) + (0 x 12) + (0 x 5) = 0

(6) ลำเลียง PCBA กลับสู่สายพานการผลิต เมื่อร่วมกันพิจารณาผู้วิจัยและทีมงานได้ให้คะแนนความสำคัญในแต่ละโซนไว้เท่ากันหมด คือ 5 ความเสี่ยงปานกลาง โดยตัวอุปกรณ์อาจเสียหายต้องทำการเปลี่ยนตัวใหม่ เนื่องจากมีสัดส่วนความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นใกล้เคียงกัน

ผลรวมย่อยของการทำงานนี้ คือ (5 x 46) + (5 x 36) + (5 x 12) + (5 x 5) = 495

เพราะฉะนั้น ผลรวมของคะแนนทั้งหมด ณ สถานีเครื่องทดสอบการทำงานจริง (FCT Tester) คือ 495 + 0 + 222 + 0 + 0 + 495 = 1212

จากตาราง C&E Matrix ดังตารางที่ 3.5 ถึง 3.7 ทำให้ทราบถึงปัญหาว่า input ที่ “วิกฤต” จะเกิดมาจากสถานีใดบ้าง และอยู่ในขั้นตอนไหนของกระบวนการ ซึ่งสามารถเรียงความสำคัญของปัญหาจากคะแนนมากไปน้อย คือ

(1) สถานีเครื่องทดสอบการทำงานจริง (FCT)	1,212	คะแนน
(2) สถานีเครื่องทดสอบการทำงานเบื้องต้น (ICT)	990	คะแนน
(3) สถานีตัดฉลุ (De-Panel)	777	คะแนน
(4) สถานีการสแกน SFDC	693	คะแนน
(5) สถานีการตรวจสอบอัตโนมัติด้วยเครื่องจักร (AOI)	693	คะแนน
(6) สถานีการตรวจสอบหลังเข้าเครื่องหลอมเหลวตะกั่ว (POI)	693	คะแนน
(7) สถานีเครื่องหลอมเหลวตะกั่ว (Reflow Oven)	372	คะแนน

โดยสถานีที่ 1-6 เป็นสถานีที่มีคะแนนสูงมากกว่าระดับ 500 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนที่ผู้วิจัยและทีมงานได้ลงความเห็นว่าควรนำมาพิจารณาแก้ไข เพราะอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX เกิดลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ขึ้น

ดังนั้น จึงเลือกศึกษาต่อเพื่อให้ทราบถึงสาเหตุหลักที่แท้จริงด้วยการประเมินผลกระบวนการผลิตด้วยเทคนิค FMEA ดังแสดงในตารางที่ 3.8 – 3.11 โดยจะพิจารณาเรียงตามขั้นตอนที่มีความสำคัญของปัญหาจากมากไปน้อย ตามผลจากตาราง C&E Matrix

ตารางที่ 3.8 FMEA ณ สถานีเครื่องทดสอบการทำงานจริง

สถานี	รายละเอียดสถานี	แนวโน้มความเสียหายที่จะเกิด	แนวโน้มผลกระทบที่จะเกิดขึ้น	Severity	แนวโน้มสาเหตุ/ขั้นตอนที่ทำให้เกิดความเสียหาย	Occur	วิธีการควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	วิธีการตรวจสอบในปัจจุบัน	Detec	RPN	ข้อเสนอแนะ
เครื่องทดสอบการทำงานจริง (FCT)	ลำเลียง PCBA จากสายพานการผลิตสู่ FCT	เกิดลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ที่โซน A, B, C, D, E, F	- PFQA จะปฏิเสธ - สูญเสียเวลาในการผลิตอีกครั้ง - ล้มเหลวที่สถานี ICT และ FCT - ได้ผลิตภัณฑ์จำนวนน้อย - ลูกค้าไม่พอใจ	9	- ใช้มือเคลื่อนย้าย PCBA หลายชิ้นต่อครั้ง - ขณะลำเลียง PCBA จากสายพานการผลิตสู่ FCT อาจกระแทกกับแผ่นรองสายพานหรืออุปกรณ์อย่างอื่น	9	ควบคุมโดยคู่มือการผลิต	การตรวจสอบ PFQA	5	360	- ใช้มือเคลื่อนย้าย PCBA 1 ชิ้นต่อครั้ง - ใช้ถาดหรือกล่องรอง PCBA ขณะเคลื่อนย้าย

ตารางที่ 3.8 (ต่อ)

สถานี	รายละเอียดสถานี	แนวโน้มความเสียหายที่จะเกิด	แนวโน้มผลกระทบที่จะเกิดขึ้น	Severity	แนวโน้มสาเหตุ/ขั้นตอนที่ทำให้เกิดความเสียหาย	Occur	วิธีการควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	วิธีการตรวจสอบในปัจจุบัน	Detec	RPN	ข้อเสนอแนะ
เครื่องทดสอบการทำงานจริง (FCT)	นำ PCBA พร้อมแท่นใส่ฮาร์ดดิสก์	เกิดลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ที่โซน A, B, C	- PFQA จะปฏิเสธ - สูญเสียเวลาในการผลิตอีกครั้ง - ล้มเหลวที่สถานี ICT และ FCT - ได้ผลิตภัณฑ์จำนวนน้อย - ลูกค้าไม่พอใจ	9	PCBA โซน A, B, C กาจกระแทกกับฮาร์ดดิสก์ ระหว่างการเชื่อมต่อ	5	ควบคุมโดยคู่มือการผลิต	การตรวจสอบ PFQA	5	225	- ใช้ที่กันกระแทกเพื่อป้องกัน PCBA กระแทก ระหว่างเชื่อมต่อกับฮาร์ดดิสก์
	ลำเลียง PCBA จาก FCT สู่สายพานการผลิต	เกิดลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ที่โซน A, B, C, D, E, F		9	- ใช้มือเคลื่อนย้าย PCBA หลายชิ้นต่อครั้ง - ขณะลำเลียง PCBA จากสายพานการผลิตสู่ FCT อาจกระแทกกับแผ่นรองสายพานหรืออุปกรณ์อย่างอื่น	8			5	360	- ใช้มือเคลื่อนย้าย PCBA 1 ชิ้นต่อครั้ง - ใช้ถาดหรือกล่องรอง PCBA ขณะเคลื่อนย้าย

ตารางที่ 3.9 FMEA ณ สถานีเครื่องทดสอบการทำงานเบื้องต้น

สถานี	รายละเอียดสถานี	แนวโน้มความเสียหายที่จะเกิด	แนวโน้มผลกระทบที่จะเกิดขึ้น	Severity	แนวโน้มสาเหตุ/ขั้นตอนที่ทำให้เกิดความเสียหาย	Occur	วิธีการควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	วิธีการตรวจสอบในปัจจุบัน	Detec	RPN	ข้อเสนอแนะ
เครื่องทดสอบการทำงานเบื้องต้น (ICT)	ลำเลียง PCBA จากสายพานการผลิตสู่ ICT	เกิดลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ที่โซน A, B, C, D, E, F	- PFQA จะปฏิเสธ - สูญเสียเวลาในการผลิตอีกครั้ง - ล้มเหลวที่สถานี ICT และ FCT - ได้ผลิตภัณฑ์จำนวนน้อย - ลูกค้าไม่พอใจ	9	- ใช้มือเคลื่อนย้าย PCBA หลายชิ้นต่อครั้ง - ขณะลำเลียง PCBA จากสายพานการผลิตสู่ ICT อาจกระแทกกับแผ่นรองสายพานหรืออุปกรณ์อย่างอื่น	8	ควบคุมโดยคู่มือการผลิต	การตรวจสอบ PFQA	5	360	- ใช้มือเคลื่อนย้าย PCBA 1 ชิ้นต่อครั้ง - ใช้ถาดหรือกล่องรอง PCBA ขณะเคลื่อนย้าย
	ลำเลียง PCBA จาก ICT สู่สายพานการผลิต			9		8			5	360	

ตารางที่ 3.10 FMEA ณ สถานีตัดฉลุ

สถานี	รายละเอียดสถานี	แนวโน้มความเสียหายที่จะเกิด	แนวโน้มผลกระทบที่จะเกิดขึ้น	Severity	แนวโน้มสาเหตุ/ขั้นตอนที่ทำให้เกิดความเสียหาย	Occur	วิธีการควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	วิธีการตรวจสอบในปัจจุบัน	Detec	RPN	ข้อเสนอแนะ
ตัดฉลุ (De-Panel)	ตัดขอบ PCBA ด้วยคีมปากนกแก้วแล้วลำเลียงไปยัง AOI	เกิดลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ที่โซน A, B, C	- PFQA จะปฏิเสธ - สูญเสียเวลาในการผลิตอีกครั้ง - ล้มเหลวที่สถานี ICT และ FCT - ได้ผลิตภัณฑ์จำนวนน้อย - ลูกค้าไม่พอใจ	9	คีมกระแทกชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์บริเวณโซน A, B, C ขณะเตรียมฉลุระหว่าง PCBA และแถบ PCB	9	ควบคุมโดยคู่มือการผลิต	การตรวจสอบ PFQA	5	405	- ขยายแท่นรองสำหรับการตัดฉลุขอบ PCBA ในแนวตั้ง - ใช้ที่เจาะรูทดแทนคีมสำหรับการตัดฉลุขอบ PCBA ในแนวนอน
	ลำเลียง PCBA สู่สายพานการผลิต	เกิดลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ที่โซน D, E, F		7	ขณะลำเลียง PCBA ไปยังสายพานการผลิตอาจกระแทกกับแผ่นรองสายพานหรืออุปกรณ์อย่างอื่น	3			5	105	

ตารางที่ 3.11 FMEA ณ สถานี SFDC สถานี POI และสถานี AOI

สถานี	รายละเอียดสถานี	แนวโน้มความเสียหายที่จะเกิด	แนวโน้มผลกระทบที่จะเกิดขึ้น	Severity	แนวโน้มสาเหตุ/ขั้นตอนที่ทำให้เกิดความเสียหาย	Occur	วิธีการควบคุมป้องกันในปัจจุบัน	วิธีการตรวจสอบในปัจจุบัน	Detec	RPN	ข้อเสนอแนะ
สแกน SFDC ตรวจสอบอัตโนมัติ (AOI) ตรวจสอบหลังเข้าเครื่องหลอมเหลว (POI)	จัดวาง PCBA ในกล่อง จากนั้นนำกล่องใส่รถเข็นเพื่อส่งต่อไปยังสถานีต่อไป	เกิดลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ที่โซน A, B, C, E	- PFQA จะปฏิเสธ - สูญเสียเวลาในการผลิตอีกครั้ง - ล้มเหลวที่สถานี ICT และ FCT - ได้ผลิตภัณฑ์จำนวนน้อย - ลูกค้าไม่พอใจ	8	ช่องว่างระหว่างชั้นวาง PCBA ในกล่องแคบ	8	ไม่มี	การตรวจสอบทางสายตา ณ สถานี POI, PFQA, FQA	5	320	- ขยายขนาดช่องว่างในกล่องสำหรับแต่ละช่องวาง PCBA จาก 2 ช่อง เป็น 3 ช่องต่อ PCBA - เพิ่มแถบสีเพื่อระบุถึงช่องวางทำให้จัดวาง PCBA ง่ายขึ้น - ปรับข้อมูล PI เพื่อการจัดวาง PCBA

เมื่อประเมินผลกระบวนการผลิตด้วยเทคนิค FMEA ในการหาสาเหตุหลักที่แท้จริงจากทุกขั้นตอนในกระบวนการผลิตจริง ดังแสดงในตารางที่ 3.8 – 3.11 แล้ว ทำให้ทราบว่ารายละเอียดขั้นตอนการผลิตที่มีโอกาสเสี่ยงทำให้เกิดลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ของผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX คือ

(1) ขั้นตอนการลำเลียงชิ้นส่วนเข้าเครื่องทดสอบ FCT ณ สถานีเครื่องทดสอบการทำงานจริง

(2) ขั้นตอนการลำเลียง PCBA ณ สถานีเครื่องทดสอบการทำงานเบื้องต้น

(3) ขั้นตอนการใช้คีมสัมผัสกับชิ้นส่วนอุปกรณ์ ณ สถานีตัดฉลุ

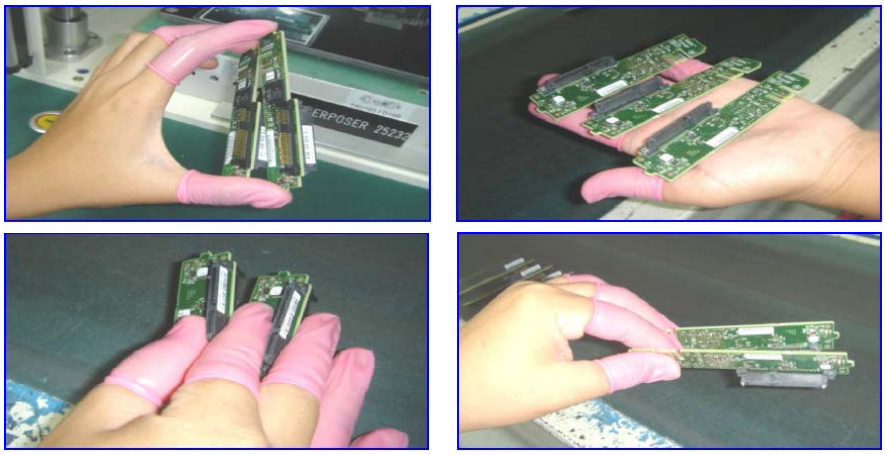
(4) ขั้นตอนการลำเลียง PCBA เข้าสู่กล่องและลำเลียงออกจากกล่อง ณ สถานีการสแกน SFDC สถานีการตรวจสอบหลังเข้าเครื่องหลอมเหลวตะกั่ว (POI) และสถานีการตรวจสอบอัตโนมัติด้วยเครื่องจักร (AOI)

โดยผู้วิจัยและทีมงานได้ทำการแยกรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

สำหรับสถานีเครื่องทดสอบการทำงานจริง ตรวจพบว่ามีโอกาสเสี่ยงที่ทำให้เกิดลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ คือ PCBA อาจเกิดการกระแทกก่อนและหลังการทดสอบเนื่องจากการจัดเรียงบอร์ดที่ไม่ได้มาตรฐาน และขณะลำเลียง PCBA จากสายพานการผลิตอาจกระแทกกับแผ่นรองสายพานหรืออุปกรณ์อย่างอื่น ตามภาพที่ 3.14

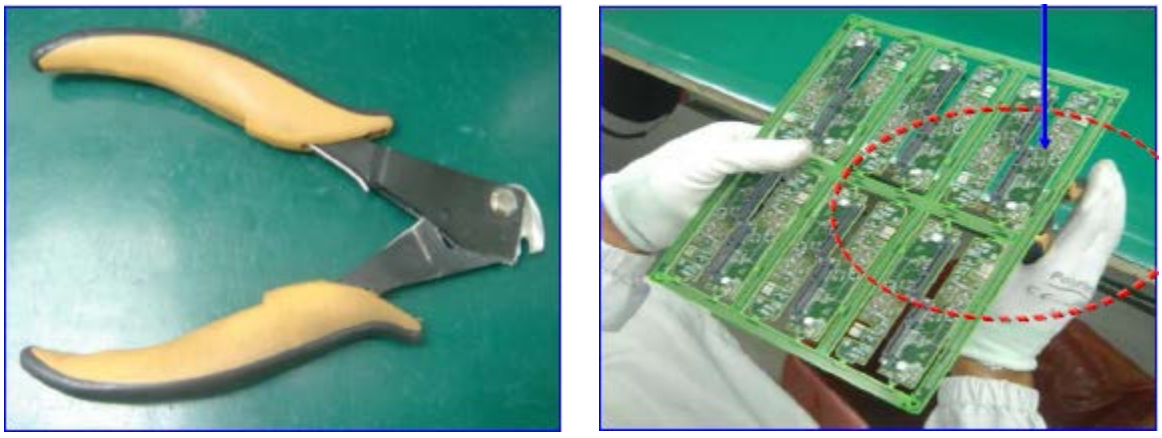
ภาพที่ 3.14 ลักษณะการจัดเรียงบอร์ด ณ สถานีเครื่องทดสอบการทำงานจริง

ต่อมา ณ สถานีเครื่องทดสอบการทำงานเบื้องต้น พบว่า ผู้ควบคุมใช้มือหยิบจับบอร์ดหลายชิ้นเพื่อนำไปทดสอบยังเครื่องจักร ICT ฉะนั้นมีโอกาสเสี่ยงที่ทำให้เกิดลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ได้ ตามภาพที่ 3.15



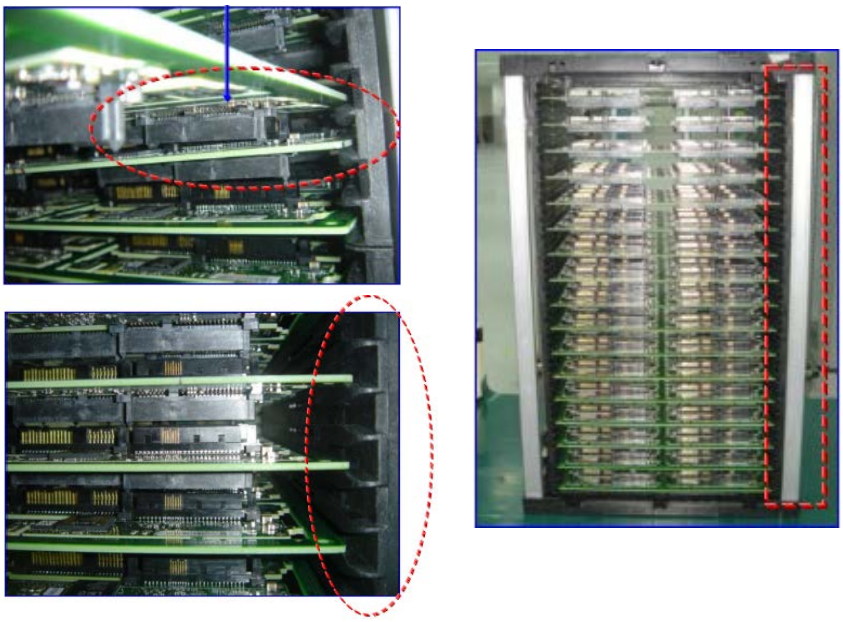
ภาพที่ 3.15 ลักษณะการทำงานของผู้ควบคุม ณ สถานีเครื่องทดสอบการทำงานเบื้องต้น

สถานีต่อมา คือ สถานีตัดฉลุ ที่แบ่งผลิตภัณฑ์ออกเป็นส่วน ๆ นั้น เมื่อใช้ FMEA ตรวจสอบแล้วพบว่า เมื่อผู้ควบคุมงานใช้คีมปากนกแก้วเจาะฉลุ อุปกรณ์คีมอาจกระแทกกับชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ได้ ตามภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 อุปกรณ์คีมปากนกแก้วและตำแหน่ง PCBA กับ PCB ณ สถานีตัดฉลุ

สุดท้าย ณ สถานีการสแกน SFDC สถานีการตรวจสอบหลังเข้าเครื่องหลอมเหลวตะกั่ว (POI) และสถานีการตรวจสอบอัตโนมัติด้วยเครื่องจักร (AOI) ตรวจพบว่ากล่องใส่ PCBA ไม่มีการกำหนดการจัดวาง PCBA ในแต่ละช่องว่างว่าควรจะห่างกันเท่าไร ฉะนั้นอาจเป็นสาเหตุให้ผู้ควบคุมงานมีโอกาสจัดวาง PCBA จัดวางได้ไม่ถูกต้อง และช่องว่างในการจัดวาง PCBA ที่แคบทำให้ตัวอุปกรณ์มีโอกาสกระแทก จนเกิดเป็นลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ได้ ดังภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 ลักษณะกล่องใส่ PCBA ณ สถานีการสแกน SFDC สถานีการตรวจสอบ POI และสถานีการตรวจสอบ AOI

จากการประเมินผลและวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะบกพร่องดังกล่าว จะนำไปสู่ขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงและเปรียบเทียบผลการดำเนินการของการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในเนื้อหาบทต่อไป

3.5 การดำเนินการปรับปรุงและเปรียบเทียบผลการดำเนินการ

เมื่อได้ข้อมูลสาเหตุที่เป็นไปได้ของการเกิดลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ของผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX จากขั้นตอนการวิจัยในหัวข้อที่ 3.4 ทำให้เลือกแนวทางการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขด้วยวิธีการ Poka-Yoke, Visual Control และวิธีอื่น ๆ พร้อมเปรียบเทียบผลการดำเนินการ โดยแบ่งออกเป็นขั้นตอน คือ

3.5.1 การปรับปรุงกล่องใส่ PCBA ในลักษณะการควบคุมจากการมองเห็น

3.5.2 การปรับปรุงคู่มือการผลิตในขั้นตอนการลำเลียง PCBA

3.5.3 การปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการตัดฉลุ

จากนั้นทำการสรุปผลการดำเนินการตามแนวทางการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งเลือกพิจารณาในประเด็นต่อไปนี้

3.5.4 การเกิดลักษณะบกพร่องบนตัวอุปกรณ์ของผลิตภัณฑ์แผงวงจรไฟฟ้ารหัส LL0325232XXX หลังการดำเนินการตามแนวทางการปรับปรุงแก้ไข

3.6 การสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จะกล่าวถึงในบทที่ 5