

การลดของเสียเกิดจากข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น



นายฉันทิช์ ลักษณะนันท์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEFECTIVE REDUCTION FROM SOLDER PASTE STRAIN DEFECT ON FLEXIBLE
PRINTED CIRCUIT

Mr. Chantach Luxnanan



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 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การลดความเสี่ยงเกิดจากข้อบกพร่องประเภทคราบของ
สารบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

โดย

นายฉันทิช์ ลักษณะนันท์

สาขาวิชา

วิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังศุมาลิน เสนอจันทร์ฉิมไชย)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโงวรณ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญญา ธรรมพิทักษ์กุล)

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์มือถือหรือกล้องถ่ายรูปดิจิตอลนั้น กลายเป็นส่วนหนึ่งที่ถูกอุปโภคใช้กันอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวัน ส่วนประกอบหนึ่งที่จะช่วยให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้มีขนาดเล็ก บาง และมีฟังก์ชันการทำงานที่หลากหลาย คือแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น โดยการประกอบอุปกรณ์ทางไฟฟ้าต่างๆบนพื้นผิวที่มีความยืดหยุ่นด้วยการใช้กระบวนการประกอบพิเศษที่มีเทคโนโลยีและความแม่นยำสูง เรียกว่า Surface Mount Technology (SMT) ซึ่งในกระบวนการ SMT นั้น มีข้อบกพร่องที่สำคัญและทำให้เกิดของเสียที่ไม่สามารถนำมาแก้ไขได้คือ คราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นคิดเป็น 520 PPM ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ผลิต ดังนั้นจึงได้มีการใช้เทคนิคต่างๆ เพื่อหาสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง พบว่าขั้นตอนการทำความสะอาดของเครื่องพิมพ์สารบัดกรีเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักของการเกิดข้อบกพร่องนี้ หลังจากนั้นแนวคิดของซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นได้ถูกเลือกเป็นค่าตอบสนองหลักของการทดสอบสมมติฐานและการออกแบบการทดลอง การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่แนะนำในการทำ ความสะอาดด้วยวิธีการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียล สองระดับปัจจัยที่มีสองการทดลองซ้ำ โดยพารามิเตอร์ที่แนะนำคือ การฉีดทำความสะอาดด้วยทิศทางเดียวกัน ที่ความเร็วในการฉีด 80 มิลลิเมตรต่อวินาทีโดยไม่ต้องเปิดใช้แรงดูดสูญญากาศ ผลที่ได้จากการเริ่มใช้พารามิเตอร์นี้แสดงให้เห็นว่ามีข้อบกพร่องจะลดลงเหลือ 250 PPM หรือลดลงร้อยละ 51.92 จากกระบวนการเดิมก่อนการปรับปรุง และมูลค่าความเสียหายต่อชิ้นลดลงจาก 17.21 บาท เหลือ 10.94 บาท

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ลายมือชื่อ นิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2557

5670911121 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS: FLEXIBLE PRINTED CIRCUIT/ SIX SIGMA/ SCREEING PROCESS IN SMT/
DESIGN OF EXPERIMENTS

CHANTACH LUXNANAN: DEFECTIVE REDUCTION FROM SOLDER PASTE
STRAIN DEFECT ON FLEXIBLE PRINTED CIRCUIT. ADVISOR: ASST. PROF.
ORAN KITTITHREERAPRONCHAI, Ph.D., pp.

During the last decades, consumer electronic devices, such as mobile phone and digital cameras, have been integrated with our everyday activities. One component that helps these devices to achieve with their small sizes and versatile functions is a flexible printed circuit (FPC). Each FPC consists of various electronic components on a flexible conducted surface using a special assembling process, called surface mount technology (SMT) that places electrical components directly on the FPC. Within the SMT process, the most significant defective is the solder-paste strain on pads of a FPC, which accounts for 520 PPM. Such defective products cannot be reworked. Small group techniques revealed that the cleaning routine of a solder printing machine is one of the root causes. Followed the six-sigma approach, the defective rate is selected as the main response for hypothesis tests and design of experiment. Determining of the suggested parameters in the cleaning routine using two-level full factorial design with two replications suggest same direction and 80 mm per second cleaning speed without vacuum as optimal setting. The result after one month of implementation showed that was reduced to 250 PPM or 51.92 from previous process before improved and defect cost was reduced from 17.21 Baht/Piece to 10.94 Bath/Piece.

Department: Industrial Engineering Student's Signature

Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature

Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงได้เพราะความรู้จากคณาจารย์ได้ประสิทธิประสาทวิชา และด้วยความช่วยเหลือรวมทั้งความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำและแนวทางการแก้ไข รวมถึงชี้แนวทางในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี ทั้งยังเอาใจใส่และคอยติดตามอย่างสม่ำเสมอ ผู้วิจัยจึงถือโอกาสนี้ขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อังศุมาลิน เสนจันทร์ชัย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัสวงศ์ ไอสถิตศิลป์ กรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ แนวทางในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณโรงงานกรณีศึกษาเป็นอย่างสูงที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล และการทำการทดลองเป็นอย่างดี และขอบพระคุณคณะทำงานที่ช่วยในการระดมความคิด ให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์

สุดท้ายนี้กราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จ ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และให้กำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา.....	1
1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	8
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	20
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	20
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	21
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	21
1.7 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	21
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	23
2.2 หลักการและแนวความคิดของซิกซ์ ซิกมา.....	25
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	37
บทที่ 3 ระเบียบวิธีปัญหา.....	42
3.1 ศึกษาระบวนการผลิต	42
3.2 สภาพปัญหาปัจจุบัน.....	43
3.3 กำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัด	45

3.4 จัดตั้งคณะทำงาน	45
3.5 สรุปประเด็นนิยามปัญหา	46
บทที่ 4 ระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา	47
4.1 การวิเคราะห์ความถูกต้องและความพ้องกันของระบบการวัด	47
4.2 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ	53
4.3 การวิเคราะห์เพื่อปัจจัยนำเข้า	55
4.4 สรุประยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา	60
บทที่ 5 ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา.....	62
5.1 รูปแบบการทดลอง.....	62
5.2 การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับวิธีการทดสอบสมมติฐาน.....	62
5.3 ปัจจัยและการกำหนดระดับของปัจจัยในการทดสอบสมมติฐาน	64
5.4 วิธีการทดสอบสมมติฐานและผลการทดสอบสมมติฐานของแต่ละปัจจัย.....	67
5.5 สรุประยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา	73
บทที่ 6 ระยะการการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ	75
6.1 การออกแบบการทดลอง	75
6.2 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	78
6.3 สรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ.....	86
บทที่ 7 ระยะการติดตามควบคุม	88
7.1 การทดสอบยืนยันผล	88
7.2 ผลการปรับปรุง.....	92
7.3 ผลกระทบด้านต้นทุนและกำลังการผลิตหลังการปรับปรุงกระบวนการ	97
7.4 สรุประยะการติดตามควบคุม.....	98

บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	99
8.1 สรุปผลการวิจัย.....	99
8.2 ข้อจำกัดในการทำวิจัย	100
8.3 ข้อเสนอแนะ	101
.....	104
รายการอ้างอิง.....	104
ภาคผนวก.....	106
ภาคผนวก ก	107
ภาคผนวก ข	116
ภาคผนวก ค	123
ภาคผนวก ง	130
ภาคผนวก จ	133
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	135

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 กระบวนการประกอบอุปกรณ์ทางไฟฟ้ากับแผ่นวงจรแบบพิมพ์ยืดหยุ่น.....	4
ตารางที่ 1.2 ตัวอย่างความสามารถของกระบวนการผลิตโมเดล NJ2751-28 ต่อวัน.....	7
ตารางที่ 1.3 จำนวนของเสียของบริษัทกรณีศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555.....	9
ตารางที่ 1.4 จำนวนของเสียใน 1 ล้านชิ้นของบริษัทกรณีศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555.....	10
ตารางที่ 1.5 รายละเอียดข้อบกพร่องทั้ง 7 ในกระบวนการประกอบอุปกรณ์ทางไฟฟ้ากับ แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น.....	10
ตารางที่ 1.6 จำนวนของเสียใน 1 ล้านชิ้น และมูลค่าของเสียจากข้อบกพร่อง SBL ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555.....	12
ตารางที่ 1.7 ชนิดของ Pad.....	14
ตารางที่ 1.8 ร้อยละสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์ แบบยืดหยุ่นแบ่งตามลักษณะของ Pad ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2555.....	15
ตารางที่ 2.1 ความสามารถของกระบวนการ.....	30
ตารางที่ 2.2 ผลการตัดสินใจจากการทดสอบสมมติฐาน.....	33
ตารางที่ 3.1 ตารางจำนวนสัดส่วนข้อบกพร่องทั้ง 7 ของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์ แบบยืดหยุ่นตั้งแต่เดือนมกราคม 2557 ถึงเดือนมิถุนายน 2557.....	44
ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบ ยืดหยุ่น.....	48
ตารางที่ 4.2 ข้อกำหนดการยอมรับของระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทคราบของสาร บัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น.....	49
ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานคนที่ 1 ถึงคนที่ 8.....	51
ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความถูกต้องของการวัดของพนักงานคนที่ 1 ถึงคนที่ 8.....	51
ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ความความพ้องกันของค่าวัดของพนักงานคนที่ 8 ถึงคนที่ 1.....	52
ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์พบว่าประสิทธิภาพของความพ้องกันและความถูกต้องของค่าวัด.....	53
ตารางที่ 4.7 เกณฑ์การให้คะแนนความสำคัญของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรี เปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น.....	57

ตารางที่ 5.1 Power and Sample Size ของข้อบกพร่องประเภทความของสารบัดกรีเป็น แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น.....	64
ตารางที่ 5.2 ปัจจัยและระดับของปัจจัยสำหรับข้อบกพร่องประเภทความของสารบัดกรีเป็น แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น.....	65
ตารางที่ 5.3 การตั้งค่าของเครื่องจักรเพื่อใช้ในการทดลองและเก็บข้อมูลเพื่อนำไปทดสอบ สมมติฐาน.....	68
ตารางที่ 5.4 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยที่ศึกษาในการจัดทำความสะอาด.....	71
ตารางที่ 5.5 สรุปผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประ เภทความของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น.....	71
ตารางที่ 5.6 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประ เภทความของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นเพื่อออกแบบการทดลอง.....	72
ตารางที่ 6.1 ตารางการออกแบบการทดลองของข้อบกพร่องประเภทความของสารบัดกรี เป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น.....	74
ตารางที่ 6.2 เปรียบเทียบขนาดตัวอย่างการทดลองระหว่างวิธีการทดสอบสมมติฐานและ วิธีการออกแบบการทดลอง.....	77
ตารางที่ 6.3 ผลการทดลองและผลการแปลงข้อมูลโดยวิธีของ Freeman และ Turkey ของ ข้อบกพร่องประเภทความของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น.....	77
ตารางที่ 6.4 ระดับปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมที่สุดของข้อบกพร่องประเภทความของสารบัดกรี เป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น.....	86
ตารางที่ 7.1 ระดับปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมของข้อบกพร่องประเภทความของสารบัดกรีเป็น แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น.....	87
ตารางที่ 7.2 วิธีการปรับตั้งค่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประ เภทความของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น.....	89
ตารางที่ 7.3 การเปรียบเทียบผลของข้อบกพร่องประเภทความของสารบัดกรีเป็น แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นก่อนและหลังการปรับปรุง.....	93
ตารางที่ 7.4 แผนควบคุมปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประ เภทความของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น.....	94
ตารางที่ 7.5 เปรียบเทียบมูลค่าความเสียหายก่อนและหลังการปรับปรุงการทดลอง.....	95

ตารางที่ 8.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา ในแต่ละระยะของการดำเนินงาน.....	98
ตารางที่ 8.2 การเปรียบเทียบจำนวนตัวอย่างระหว่างการทำหนึ่งปัจจัยต่อครั้งและการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียลกับการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบมีจุดศูนย์กลางสำหรับปัจจัยที่เป็นปัจจัยแบบแปรผันที่แอลฟาเท่ากับ 0.05 และเบต้าเท่ากับ 0.20.....	100



สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น.....	1
รูปที่ 1.2 แผนผังองค์การบริษัทกรณีศึกษา.....	3
รูปที่ 1.3 กระบวนการไหลของการประกอบอุปกรณ์ทางไฟฟ้ากับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น.....	5
รูปที่ 1.4 สายการผลิตของกลุ่มลูกค้าญี่ปุ่น.....	6
รูปที่ 1.5 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าของค่าของเสียจากข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นกับค่าแรงในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องอื่นทั้ง 5 ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2557.....	13
รูปที่ 1.6 ตัวอย่าง FPC Connector.....	16
รูปที่ 1.7 พาเรโตเรียงความสำคัญของโมเดลที่เกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น.....	17
รูปที่ 1.8 แผ่นฉลุ (Stencil).....	18
รูปที่ 1.9 ภาพตัดขวางของกระบวนการพิมพ์สารบัดกรี.....	18
รูปที่ 1.10 คราบของสารบัดกรีที่เกิดขึ้นบนผิวแผ่นฉลุ.....	19
รูปที่ 1.11 เครื่อง Screen Printed Solder Exerra รุ่น EP33.....	20
รูปที่ 1.12 แผ่นฉลุและผ้าเช็ดทำความสะอาดของเครื่อง Screen Printed Solder.....	20
รูปที่ 2.1 กระบวนการพิมพ์สารบัดกรี.....	23
รูปที่ 2.2 กระบวนการวางอุปกรณ์ทางไฟฟ้า.....	24
รูปที่ 2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสารบัดกรี.....	24
รูปที่ 2.4 การประสานของสารบัดกรีหลังจากผ่านกระบวนการรีโฟร์.....	24
รูปที่ 2.5 ภาพการศึกษากระบวนการวัด.....	29
รูปที่ 3.1 กระบวนการไหลของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น.....	42
รูปที่ 3.2 คราบของสารบัดกรีบนเส้นลายทองแดงที่ไม่มีฟิล์มปกคลุม.....	44

รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความถูกต้องและความพ้องกันของระบบการวัดโดยโปรแกรม Minitab	50
รูปที่ 4.2 Process capability analysis ของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นก่อนการปรับปรุงกระบวนการ	55
รูปที่ 4.3 ผังสาเหตุและผลของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น	56
รูปที่ 4.4 พาเรโตเรียงความสำคัญของปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น	58
รูปที่ 5.1 Power Curve for Two Proportion ของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น	64
รูปที่ 6.1 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงปกติของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น	79
รูปที่ 6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตกค้างของสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นตามลำดับการทดลอง	80
รูปที่ 6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตกค้างและค่าที่ถูกพิตของสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น	81
รูปที่ 6.4 ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นโดยโปรแกรม Minitab	82
รูปที่ 6.5 กราฟแสดงผลของปัจจัยหลักของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น	
รูปที่ 6.6 กราฟแสดงผลของปัจจัยร่วมของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น	84
รูปที่ 7.1 แผนภูมิควบคุมของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นโมเดล NJ2751-28	91
รูปที่ 7.2 Process capability analysis ของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นหลังการปรับปรุง	92

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเครื่องใช้ไฟฟ้า อาทิเช่น คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ โน้ตบุ๊ก แท็บเล็ต โทรศัพท์มือถือและกล้องถ่ายรูปดิจิทัล เป็นของใช้ที่ได้รับความนิยมและมีผู้ใช้งานเป็นจำนวนมาก ซึ่งอุปกรณ์ต่างๆเหล่านี้มีส่วนทำให้ผลิตภัณฑ์ผลิตอุตสาหกรรมส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยเพิ่มสูงขึ้น แต่เนื่องด้วยอุปกรณ์เหล่านี้มีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีที่รวดเร็ว จึงส่งผลให้ผู้ผลิตในอุตสาหกรรมส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ภายในประเทศไทยต้องทำการแข่งขันกันเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ของตนเองเป็นที่ต้องการของตลาด ด้วยการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพในราคาที่เหมาะสม และมีการบริการที่มีความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว

งานวิจัยนี้นำเสนอการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้น เพื่อแก้ปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และลูกค้า รวมถึงเป็นการเพิ่มความสามารถของกระบวนการผลิต อีกทั้งยังสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ลง ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำงานวิจัยเกี่ยวกับปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียภายในบริษัทกรณีศึกษาแห่งหนึ่งซึ่งเป็นผู้ผลิตส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ภายในประเทศไทย ด้วยการนำหลักการซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยหวังว่าจะสามารถช่วยลดของเสียหลักที่สร้างความเสียหายให้กับบริษัทกรณีศึกษานั้นลดน้อยลง และนำงานวิจัยนี้ไปเป็นแนวทางในการนำหลักการซิกซ์ ซิกมา ไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงกระบวนการอื่นๆภายในบริษัทต่อไป

1.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ประเภท แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น (Flexible Printed Circuit: FPC) ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

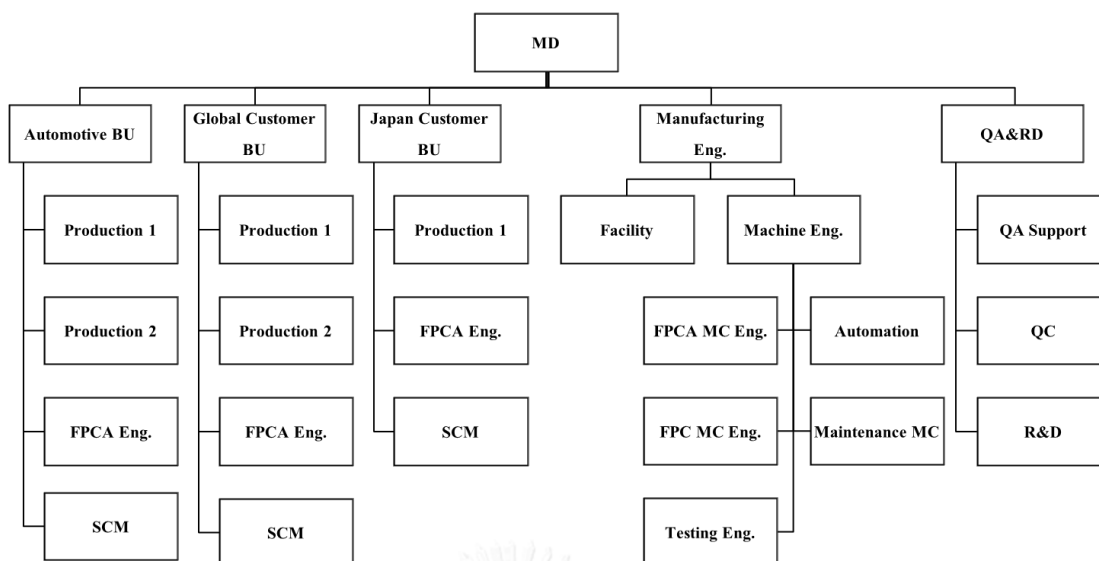
บริษัทดังกล่าวก่อตั้งเมื่อเดือนเมษายน ปีพ.ศ.2538 ด้วยจำนวนเงินทุนจดทะเบียน 200 ล้านบาท ตั้งอยู่ที่นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในปัจจุบันมีพนักงานทั้งสิ้น 3,496 คน ผลิตแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นส่งให้กับลูกค้าในกลุ่มยานยนต์ อุปกรณ์สื่อสาร และกล้องถ่ายรูปดิจิทัล

บริษัททราบดีศึกษาผลิตแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นแบบครบวงจร กล่าวคือเริ่มผลิตจากม้วนแผ่นทองแดงจนกระทั่งเป็นแผ่นวงจรพร้อมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ส่งให้กับลูกค้านำไปใช้ประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งกระบวนการผลิตหลักของบริษัทแห่งนี้มีทั้งหมด 3 กระบวนการ คือ กระบวนการทำเส้นลายวงจร (Front Process) กระบวนการตัดเจาะ (Punching Process) และกระบวนการประกอบ (Assembly Process) โดยมีรายละเอียดของแต่ละกระบวนการพอสังเขปดังนี้

กระบวนการทำเส้นลายวงจร เป็นกระบวนการเริ่มทำเส้นลายวงจรแบบต่างๆตามต้องการจากม้วนแผ่นทองแดง โดยการผ่านกระบวนการทางเคมีกัดแผ่นทองแดงให้เหลือเฉพาะส่วนที่เป็นเส้นลายวงจร และทำการป้องกันผิวทองแดงด้วยการตีฟิล์มปกคลุม ส่วนของบริเวณที่ต้องการเปิดเส้นลายทองแดงไว้ นั้น ไม่มีฟิล์มปกคลุมอยู่ แต่มีการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวหรือเคลือบผิวด้วยทองแทน ซึ่งขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการนำไปใช้งาน

กระบวนการตัดเจาะ เป็นการนำม้วนแผ่นทองแดงจากกระบวนการทำเส้นลายวงจรมาทำการตัดแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นให้เป็นไปตามรูปร่างที่ต้องการ และทำการเจาะให้แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นเป็นรูลักษณะต่างๆตามความต้องการ โดยก่อนจบกระบวนการมีการตัดแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นเป็นแผ่นก่อนนำไปยังกระบวนการประกอบ

กระบวนการประกอบ เป็นกระบวนการนำแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นที่เป็นแผ่นจากกระบวนการตัดเจาะมาทำการประกอบอุปกรณ์ทางไฟฟ้าต่างๆลงบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น โดยใช้สารบัดกรีเป็นตัวประสานแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นและอุปกรณ์ทางไฟฟ้าต่างๆเข้าด้วยกัน



รูปที่ 1.2 แผนผังองค์กรบริษัทกรณีศึกษา

จากรูปที่ 1.2 คือแผนผังองค์กรของบริษัทกรณีศึกษา โดยจะแสดงแผนกที่เกี่ยวข้องกับการผลิต 5 แผนก ใน 5 แผนกหลักดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้เป็น แผนกสนับสนุน 2 แผนก ได้แก่ แผนกสนับสนุนการผลิต (Manufacturing Engineer) ซึ่งดูแลอาคารสถานที่และเครื่องจักร และแผนกควบคุมคุณภาพ (Quality Assurance & Research and Develop) ดูแลคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และนอกเหนือจากแผนกสนับสนุนทั้ง 2 แล้ว ยังมีอีก 3 แผนกที่เกี่ยวข้องกับการผลิตโดยตรงได้แก่ แผนกลูกค้ายานยนต์ (Automotive Customer Business Unit) แผนกลูกค้าต่างชาติอื่นๆ (Global Customer Business Unit) และแผนกลูกค้าญี่ปุ่น (Japan Customer Business Unit) โดยแผนกในส่วนของการผลิตทั้ง 3 นี้มีการแบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วนย่อยดังนี้ ส่วนแรกคือฝ่ายผลิต (Production) ส่วนที่สองคือฝ่ายวิศวกรรม (FPCA Engineer) และส่วนที่สามคือฝ่ายวางแผนการผลิต (Supply Chain Management: SCM) โดยผู้วิจัยนั้นมีหน้าที่รับผิดชอบในแผนกลูกค้าญี่ปุ่น ฝ่ายวิศวกรรม เป็นวิศวกรกระบวนการ รับผิดชอบในส่วนของการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นที่นำไปใช้กับกล้องถ่ายภาพดิจิทัล ซึ่งวิศวกรกระบวนการมีหน้าที่ให้ความร่วมมือกับฝ่ายผลิตในการแก้ปัญหาระบบการผลิต ปรับปรุงการผลิตเพื่อเพิ่มขีดความสามารถและพัฒนากระบวนการผลิต รวมทั้งดูแลคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการผลิต ซึ่งมีตัวชี้วัดของหน้าที่ความรับผิดชอบได้แก่ ร้อยละผลผลิตจริงจากการผลิต ความสามารถของกระบวนการ และมูลค่าของเสียที่เกิดขึ้น

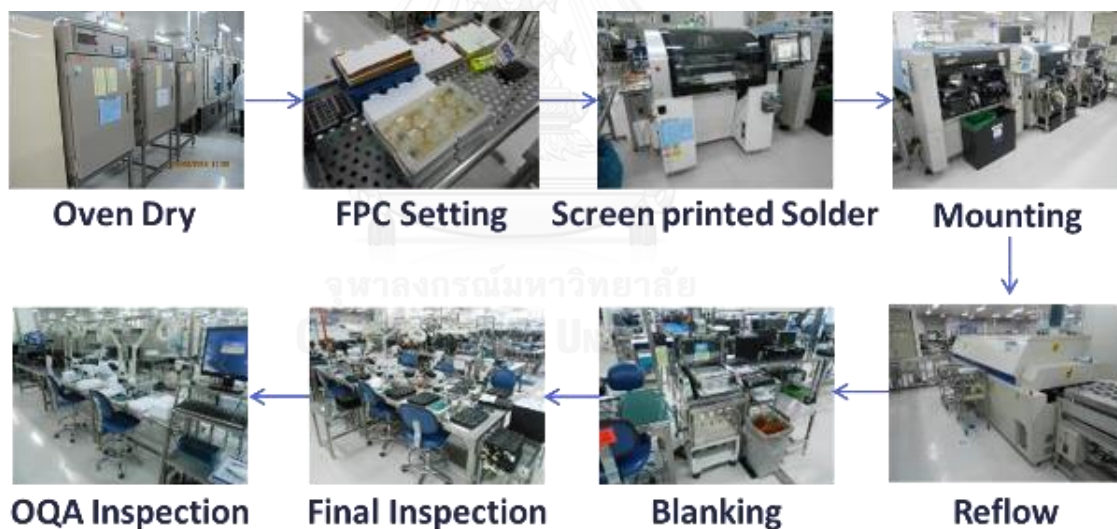
ลักษณะการผลิตของบริษัทกรณีศึกษานี้ในส่วนของการประกอบอุปกรณ์ทางไฟฟ้ากับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น (Flexible Printed Circuit Assembly: FPCA) แบบเทคนิค Surface

Mount Technology (SMT) เป็นการประกอบอุปกรณ์ทางไฟฟ้ากับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นโดยใช้สารบัดกรีแบบกึ่งของเหลวของแข็งลักษณะคล้ายครีม (Solder Paste) เป็นตัวประสานอุปกรณ์ทางไฟฟ้าเข้ากับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น ซึ่งการประกอบอุปกรณ์ทางไฟฟ้ากับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 กระบวนการประกอบอุปกรณ์ทางไฟฟ้ากับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

กระบวนการ	รูปภาพ
1. กระบวนการอบแห้งเป็นกระบวนการอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นเพื่อไล่ความชื้นออกจากแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นก่อนนำไปใช้กระบวนการผลิต	
2. กระบวนการติดตั้งแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นลงบนแผ่นยึดชิ้นงาน (Fixture)	
3. กระบวนการพิมพ์สารบัดกรี เป็นกระบวนการพิมพ์สารบัดกรีลงบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น ผ่านรูของแผ่นฉล (Stencil)	
4. กระบวนการวางอุปกรณ์ทางไฟฟ้า เป็นการวางอุปกรณ์ทางไฟฟ้าต่างๆลงบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น	
5. กระบวนการรีโฟลว์ (Reflow) เป็นกระบวนการให้ความร้อนกับแผ่นวงจรพิมพ์โดยการผ่านรางความร้อนเพื่อให้ สารบัดกรีหลอมละลายและประสานอุปกรณ์ทางไฟฟ้าติดกับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น	

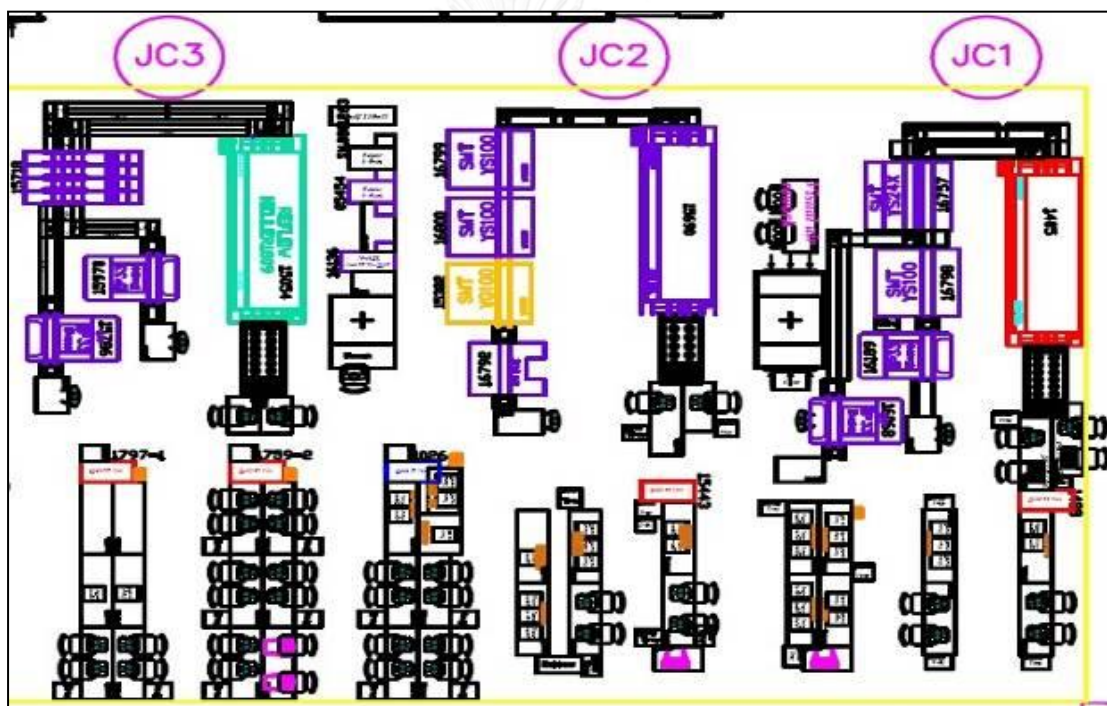
กระบวนการ	รูปภาพ
6. กระบวนการ Blanking เป็นกระบวนการตัดแผ่นวงจรพิมพ์แบบยัดหู่นจากแผ่นรวมออกเป็นชิ้นตามลักษณะที่ต้องการ	
7. กระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Final Inspection)	
8. กระบวนการ OQA Inspection เป็นกระบวนการสุ่มตรวจชิ้นงานตามระดับคุณภาพที่ยอมรับได้ (Acceptance Quality Level: AQL)	



รูปที่ 1.3 กระบวนการไหลของการประกอบอุปกรณ์ทางไฟฟ้ากับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยัดหู่น

รูปที่ 1.3 กระบวนการไหลของการประกอบอุปกรณ์ทางไฟฟ้ากับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยัดหู่นของบริษัทกรณีศึกษา โดยเริ่มต้นจากนำแผ่นวงจรพิมพ์แบบยัดหู่นไปอบแห้งเพื่อให้ความชื้นออกแล้วจึงนำแผ่นวงจรพิมพ์แบบยัดหู่นไปติดตั้งกับแผ่นยัดชิ้นงานแล้ววางลงบนสายพานลำเลียงเพื่อลำเลียงแผ่นวงจรพิมพ์แบบยัดหู่นเข้าสู่เครื่องจักรต่างๆภายในกระบวนการ

เครื่องจักร Screen Printed Solder เป็นเครื่องแรกเพื่อทำการพิมพ์สารบัดกรีลงบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น ซึ่ง 1 เครื่องจักรสามารถพิมพ์ได้ 1 โมเดลเท่านั้น ต่อมาเป็นเครื่อง Mounting เป็นเครื่องจักรใช้สำหรับวางอุปกรณ์ทางไฟฟ้าลงบนตำแหน่งที่มีการพิมพ์สารบัดกรีลงไป โดยเครื่องจักรมี 2 สายพานลำเลียงภายในเครื่อง ดังนั้นจึงสามารถวางอุปกรณ์ทางไฟฟ้าได้ 2 โมเดลต่อเครื่อง สุดท้ายเป็นเครื่องรีโฟร์เป็นเครื่องให้ความร้อนโดยใช้หลักการการพาความร้อนกับสารบัดกรีด้วยการเป่าลมร้อนในขณะที่แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นกำลังลำเลียงผ่านสายพาน เพื่อให้สารบัดกรีหลอมละลายและประสานอุปกรณ์ทางไฟฟ้าติดกับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น ซึ่งเครื่องรีโฟร์นี้มีสายพานลำเลียงภายใน 2 สายพาน จึงสามารถลำเลียงได้ 2 โมเดลต่อเครื่องภายใต้เงื่อนไขที่ว่าสารบัดกรีที่ใช้นั้นต้องเป็นชนิดเดียวกัน



รูปที่ 1.4 สายการผลิตของกลุ่มลูกค้าญี่ปุ่น

รูปที่ 1.4 เป็นรูปสายการผลิตของแผนกลูกค้าญี่ปุ่นซึ่งมีสายการผลิตทั้งหมด 3 สายการผลิตโดยเริ่มจากกระบวนการติดตั้งแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น จนกระทั่งถึงกระบวนการ OQA Inspection ซึ่งได้แก่ JC1 JC2 และ JC3 สามารถผลิตแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นได้สูงสุด 5 โมเดล โดยสายการผลิต JC1 และ JC3 นั้น สามารถผลิตได้ 2 โมเดลพร้อมกันเนื่องจากมีเครื่องจักรกระบวนการพิมพ์สารบัดกรี 2 เครื่องต่อสายการผลิต มีเครื่องตัดแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นทั้งหมด 5 เครื่องอยู่ต่อจากเครื่องรีโฟร์เพื่อรองรับการตัดเมื่อการผลิตครบทั้ง 5 โมเดล ส่วน

ของการตรวจสอบขั้นสุดท้ายและกระบวนการตรวจสอบ OQA อยู่ตำแหน่งตามรูปที่ 1.4 ด้านล่าง มีการจัดโต๊ะเป็นกลุ่มเพื่อแยกการตรวจเป็นกลุ่มละ 1 โมเดล ซึ่งบนโต๊ะมีกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 10 เท่า ใช้ในการตรวจงานวางอยู่ โดยความสามารถของกระบวนการผลิตในแต่ละกระบวนการต่างๆเหล่านี้ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ตัวอย่างความสามารถของกระบวนการผลิตโมเดล NJ 2751-28 ต่อวัน

No.	Process Operation	Machine, Equipment	Pcs/ Cycle	Avg. Man Time (Sec/ Cycle)	Avg. Machine Time (Sec/ Cycle)	Line Capacity (Pcs/ Day)
1	Oven dry	Oven	7,200	65.00	3,600.00	122,997
2	FPC Set	Fixture	24	8.59	-	174,926
3	Screen Print Solder	Solder Print M/C	24	-	22.51	66,753
4	Mounting	SMT M/C	24	-	100.43	14,962
5	Reflow	Reflow M/C	24	-	300.42	49,396
6	Blanking (1 sheet = 1 stroke)	Blanking M/C 11 TON	24	20.96	6.41	54,900
7	Final Inspection	Microscope 10x	1	14.56	-	17,201
8	QA Inspection	Microscope 10x	1	20.22	-	3,097
	Cap/day	-	14,962 Pcs			

ตารางที่ 1.2 เป็นตารางแสดงตัวอย่างความสามารถกระบวนการผลิต 1 โมเดลต่อวัน โดยแสดงกระบวนการในการผลิต เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการ จำนวนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นที่ใช้ต่อรอบ เวลาเฉลี่ยของคนและเครื่องจักรขณะทำงานในแต่ละกระบวนการ และความสามารถ

ของแต่ละกระบวนการในการผลิต ซึ่งเมื่อคำนวณหาค่าความสามารถของแต่ละกระบวนการได้แล้วนั้น จึงกำหนดให้กระบวนการที่มีความสามารถต่ำที่สุดในกระบวนการตั้งแต่ 1 ถึง 6 เป็นความสามารถกระบวนการผลิตเท่านั้น ดังนั้นความสามารถของกระบวนการผลิตนี้จึงประมาณเท่ากับ 14,962 ชิ้นต่อวัน เพราะกระบวนการวางอุปกรณ์ทางไฟฟ้าเป็นกระบวนการที่ใช้เวลานานที่สุดซึ่งเป็นคอขวด (Bottom Neck) ของกระบวนการ และในส่วนของกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Final Inspection) และกระบวนการตรวจสอบ OQA นั้นไม่นำมาใช้ในการหาความสามารถเนื่องจากเป็นกระบวนการตรวจผลิตภัณฑ์โดยใช้ผู้ตรวจสอบ ซึ่งสามารถเพิ่มหรือลดจำนวนผู้ตรวจสอบได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละโมเดล

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากผู้วิจัยเป็นวิศวกรดูแลและรับผิดชอบกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่นกับอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ซึ่งมีการประเมินผลการดำเนินงานคือผลผลิตของแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่นที่ได้จากกระบวนการประกอบ ดังนั้นการลดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตจึงเป็นหน้าที่หลักที่สำคัญในการทำงาน เพื่อให้ผลการดำเนินงานของแผนกดีขึ้น โดยของเสียที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่นนั้น ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1.3 มีจำนวนของเสียเป็นชิ้นตั้งแต่ปีพ.ศ. 2555 จนถึงปัจจุบัน รวมทั้งจำนวนของเสียใน 1 ล้านชิ้น (Part per Million หรือ PPM) ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2555 จนถึงปัจจุบัน แสดงไว้ในตารางที่ 1.4 ซึ่งของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 7 ข้อบกพร่อง โดยข้อบกพร่องทั้งหมดแสดงไว้ตามตารางที่

1.5

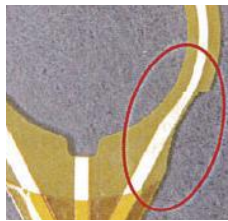
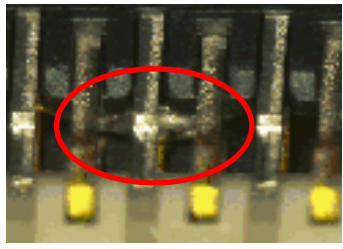

ตารางที่ 1.3 จำนวนของเสียของบริษัทกรณีศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ.2555

		พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ. 2557					
		2555	2556	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
จำนวนการส่ง ผลิต (พันชิ้น)		38,887	32,968	2,438	1,634	601	808	1,310	1,560
จำนวนของเสีย	LCP (ชิ้น)	41,276	21,109	1,296	461	83	258	1,077	1,282
	MCP (ชิ้น)	25,921	17,060	1,886	871	92	137	998	1,188
	OTA (ชิ้น)	54,711	43,184	1,677	1,516	328	315	1,243	1,480
	SBL (ชิ้น)	51,401	32,393	790	918	323	703	1,017	1,377
	SBR (ชิ้น)	19,379	8,519	737	339	105	217	70	83
	SFL (ชิ้น)	53,580	46,883	1,478	752	274	446	184	219
	MRP (ชิ้น)	15,587	7,777	273	159	57	144	228	271
	ของเสีย ทั้งหมด (พันชิ้น)	261	176	8	5	1	2	4	5

ตารางที่ 1.4 จำนวนของเสียใน 1 ด้านขึ้นของบริษัทกรณีศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ.2555

		พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ. 2557					
		2555	2556	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
อัตราของเสีย	LCP (PPM)	1,061	543	531	282	138	319	821	821
	MCP (PPM)	667	439	773	533	153	169	761	761
	OTA (PPM)	1407	1110	688	928	545	390	948	948
	SBL (PPM)	1322	833	324	562	536	869	776	882
	SBR (PPM)	498	219	302	207	174	268	53	53
	SFL (PPM)	1378	1206	606	460	455	552	140	140
	MRP (PPM)	401	200	112	97	95	178	174	174
	ของเสียทั้งหมด (PPM)	6734	4550	3337	3069	2096	2746	3674	3781

ตารางที่ 1.5 รายละเอียดข้อบกพร่องทั้ง 7 ในกระบวนการประกอบอุปกรณ์ไฟฟ้ากับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

รหัสข้อบกพร่อง	ลักษณะของข้อบกพร่อง	รูปภาพ
MRP (Cut sheet misalignment/incomplete)	- แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นฉีกขาด - การตัด, การเจาะ เยื้องหรือไม่สมบูรณ์	
SBR (Solder bridge)	- สารบัดกรีเชื่อมกัน	
MCP (Misalignment of component)	- อุปกรณ์ทางไฟฟ้าเยื้องออกจาก Pad	

รหัสข้อบกพร่อง	ลักษณะของข้อบกพร่อง	รูปภาพ
LCP (Lift component)	<ul style="list-style-type: none"> - ขาของวงจรรวมและอุปกรณ์ทางไฟฟ้าต่างๆ ไม่มีสารบัดกรีเชื่อม (ขาดลอย) 	
SBL (Metallic contamination on FPC)	<ul style="list-style-type: none"> - สิ่งแปลกปลอมบนผิวแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นที่นำไฟฟ้า (สารบัดกรี, เศษโลหะ) 	
SFL (Solder poor/over fillet)	<ul style="list-style-type: none"> - สารบัดกรีน้อย, สารบัดกรีมาก - สารบัดกรีแตกร้าว, สารบัดกรีเป็นรูซึม - สารบัดกรีไม่สมบูรณ์, ไม่มีสารบัดกรี 	
OTA (Other defective of assembly process)	<ul style="list-style-type: none"> - ของเสียที่เกิดจากอุปกรณ์ทางไฟฟ้าเอง เช่น แตกร้าว, บิ่น, เสียรูป, เป็นเส้น, กลับขั้ว, กลับด้าน - อุปกรณ์ทางไฟฟ้าเกินหรือสูญหาย - ของเสียอื่นๆที่เกิดจากการกระบวนการประกอบ 	

เมื่อพิจารณาตามลักษณะของของเสียทั้ง 7 ตามตารางที่ 1.5 ได้กล่าวไว้ นั้น จะพบว่า ข้อบกพร่อง SBR MCP LCP SFL และ OTA นั้น เป็นข้อบกพร่องที่สามารถนำกลับมาปรับปรุงแก้ไขให้เป็นงานปกติได้ แตกต่างจากข้อบกพร่อง SBL หรือข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น และ MRP เพราะข้อบกพร่องทั้ง 2 นี้ เป็นข้อบกพร่องที่ส่งผลกระทบต่อแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นโดยตรง ซึ่งลูกค้าไม่สามารถนำของเสียทั้ง 2 ไปใช้งานต่อได้ หากเปรียบเทียบจำนวนของเสียใน 1 ล้านชิ้น ข้อบกพร่องทั้ง 2 จากตารางที่ 1.4 จะพบว่า

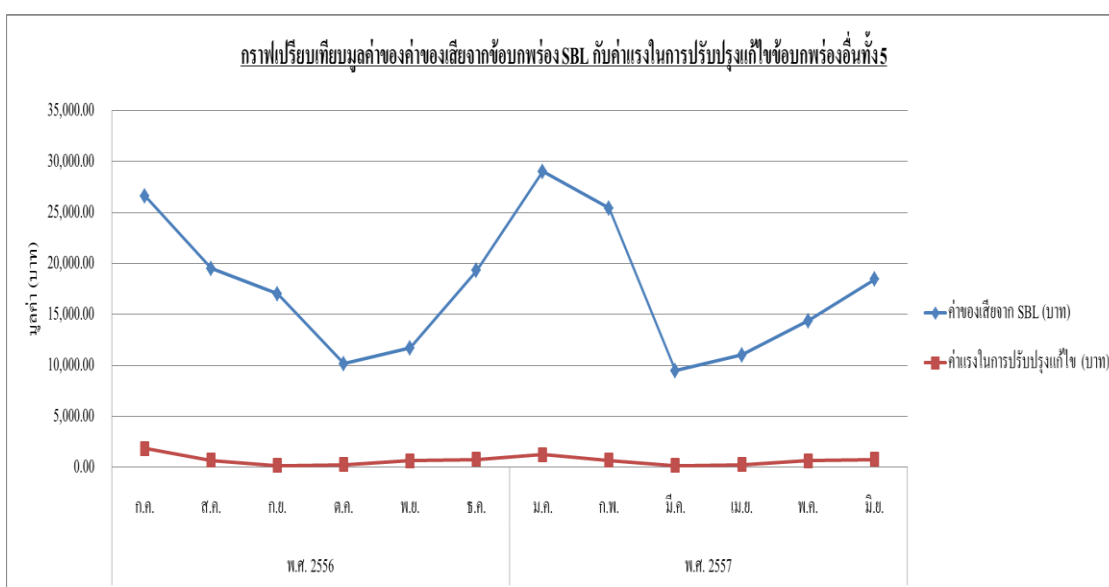
ข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้นมีจำนวนของเสียที่สูงกว่า MRP ถึงประมาณร้อยละ 75 จึงทำให้ผู้วิจัยตัดสินใจเลือกปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น โดยจำนวนข้อบกพร่องใน 1 ล้านชิ้นและมูลค่าของเสียจากข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นตั้งแต่ปีพ.ศ. 2555 แสดงไว้ตามตารางที่ 1.6

ตารางที่ 1.6 จำนวนของเสียใน 1 ล้านชิ้น และมูลค่าของเสียจากข้อบกพร่อง SBL ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555

	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557					
			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
จำนวนการตั้ง ผลิต (พันชิ้น)	38,887	32,968	2,438	1,634	601	808	1,310	1,560
ข้อบกพร่อง SBL (ชิ้น)	51,401	332,393	790	918	323	703	1,017	1,377
สัดส่วน ข้อบกพร่อง SBL (PPM)	1,322	833	324	562	536	869	776	882
ค่าของเสีย (พันบาท)	1,702	571	29	25	9	11	14	18

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 1.6 ในปีพ.ศ. 2555 นั้นมีข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นประมาณ 1,322 PPM คิดเป็นมูลค่าของเสียทั้งสิ้น 1,702,179 บาท ต่อมาในปีพ.ศ. 2556 ได้มีการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดข้อบกพร่องรวมภายในแผนกลูกค้าญี่ปุ่น ซึ่งในส่วนของของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้น ได้มีการปรับปรุงกระบวนการด้วยการออกเอกสารควบคุมกระบวนการผลิตของกระบวนการพิมพ์สารบัดกรีโดยการเพิ่มในส่วนของการทำความสะอาด แผ่นฉลุเพิ่มเติมลงไปในการตรวจสอบเครื่องจักรก่อนเริ่มใช้งานรายวัน และกำหนดให้พนักงานประจำเครื่องจักรต้องตั้งค่าพารามิเตอร์เครื่องจักรให้ทำความสะอาดอัตโนมัติทุกๆการพิมพ์ 5 ครั้งและทำความสะอาดโดยพนักงานประจำเครื่องจักรเองทุกๆการพิมพ์ 10 ครั้ง ซึ่งจากผลการออกเอกสารควบคุมให้พนักงานปฏิบัติตามดังกล่าวนี้ ช่วยลดข้อบกพร่อง

ประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นลดลงเหลือประมาณ 833 PPM และมูลค่าของเสียลดลงจากเดิมเป็น 571,129 บาท จากข้อมูลดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าการทำความสะอาดโดยเครื่องจักรและพนักงานนั้นมีผลต่อการลดลงของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นอย่างชัดเจน แต่เนื่องจากมูลค่าของเสียที่เกิดขึ้นนั้นยังมีปริมาณที่สูง ผู้วิจัยจึงต้องการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นลง ซึ่งผู้วิจัยได้ตั้งเป้าหมายไว้คือ ลดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นลงได้ร้อยละ 50 ของปีพ.ศ. 2556




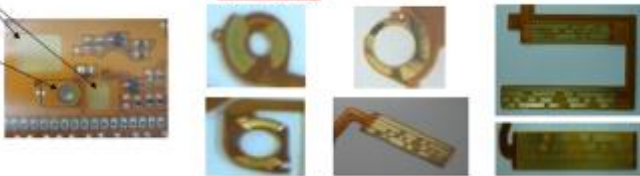

รูปที่ 1.5 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าของค่าของเสียจากข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นกับค่าแรงในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องอื่นทั้ง 5 ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2557

เมื่อนำมูลค่าของค่าของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นกับค่าแรงของพนักงานในการทำการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องทั้ง 5 ที่สามารถนำมาปรับปรุงแก้ไขได้ มาเปรียบเทียบกันโดยค่าแรงของพนักงานในการทำการปรับปรุงแก้ไขของบริษัทกรณีศึกษาแห่งนี้คิดค่าแรงขั้นต่ำเท่ากับ 64 บาทต่อชั่วโมง และเวลาในการทำการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องทั้ง 5 นั้น ใช้เวลาทำประมาณ 10 วินาทีต่อชิ้น เมื่อนำมูลค่าทั้ง 2 มาเปรียบเทียบย้อนหลังไป 12 เดือนดังรูปที่ 1.5 พบว่ามูลค่าของของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้น มีมูลค่าสูงกว่าค่าแรงของพนักงานในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องทั้ง 5 อยู่มาก ซึ่งมูลค่าของค่าของเสียที่เกิดข้อบกพร่อง

ประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นจาก 12 เดือนย้อนหลังมีมูลค่ารวมเท่ากับ 211,986.39 บาท เมื่อเทียบกับกับค่าแรงของพนักงานในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องทั้ง 5 มีมูลค่ารวมอยู่ที่ 8,069.18 บาทเท่านั้น ดังนั้นข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นจึงมีความสำคัญที่ต้องการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดของเสียที่กำลังเกิดขึ้น

เนื่องจากข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นเป็นของเสียที่เกิดจากสารบัดกรีเป็นเส้นลายทองแดงที่ไม่มีฟิล์มปกคลุม ซึ่งบริเวณเส้นลายทองแดงที่ไม่มีฟิล์มปกคลุมและมีการเคลือบผิวด้วยทองหรือสารเคลือบผิวอื่น ๆ นี้ถูกเรียกว่า Pad มีอยู่บนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นเพื่อใช้ประกอบกับอุปกรณ์อื่นภายในกล่องดิจิตอล แบ่งออกเป็น 3 แบบหลักด้วยกัน โดยแสดงไว้ในตารางที่ 1.7

ตารางที่ 1.7 ชนิดของ Pad

ชนิดของ Pad	รูปภาพ
1. Connector Pad คือ Pad ที่อยู่ส่วนปลาย หรือขอบของแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น โดยใช้เชื่อมต่อกับตัว FPC Connector หรืออุปกรณ์อื่นๆ	
2. Ground/Screw Pad คือ ส่วนที่ใช้เชื่อมกับสายไฟหรืออุปกรณ์อื่นๆ และ Pad ที่ต้องใช้ขันกับตัวสกรู	
3. Switch Pad : Pad ที่ต้องเชื่อมต่อกับตัวสวิตช์	

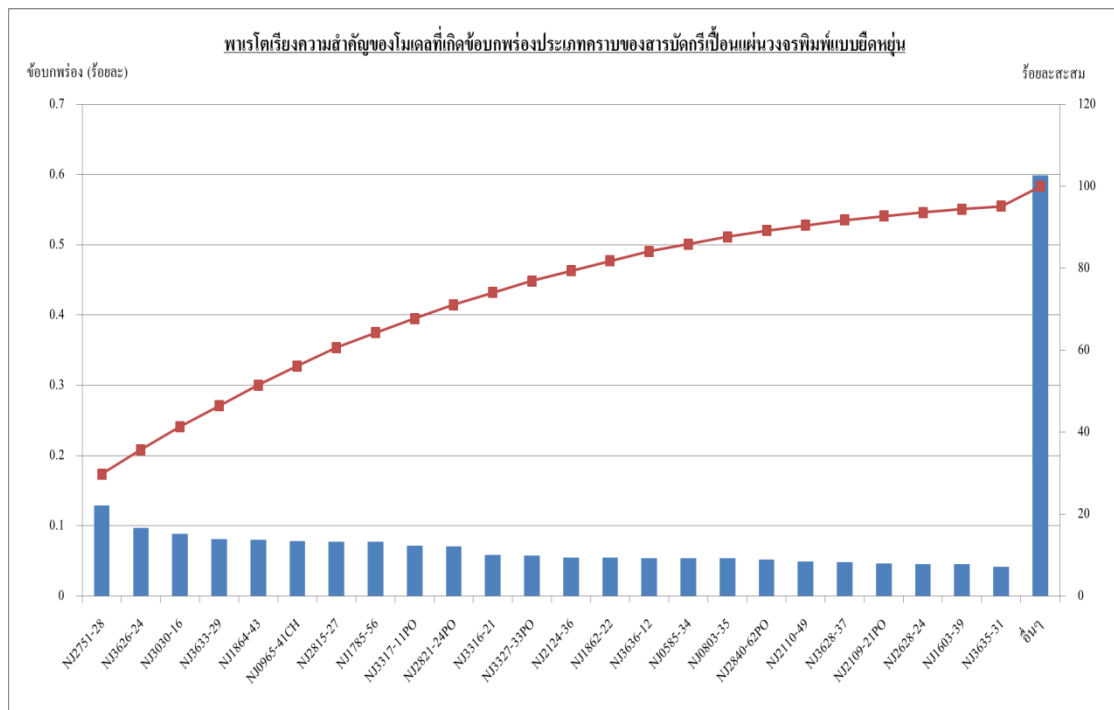
ตารางที่ 1.8 ร้อยละสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทความของสารบัดกรีเป็นอนแผ่นวงจรพิมพ์แบบ
ยึดหยุ่นแบ่งตามลักษณะของ Pad ตั้งแต่ปีพ .ศ.2555

	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557					
			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
จำนวนการสั่ง ผลิต (พันชิ้น)	38,887	32,968	2,438	1,634	601	808	1,310	1,560
ข้อบกพร่อง SBL (ชิ้น)	51,401	27,463	790	918	325	733	692	823
ข้อบกพร่อง SBL ที่ Connector Pad (ชิ้น)	38,887	19,781	488	817	241	647	692	823
สัดส่วน ข้อบกพร่อง SBL ที่ Connector Pad (ร้อยละ)	0.10	0.06	0.02	0.05	0.04	0.08	0.05	0.05
สัดส่วน ข้อบกพร่อง SBL ที่ Pad อื่นๆ (ร้อยละ)	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
สัดส่วน ข้อบกพร่อง SBL รวม ทั้งหมด (ร้อย ละ)	0.13	0.08	0.03	0.06	0.05	0.09	0.05	0.05



รูปที่ 1.6 ตัวอย่าง FPC Connector

จากการรวบรวมข้อมูลตามตารางที่ 1.8 ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2555 พบว่าข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่นั้นเป็นข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นที่สารบัดกรีเปื้อน Connector Pad มีจำนวนสูงที่สุด หากต้องการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นลงร้อยละ 50 ได้นั้น ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นเข้าไปปรับปรุงและแก้ไขที่โมเดลของแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นที่มี Connector Pad เป็นลำดับแรก เพราะมีสัดส่วนของเสียสูงเมื่อเทียบกับข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นที่บริเวณ Pad อื่นๆซึ่งข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นที่เกิดจากสารบัดกรีเปื้อน Connector Pad นั้น ส่งผลเสียกับลูกค้าเมื่อนำไปใช้ในการประกอบกล่องถ่ายรูปดิจิทัล เพราะบริเวณ Connector Pad ที่เปื้อนสารบัดกรีนั้น เป็นบริเวณเส้นลายทองแดงที่สัมผัสกับส่วนที่นำไฟฟ้าของ FPC Connector ซึ่งจะถูกลงเพื่อให้อยึดติดกับ FPC Connector ที่ประกอบไว้กับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นชิ้นอื่นในกล่องดิจิทัล ดังนั้นการกดลงของ FPC Connector ที่บริเวณรอยเปื้อนนั้น มีโอกาสทำให้เกิดเศษสารบัดกรีซึ่งนำไฟฟ้านั้นหลุดออกมา อาจทำให้เกิดการลัดวงจรหรือทำให้เส้นลายทองแดงของแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นเสียหาย หรือ FPC Connector เกิดการแตกหักและชำรุดได้ รูปตัวอย่างได้แสดงไว้ในรูปที่ 1.6

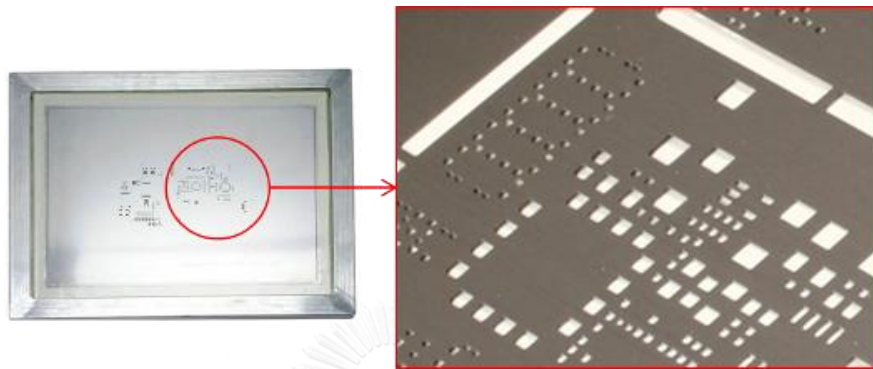


รูปที่ 1.7 พาริตรีเรียงความสำคัญของโมเดลที่เกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

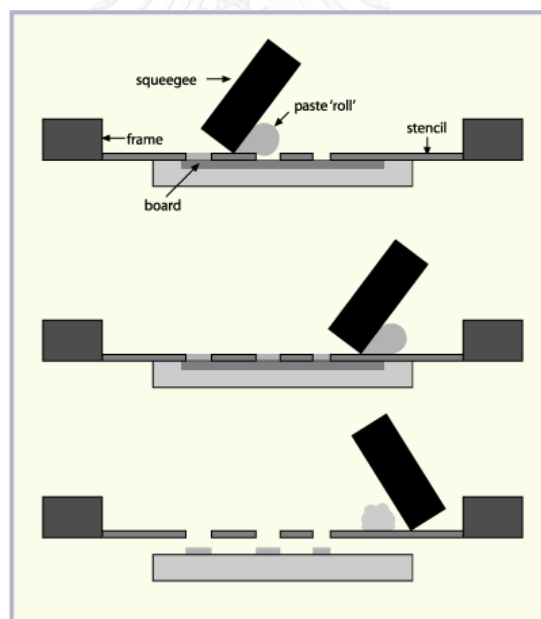
ในปัจจุบันแผนกลูกค้าญี่ปุ่นมีโมเดลในการผลิตทั้งหมด 81 โมเดล ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้มีการเลือกโมเดลตัวอย่างมาใช้ในการทำวิจัย ด้วยการเลือกโมเดลที่มีร้อยละสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นสูงที่สุด 1 โมเดลจากทั้งหมด 81 โมเดล โดยเลือกโมเดลจากข้อมูลที่มีร้อยละสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2557 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 ดังแสดงรูปที่ 1.7 โดยโมเดลที่มีร้อยละสัดส่วนข้อบกพร่องสูงที่สุดคือโมเดล NJ2751-38 ซึ่งมีสัดส่วนข้อบกพร่องร้อยละ 0.13 หรือ 1,300 PPM และเป็นโมเดลที่มี Connector Pad เป็นส่วนประกอบ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงเลือกโมเดลนี้มาใช้ในการทำการทดลองในงานวิจัยนี้ เมื่อได้กระบวนการในการปรับปรุงแก้ไขที่ดีขึ้นแล้ว จึงเริ่มนำกระบวนการนั้นไปใช้กับโมเดลอื่นต่อไป

เมื่อกล่าวถึงสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นที่มีสารบัดกรีเปื้อนเส้นลายทองแดงที่ไม่มีฟิล์มปกคลุมนั้น มักกล่าวถึงในเรื่องของความสะอาดของแผ่นฉลุมิที่มาจากแผ่นฉลุมิเนียม ตามรูปที่ 1.8 ใช้ในกระบวนการพิมพ์สารบัดกรี ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีการนำสารบัดกรีมาใช้ในการพิมพ์สารบัดกรีลงบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น โดยใช้ใบปาดปาดสารบัดกรีให้ลงไปตามรูบนแผ่นฉลุมิ ตามรูปที่ 1.9 จะพบว่าผิวของ

แผ่นฉลุด้านที่แนบกับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น หากมีคราบของสารบัดกรีบนผิวแผ่นฉลุด้านนี้อาจมีโอกาสทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นขึ้นได้ โดยในรูปที่ 1.10 นั้นแสดงถึงคราบของสารบัดกรีที่เปื้อนบนผิวแผ่นฉลุด้านที่แนบกับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น



รูปที่ 1.8 แผ่นฉลุ (Stencil)



รูปที่ 1.9 ภาพตัดขวางของกระบวนการพิมพ์สารบัดกรี



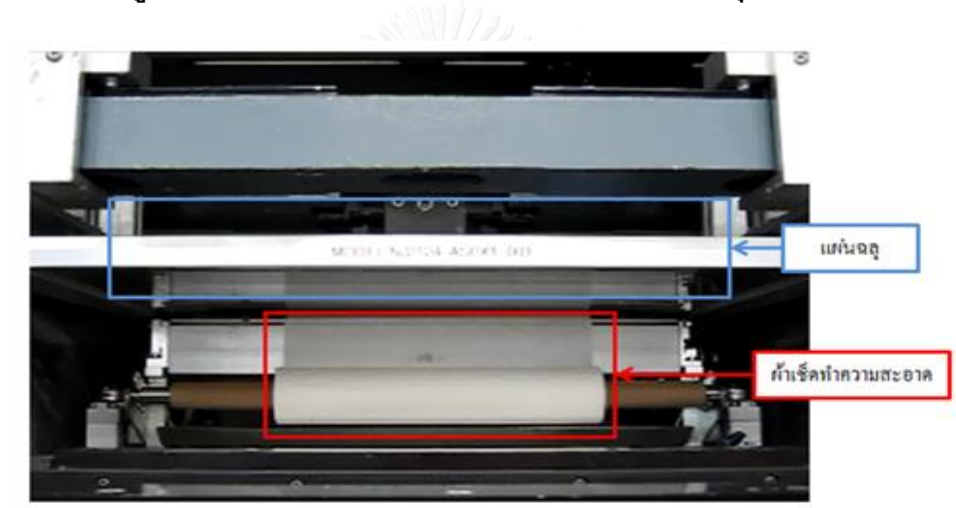
รูปที่ 1.10 คราบของสารบัดกรีที่เกิดขึ้นบนผิวแผ่นฉล

จากสาเหตุของปัญหาเบื้องต้นผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่าความสะอาดของผิวแผ่นฉลด้านที่แนบกับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้นมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น ซึ่งจากกระบวนการที่ใช้อยู่ในปัจจุบันอาจยังไม่ดีพอ ดังนั้นการปรับปรุงกระบวนการทำความสะอาดผิวของแผ่นฉลด้านที่แนบกับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นด้วยการหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อช่วยลดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้ และในขณะนี้บริษัท ทรานส์เทคโนโลยี จำกัด ได้กำหนดให้พนักงานทำความสะอาดผิวแผ่นฉลทุกๆ การพิมพ์สารบัดกรี 10 ครั้ง โดยให้พนักงานใช้ผ้าชุบไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์หรือสารไอพีเอ เช็ดทำความสะอาดผิวแผ่นฉลด้วยมือ ก่อน 1 ครั้ง แล้วจึงนำผ้าแห้งเช็ดทำความสะอาดผิวแผ่นฉลอีกครั้ง จึงเป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการทำความสะอาดผิวแผ่นฉลโดยพนักงาน และในส่วนของเครื่องจักรนั้นได้ใช้เครื่อง Screen Printed Solder ชื่อ Exerra รุ่น EP33 ดังแสดงในรูปที่ 1.11 ในกระบวนการพิมพ์สารบัดกรีซึ่งได้กำหนดให้เครื่องจักรทำความสะอาดผิวแผ่นฉลอัตโนมัติทุกๆ การพิมพ์สารบัดกรี 5 ครั้ง โดยในรูปที่ 1.12 แสดงให้เห็นผ้าของเครื่อง Screen Printed Solder ได้ยกตัวขึ้นเพื่อเช็ดทำความสะอาดผิวแผ่นฉลด้านที่แนบกับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น และในส่วนของเครื่องจักรเองนั้นสามารถปรับเปลี่ยนเงื่อนไขในการทำความสะอาดได้หลายรูปแบบดังต่อไปนี้

1. การเช็ดด้วยผ้าแห้งเพียงอย่างเดียว
2. การเช็ดด้วยผ้าที่ถูกฉีดด้วยสารไอพีเอ
3. การเช็ดด้วยผ้าแห้งพร้อมทั้งเปิดเครื่องดูด
4. ความเร็วในการเช็ดหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อวินาที
5. ทิศทางในการเช็ดสามารถเลือกได้ 2 ทิศทาง คือ จากข้างหน้าไปข้างหลังและจากข้างหลังไปข้างหน้า
6. ความถี่ในการทำความสะอาดอัตโนมัติ



รูปที่ 1.11 เครื่อง Screen Printed Solder Exerra รุ่น EP33



รูปที่ 1.12 แผ่นฉลุและผ้าเช็ดทำความสะอาดของเครื่อง Screen Printed Solder

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อลดจำนวนข้อบกพร่องที่เกิดจากคราบของสารบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น ด้านที่แนบกับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ข้อมูลที่นำมาใช้ในงานวิจัยเป็นข้อมูลที่ได้จากบริษัทกรณีศึกษาเท่านั้น โดยระยะเวลาเก็บรวบรวม ข้อมูลเท่ากับ 1 เดือน

1.4.2 เนื่องจากกระบวนการตรวจสอบชิ้นงานและการลงบันทึกข้อมูลข้อบกพร่องนั้นเป็นพนักงานผู้ตรวจชิ้นงานเท่านั้น ดังนั้นผู้ที่ตรวจสอบชิ้นงานต้องได้รับการรับรองจากศูนย์ฝึก การตรวจสอบชิ้นงานภายในบริษัทกรณีศึกษาก่อนปฏิบัติงาน

1.4.3 การวิจัยนี้ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะกลุ่มลูกค้าญี่ปุ่น ประเภทกล้อง
ถ่ายภาพดิจิทัลเท่านั้น

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีบน
แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

1.5.2 วิธีการหัดทำความสะอาดที่เหมาะสมต่อกระบวนการ

1.5.3 ข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นลดลง
เหลือประมาณ 300 PPM

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ลดจำนวนข้อบกพร่องที่เกิดจากคราบของสารบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

1.6.2 เป็นตัวอย่างและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหา เพื่อนำไปใช้กับแผนกอื่นใน
บริษัทกรณีศึกษา

1.6.3 ผู้วิจัยสามารถนำความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับซิกซ์ ซิกมาไปใช้ในการปรับปรุง
กระบวนการผลิต

1.7 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานในการลดข้อบกพร่องที่เกิดจากคราบของสารบัดกรีบน
แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้น ได้ดำเนินการตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมา โดยนำหลักการ DMAIC
มาใช้ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนต่อไปนี้

1.7.1 การนิยามปัญหา (Define)

- ศึกษากระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น รวมทั้งรวบรวม
ข้อมูล สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับคราบของสาร
บัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น
- กำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ เป้าหมาย และตัวชี้วัดของโครงการ
- จัดตั้งคณะทำงานเพื่อเข้าร่วมในโครงการ โดยเลือกผู้เข้าร่วมจากผู้ที่
มีความรู้ ประสบการณ์ และความชำนาญในกระบวนการประกอบ
แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

1.7.2 การวัด (Measure)

- เนื่องจากผลการตรวจเป็นข้อมูลแบบนับ (Attribute Data) จึงต้องทำการวิเคราะห์ความถูกต้องและความพ้องกันของพนักงานตรวจสอบด้วยวิธี Attribute Agreement Analysis

1.7.3 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analyze)

- ศึกษากระบวนการพิมพ์สารบัดกรี
- เก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาจากกระบวนการผลิตด้วยแผนภูมิแกงปลา
- ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพิมพ์สารบัดกรี
- ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำความสะอาดแผ่นฉล
- ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับของเสียที่เกิดขึ้นจากสารบัดกรีเบื้องต้น
- นำเครื่องมือทางสถิติต่างๆ เช่น การทดสอบสมมติฐาน, การวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อทดสอบนัยสำคัญของปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสีย
- ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบปัจจัยที่มีนัยสำคัญ

1.7.4 การปรับปรุงเพื่อแก้ไขปัญหา (Improvement)

- ทำการทดลองเพื่อหาระดับปัจจัยที่ทำให้เกิดปริมาณของเสียต่ำที่สุด
- สรุปผลการทดลองและเลือกระดับปัจจัยที่ดีที่สุดไปใช้ในกระบวนการผลิต

1.7.5 การควบคุม (Control)

- วางแผนและออกแบบการควบคุมเพื่อกำหนดใช้ในกระบวนการผลิต
- ทำการทดลองจากระดับปัจจัยที่ดีที่สุดอีกครั้งภายใต้แผนการควบคุม
- สรุปผลการทำวิจัยทำรูปเล่มรายงานเพื่อเตรียมนำเสนอ

บทที่ 2

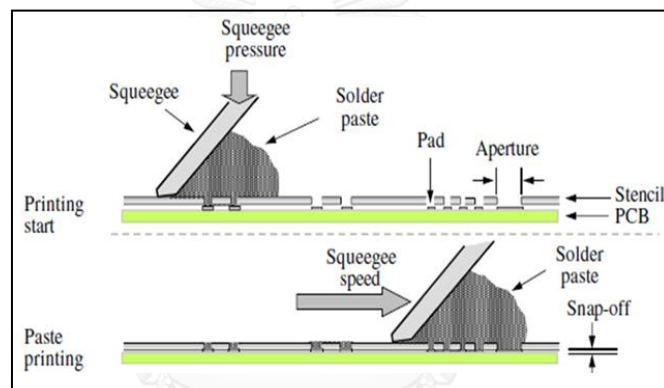
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 กระบวนการ Surface Mount Technology

Surface Mount Technology (SMT) เป็นวิธีการที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการประกอบผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทันสมัย มีความสามารถในการผลิตผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็ก มีความแม่นยำและให้ผลผลิตที่สูง ประกอบด้วย 3 กระบวนการหลัก

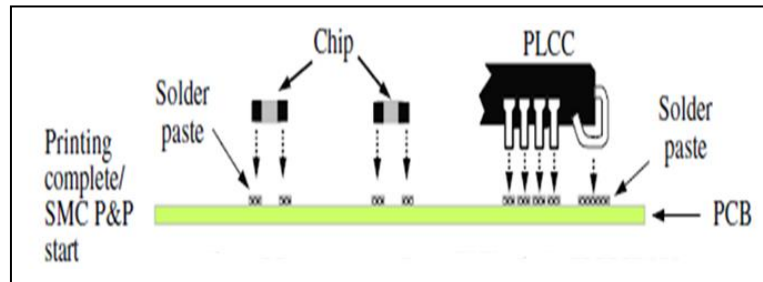
กระบวนการพิมพ์สารบัดกรี



รูปที่ 2.1 กระบวนการพิมพ์สารบัดกรี

ในขั้นตอนแรกของกระบวนการ SMT คือ กระบวนการพิมพ์สารบัดกรีเป็นกระบวนการพิมพ์โดยการใช้ใบปาด (Squeegee) ปาดสารบัดกรีลงตำแหน่งที่มีการเปิดเส้นลายทองแดงที่ต้องการพิมพ์ (Pad) บนแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board: PCB) ผ่านรู (Aperture) ของแผ่นฉลุ (Stencil) โดยการใช้การเคลื่อนที่ของใบปาด พาสสารบัดกรีลงไปตามตำแหน่งที่ต้องการพิมพ์ จนทั่วทั้งแผ่นวงจรพิมพ์ ตามรูปที่ 2.1

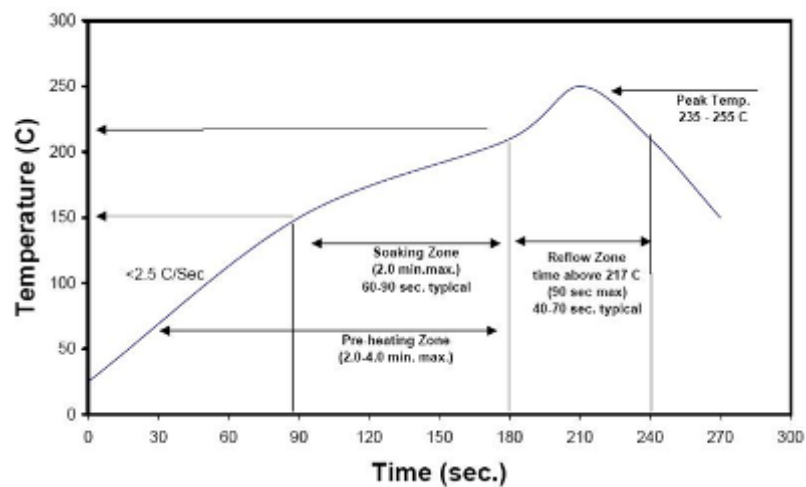
กระบวนการวางอุปกรณ์ทางไฟฟ้า



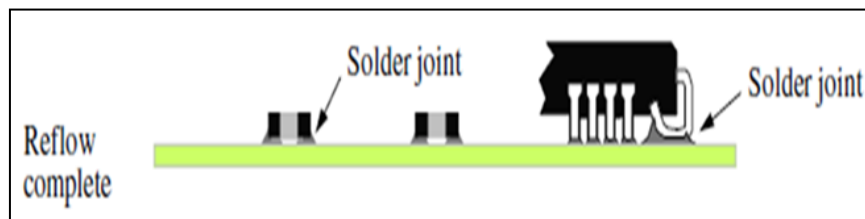
รูปที่ 2.2 กระบวนการวางอุปกรณ์ทางไฟฟ้า

กระบวนการวางอุปกรณ์ทางไฟฟ้าเป็นกระบวนการที่ 2 ต่อจากกระบวนการพิมพ์สารบัดกรีเป็นกระบวนการวางอุปกรณ์ทางไฟฟ้าลงบนตำแหน่งที่ต้องการบนแผ่นวงจรพิมพ์ ตามรูปที่ 2.2 โดยการให้เครื่องจักรหยิบอุปกรณ์ทางไฟฟ้ามาวางลงบนตำแหน่งที่ได้พิมพ์สารบัดกรีไว้ เพื่อให้อุปกรณ์ทางไฟฟ้าเชื่อมติดกับแผ่นวงจรพิมพ์ โดยมีสารบัดกรีเป็นตัวประสาน

กระบวนการ Reflow



รูปที่ 2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสารบัดกรี



รูปที่ 2.4 การประสานของสารบัดกรีหลังจากผ่านกระบวนการรีโฟลว์

กระบวนการรีโฟร์เป็นกระบวนการสุดท้ายของกระบวนการ SMT เป็นกระบวนการที่อาศัยหลักการพาความร้อน โดยการปล่อยให้แผ่นวงจรพิมพ์เคลื่อนที่ไปบนรางเคลื่อนที่อัตโนมัติเข้าไปภายในเครื่อง Reflow โดยเครื่อง Reflow จะให้ความร้อนกับแผ่นวงจรพิมพ์และสารบัดกรีด้วยการเป่าลมร้อนตามอุณหภูมิที่ต้องการ ซึ่งภายในเครื่อง Reflow นี้จะแบ่งออกเป็นช่วงความร้อนตั้งแต่ 9 ช่วง จนถึง 12 ช่วง ขึ้นอยู่กับความยาวของเครื่อง Reflow โดยในแต่ละช่วงจะมีการตั้งอุณหภูมิที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของ สารบัดกรีตามรูปที่ 2.3 เป็นตัวอย่างของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่สารบัดกรีต้องการเพื่อให้เกิดการหลอมละลายและประสานแผ่นวงจรพิมพ์กับอุปกรณ์ทางไฟฟ้าไว้ตามรูปที่ 2.4

2.2 หลักการและแนวความคิดของซิกซ์ ซิกมา

ขั้นตอนของซิกซ์ ซิกมา ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลักที่สำคัญ ได้แก่ ขั้นตอนนิยามปัญหา (D: Define) ขั้นตอนการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (M: Measure) ขั้นตอนวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (A: Analyze) ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขปัญหาของกระบวนการ (I: Improvement) และขั้นตอนการติดตามผลและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (C: Control) หรือเรียกว่า DMAIC ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 ขั้นตอนนิยามปัญหา (D: Define)

ขั้นตอนนิยามปัญหา (Define) เป็นขั้นตอนของการกำหนดปัญหา และคัดเลือกหัวข้อที่เป็นปัญหาหลักมาใช้ในการดำเนินงานปรับปรุงและแก้ไข ซึ่งต้องมีการกำหนดปัญหาและเป้าหมายของการแก้ไขปัญหาไว้อย่างชัดเจน มหาวิทยาลัย

หลักเกณฑ์การพิจารณาเลือกหัวข้อหรือปัญหาในการดำเนินการ (วชิรพงษ์ สาดิสิงห์, 2548)

การคัดเลือกหัวข้อว่าเป็นปัญหาหรือไม่นั้น ควรพิจารณาหลักเกณฑ์เบื้องต้น 3 หลักเกณฑ์ ดังนี้

หลักเกณฑ์ที่ 1 คือ เป็นหัวข้อที่เลือกมาแล้ว เห็นผลลัพธ์ได้อย่างรวดเร็วพอหรือไม่ หากเป็นหัวข้อที่ทำแล้วเห็นผลช้าเกินไปนั้น อาจทำให้เสียทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย

หลักเกณฑ์ที่ 2 คือ เป็นหัวข้อที่เลือกมาแล้วส่งผลให้เห็นผลลัพธ์ที่ชัดเจนหรือไม่

หลักเกณฑ์ที่ 3 คือ เป็นหัวข้อที่เลือกเพราะได้รับการพิจารณาแล้วว่ากำลังส่งผลเสียอย่างรุนแรงหรือมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อองค์กร

แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram)

แผนภาพพาเรโตเป็นเครื่องมือสำหรับกรวิเคราะห์และการลำดับความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้นชนิดหนึ่ง โดยการเรียงลำดับตามความถี่หรือร้อยละของข้อมูลที่มีอยู่ด้วยการเรียงลำดับจากมากไปน้อย

ฮิสโทแกรม (Histogram)

ฮิสโทแกรมเป็นกราฟแสดงความถี่ของข้อมูล โดยแกนตั้งแสดงความถี่ของข้อมูล ส่วนแกนนอนเป็นค่าต่างๆของตัวแปรที่ต้องการแสดง และความกว้างของสี่เหลี่ยมผืนผ้าแสดงถึงความกว้างของอันตรภาคชั้น ซึ่งฮิสโทแกรมทำให้ทราบว่าข้อมูลนั้นว่ามีการกระจายและความถี่มากน้อยเพียงใด

แผนผังกระบวนการ (Process Map)

แผนผังกระบวนการเป็นแผนผังภาพแสดงขั้นตอนของกระบวนการ โดยระบุปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องลงในแผนภาพ ทำให้เห็นภาพรวมที่แท้จริงของกระบวนการ ซึ่งสามารถทำให้เห็นจุดบกพร่องที่ควรปรับปรุงและแก้ไข หรืออาจพิจารณาจุดขั้นตอนของกระบวนการที่ซ้ำซ้อนลงรวมทั้งการลดและเพิ่มปัจจัยที่ต้องการควบคุมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ

2.2.2 ขั้นตอนการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (M : Measure)

ในขั้นตอนนี้ เป็นขั้นตอนที่แสดงถึงความสามารถของกระบวนการที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้เข้าใจถึงสถานการณ์เบื้องต้นว่าปกติหรือไม่เมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดต่างๆที่มีอยู่ หากผิดปกติจะได้เริ่มการดำเนินการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาต่อไป หรืออีกทางหนึ่งคือ เพื่อเพิ่มเติมและสนับสนุนว่าข้อมูลและปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น มีความน่าเชื่อถือ

แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram)

แผนผังก้างปลาเป็นแผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) รูปแบบหนึ่ง โดยแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาและสาเหตุของปัญหา สามารถนำแผนผังก้างปลาไปใช้เมื่อต้องการค้นหาสาเหตุของปัญหาที่ต้องการศึกษา หรือต้องการทำความเข้าใจถึงสาเหตุของปัญหาที่ยังไม่ทราบ ด้วยการระดมความคิดจากผู้อื่นที่มีความรู้ความเข้าใจในด้านต่างๆเพื่อให้ได้มาซึ่งสาเหตุของปัญหาอย่างแท้จริง

การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA)

การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบหรือ FMEA นี้ เป็นหลักการหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้นมา เพื่อให้ผู้ใช้ได้เห็นถึงลักษณะของความล้มเหลวที่เกิดขึ้น สาเหตุของความล้มเหลว หรือแนวทางการนำไปสู่ความล้มเหลวอันเนื่องมาจากระบบ การออกแบบ และการผลิต ต่อด้วยการวิเคราะห์

ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากความล้มเหลว ซึ่งการวิเคราะห์ทั้งสองนี้จะนำไปสู่วิธีการป้องกันการเกิดความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นหรือไม่ให้เกิดซ้ำ

การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1. Design FMEA นิยมใช้ในการวิเคราะห์ผลและการแก้ไขต่างๆที่มีการทดลองหรือการทดลองทำเป็นครั้งแรก โดยส่วนใหญ่มักจะเกี่ยวข้องกับการประกอบชิ้นส่วนต่างๆของผลิตภัณฑ์เข้าด้วยกัน เพื่อพิจารณาว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการออกแบบมานั้นเหมาะสมหรือไม่ หรือมีส่วนใดที่อาจมีปัญหา เพื่อป้องกันความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้น
2. Process FMEA สำหรับพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ได้แก่ พนักงาน เครื่อง วิธีการ วัสดุ การวัด และสภาพแวดล้อมในการผลิต
3. Service FMEA จะเกี่ยวข้องการให้บริการโดยมุ่งเน้นไปที่ปัจจัยหลักคือ คน เพื่อมาใช้ในการพิจารณา

การวิเคราะห์ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นด้วยหลักการของ FMEA เป็นการป้องกันการเกิดความล้มเหลวหรือปัญหาวิธีหนึ่ง ซึ่งสามารถทำให้ผู้ใช้ได้ทำการศึกษาถึงสาเหตุและผลกระทบต่างๆที่เกิดขึ้นแล้วหรืออาจจะเกิดขึ้นก่อนทำการปรับปรุงแก้ไข หรือออกแบบกระบวนการผลิตในขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งในส่วนนี้จะมีการบันทึกข้อมูลต่างๆลงในแบบฟอร์มมาตรฐานของ FMEA เริ่มต้นโดยกรอกข้อมูลจากกระบวนการผลิตหลักมาวิเคราะห์อย่างละเอียดเพื่อหาความล้มเหลวหรือปัญหาที่อาจเกิดขึ้น หรือจะเป็นความล้มเหลวและปัญหาที่เคยเกิดขึ้นมาแล้วนั้นเกิดจากสาเหตุใด ต่อจากนั้นจึงกรอกข้อมูลของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความล้มเหลวหรือปัญหาที่ได้วิเคราะห์มา หลังจากนั้นจึงมีการประมาณค่าตัวเลขระดับความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) ให้กับความล้มเหลวหรือปัญหาที่ได้จากวิเคราะห์ ซึ่ง RPN สามารถคำนวณได้จากผลคูณของ 3 พารามิเตอร์ คือ O, S และ D โดยที่

O (Occurrence) คือ ระดับความเสี่ยงของการเกิดปัญหา ความล้มเหลว หรือความผิดพลาด

S (Severity) คือ ระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหา หรือความล้มเหลวที่เกิดขึ้น

D (Detection) คือ ระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหาหรือความล้มเหลวที่เกิดขึ้น

โดยค่า O S และ D นิยมใช้เป็นเลขจำนวนเต็มที่มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่า RPN เกิดขึ้นได้ต่ำสุดนั้นมีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งหมายความว่า การเกิดปัญหานี้มีน้อยมาก ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นตามมาก็มีน้อยมากเช่นกัน รวมไปถึงความสามารถในการตรวจจับปัญหาก็สามารถทำได้

อย่างดีมาก ส่วนของค่า RPN ที่สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 1,000 ซึ่งหมายความว่าความถี่ของปัญหานั้น ถูกพบบ่อยที่สุด มีผลกระทบของปัญหาที่รุนแรง รวมไปถึงความสามารถในการตรวจจับที่ต่ำมาก ซึ่งอาจมีปัญหาล้มเหลว หรือของเสียหลุดออกไปยังลูกค้านั่นเอง

การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis : MSA)

ระบบการวัดนั้นเป็นระบบพื้นฐานส่วนหนึ่งของระบบควบคุม ก่อนจะเริ่มต้นปรับปรุงกระบวนการผลิตนั้น ต้องมีข้อมูลที่อยู่ภายใต้ระบบควบคุมที่มีระบบการวัดที่ดีมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวทางการปรับปรุงและแก้ไขกระบวนการได้อย่างถูกต้อง ซึ่งระบบการวัดที่ดีนั้นประกอบด้วยความถูกต้อง (Accuracy) และความพ้องกัน (Precision) โดยความถูกต้องนั้นพิจารณาค่าวัดที่ใกล้เคียงค่าจริง ส่วนความพ้องกันพิจารณาในส่วนของการวัดค่าหลายๆครั้งแล้วมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งความถูกต้องนั้นมีการพิจารณา 3 เรื่องหลักคือ คุณสมบัติด้านไบอัสของระบบการวัด คุณสมบัติด้านเสถียรภาพของระบบการวัด และคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัด ส่วนของความพ้องกันนั้นมีการพิจารณา 2 เรื่องหลักคือ รีพีทะบิลิตี้ (Repeatability) และรีโพรดูซิบิลิตี้ (Reproducibility)

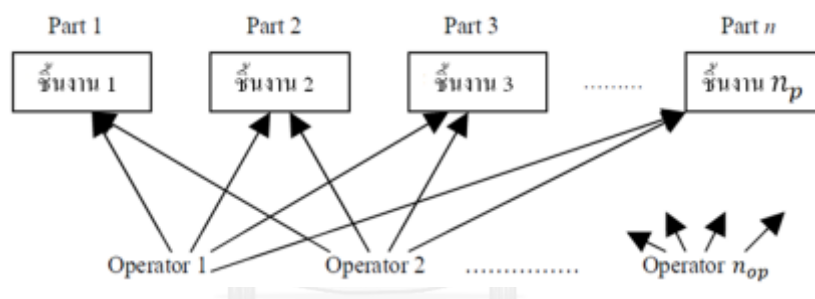
AIAG (2002) ได้นิยามความหมายของคำต่างๆที่ใช้ในระบบการวัดดังต่อไปนี้

- ไบอัส (Bias) หมายถึง ความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าเฉลี่ยที่สามารถวัดได้บนคุณลักษณะและชิ้นงานเดียวกัน
- ความเสถียร (Stability) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของไบอัสเมื่อเวลาเปลี่ยนไป
- ความแปรผันเชิงเส้นตรง (Linearity) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของไบอัสเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงย่านเวลา
- รีพีทะบิลิตี้ หมายถึง ความผันแปรของค่าวัดที่ทำการวัดจากคนคนเดียวกัน เครื่องมือวัดเดียวกัน ในการทำการวัดซ้ำๆ
- รีโพรดูซิบิลิตี้ หมายถึง ความผันแปรที่แสดงถึงค่าเฉลี่ยของค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดเดียวกัน ชิ้นงานชิ้นเดียวกัน แต่เปลี่ยนแปลงเงื่อนไขไป ซึ่งในที่นี้คือคนที่ทำการวัด

ความคลาดเคลื่อนในการวัดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 สาเหตุหลักได้แก่ สาเหตุที่มีผลต่อความถูกต้องของการวัด เช่น ใช้เครื่องมือวัดผิดประเภทในการวัด เครื่องมือวัดถูกสอบเทียบมาไม่ถูกต้อง เครื่องมือวัดชำรุด วิธีการวัดไม่ถูกต้อง หรือปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความร้อน และความชื้น เป็นต้น อีกสาเหตุหนึ่งคือสาเหตุที่มีผลต่อความพ้องกันในการวัด เช่น พื้นผิวของชิ้นงานไม่สม่ำเสมอ มีคราบสกปรกติดที่ชิ้นงานหรือเครื่องมือวัด อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานไม่มั่นคง การที่พนักงานใช้วิธีการวัดที่แตกต่างกัน

การศึกษาระบบการวัด (Gauge Repeatability and Reproducibility : Gauge R&R)

Gauge R&R เป็นการศึกษาระบบการวัด เกี่ยวกับความพ้องกัน (Precision) และความเที่ยง (Accuracy) ของระบบการวัดซึ่งให้ข้อมูลเกี่ยวกับความผิดพลาดที่เกิดจากการวัดโดยการใช้ผู้วัดหลายคน แต่ใช้เครื่องมือและวิธีการวัดแบบเดียวกัน และผู้วัดมีจำนวนงานในการวัดซ้ำจำนวน n_m ครั้ง ทั้งหมด n_p ชิ้น โดยมีผู้วัดทั้งหมด n_{op} คน ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 2.5 ภาพการศึกษาระบบการวัด



รูปที่ 2.5 ภาพการศึกษาระบบการวัด

วิธีการศึกษาระบบการวัด Gauge Repeatability and Reproducibility

1. เครื่องมือวัดควรมีการบำรุงรักษา การปรับแต่ง และการตรวจสอบอยู่เสมอ
2. การทำเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ที่ตัวงาน ไม่ควรให้ผู้วัดรู้ว่ากำลังวัดชิ้นงานหมายเลขใด เพื่อป้องกันความลำเอียง บิดเบือนข้อมูลจริง เนื่องจากผู้วัดต้องทำการวัดชิ้นงานหลายครั้ง แต่อาจกรอกข้อมูลเดิมลงไปทุกครั้ง
3. ผู้วัดต้องวัดชิ้นงานทั้งหมดด้วยการลำดับแบบสุ่มจนครบทุกชิ้นงาน โดยไม่ทราบว่ชิ้นงานใดมาก่อนและหลังจนครบ 1 รอบ
4. หลังจากวัดชิ้นงานจนครบทุกชิ้นแล้ว ให้บันทึกค่าที่วัดได้ และเริ่มปฏิบัติตามข้อ 3 จนครบจำนวนครั้งที่ต้องการวัดซ้ำ หรือ n_m ครั้ง แล้วจึงเก็บข้อมูลทั้งหมดเพื่อนำมาวิเคราะห์ผล

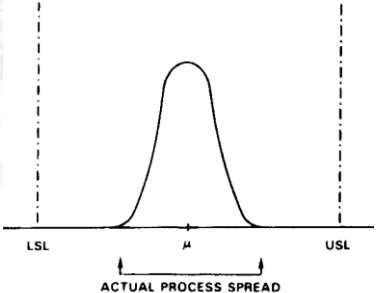
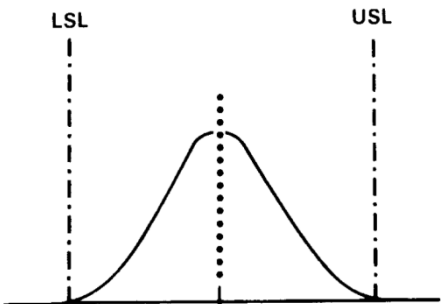
Gauge Repeatability คือความสามารถในการวัดซ้ำ หรือหมายถึงความถึงความผันแปรของอุปกรณ์วัด ซึ่งความผันแปรภายในระบบการวัดนั้นมักมีผลมาจากอุปกรณ์วัด เพราะความสามารถในการวัดนั้นใช้ผู้วัดคนเดียวกัน วัดชิ้นงานเดียวกันซ้ำกันหลายครั้ง โดยสามารถเปรียบเทียบความสามารถของผู้วัดแต่ละคนได้จากขนาดความผันแปร หรือค่าพิสัย

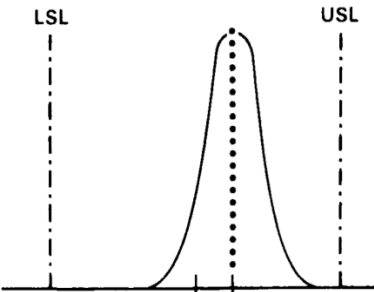
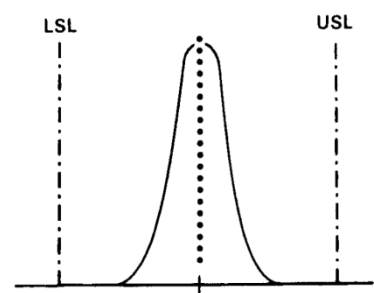
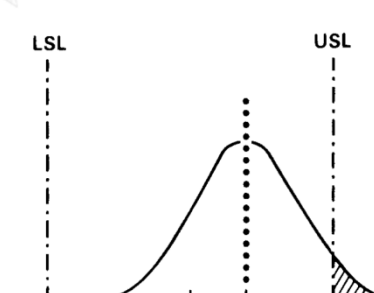
Gauge Reproducibility คือความสามารถในการทำซ้ำ หรือหมายถึงความถึงความแตกต่างระหว่างพนักงานที่มีความสามารถในการทำซ้ำแตกต่างกัน โดยผู้วัดหลายคนวัดชิ้นงานชิ้นเดียวกัน ใช้เครื่องมือวัดชุดเดียวกัน วัดความสามารถในการทำซ้ำได้จากความผันแปรที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างผู้วัด

ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)

ความสามารถของกระบวนการ คือดัชนีบ่งชี้ถึงกระบวนการผลิตนั้น มีความสามารถในการผลิตงานดีออกมาได้สม่ำเสมอเพียงไร และตรงตามค่าที่ได้ออกแบบหรือความต้องการของลูกค้าหรือไม่ โดยมีตัวชี้วัดคือ Cp และ Cpk

ตารางที่ 2.1 ความสามารถของกระบวนการ

ความสามารถของกระบวนการ	กราฟ
กระบวนการปกติ	 <p>The graph shows a normal distribution curve centered at the mean μ. Two vertical dashed lines represent the Lower Specification Limit (LSL) on the left and the Upper Specification Limit (USL) on the right. The spread of the process is indicated by a horizontal double-headed arrow labeled 'ACTUAL PROCESS SPREAD'.</p>
กระบวนการไม่มีความสามารถ แต่อยู่ในความควบคุม	 <p>The graph shows a normal distribution curve centered at the mean μ. Two vertical dashed lines represent the Lower Specification Limit (LSL) on the left and the Upper Specification Limit (USL) on the right. The process spread is wider than in the first graph, and the mean μ is shifted towards the USL, indicating a process that is out of control.</p>

ความสามารถของกระบวนการ	กราฟ
กระบวนการมีความสามารถแต่ไม่อยู่ในการควบคุม	
กระบวนการมีความสามารถและอยู่ในการควบคุม	
กระบวนการที่ไม่มีความสามารถและไม่อยู่ในความควบคุม	

ดัชนีความสามารถ (Capability Index) ใช้ในการวัดความสามารถของกระบวนการ โดยดัชนีชี้วัดที่นิยมใช้กันมี 3 ค่า คือ

1. อัตราส่วนความสามารถ (Cr)

$$Cr = \frac{6\sigma}{usl - lsl}$$

ค่า Cr ควรมีค่ามากกว่า 0.75 จึงจะถือว่ากระบวนการนั้นมีความสามารถในการผลิต

2. ความสามารถของกระบวนการ (Cp)

$$Cp = \frac{usl - lsl}{6\sigma}$$

Cp เป็นส่วนกลับของค่า Cr โดย

ค่า Cp ควรมีค่ามากกว่า 1.33 แสดงว่ากระบวนการนั้นมีความสามารถในการผลิต

ค่า Cp ที่อยู่ระหว่าง 1.0 - 1.33 แสดงว่ากระบวนการมีความสามารถ แต่ต้องมีการเฝ้าระวังเนื่องจากมีค่าเข้าใกล้ 1.0

ค่า Cp ควรมีค่าน้อยกว่า 1.0 แสดงว่ากระบวนการนั้นไม่มีความสามารถในการผลิต

เนื่องจากการนำค่า Cr และ Cp มีข้อเสีย คือ ค่าเฉลี่ยไม่ได้เป็นค่ากึ่งกลางระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด จึงอาจเกิดมีการตัดสินใจว่ากระบวนการผลิตมีความสามารถ แต่ในความเป็นจริงไม่อยู่ในการควบคุม ดังนั้นจึงมีการนำค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตมาใช้ในการคำนวณความสามารถของกระบวนการ คือ ความสามารถที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ย หรือ Cpk

3. ความสามารถที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ย (Cpk)

$$Cpk = \frac{usl - \bar{X}}{3\sigma} \quad \text{หรือ} \quad Cpk = \frac{\bar{X} - lsl}{3\sigma}$$

การเลือกค่า Cpk ของกระบวนการผลิต จะเลือกค่าน้อยที่สุดจากค่าที่คำนวณได้จากทั้งสองสมการ โดยกระบวนการที่มีความสามารถในการผลิตนั้น ควรมีค่า Cpk มากกว่า 2.0

2.2.3 ขั้นตอนวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (A : Analyze)

ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหา จากข้อมูลที่มี เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา หรือตัวแปรสำคัญที่ส่งผลให้เกิดปัญหาภายในกระบวนการ รวมทั้งหาตัวแปรที่ทำให้เกิดความแปรปรวนต่างๆโดยใช้หลักการทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์

การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

ในความเป็นจริงค่าสถิติต่างๆที่ได้จากประชากรทั้งหมดที่กำลังสนใจนั้น สามารถทำได้ยากและมีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นการหาค่าสถิติต่างๆจากกลุ่มตัวอย่างของประชากรที่กำลังสนใจนั้น จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการหาค่าสถิติ แต่ค่าสถิติจากกลุ่มตัวอย่างนี้จะสามารถเป็นตัวแทนของประชากรที่กำลังสนใจทั้งหมดได้หรือไม่นั้น การทดสอบสมมติฐานจึงเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยในการตัดสินใจ

สมมติฐานที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อจุดมุ่งหมายที่ต้องการหรือเพื่อการตัดสินใจ เรียกว่าสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) เขียนแทนด้วย H_0 ซึ่งการปฏิเสธ H_0 ก่อให้เกิดการไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานอื่น (Alternative Hypothesis) ได้ เขียนแทนด้วย H_1 การจะตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธ H_0 ได้นั้นต้องพิจารณาค่าสถิติที่คำนวณได้ว่าตกอยู่บริเวณยอมรับ (Acceptance Region) ซึ่งถ้าค่าตกอยู่ที่บริเวณนี้ จะตัดสินใจยอมรับ H_0 แต่ถ้าตกอยู่ที่บริเวณปฏิเสธ (Rejection Region) หรือ

บริเวณวิกฤต (Critical Region) ทำให้ต้องปฏิเสธ H_0 ซึ่งผลการตัดสินใจจากการทดสอบสมมติฐานใดๆสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ผลการตัดสินใจจากการทดสอบสมมติฐาน

การตัดสินใจ	ข้อเท็จจริงของ H_0	
	H_0 เป็นจริง	H_0 ไม่เป็นจริง
ปฏิเสธ H_0	ความผิดพลาดประเภทที่ 1	ตัดสินใจถูกต้อง
ยอมรับ H_0	ตัดสินใจถูกต้อง	ความผิดพลาดประเภทที่ 2

ผลจากการทดสอบสมมติฐาน ไม่ว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลักย่อมมีข้อผิดพลาดในการตัดสินใจเกิดขึ้น 2 ลักษณะคือ การปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 เป็นจริง ลักษณะนี้เรียกว่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I Error) และการยอมรับ H_0 เมื่อ H_0 เป็นเท็จ ลักษณะนี้เรียกว่าความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II Error)

ขนาดของความผิดพลาดประเภทที่ 1 คือความน่าจะเป็นที่เกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 แทนด้วย α หรือเรียกว่าระดับนัยสำคัญ (Level Of Significant) และขนาดของความผิดพลาดประเภทที่ 2 คือความน่าจะเป็นที่เกิดความผิดพลาดประเภทที่ 2 แทนด้วย β โดยที่กำลังของการทดสอบ (Power of the test) คือ $1 - \beta$

ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน มีดังนี้

- 1) ตั้งสมมติฐานหลัก (H_0) และสมมติฐานอื่น (H_1) ให้มีความหมายตรงข้ามกับสมมติฐานหลัก
- 2) กำหนดระดับนัยสำคัญ
- 3) เลือกตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มี แล้วหาจุดวิกฤตเพื่อกำหนดบริเวณปฏิเสธ H_0 ให้สอดคล้องกับ H_1 และ α
- 4) คำนวณค่าสถิติที่ใช้ทดสอบกลุ่มตัวอย่างขนาด n ที่สุ่มมา
- 5) ตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธ H_0 โดยพิจารณาจากเงื่อนไข คือถ้าค่าสถิติทดสอบที่สามารถคำนวณได้จากขั้นตอนที่ 4 ตกอยู่บริเวณยอมรับ จะตัดสินใจยอมรับ H_0 แต่ถ้าหากตกอยู่บริเวณปฏิเสธ จะตัดสินใจปฏิเสธ H_0
- 6) ทำการสรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

2.2.4 ขั้นตอนการปรับปรุงและแก้ไขปัญหของกระบวนการ (I : Improvement)

การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ (Statistical Design of Experiment) คือกระบวนการในการวางแผนการทดลอง ให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมในการนำไปใช้วิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่มีความหมายจากข้อมูลที่มีอยู่ได้อย่างเหมาะสม เพราะฉะนั้นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการทดลองคือ การออกแบบการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

หลักการพื้นฐาน 3 ประการสำหรับการออกแบบการทดลองนั้น ประกอบด้วย เพลลิเคชัน (Replication) แรนดอมไมเซชัน (Randomization) และบล็อกกิง (Blocking) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เพลลิเคชัน หมายถึงการทำการทดลองซ้ำโดยมีคุณสมบัติ 2 ประการที่สำคัญ โดยประการแรกคือการทำให้ผู้ทำการทดลองสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดที่เกิดจากการทดลองได้ ซึ่งค่าประมาณของความผิดพลาดนี้เป็นหน่วยการวัดเพื่อพิจารณาความแตกต่างของข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้น มีความแตกต่างเชิงสถิติหรือไม่ ส่วนประการที่สองคือการนำค่าเฉลี่ยของข้อมูลมาใช้เพื่อประมาณผลที่เกิดขึ้นจากปัจจัยในการทดลอง ดังนั้นเพลลิเคชันจึงเป็นหลักการที่สามารถช่วยให้ผู้ทดลองสามารถหาปัจจัยที่ส่งผลกับการทดลองได้ดียิ่งขึ้น

แรนดอมไมเซชัน หมายถึงการเลือกลำดับการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม โดยวิธีทางสถิติกำหนดไว้ว่าข้อมูลหรือความผิดพลาดใดๆจะต้องเป็นตัวแปรแบบสุ่มที่มีการกระจายตัวแบบอิสระ ซึ่งสามารถช่วยลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจเกิดขึ้นในการทดลองได้

บล็อกกิง เป็นหลักการช่วยเพิ่มความพ้องกันให้กับการทดลอง โดยบล็อกหนึ่งบล็อกจะหมายถึงส่วนหนึ่งของข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมด ซึ่งมีการถูกรบกวนจากปัจจัยต่างๆน้อยกว่าข้อมูลจากการทดลองทั้งหมด และการเปรียบเทียบเงื่อนไขต่างๆภายในแต่ละบล็อกจะเกิดขึ้นได้จากการทำบล็อกกิง

ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง

1. การกำหนดปัญหาต้องมีความชัดเจน เข้าใจง่ายและเป็นรูปธรรมมากที่สุด
2. การเลือกปัจจัยและการกำหนดระดับของปัจจัย ต้องมีผลต่อกระบวนการอย่างแท้จริง โดยการใช้เครื่องมือทางสถิติ หรือให้ผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญให้คำแนะนำในการเลือกปัจจัยและการกำหนดระดับปัจจัยซึ่งผู้คนเหล่านี้เป็นผู้ให้คำแนะนำได้อย่างดี
3. การเลือกตัวแปรตอบสนอง ควรเป็นตัวแปรที่สามารถวัดค่าได้
4. เลือกแบบการทดลอง ยกตัวอย่างเช่น การกำหนดจำนวนตัวอย่าง การเลือกตัวอย่าง แผนการดำเนินการทดลอง วิธีการบันทึกผลการทดลอง เป็นต้น

5. ดำเนินการทดลองให้เป็นไปตามแบบแผนที่วางไว้ ภายใต้การควบคุมวิธีการดำเนินงาน ความถูกต้องในการวัด การควบคุมตัวแปรในการทดลองและการเก็บผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง

6. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยเริ่มจากการตรวจสอบลักษณะและคุณภาพของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง แล้วจึงหาค่าระดับนัยสำคัญของแต่ละปัจจัย โดยทั่วไปนั้นการออกแบบการทดลองจะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ในการวิเคราะห์ข้อมูล

7. สรุปผลการทดลองและให้คำแนะนำ

2.2.5 ขั้นตอนการติดตามผลและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (C : Control)

ขั้นตอนการติดตามผลและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เป็นขั้นตอนการควบคุมเพื่อให้กระบวนการทำงานได้อย่างคงที่ สม่ำเสมอ โดยไม่ให้เกิดข้อบกพร่องซ้ำ

แผนภูมิควบคุม

วัตถุประสงค์หลักของการนำแผนภูมิควบคุมมาใช้เพื่อช่วยคอยติดตามและเป็นสัญญาณเตือนเมื่อกระบวนการมีความผิดปกติ ทำให้สามารถเข้าไปแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการที่ผิดปกติภายในเวลาที่เหมาะสม หรือหากมีการปรับปรุงกระบวนการให้ดีขึ้น แต่ออกนอกการควบคุมเดิมไปนั้น ก็สามารถนำวิธีการหลังปรับปรุงนี้ไปเป็นมาตรฐานหรือข้อกำหนดใหม่ต่อไป แผนภูมิควบคุมแบ่งตามชนิดของข้อมูลที่ควบคุมได้ 2 ประเภทคือ

แผนภูมิควบคุมชนิดแปรผัน (Variable Control Chart) ใช้ข้อมูลที่ควบคุมมีลักษณะเป็นค่าต่อเนื่องหรือค่าที่สามารถวัดค่าได้ โดยแผนภูมิควบคุมชนิดแปรผันนี้ มักนิยมใช้แผนภูมิควบคุม \bar{X} -R และแผนภูมิ I – MR เป็นต้น

แผนภูมิควบคุมชนิดตามลักษณะ (Attribute Control Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ข้อมูลที่เป็นจำนวนนับ เช่นแผนภูมิที่บอกจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ ซึ่งเป็นข้อมูลที่เก็บเป็นค่าเต็มหน่วยที่สามารถนับ

แนวทางในการประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุม

1. เลือกกระบวนการที่ต้องการควบคุม
2. กำหนดข้อมูลที่ต้องการควบคุม
3. เลือกชนิดของแผนภูมิควบคุมที่เหมาะสมกับข้อมูล
4. กำหนดระบบเก็บข้อมูล
5. นำแผนภูมิควบคุมที่สร้างขึ้นไปใช้ในการควบคุม ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการ

6. ต้องมีการทำแบบฟอร์มเพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูลและพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ

แผนภูมิ p (p-Chart)

แผนภูมิ p หรือแผนภูมิควบคุมสัดส่วนความบกพร่อง (Proportion Defective Diagram: p-Chart) เป็นแผนภูมิควบคุมชนิดตามลักษณะประเภทหนึ่ง ใช้พิจารณาสัดส่วนของเสียอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้หรือไม่ โดยมีลักษณะของข้อมูลเป็นแบบไม่ต่อเนื่องหรือข้อมูลที่เป็นจำนวนนับ ซึ่งข้อมูลที่ได้มานั้นพิจารณาจากค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในการตรวจสอบ แผนภูมิ p นี้ใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดของจำนวนตัวอย่างที่เท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้

วิธีการจัดทำแผนภูมิ p

1. กำหนดขนาดของตัวอย่างควรมากกว่า 50 ตัวอย่าง
2. กำหนดความถี่ในการตรวจสอบ
3. ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ตัวอย่างโดยพิจารณาจำนวนของเสียจากกลุ่มตัวอย่าง
4. บันทึกจำนวนของเสียบนแผนภูมิ p
5. บันทึกจำนวนของกลุ่มตัวอย่าง
6. คำนวณสัดส่วนของเสียเทียบกับกลุ่มตัวอย่าง
7. เขียนกราฟค่าสัดส่วนของเสียลงในแผนภูมิ p
8. คำนวณหาเส้นควบคุมบนและเส้นควบคุมล่างของกราฟทั้งสอง
9. วิเคราะห์และแปลผลข้อมูลจากกราฟ

การคำนวณหาเส้นควบคุมของแผนภูมิ p

ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของเสีย (\bar{p})

$$\bar{p} = \frac{\sum np_i}{k}$$

โดย $\sum np_i =$ ผลรวมของของเสียที่พบในแต่ละกลุ่ม

$n =$ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$k =$ จำนวนของชุดกลุ่มตัวอย่าง

เส้นควบคุมบน (Upper Control Limit: UCL) ของแผนภูมิ p

$$UCL_p = \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

เส้นควบคุมล่าง (Lower Control Limit: LCL) ของแผนภูมิ p

$$LCL_p = \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากปัจจุบันแนวคิดซิกซ์ ซิกมา เป็นแนวคิดที่ได้รับความนิยมนำไปใช้ภายในบริษัท หรือองค์กรต่างๆอย่างแพร่หลาย โดยการนำหลักการซิกซ์ ซิกมา นี้ไปใช้ในการปรับปรุง ประสิทธิภาพของกระบวนการทำงาน ลดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการซึ่งส่วนใหญ่แล้ว งานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวกับแนวคิดซิกซ์ ซิกมา นั้น เป็นการนำไปประยุกต์ใช้

ซิกซ์ ซิกมา เป็นการนำเอาหลักการทางสถิติและหลักการทางคุณภาพมาใช้ร่วมกันได้ อย่างมีระบบ มีวิธีการดำเนินงานอย่างเป็นขั้นตอนและง่ายต่อการทำความเข้าใจ โดยมีการนำ วิธีการหรือเทคนิคต่างๆมาช่วยในการระบุปัญหาและกำหนดเป้าหมายเพื่อแก้ไขปัญหานั้นได้อย่าง ชัดเจนว่าปัญหาใดที่สำคัญและจำเป็นต้องมีการแก้ไขมากที่สุด ซึ่งเทคนิคต่างๆที่นำมาช่วยใน การระบุปัญหา เช่น แผนภูมิพาเรโต เป็นต้น ขั้นตอนต่อมาคือขั้นตอนการวัดที่เหมาะสมต่อการ แก้ไขปัญหา ซึ่งระบบการวัดต้องมีความแม่นยำและความเที่ยงในการวัดเพื่อบ่งบอกว่าเครื่องมือวัด หรือพนักงานผู้ตรวจวัดนั้นมาตรฐานมากพอที่จะให้ความน่าเชื่อถือกับข้อมูลที่ได้มา มีการระดม ความคิดกันภายในองค์กรหรือแผนกเพื่อหาปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เช่น การทำแผนภูมิ ก้างปลา การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบเพื่อหาปัจจัยของปัญหาต่างๆ เมื่อได้ปัจจัยสำคัญ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหามาแล้วจึงเริ่มทำการเก็บข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์เพื่อ หาสาเหตุด้วยเครื่องมือทางสถิติต่างๆ เช่น การทดสอบสมมติฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวน จากนั้นจึงนำปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาไปออกแบบการทดลองเพื่อค่าที่เหมาะสมไปใช้ใน การดำเนินการแก้ไขและปรับปรุง หลังจากการแก้ไขและปรับปรุงแล้วต้องมีการควบคุม กระบวนการให้ดำเนินการต่อไปอย่างต่อเนื่อง ไม่ให้เกิดความผิดพลาดขึ้นอีกโดยการใช้วิธีการ ควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ

ในส่วนของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เอง มีงานวิจัยหลายเรื่องที่น่าเอาแนวคิดซิกซ์ ซิก มา มาใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพการผลิต มีงานวิจัยเรื่องการปรับปรุงอัตราบิดผิดพลาดของ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (อัจฉราภรณ์ คำวงวิรัชย์, 2555) โดยบริษัทกรณีศึกษาที่มีของเสียที่เกิดจากการอ่าน ข้อมูลผิดพลาดของหัวอ่านอยู่ที่ร้อยละ 79.7 เมื่อวิเคราะห์ความแม่นยำและเที่ยงของระบบการวัด แล้วพบว่ามีความผันแปรของระบบวัดเท่ากับร้อยละ 7.66 ซึ่งอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ ต่อจากนั้นจึงเริ่ม วิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลนั้นโดยการทดสอบสมมติฐานหาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ พบว่ามี 3 ปัจจัยคือค่าความร้อนที่จ่ายให้กับหัวอ่าน ค่าแอฟลิจูดของกระแส และค่าส่วนเกินของกระแสที่ ส่งผลให้มีอัตราบิดผิดพลาด หลังจากได้ปัจจัยเหล่านี้แล้วจึงใช้วิธีการออกแบบการทดลองเพื่อหา วิธีปรับปรุงและแก้ไขกระบวนการ ซึ่งหลังจากการปรับปรุงและควบคุมมาอย่างต่อเนื่องนี้ จึงทำให้

แนวคิดซิกซ์ ซิกมา นี้มีส่วนทำให้ของเสียที่เกิดจากอัตราการผลิตนี้ลดลงจาก 58,317 ขึ้นต่อเดือนเป็น 33,635 ขึ้นต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 42.32 นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับการลดการปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนสำหรับคอมพิวเตอร์ (ศิริวดี เอื้ออรรถโชติ, 2546) โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องมือด้านคุณภาพและวิธีทางสถิติ เช่น ฮีสโทแกรม แผนภูมิพาเรโต FMEA และการวิเคราะห์ความแปรปรวน มีการนำการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลมาใช้ในงานวิจัย ซึ่งจากกระบวนการและเครื่องมือทั้งหมดที่นำมาใช้นั้น สามารถตัดแยกปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาจากทั้งหมด 43 ปัจจัย เหลือเพียง 5 ปัจจัย หลังจากนั้นจึงเริ่มทำการปรับปรุงและควบคุมอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ของเสียลดลงจาก 166,070 DPPM เหลือเพียง 79,083 DPPM มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับหัวอ่านของฮาร์ดดิสก์อีกงานวิจัยคือเรื่องการลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์โดยเทคนิคซิกซ์ ซิกมา (วิศิษฎ์ศรี วัยรัตน์, 2551) เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับของเสียที่เกิดจากการวางหัวอ่านผิดตำแหน่ง มีการใช้แผนผังก้างปลา การวิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัยของปัญหา พบว่าปัจจัยที่ทำให้หัวอ่านวางผิดตำแหน่งได้แก่ ความเข้มของแสง UV เวลาเปิดวาล์วของหลอดกาว และความดันของกาวภายในหลอดกาว ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้ตำแหน่งการวางหัวอ่านคลาดเคลื่อนในแนวแกน x และ t อย่างมีนัยสำคัญหลังจากการปรับปรุงแก้ไขแล้วนั้นทำให้เสียที่เกิดขึ้นลดลงร้อยละ 97.58 งานวิจัยเรื่องการลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการประกอบสปินเดิลมอเตอร์ (นิศากร สมสุข, 2551) ได้นำแนวคิดซิกซ์ ซิกมา มาใช้ด้วยเช่นกัน เป็นการลดปริมาณของเสียในกระบวนการประกอบสปินเดิลมอเตอร์ของฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 นิ้ว จากการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิพาเรโตพบว่าปัญหาเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตนี้คือความสูงของปีก Hub ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีการทดสอบสมมติฐานที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าปัจจัยที่ส่งผลคือ แรงที่ใช้ในการกดปีก Hub ซึ่งแรงที่เหมาะสมนั้นคือแรงขนาด 5 บาร์ หลังจากการปรับปรุงแล้วพบว่าจำนวนของเสียลดลงจาก 6,294 DPPM เหลือ 3,542 DPPM

โดยส่วนใหญ่แล้วอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุตสาหกรรมที่มุ่งเน้นเรื่องความสะอาดภายในกระบวนการผลิตเป็นอย่างมาก แต่สิ่งสกปรกขึ้นเล็กน้อยเพียงขึ้นเดียว อาจทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้เสียหายได้ ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการลดการปนเปื้อนหรือสิ่งสกปรกต่างๆ การลดการปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนสำหรับคอมพิวเตอร์โดยการประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกมา (ศิริวดี เอื้ออรรถโชติ, 2546) เป็นงานวิจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการลดของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องที่มีการปนเปื้อนของคราบสกปรกซึ่งมีผลก่อให้เกิดการขีดข่วนที่ผิวหน้าจานโลหะของฮาร์ดดิสก์ที่ใช้ภายในคอมพิวเตอร์เกิดการสึกหรอได้ และยังส่งผลทำให้เกิดความผิดพลาดในการอ่านและเขียนข้อมูล จึงได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุ

ของปัญหาที่เกิดขึ้นพบว่า มีของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องของคราบสกปรกมีปริมาณของเสียสูงถึง 250,949 DPPM หรือคิดเป็นร้อยละ 62 ของปริมาณของเสียทั้งหมด มีการใช้ GR&R ในการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบวัด มีการทำแผนผังก้างปลาและการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบเพื่อหาปัจจัยหลักมาทำการทดสอบสมมติฐานและออกแบบการทดลอง หลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดคราบสกปรกแล้วนั้นเหลือประมาณ 79,083 DPPM

นอกจากอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์แล้ว ยังมีอุตสาหกรรมอื่นๆที่นำแนวคิดซิกซ์ ซิกมาใช้ในงานวิจัยเพื่อปรับปรุงกระบวนการ เช่น อุตสาหกรรมพลาสติก (วารสารณ์ ขำสนิท, 2551) โดยการนำแนวคิดซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการลดต้นทุนที่เกิดจากของเสียภายในกระบวนการ ของเสียที่เกิดขึ้นนั้นเป็นของเสียชนิดข้อบกพร่องชนิดครีบ และชนิดไม่เต็มแม่พิมพ์ ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดของเสียดังกล่าวคือ ความดันฉีด ความเร็วฉีด และระยะย้า หลังจากการปรับปรุงแก้ไขสามารถลดต้นทุนของเสียรวมจากเดิม 0.3194 บาทต่อชิ้น เหลือ 0.0293 บาทต่อชิ้น อีกรงานวิจัยเกี่ยวกับอุตสาหกรรมโลหะ ที่ได้นำแนวคิดซิกซ์ ซิกมา มาใช้ด้วยเช่นกัน คือการลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมียม (วสันต์ พุดผาสุก, 2551) เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการลดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการชุบโครเมียมโดยมีเป้าหมาย คือ การลดของเสียลงร้อยละ 70 จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แผนภูมิพาเรโต พบว่าของเสียที่เกิดจากกระบวนการชุบโครเมียมมากที่สุดคือ การเกิดเม็ดบนผิวชิ้นงาน และจากการทำแผนภูมิก้างปลาและ FMEA พบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียคือวิธีการล้างชิ้นงาน ค่าพีเอสที่บ่อนิเกิล และความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า หลังจากนั้นจึงทำการรวบรวมข้อมูลและใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อตัดปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องหรือส่งผลน้อยออก ผลจากการปรับปรุงพบว่าของเสียลดลงจาก 146,295 PPM เหลือ 25,780 PPM ลดมูลค่าความสูญเสียจากเฉลี่ย 774,714 บาทต่อเดือน เหลือเพียงเฉลี่ย 128,648 บาทต่อเดือน และยังทำได้ตามเป้าคือลดระดับของเสียลงได้ร้อยละ 80 จากเป้าหมายร้อยละ 70 ส่วนของอุตสาหกรรมยานยนต์มีงานวิจัยโดยใช้หลักของ DMAIC มาใช้สำหรับปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตเพลลาข้อเหวี่ยงรถยนต์ (Sharma G. V. S. S. and Srinivasa Rao P., 1995) เป็นงานวิจัยที่เลือกนำแนวคิดซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการลดความแปรปรวนในกระบวนการเจาะเพลลาข้อเหวี่ยง ด้วยการวิเคราะห์หาปัจจัยของปัญหาด้วยการทำ FMEA แล้วจึงนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์หาปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อกระบวนการด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนซึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความแปรปรวนของกระบวนการคือ การสวมเข้าและถอดออกของเครื่องมือตัด การตั้งค่าใส่วิบล็อกการสวมเข้าและถอดออกของเครื่องมือ และไม่มีการสอบเทียบเครื่องวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของเวอร์เนีย และเครื่องมือการตั้งค่าแมนเดร โดยหลังจากการปรับปรุงมีการใช้แผนภูมิ X-Bar R ในการควบคุม

กระบวนการ ซึ่งหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการทั้งหมดพบว่าสามารถเพิ่มความสามารถของกระบวนการจาก 0.32 เป็น 1.45

หากกล่าวถึงกระบวนการ SMT ที่ได้มีการนำแนวคิดซิกซ์ ซิกมา มาใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการนั้นมียุทธศาสตร์งานวิจัยด้วยกัน โดยนำหลัก DMAIC มาใช้ในการปรับปรุงความสามารถในการพิมพ์สารบัดกรีของกระบวนการ SMT (Li M.H.C., Al-Refaeie A. et al., 2008) เป็นงานวิจัยที่ได้นำแนวคิดซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ SMT ในส่วนของกระบวนการพิมพ์สารบัดกรีเนื่องจากความสูงของสารบัดกรีหลังจากผ่านกระบวนการนี้เป็นกุญแจสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ หลังจากการระบุปัญหาของกระบวนการได้แล้วนั้น ได้นำค่าเฉลี่ยจากแผนภูมิควบคุม R มาใช้เป็นดัชนีวัดผลของกระบวนการ และได้้นำการวิเคราะห์ความแปรปรวนมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เมื่อได้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องแล้วจึงนำแนวคิดทฤษฎีมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ ส่วนการควบคุมนั้นได้นำเอาแผนภูมิควบคุม T และ R โดยผลจากการนำเอาแนวคิดซิกซ์ ซิกมา มาใช้แล้วนั้น ทำให้ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการเพิ่มสูงขึ้นจาก 0.487 เป็น 1.432 ต่อไปเป็นงานวิจัยที่นำ DMAIC มาใช้ปรับปรุงคุณภาพการพิมพ์สารบัดกรี (Tong, Tsung et al., 2004) เป็นงานวิจัยที่นำแนวคิดซิกซ์ ซิกมา มาช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของ PCB ที่กระบวนการพิมพ์สารบัดกรี เมื่อทำการทดสอบความมีนัยสำคัญพบว่ามียุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 4 ปัจจัยคือ ความเหนียวของสารบัดกรี ความเร็วของใบปาด แรงดันของใบปาด และลักษณะของใบปาด เมื่อได้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องแล้วจึงทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยทั้งหมดแล้วจึงเริ่มปรับปรุงกระบวนการด้วยการนำค่าที่เหมาะสมไปใช้กับกระบวนการ จึงส่งผลให้เพิ่มระดับคุณภาพของซิกซ์ ซิกมา จาก 1.162 เป็น 5.924 ซึ่งใกล้เคียงระดับของซิกซ์ ซิกมา มากขึ้น และยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพการพิมพ์สารบัดกรีโดยใช้ซิกซ์ ซิกมา (Wohlrabe H., 2010) เป็นอีกหนึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพิมพ์สารบัดกรีด้วยการนำแนวคิดของซิกซ์ ซิกมา มาปรับปรุงกระบวนการเพื่อหาเงื่อนไขในการนำไปใช้ในการปฏิบัติงานที่สามารถทำให้คุณภาพการพิมพ์สารบัดกรีให้ออกมาอย่างมีคุณภาพ เนื่องจากของเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จากกระบวนการ SMT นั้นมาจากกระบวนการพิมพ์สารบัดกรีซึ่งหลังจากการนำแนวคิดซิกซ์ ซิกมา มาใช้แล้วนั้นสามารถสรุปผลสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของกระบวนการพิมพ์สารบัดกรีออกมาได้ 7 หัวข้อคือ

- 1) ปริมาณการพิมพ์สารบัดกรีนั้นขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์กันระหว่างระยะห่างของแผ่นฉลุมกับ PCB และปัจจัยในการปาดสารบัดกรี
- 2) ปริมาณของสารบัดกรีจะถูกกำหนดโดยเฉพาะอย่างยิ่งระยะห่างของแผ่นฉลุมกับ PCB

- 3) การออกแบบที่รูขของแผ่นฉลุลควรมีการออกแบบให้เหมาะสมกับขนาดของอุปกรณ์ทางไฟฟ้า เพราะขนาดของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าส่งผลโดยตรงต่อความต้องการการใช้ปริมาณของสารบัดกรี
- 4) ปริมาณของสารบัดกรีมีผลอย่างยิ่งต่อการเกิดของเสียในกระบวนการ SMT
- 5) การทำความสะอาดแผ่นฉลุลควรรทำหลังจากการพิมพ์เสร็จเรียบร้อยแล้วหลังจากการพิมพ์ 4 ถึง 5 ครั้ง
- 6) เวลาที่รอระหว่างการพิมพ์กว่า 30 นาทีที่มีความสำคัญ เพราะส่งผลกับความหนืดของสารบัดกรี
- 7) การทำมุมของใบปาดและทิศทางการปาดตามแนวแกนนอน (แกน Y) ส่งผลต่อการพิมพ์

สรุปผลจากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นนี้แนวคิดซิกซ์ ซิกมานั้นเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาได้อย่างเป็นระบบตามขั้นตอน DMAIC อีกทั้งต้องมีการเลือกเครื่องมือที่นำมาใช้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมโดยงานวิจัยการลดของเสียที่เกิดจากคราบของสารบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นด้วยซิกซ์ ซิกมา นี้จะทำการลดของเสียที่เกิดจากคราบของสารบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา จากการศึกษาของงานวิจัยต่าง ๆ นั้น ยังไม่พบงานวิจัยใดที่ทำการลดของเสียที่เกิดจากคราบของโลหะบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น มีเพียงแต่งานวิจัยที่ทำการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นเท่านั้น ซึ่งผู้ทำวิจัยได้นำแนวทางการปฏิบัติงานขั้นตอนการทำงาน ทฤษฎีและเครื่องมือทางสถิติที่เหมาะสมกับงานวิจัยของผู้ทำวิจัยเองมาใช้ในการทำงานวิจัยการลดของเสียที่เกิดจากคราบของสารบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นด้วยซิกซ์ ซิกมา

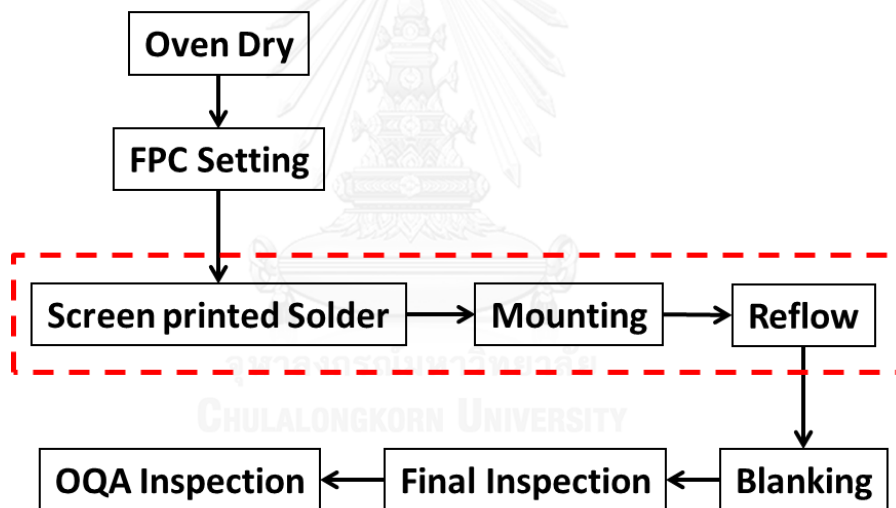
บทที่ 3

ระยะนียมปัญหา

ในระยะนียมปัญหานี้ จะทำการศึกษาระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่น โดยการวิเคราะห์กระบวนการผลิตในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่น และหาสาเหตุของปัญหาที่ส่งผลต่อการทำให้เกิดคราบของสารบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่น จากนั้นจึงทำการรวบรวมข้อมูลของปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาใช้เป็นตัวกำหนดปัญหาตัวชี้วัด และเป้าหมายของงานวิจัยนี้

3.1 ศึกษากระบวนการผลิต

ในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่นนั้นประกอบด้วย 3 กระบวนการหลัก โดยผังกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่นแสดงดังรูปที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วย



รูปที่ 3.1 กระบวนการไหลของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่น

1. กระบวนการพิมพ์สารบัดกรีเป็นกระบวนการพิมพ์สารบัดกรีลงบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่นโดยการใช้ใบปาด ปาดสารบัดกรีลงผ่านรูของแผ่นฉลุลงบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่นตามตำแหน่งที่ได้มีการเจาะรูไว้

2. กระบวนการวางอุปกรณ์ทางไฟฟ้าเป็นกระบวนการวางอุปกรณ์ทางไฟฟ้าลงบนตำแหน่งที่ได้มีการพิมพ์สารบัดกรีลงบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่น

3. กระบวนการรีไฟร์เป็นกระบวนการให้ความร้อนกับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่น สารบัดกรี และอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ด้วยหลักการพาความร้อน โดยการเป่าลมร้อนขณะทำงานกำลัง

เคลื่อนที่ผ่านรางเคลื่อนที่เพื่อให้สารบัดกรีหลอมละลายและเชื่อมติดกันระหว่างแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยუნกับอุปกรณ์ทางไฟฟ้า

เมื่อนำกระบวนการทั้ง 3 มาเข้าขั้นตอนการไหลของกระบวนการ จะมีการไหลของกระบวนการดังนี้ คือเริ่มต้นจากการวางแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยუნลงบนแผ่นจับงาน และส่งเข้าเครื่อง Screen Printed Solder เพื่อทำการพิมพ์สารบัดกรีลงบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุน จากนั้นแผ่นจับงานที่มีแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุนที่มีสารบัดกรีผ่านรางเคลื่อนที่ไปยังเครื่อง Mounting เพื่อทำการวางอุปกรณ์ทางไฟฟ้าลงบนตำแหน่งที่ได้มีการพิมพ์สารบัดกรีไว้ จากนั้นแผ่นจับงานจะเคลื่อนที่ผ่านรางเคลื่อนที่ไปยังเครื่อง Reflow โดยให้ความร้อนกับวัสดุทั้ง 3 เพื่อให้สารบัดกรีหลอมละลายและเชื่อมติดกันระหว่างแผ่นวงจรพิมพ์กับอุปกรณ์ทางไฟฟ้า หลังจากนั้นจึงนำแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุนเข้ากระบวนการตัดจากแผ่นชิ้นงานรวมออกเป็นชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้ ต่อจากนั้นทำการตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุนหลังจากการประกอบด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่า เมื่อผ่านการตรวจสอบแล้วจึงนำเข้าสู่กระบวนการบรรจุภัณฑ์และนำส่งให้ลูกค้าต่อไป

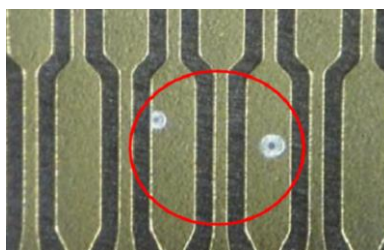
3.2 สภาพปัญหาปัจจุบัน

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลตามตารางที่ 3.1 พบว่าของเสียตั้งแต่เดือนมกราคม 2557 ถึงเดือนมิถุนายน 2557 พบว่าของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องต่างๆในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุนนั้นคิดเป็น 310 PPM ซึ่งของเสียทั้งหมดนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็นของเสียที่สามารถนำกลับมาปรับปรุงแก้ไขให้ป็นงานปกติได้ และของเสียที่ไม่สามารถนำกลับมาปรับปรุงแก้ไขให้ป็นงานปกติได้ โดยของเสียที่ไม่สามารถนำกลับมาปรับปรุงแก้ไขได้นั้นประกอบด้วยข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุนและข้อบกพร่องประเภทการตัด, เจาะ แผ่นวงจรพิมพ์ที่ไม่สมบูรณ์ หรือข้อบกพร่อง MCP

ตารางที่ 3.1 ตารางจำนวนสัดส่วนข้อบกพร่องทั้ง 7 ของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นตั้งแต่เดือนมกราคม 2557 ถึงเดือนมิถุนายน 2557

		พ.ศ. 2557						รวม
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	
จำนวนการผลิต (พันชิ้น)		2,438	1,634	602	808	150	4,731	10,363
จำนวนของเสียทั้ง (ชิ้น)		8,137	5,016	1,264	2,250	1,668	13,683	32,018
อัตราของเสีย	LCP (PPM)	531	282	138	319	821	699	534
	MCP (PPM)	773	533	153	169	761	512	533
	OTA (PPM)	688	928	545	390	948	451	590
	SBL (PPM)	324	562	540	907	528	408	461
	SBR (PPM)	302	207	174	268	53	564	393
	SFL (PPM)	606	460	455	552	140	147	354
	MRP (PPM)	112	97	95	178	174	110	114
	ของเสียทั้งหมด (PPM)	3337	3069	2100	2783	3426	2892	3090

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบข้อบกพร่องที่ไม่สามารถนำกลับมาปรับปรุงแก้ไขได้นั้น พบว่าข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้น มีจำนวนข้อบกพร่องสูงกว่าข้อบกพร่องประเภทการตัด, เจาะ แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นไม่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงเลือกทำการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดสัดส่วนข้อบกพร่องที่เกิดจากคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น



รูปที่ 3.2 คราบของสารบัดกรีเปื้อนเส้นลายทองแดงที่ไม่มีฟิล์มลค์ปกคลุม

สำหรับข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนี้ มีการตรวจสอบข้อบกพร่องโดยการตรวจโดยใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่าทุกชิ้น โดยใช้

หลักเกณฑ์การตรวจสอบ คือ ห้ามไม่ให้มีคราบของสารบัดกรีเป็นเส้นลายทองแดงบริเวณที่ไม่มีฟิล์มปกคลุมของแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น ดังรูปที่ 3.2 เนื่องจากลูกค้าต้องนำพื้นที่ดังกล่าวไปใช้ในการประกอบต่อกับส่วนประกอบอื่นภายในกล่องดิจิตอล หากมีคราบของสารเป็นองบนบริเวณดังกล่าวนี้ อาจทำให้เศษของสารบัดกรีที่เกิดจากคราบนี้หลุดออก และทำให้เกิดการลัดวงจรภายในกล่องดิจิตอลของลูกค้า

3.3 กำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัด

เป้าหมายของงานวิจัยนี้ คือ การลดของเสียที่เกิดจากคราบของสารบัดกรีเป็นองบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น โดยตัวเลขที่ใช้ชี้วัดปริมาณของเสียนี้จะวัดค่าเป็น PPM ที่ลดลงของข้อบกพร่อง

3.4 จัดตั้งคณะทำงาน

ในการดำเนินงานวิจัยได้จัดตั้งคณะทำงานมีหน้าที่ช่วยระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง พร้อมกับกำกับการให้การสนับสนุนการทำงานในด้านต่างๆ เพื่อดำเนินงานวิจัย คณะผู้ที่ถูกคัดเลือกนั้นเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญรวมทั้งสิ้น 10 คน ดังนี้

1. ฝ่ายวิเคราะห์ข้อบกพร่อง (Product Engineer) 2 คน
2. ฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิต (Process Engineer) 3 คน
3. ฝ่ายผลิต (Supervisor Production) 2 คน
4. ฝ่ายควบคุมคุณภาพ (Quality Engineer) 2 คน
5. ฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องจักร (Machine Engineer) 1 คน

โดยฝ่ายควบคุมการผลิตมีหน้าที่หลักในการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

1. ติดต่อประสานงานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
2. เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพปัญหา และกระบวนการผลิตต่างๆ
3. ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง และเก็บบันทึกผลการทดลอง
4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

5. สรุปผลการทดลอง และผลหลังการดำเนินงาน
6. จัดทำแผนภูมิควบคุมหลังจากทำการปรับปรุงกระบวนการ

3.5 สรุประยະนิยามปัญหา

ในระยະนิยามปัญหานี้ จะทำการศึกษาระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นของกลุ่มผลิตภัณฑ์ประเภทกล่องถ่ายรูปดิจิทัลในบริษัทกรณีศึกษา เพื่อระบุปัญหาที่สำคัญจากการรวบรวมข้อมูลข้อบกพร่องรวมตั้งแต่เดือนมกราคม 2557 ถึงเดือนมิถุนายน 2557 พบว่าข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น ซึ่งเป็นข้อบกพร่องที่ไม่สามารถนำกลับมาปรับปรุงแก้ไขใหม่ได้ จึงเป็นของเสียทันที โดยข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนี้ มีจำนวนข้อบกพร่อง 520 PPM จากข้อบกพร่องทั้งหมด ดังนั้นจึงทำการกำหนดเป้าหมายของการปรับปรุงกระบวนการ คือ ลดข้อบกพร่องในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นอันเนื่องมาจากข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้นเป็นของเสียที่ไม่สามารถปรับปรุงแก้ไขได้ พร้อมทั้งจัดตั้งคณะทำงานเพื่อวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดปัญหา

บทที่ 4

ระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา

ในบทนี้จะทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น โดยการวิเคราะห์ความถูกต้องและความป้องกันของระบบการวัด เพื่อวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิต พร้อมทั้งการระดมความคิดเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อปัญหาโดยใช้แผนผังสาเหตุและผล รวมทั้งตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล เข้ามาใช้ในการพิจารณาหาสาเหตุของปัญหา

4.1 การวิเคราะห์ความถูกต้องและความป้องกันของระบบการวัด

การตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้น จะตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 10 เท่า โดยทำการตรวจแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นเพื่อค้นหาข้อบกพร่องประเภทต่างๆที่เกิดขึ้นของแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นหลังจากกระบวนการประกอบ

สำหรับข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้น มีการตรวจสอบเพื่อหาคราบของสารบัดกรีกับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นทุกชิ้น โดยข้อกำหนดของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น คือ ห้ามมีคราบของสารบัดกรีเปื้อนบริเวณเส้นลายทองแดงที่ไม่มีฟิล์มปกคลุม

4.1.1 การวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น



การวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้น เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลแบบลักษณะ มีการตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นและบันทึกข้อมูลว่ามีหรือไม่มีข้อบกพร่องจากกระบวนการตรวจสอบ โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ดังนี้

1. ให้วิศวกรจากแผนกควบคุมคุณภาพทำการแยกลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นว่าเป็นข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นหรือไม่ พร้อมทั้งฝึกอบรมพนักงานที่ทำการตรวจสอบชิ้นงานทั้งสิ้น 8 คน ให้ทราบถึงลักษณะของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นนั้นมีลักษณะแบบใด

2. ทำการสุ่มเลือกชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด 30 ชิ้น โดยจะแยกเป็นข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น 10 ชิ้นงาน แบบก้ำกึ่ง 10 ชิ้น และ

แบบที่ไม่ใช่ข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น 10 ชิ้น โดยแสดงตัวอย่างของลักษณะข้อบกพร่อง 3 แบบ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

ลักษณะข้อบกพร่อง	รูปภาพ
ข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น	
ข้อบกพร่องแบบก้ำกึ่งที่เป็นคราบแต่ไม่ใช่คราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น	
ข้อบกพร่องที่ไม่ใช่ประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น	

3. ให้วิศวกรจากแผนกควบคุมคุณภาพทำการประเมินตัวอย่างชิ้นงานว่าเป็นลักษณะข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นหรือไม่ และบันทึกข้อมูลชิ้นงานตัวอย่างทั้งหมดเพื่อนำมาใช้เป็นมาตรฐานในการตรวจสอบ

4. ให้พนักงานตรวจสอบคุณภาพทั้ง 8 คนที่ผ่านการฝึกอบรมมาตรวจสอบลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น คนละ 3 ครั้งโดยการสลับชุดการทดสอบและสลับลำดับการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบ

5. บันทึกผลที่ได้จากการตรวจสอบข้อบกพร่องของพนักงานทั้ง 8 คนว่าใช่ (OK) หรือไม่ใช่ (NG) ดังตารางที่ ก.1 เพื่อกำหนดการวิเคราะห์ความถูกต้องและความพึงกันของระบบการวัดตามแบบข้อมูลลักษณะ โดยมีข้อกำหนดการยอมรับระบบการวัดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ข้อกำหนดการยอมรับของระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

ดัชนี	เกณฑ์การยอมรับ
ร้อยละความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคน	100
ร้อยละความไม่ไบอัสของพนักงานแต่ละคน	100
ร้อยละประสิทธิผลด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ	100
ร้อยละประสิทธิผลด้านความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ	100

จากผลการตรวจสอบระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นแสดงไว้ในตารางที่ 4.2 พบว่าชิ้นงานทั้งหมด 30 ชิ้นงาน พบว่าพนักงานทั้ง 8 คนมีผลการตรวจสอบที่เหมือนกันและผ่านมาตรฐานของการตรวจสอบที่ร้อยละ 100

จากตารางที่ 4.2 ข้อกำหนดการยอมรับของระบบการวัดนั้น ได้ระบุการยอมรับไว้ที่ร้อยละ 100 เนื่องจากข้อบกพร่องสามารถเกิดขึ้นได้หลายประเภท ดังนั้นความสามารถในการแยกประเภทของข้อบกพร่องจากผู้ตรวจสอบจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการนำข้อมูลไปใช้ในการแก้ไขปัญหา หรือหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น

Attribute Agreement Analysis for Assessments					
Within Appraisers					
Assessment Agreement					
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI	
1	30	30	100.00	(90.50, 100.00)	
2	30	30	100.00	(90.50, 100.00)	
3	30	30	100.00	(90.50, 100.00)	
4	30	30	100.00	(90.50, 100.00)	
5	30	30	100.00	(90.50, 100.00)	
6	30	30	100.00	(90.50, 100.00)	
7	30	30	100.00	(90.50, 100.00)	
8	30	30	100.00	(90.50, 100.00)	
# Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.					
Fleiss' Kappa Statistics					
Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
1	NG	1	0.105409	9.48683	0.0000
	OK	1	0.105409	9.48683	0.0000
2	NG	1	0.105409	9.48683	0.0000
	OK	1	0.105409	9.48683	0.0000
3	NG	1	0.105409	9.48683	0.0000
	OK	1	0.105409	9.48683	0.0000
4	NG	1	0.105409	9.48683	0.0000
	OK	1	0.105409	9.48683	0.0000
5	NG	1	0.105409	9.48683	0.0000
	OK	1	0.105409	9.48683	0.0000
6	NG	1	0.105409	9.48683	0.0000
	OK	1	0.105409	9.48683	0.0000
7	NG	1	0.105409	9.48683	0.0000
	OK	1	0.105409	9.48683	0.0000
8	NG	1	0.105409	9.48683	0.0000
	OK	1	0.105409	9.48683	0.0000
Between Appraisers					
Assessment Agreement					
# Inspected	# Matched	Percent	95% CI		
30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
# Matched: All appraisers' assessments agree with each other.					
Fleiss' Kappa Statistics					
Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)	
NG	1	0.0109897	90.9945	0.0000	
OK	1	0.0109897	90.9945	0.0000	
Attribute Agreement Analysis					

รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความถูกต้องและความพ้องกันของระบบการวัดโดยโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ความถูกต้องและความพ้องกันของระบบการวัดโดยโปรแกรม Minitab ซึ่งสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ความถูกต้องและความพ้องกันของระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรมพิมพ์แบบยืดหยุ่น ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์พนักงานแต่ละคน

การวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำ หรือ รีพิทะบิลิตีของพนักงานแต่ละคนนั้น สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ความสามารถในการวัดซ้ำ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \times 100$$

หลังจากการวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานคนที่ 1 ถึงคนที่ 8 แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 พนักงานทุกคนผ่านการทดสอบการวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำ

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานคนที่ 1 ถึงคนที่ 8

พนักงานคนที่	ความสามารถใจการวัดซ้ำ (ร้อยละ)
1	100
2	100
3	100
4	100
5	100
6	100
7	100
8	100

การวิเคราะห์ความถูกต้องของการวัดของพนักงานแต่ละคนนั้น สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ความถูกต้องของการวัด} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \times 100$$

หลังจากการวิเคราะห์ความถูกต้องของการวัดของพนักงานคนที่ 1 ถึงคนที่ 8 แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 พนักงานทุกคนผ่านการทดสอบการวิเคราะห์ความถูกต้องของการวัด

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความถูกต้องของการวัดของพนักงานคนที่ 1 ถึงคนที่ 8

พนักงานคนที่	การวิเคราะห์ความถูกต้องของการวัด (ร้อยละ)
1	100
2	100

พนักงานคนที่	การวิเคราะห์ความถูกต้องของการวัด (ร้อยละ)
3	100
4	100
5	100
6	100
7	100
8	100

2. การวิเคราะห์ระหว่างพนักงาน

การวิเคราะห์ความพ้องกันของค่าวัดระหว่างพนักงานทั้ง 8 คนนั้น สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ความพ้องกันของค่าการวัด} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \times 100$$

จากผลการวิเคราะห์พบว่าประสิทธิภาพของความพ้องกันของค่าวัดระหว่างพนักงานทั้ง 8 คนมีประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 100 ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ความความพ้องกันของค่าวัดของพนักงานคนที่ 1 ถึงคนที่ 8

พนักงานคนที่	การวิเคราะห์ความความพ้องกันของค่าวัด (ร้อยละ)
1	100
2	100
3	100
4	100
5	100
6	100
7	100
8	100

การวิเคราะห์ความพ้องกันและความถูกต้องของค่าวัดระหว่างพนักงานทั้ง 8 คนนั้น สามารถคำนวณได้จากสมการ

ความพึงกันและถูกต้องของค่าการวัด

$$= \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจสอบได้ถูกต้องเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \times 100$$

จากผลการวิเคราะห์พบว่าประสิทธิภาพของความพึงกันและความถูกต้องของค่าวัดระหว่างพนักงานทั้ง 8 คนมีประสิทธิภาพผลเท่ากับร้อยละ 100 ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์พบว่าประสิทธิภาพของความพึงกันและความถูกต้องของค่าวัด

พนักงานคนที่	การวิเคราะห์พบว่าประสิทธิภาพของความพึงกันและความถูกต้องของค่าวัด (ร้อยละ)
1	100
2	100
3	100
4	100
5	100
6	100
7	100
8	100

จากการวิเคราะห์ความถูกต้องและความพึงกันของระบบการวัดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ ร้อยละ 100 ดังนั้นระบบการวัดข้อบกพร่องนี้ มีความสามารถในการตรวจสอบข้อบกพร่องที่เชื่อถือได้

4.2 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

ความสามารถของกระบวนการ คือ ความแปรผันของกระบวนการที่สามารถตรวจวัดได้จากผลของความแปรผันที่มีค่าสูงหรือต่ำ โดยการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการนั้น จะจำแนกผลของความแปรผันออกเป็น 2 ประเภท คือ ความแปรผันระยะสั้น และความแปรผันระยะยาว ซึ่งหาได้จากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลัง ดังตารางที่ 3.1 ข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นเป็นเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือน

มิถุนายน พ.ศ. 2556 พบว่า สัดส่วนเสียของข้อบกพร่องประเภทนี้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.00052 หรือร้อยละ 0.052

จากข้อมูลเบื้องต้นนี้ สามารถคำนวณพิกัดค่าจำกัดเฉพาะระยะยาวและระยะสั้น (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2551) ได้จากสมการที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ ดังนี้
 Z_{LT} คือค่า Z^* ที่ได้จากสมการ

$$P(Z < Z^*) = 1 - \bar{P} \quad (4.5)$$

$$Z_{ST} = Z_{LT} + 1.5 \quad (4.6)$$

เมื่อ Z_{LT} = พิกัดจำกัดเฉพาะระยะยาว

Z_{ST} = พิกัดจำกัดเฉพาะระยะสั้น

\bar{P} = สัดส่วนของเสียเฉลี่ยของข้อบกพร่อง

ดังนั้น ค่าพิกัดของข้อจำกัดเฉพาะของสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรี เป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น เท่ากับ

Z_{LT} คือค่า Z^* ที่ได้จากสมการ $Z_{LT} = P(Z < Z^*) = 1 - 0.00052$

จะได้ค่า $Z_{LT} = 3.28$

และ $Z_{ST} = 3.28 + 1.5 = 4.78$

จากนั้นจึงสามารถคำนวณหาความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะสั้นและระยะยาวได้จากสมการที่ 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ ดังนี้

$$Cpk = \frac{1}{3} \times Z_{ST} \quad (4.7)$$

$$Ppk = \frac{1}{3} \times Z_{LT} \quad (4.8)$$

เมื่อ Cpk = ดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะสั้น

Ppk = ดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะยาว

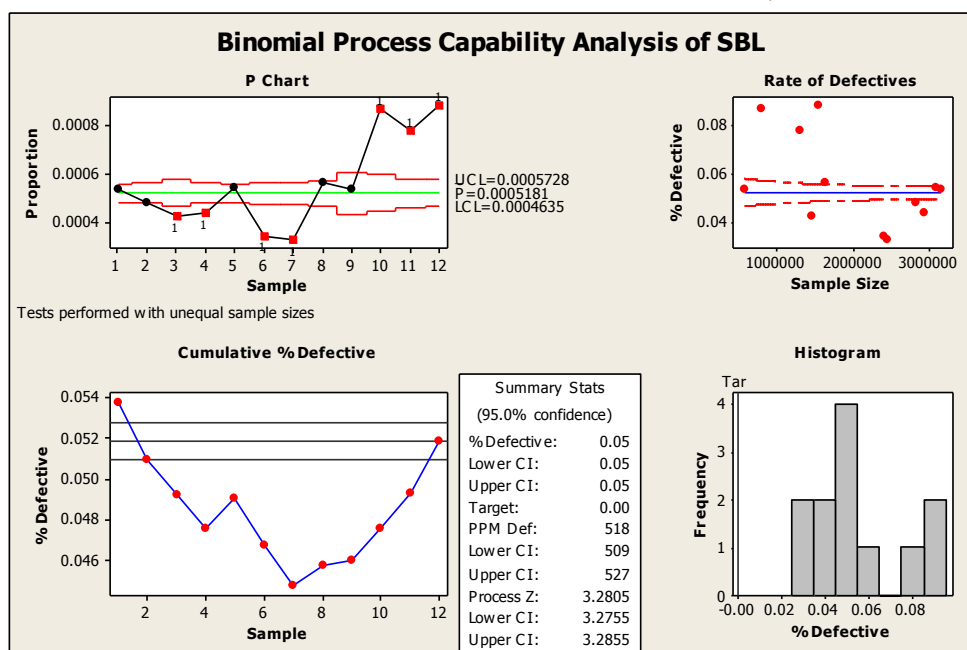
ดังนั้น ค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะสั้นและแบบระยะยาวของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นมีค่าเท่ากับ

$$Cpk = \frac{1}{3} \times 4.78 = 1.5933$$

และ

$$Ppk = \frac{1}{3} \times 3.28 = 1.0933$$

เมื่อพิจารณาค่า Cpk และค่า Ppk ของกระบวนการนี้ เทียบกับค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ที่ค่า Cpk มากกว่าหรือเท่ากับ 1.33 และที่ค่า Ppk มากกว่าหรือเท่ากับ 1.67 พบว่าค่า Ppk ของกระบวนการนั้นยังมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานจึงจำเป็นต้องทำการปรับปรุงกระบวนการให้ดีขึ้นเพื่อลดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นลง

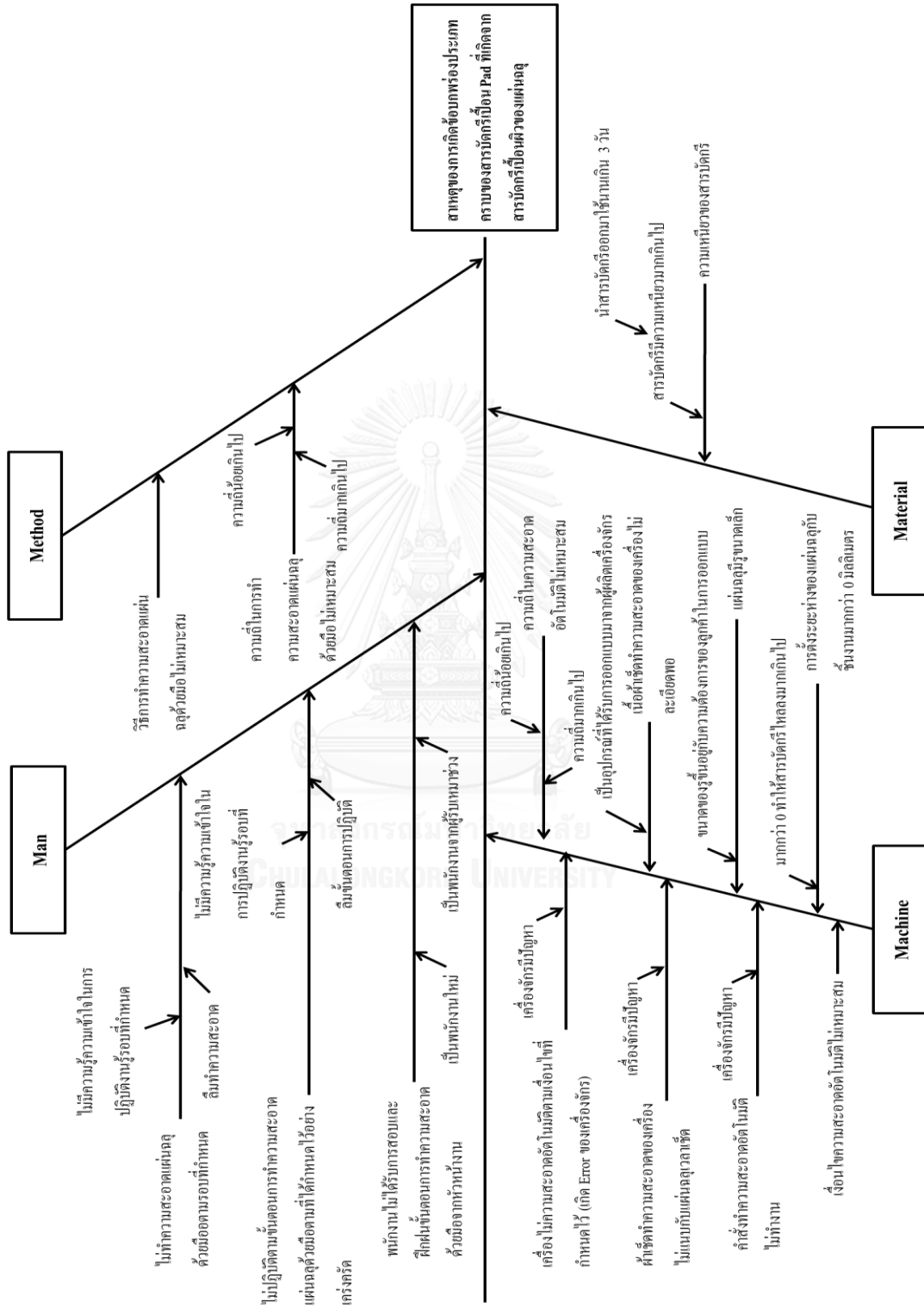


รูปที่ 4.2 Process capability analysis ของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นก่อนการปรับปรุงกระบวนการ

4.3 การวิเคราะห์เพื่อปัจจัยนำเข้า

4.3.1 การระบุปัจจัยนำเข้าโดยใช้ผังสาเหตุและผล

แผนผังสาเหตุและผล (Fish Bone Diagram) ของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้น เกิดจากการระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุของปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาของทีมงานที่มีความเชี่ยวชาญด้านกระบวนการผลิตทั้งหมด 10 คน โดยจำแนกปัจจัยเป็น 6 กลุ่มหลัก คือ ปัจจัยที่เกิดจากคน เครื่องจักร วัตถุดิบ วิธีการ การวัด และสิ่งแวดล้อม ซึ่งหลังจากการระดมความคิด จึงได้สรุปออกมาเป็นผังสาเหตุและผลของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ผังสาเหตุและผลของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุน

4.3.2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล

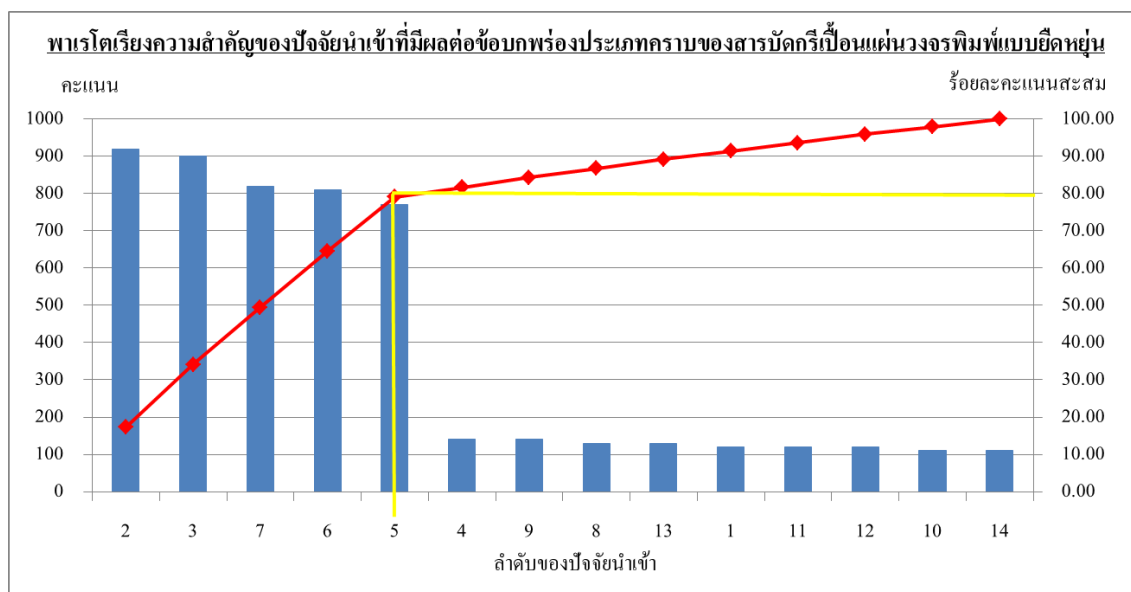
จากรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงสาเหตุที่เกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆที่อาจส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น มาวิเคราะห์หาสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นด้วยการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 10 คน โดยคะแนนจะมีค่าระหว่าง 1 ถึง 10 ดังตารางที่ 4.7 และหลังจากนั้นจึงนำคะแนนที่ได้มาคูณกับค่าคงที่ 10 สำหรับอัตราความสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสาเหตุการเกิดข้อบกพร่อง

ตารางที่ 4.7 เกณฑ์การให้คะแนนความสำคัญของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

เกณฑ์การให้คะแนน	ความสำคัญ
0	ไม่มีความสำคัญต่อการเกิดคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น
1-3	มีความสำคัญต่อการเกิดคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นน้อย (ไม่ได้เป็นแหล่งที่มาของคราบสารบัดกรี และมีโอกาสที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายและสะสมของสารบัดกรีบริเวณแผ่นฉลุน้อยมาก)
4-6	มีความสำคัญต่อการเกิดคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นปานกลาง (เป็นแหล่งที่มาของคราบสารบัดกรี และมีโอกาสแพร่กระจายของสารบัดกรีบนผิวของแผ่นฉลุ แต่ไม่มีการสะสม)
7-10	มีความสำคัญต่อการเกิดคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นมากถึงมากที่สุด (เป็นแหล่งที่มาของคราบสารบัดกรี และมีโอกาสที่สารบัดกรีแพร่กระจายและสะสมบนผิวของแผ่นฉลุ)

จากการรวบรวมข้อมูลและความคิดเห็นของทีมงานพบว่า มีปัจจัยที่อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นจำนวน 14 ปัจจัย ดังนั้นจึงมีการนำปัจจัยทั้งหมดนี้ มาทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยอาศัยการให้คะแนนตามหลักของตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีความสำคัญที่สุดที่อาจก่อให้เกิดข้อบกพร่องประเภทนี้ และการลงคะแนนนี้ มีทีมงานทั้งหมด 10 คนเป็นผู้ลงคะแนน ผลการลงคะแนนที่ได้จะแสดงดังตารางที่ ข.1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีคะแนนมากที่สุด คือ พนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการเช็ดทำความสะอาดด้วยมือที่ได้กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด ได้คะแนน

เท่ากับ 92 คะแนน รองลงมาคือ พนักงานไม่ทำการเช็ดทำความสะอาดด้วยมือตามรอบที่กำหนด และเงื่อนไขในการเช็ดทำความสะอาดอัตโนมัติโดยเครื่องจักรไม่เหมาะสม ได้คะแนนเท่ากับ 90 และ 82 คะแนน ตามลำดับ และปัจจัยที่ได้คะแนนน้อยที่สุดคือ เนื้อผ้าเช็ดทำความสะอาดของเครื่องไม่ละเอียดพอ และความหนืดของสารบดกรีมากเกินไป ซึ่งได้คะแนนเท่ากับ 11 คะแนน



รูปที่ 4.4 พาเรโตเรียงความสำคัญของปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่น

เมื่อนำปัจจัยทั้งหมดมาเรียงตามลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยดังแสดงในรูปที่ 4.4 พบว่า มีปัจจัย 5 ปัจจัย ที่มีคะแนนรวมกันมากกว่าร้อยละ 80 ของคะแนนทั้งหมด ที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์กับข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่น โดยรายละเอียดของแต่ละปัจจัยจะสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

- ปัจจัยที่ 2 คือ พนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำความสะอาดแผ่นฉลด้วยมือตามที่ได้กำหนดไว้

ในการทำความสะอาดแผ่นฉลด้วยมือโดยพนักงานนั้น มีขั้นตอนการทำงานคือ ให้เช็ดแผ่นฉลด้วยผ้าที่ชุบสารไอพีเอ 1 ครั้ง แล้วตามด้วยการเช็ดแผ่นฉลด้วยผ้าแห้งอีกหนึ่งครั้ง หากพนักงานไม่ทำการทำความสะอาดแผ่นฉลตามวิธีดังกล่าว อาจส่งผลให้บริเวณผิวของแผ่นฉลฝั่งที่แนบกับแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่นมีคราบของสารบดกรีหลงเหลืออยู่ ซึ่งเป็นที่มาของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่น

- ปัจจัยที่ 3 คือ พนักงานไม่ทำความสะอาดแผ่นฉลูด้วยมือตามรอบที่กำหนด

ในการทำความสะอาดแผ่นฉลูด้วยมือโดยพนักงานนั้น มีการกำหนดให้พนักงานทำความสะอาดแผ่นฉลูด้วยมือหลังจากการกระบวนการพิมพ์สารบัดกรีทุกๆ 10 ครั้ง หากพนักงานไม่ทำการทำความสะอาดแผ่นฉลูด้วยมือตามรอบที่กำหนด อาจส่งผลให้เกิดการหลงเหลือ และสะสมของสารบัดกรีบริเวณผิวของแผ่นฉลูด้วยมือ ซึ่งเป็นที่มาของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

- ปัจจัยที่ 7 คือ เงื่อนไขการทำความสะอาดอัตโนมัติโดยเครื่องจักรไม่เหมาะสม

การทำความสะอาดผิวของแผ่นฉลูด้วยมืออัตโนมัติด้วยเครื่องจักรนั้น มีเงื่อนไขในการปรับตั้งค่าตามที่ต้องการ โดยเงื่อนไขในการปรับตั้งค่านั้นสามารถปรับได้หลายรูปแบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับวิศวกรกระบวนการจะเป็นผู้กำหนดเงื่อนไขนี้ หากเงื่อนไขในการเช็ดทำความสะอาดไม่เหมาะสม อาจทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นขึ้นได้

ปัจจัยที่ 6 คือ ผ้าเช็ดทำความสะอาดของเครื่องจักรไม่แนบกับแผ่นฉลูด้วยมือ

เครื่องจักรจะทำงานในโหมดของการเช็ดทำความสะอาดแผ่นฉลูด้วยมืออัตโนมัติ โดยแท่นยกที่อยู่ใต้แผ่นฉลูด้วยมือจะยกผ้าเช็ดทำความสะอาดให้แนบกับผิวของแผ่นฉลูด้วยมือแล้วจึงเคลื่อนที่เพื่อเช็ดทำความสะอาด หากแท่นยกมีปัญหาไม่สามารถยกตัวให้ผ้าเช็ดทำความสะอาดแนบกับแผ่นฉลูด้วยมือหรือยกเพียงด้านใดด้านหนึ่ง อาจทำให้ผิวของแผ่นฉลูด้วยมือ ยังมีคราบของสารบัดกรีหลงเหลืออยู่ จึงเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

- ปัจจัยที่ 5 คือ เครื่องจักรไม่ทำตามเงื่อนไขการทำความสะอาดอัตโนมัติตามที่กำหนดไว้

หากเครื่องจักรมีปัญหาในโหมดของการเช็ดทำความสะอาดแผ่นฉลูด้วยมืออัตโนมัติ เช่น ไม่ทำงานตามเงื่อนไขที่ได้ตั้งไว้ หรือยกเลิกโหมดของการเช็ดทำความสะอาดนี้จากกระบวนการผลิต จะส่งผลโดยตรงต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยร่วมด้วย พบว่าปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัยที่มีความสำคัญคิดรวมมากกว่าร้อยละ 80 โดยปัจจัยที่ 6 และ 5 นั้น เป็นปัจจัยที่เกิดจากการทำงานของเครื่องจักรที่ขัดข้อง ทางทีมงานจึงมีความคิดเห็นตรงกันให้มีการซ่อมบำรุงเครื่องจักรทุกเดือน และเพิ่มการตรวจสอบระบบการทำความสะอาดของเครื่องจักรด้วย เพื่อป้องกันปัจจัยจากเครื่องจักรที่ไม่ทำงาน จึงทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

ส่วนของปัจจัยที่ 2 และ 3 นั้น เป็นปัจจัยที่เกิดจากความบกพร่องของพนักงาน โดยที่พนักงานมีความคิดเห็นตรงกันให้ทำการยกเลิกกระบวนการการขีดทำความสะอาดด้วยมือโดยพนักงานออกเพื่อตัดปัจจัยที่เกิดจากคนซึ่งเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ยาก และนอกจากนี้การยกเลิกกระบวนการการขีดทำความสะอาดด้วยมือโดยพนักงานยังสามารถช่วยลดเวลาที่เครื่องจักรไม่ได้ทำการผลิตลงด้วยการใช้เครื่องจักรทำความสะอาดแทน และเวลาที่พนักงานขีดทำความสะอาดแผ่นฉลุนั้น ใช้เวลาที่เครื่องจักรไม่ได้ทำการผลิตเฉลี่ยประมาณ 31.52 วินาที แต่ถ้าใช้เครื่องจักรทำความสะอาดแทนนั้นจะสามารถลดเวลาการทำงานของกระบวนการทำความสะอาดเหลือแค่เฉลี่ยประมาณ 16.89 วินาทีเท่านั้นเพราะฉะนั้นทีมงานจึงตัดปัจจัยของกระบวนการการขีดทำความสะอาดด้วยมือโดยพนักงานออกไป

ดังนั้นปัจจัยที่ทีมงานให้ความสนใจมากที่สุด คือ ปัจจัยที่ 7 เงื่อนไขการทำความสะอาดอัตโนมัติโดยเครื่องจักรไม่เหมาะสม ซึ่งทีมงานได้เลือกปัจจัยนี้ไปใช้ในระบะถัดไปเพื่อหาเงื่อนไขการขีดทำความสะอาดอัตโนมัติโดยเครื่องจักรที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นได้น้อยที่สุด เพื่อนำกระบวนการใหม่ที่ได้ มาปรับปรุงกระบวนการผลิตภายในโรงงานกรณีศึกษาต่อไป

4.4 สรุประยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา

ในระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหานี้ จะทำการวิเคราะห์ความถูกต้องและความพร้อมกันของระบบการวัด ซึ่งทำการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นโดยการให้พนักงานทั้งหมด 8 คนจาก 4 คนในกะกลางวัน และ 4 คนในกะกลางคืน ทำการตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด 30 ชิ้น เป็นจำนวน 3 ครั้ง จากการตรวจสอบพบว่าผลการวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำและการวิเคราะห์ความถูกต้องของการวัดของพนักงานแต่ละคน ได้ร้อยละ 100 ทั้งหมด 8 คนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ ซึ่งวิเคราะห์จากสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น โดยข้อบกพร่องนี้มีสัดส่วนเฉลี่ยก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ร้อยละ 0.052 และมีค่าพิสัยจำกัดเฉพาะระยะยาวเท่ากับ 3.28 และพิสัยจำกัดเฉพาะระยะสั้นเท่ากับ 4.78 ด้วยกระบวนการก่อนการปรับปรุงนี้มีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะสั้นและระยะยาวเท่ากับ 1.0933 และ 1.5933 ตามลำดับ

การประชุมในระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา เป็นการประชุมเพื่อระดมความคิดเพื่อหาปัจจัยนำเข้า ทำโดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 10 คน ด้วยการระดมความคิดนี้ทำให้ได้ผังสาเหตุและผล

ของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรมิพม์แบบยืดหยุ่น จึงนำเอาข้อมูลจาก
ฝั่งสาเหตุและผลที่ได้จากการระดมความคิดนี้ มาวิเคราะห์หาสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อ
ข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรมิพม์แบบยืดหยุ่น โดยใช้ตารางแสดง
ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลมาช่วยกรองปัจจัย จึงได้ว่า ปัจจัยนำเข้าของข้อบกพร่องประเภท
คราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรมิพม์แบบยืดหยุ่นมีทั้งหมด 14 ปัจจัย



บทที่ 5

ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ในบทนี้จะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น โดยการนำปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลนั้น มาวิเคราะห์เชิงสถิติด้วยวิธีการทดสอบสมมติฐาน เพื่อหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น ต่อจากนั้นจึงนำปัจจัยที่มีนัยสำคัญทั้งหมด มาออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับของปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องนี้

5.1 รูปแบบการทดลอง

ก่อนการออกแบบการทดลองนั้น จะเลือกการทดสอบสมมติฐานแบบสัดส่วนประชากรสองกลุ่มประชากร เพื่อทำการคัดเลือกปัจจัยที่ไม่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นออก จากนั้นจึงทำการทดลองเพื่อหาปัจจัยและระดับของปัจจัยที่เหมาะสมมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการต่อไป

เนื่องจากการทดสอบสมมติฐานเป็นการทดสอบเพื่อยืนยันว่าแต่ละปัจจัยนั้นมีผลต่อสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นหรือไม่ ด้วยการทำการทดสอบสมมติฐานที่ละปัจจัยเพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบผลที่เกิดจากปัจจัยนั้นๆ ซึ่งการทดสอบสมมติฐานสามารถทำการทดสอบได้เฉพาะปัจจัยหลักที่ละปัจจัยเท่านั้น ดังนั้นในการทดสอบสมมติฐานเพื่อหาปัจจัยหลักของเงื่อนไขการทำความสะอาดอัตโนมัติที่ส่งผลต่อสัดส่วนข้อบกพร่องนั้นจึงมีอยู่ทั้งหมด 5 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ทิศทางในการเช็ดทำความสะอาด ความเร็วในการเช็ดทำความสะอาด การใช้แรงดูดสูญญากาศในขณะที่เช็ดทำความสะอาด การเพิ่มจำนวนครั้ง การเช็ดพิเศษต่อรอบ และจำนวนรอบความถี่ในการเช็ดทำความสะอาด โดยการทดสอบนี้ได้เลือกทดสอบและเก็บข้อมูลจากโมเดล NJ2751-28

5.2 การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับวิธีการทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์เชิงสถิติด้วยการทดสอบสมมติฐานสำหรับสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น โดยการทดสอบสมมติฐานที่เลือกใช้นั้น เป็นการทดสอบสมมติฐานสำหรับสัดส่วนประชากรสองกลุ่ม เนื่องจากตัวแปรตอบสนองนั้น เป็นสัดส่วนข้อบกพร่องของประชากรที่มีการแจกแจงแบบทวินาม

จำนวนตัวอย่างสำหรับการทดสอบสมมติฐานสำหรับสัดส่วนประชากรสองกลุ่มนั้นสามารถคำนวณหาจำนวนตัวอย่างจากสมการที่ 5.1 ดังนี้

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2}\sqrt{p_1(1-p_1)} + Z_{\beta}\sqrt{p_2(1-p_2)})^2}{(p_2 - p_1)^2} \quad (5.1)$$

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่าง

p_1 = สัดส่วนของเสียในปัจจุบัน

p_2 = สัดส่วนของเสียเป้าหมาย

α = ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 หรือระดับนัยสำคัญ

β = ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 2

5.2.1 การหาขนาดตัวอย่างสำหรับข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อน

แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

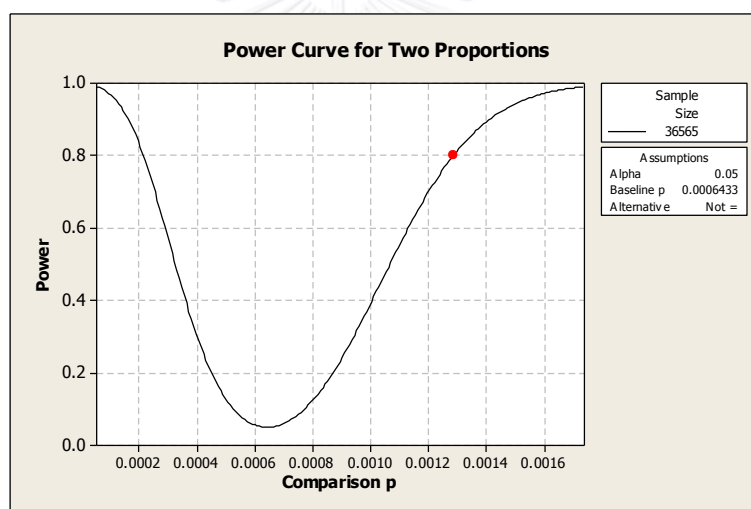
ในการหาขนาดตัวอย่างของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้น ได้กำหนดให้สัดส่วนของเสียปัจจุบันหรือ p_1 เท่ากับ 0.0012 ซึ่งเป็นสัดส่วนของเสียของโมเดล NJ2751-28 ก่อนการปรับปรุงและสัดส่วนของเสียเป้าหมายหรือ p_2 เท่ากับ 0.0006 เนื่องจากต้องการลดจำนวนของเสียจากเดิมร้อยละ 50 เมื่อแทนค่าในสมการจึงสามารถคำนวณหาขนาดของตัวอย่างได้จากสมการที่ 5.1 คือ

$$n = \frac{(Z_{0.05/2}\sqrt{0.0012(1-0.0012)} + Z_{0.2}\sqrt{0.0006(1-0.0006)})^2}{(0.0006 - 0.0012)^2} = 36,565 \text{ ตัวอย่าง}$$

จากการคำนวณหาขนาดตัวอย่างของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นด้วยการแทนค่าในสมการที่ 5.1 และวิธีการหาจากโปรแกรม Minitab ดังแสดงในตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.1 ได้ผลของขนาดตัวอย่างที่มีค่าเท่ากัน จึงเลือกใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 36,565 ตัวอย่าง แต่เนื่องจากการผลิตชิ้นงานจริงนั้นจะเป็นการผลิตออกมาเป็นล็อต ล็อตละ 350 ชิ้น ดังนั้นจึงใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 37,100 ตัวอย่าง หรือจำนวน 106 ล็อต มาใช้ในการทดสอบสมมติฐานของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

ตารางที่ 5.1 Power and Sample Size ของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

Test for Two Proportion	
Testing comparison	p = baseline p (versus not =)
Calculating power for baseline	p = 0.000643336
Alpha	0.05
Comparison p	0.0012867
Sample Size	36565
Target Power	0.8
Actual Power	0.800009



รูปที่ 5.1 Power Curve for Two Proportion ของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

5.3 ปัจจัยและการกำหนดระดับของปัจจัยในการทดสอบสมมติฐาน

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลในขั้นตอนการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหาในบทที่ 4 พบว่าปัจจัยที่สำคัญต่อเงื่อนไขการทำความสะอาดแบบอัตโนมัติจำนวน 5 ปัจจัย ได้แก่ ทิศทางในการขีดทำความสะอาด ความเร็วในการขีดทำความสะอาด การใช้แรงดูดสูญญากาศในขณะที่ขีดทำความสะอาด การเพิ่มจำนวนครั้งการขีดพิเศษต่อรอบ และจำนวนรอบความถี่ในการขีดทำความสะอาด ดังนั้นจึงได้กำหนดระดับของปัจจัยเหล่านี้เป็น 2

ระดับคือ ระดับต่ำ และระดับสูง เพื่อนำไปทดสอบสมมติฐานว่าแต่ละปัจจัยมีผลต่อสัดส่วนข้อบกพร่องอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ปัจจัยและระดับของปัจจัยสำหรับการขีดทำความสะอาดแผ่นฉลุตในมิติโดยเครื่องจักร

ลำดับที่	Area Cause	ปัจจัย	เหตุผลและวิธีการในการกำหนดระดับปัจจัย	วิธีการทดสอบสมมติฐาน
1	Machines	ทิศทางในการขีดทำความสะอาด	เนื่องจากเครื่องจักรสามารถตั้งค่าให้ทิศทางในการขีดทำความสะอาดได้ 2 แบบ คือการขีดแบบทิศทางเดียว และการขีดแบบไป-กลับ	กำหนดระดับของทิศทางในการขีดทำความสะอาดได้เป็น 2 ระดับ คือ การขีดแบบทิศทางเดียว และการขีดแบบไป-กลับ
2	Machines	ความเร็วในการขีดทำความสะอาด	เครื่องจักรสามารถตั้งค่าความเร็วในการขีดทำความสะอาดได้ตั้งแต่ความเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อวินาที ถึง 80 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุดและมากที่สุดที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้	กำหนดระดับของความเร็วในการขีดทำความสะอาดโดยการบันทึกข้อมูล 2 ระดับคือ 50 มิลลิเมตรต่อวินาที ถึง 80 มิลลิเมตรต่อวินาที

ลำดับ ที่	Area Cause	ปัจจัย	เหตุผลและวิธีการในการ กำหนดระดับปัจจัย	วิธีการทดสอบสมมติฐาน
3	Machines	การใช้แรงดูด สูญญากาศ ในขณะที่เช็คทำ ความสะอาด	เครื่องจักรสามารถตั้งค่า ให้เปิดแรงดูดสูญญากาศ ขณะเช็คทำความสะอาด และปิดแรงดูดสูญญากาศ ขณะเช็คทำความสะอาด ได้	กำหนดระดับของการเปิด แรงดูดสูญญากาศในการ เช็คทำความสะอาดได้เป็น 2 ระดับ คือ เปิดแรงดูด สูญญากาศขณะเช็คทำ ความสะอาด และปิดแรง ดูดสูญญากาศขณะเช็คทำ ความสะอาดได้
4	Machines	การเพิ่มจำนวน ครั้งการเช็ค พิเศษต่อรอบ การทำงาน สะอาด	เนื่องจากเครื่องจักร สามารถกำหนดให้เช็คได้ สูงสุด 4 ครั้งต่อรอบการ ทำความสะอาด 1 รอบ ดังนั้นจึงสามารถเพิ่มการ เช็คพิเศษต่อรอบการทำงาน สะอาดได้	กำหนดระดับของการเพิ่ม จำนวนครั้งการเช็คพิเศษต่อ รอบการทำงานสะอาดได้ เป็น 2 ระดับ คือ เพิ่ม จำนวนการเช็คพิเศษ 1 ครั้ง และไม่เพิ่มการเช็คพิเศษ 1 ครั้ง
5	Machines	จำนวนรอบ ความถี่ในการ เช็คทำความสะอาด	เนื่องจากเครื่องจักร สามารถกำหนดจำนวน รอบความถี่ในการเช็คทำ ความสะอาดได้ตาม ผู้ใช้งานต้องการกำหนด ซึ่งปัจจุบันได้กำหนดไว้ว่า ให้ทำความสะอาดทุกการ พิมพ์สารบัดกรี 5 ครั้ง	กำหนดระดับของจำนวน รอบความถี่ในการเช็คทำ ความสะอาดได้เป็น 2 ระดับ คือ กำหนดไว้ว่าให้ ทำความสะอาดทุกการ พิมพ์สารบัดกรี 5 ครั้ง และ กำหนดไว้ว่าให้ทำความ สะอาดทุกการพิมพ์สาร บัดกรี 10 ครั้ง

5.4 วิธีการทดสอบสมมติฐานและผลการทดสอบสมมติฐานของแต่ละปัจจัย

ก่อนวิธีการทดสอบสมมติฐานของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้น ต้องปรับตั้งค่าเงื่อนไขของเครื่องจักรก่อนทำการทดลองและเก็บข้อมูล โดยเครื่องจักรนั้นสามารถปรับตั้งค่าเงื่อนไขได้ดังต่อไปนี้

เงื่อนไขที่ 1 ค่าสั่งของเครื่องจักรในการทำความสะอาดผิวแผ่นฉลุม เครื่องจักรสามารถขีดทำความสะอาดได้สูงสุด 4 ครั้งต่อรอบคำสั่ง ซึ่งการขีดในทั้งหมด 4 ครั้งนั้นสามารถกำหนดเงื่อนไขได้ดังต่อไปนี้

- 1.1 ฉีดสารไอพีเอก่อนแล้วจึงทำการขีด
- 1.2 การขีดแบบเปิดแรงดูดขณะขีดหรือการขีดแบบผ้าแห้งปกติ
- 1.3 การขีดแบบผ้าแห้งปกติ
- 1.4 การขีดแบบผ้าแห้งปกติหรือไม่มีการขีด

การทำการทดลองนี้ จะกำหนดให้การขีดครั้งแรกของคำสั่งเป็นการขีดแบบฉีดสารไอพีเอก่อน แล้วจึงต่อด้วยเงื่อนไขต่อไป เนื่องจากต้องการลดความเหนียวของคราบของสารบัดกรีที่หลงเหลืออยู่ที่ผิวของแผ่นฉลุมก่อน จึงกำหนดให้ฉีดสารไอพีเอก่อนแล้วจึงทำการขีดนั้นเป็นการขีดครั้งแรก หากต้องการขีดแบบเปิดแรงดูด จะกำหนดให้เป็นการขีดครั้งที่ 2 เนื่องจากความเหนียวของสารบัดกรีนั้นลดลงจากการขีดครั้งแรก จึงง่ายต่อการดูดสารบัดกรีไปยังผ้าขีดทำความสะอาด หากไม่ต้องการให้กำหนดเป็นการขีดแบบผ้าแห้งปกติ และการขีดครั้งที่ 3 จะถูกกำหนดให้เป็นการขีดแบบผ้าแห้งปกติเพื่อต้องการขีดซ้ำเพื่อความสะอาด ส่วนการเพิ่มจำนวนครั้งการขีดพิเศษต่อรอบการทำความสะอาดนั้นคือการเพิ่มการขีดแบบผ้าแห้งปกติในการขีดครั้งที่ 4

เงื่อนไขที่ 2 ค่าสั่งของเครื่องจักรนั้นสามารถกำหนดความเร็วของผ้าขีดทำความสะอาดที่ขีดทำความสะอาดในหน่วยของความเร็วมิลลิเมตรต่อวินาที โดยความเร็วของการขีดแต่ละครั้งนั้นจะเท่ากันทุกครั้ง

เงื่อนไขที่ 3 ในคำสั่งของเครื่องจักรสามารถกำหนดเงื่อนไขให้การขีดทุกครั้งไปในทิศทางเดียวกัน หรือทิศทางไป-กลับได้

เงื่อนไขที่ 4 เครื่องจักรสามารถกำหนดรอบการทำความสะอาดได้เป็นทุกๆ การพิมพ์สารบัดกรี 5 ครั้ง หรือ 10 ครั้ง

การตั้งค่าของเครื่องจักรตามเงื่อนไขทั้ง 4 ดังแสดงในตารางที่ 5.3 ได้เปลี่ยนเงื่อนไขในการขีดทำความสะอาดโดยเครื่องจักรตามปัจจัยทั้ง 5 เพื่อทำการเปรียบเทียบกันในแต่ละปัจจัย ก่อน

นำข้อมูลมาใช้ในการทดสอบสมมติฐาน และเนื่องจากกระบวนการการทำงานจริงของบริษัท กรณีศึกษานั้นยังไม่ได้มีการกำหนดการตั้งเงื่อนไขและลำดับการทำงานในการเช็คทำความสะอาด โดยเครื่องจักรไว้อย่างชัดเจน ซึ่งก็ให้เกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็น แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นยังตามสัดส่วนข้อบกพร่องร้อยละ 0.12 ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนการตั้งค่าของเครื่องจักรใหม่ตามเงื่อนไขของ p_1 ในตารางที่ 5.3 เพื่อทดสอบและเก็บ ข้อมูลก่อน แล้วจึงนำสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบ ยืดหยุ่นหลัก จากนั้นจึงนำไปใช้ในการทดสอบสมมติฐานและเปรียบเทียบกับปัจจัยทั้ง 5 ว่าปัจจัย ไตส่งผลกระทบต่อจำนวนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นอย่าง มีนัยสำคัญ

ตารางที่ 5.3 การตั้งค่าของเครื่องจักรเพื่อใช้ในการทดลองและเก็บข้อมูลเพื่อนำไปทดสอบ สมมติฐาน

ปัจจัย	p_1		p_2	
	ลำดับ	คำสั่ง	ลำดับ	คำสั่ง
ทิศทางใน การเช็ค ทำความ สะอาด	1	เช็คด้วยผ้าเปียกสารไอพีเอ	1	เช็คด้วยผ้าเปียกสารไอพีเอ
	2	เช็คด้วยการเปิดแรงดูด สูญญากาศ	2	เช็คด้วยการเปิดแรงดูด สูญญากาศ
	3	เช็คด้วยผ้าแห้ง	3	เช็คด้วยผ้าแห้ง
	4	-	4	-
	ความเร็ว	50 มิลลิเมตรต่อวินาที	ความเร็ว	50 มิลลิเมตรต่อวินาที
	ความถี่	เช็คทุกการพิมพ์ 5 ครั้ง	ความถี่	เช็คทุกการพิมพ์ 5 ครั้ง
	ทิศทาง	ทิศทางเดียวกัน	ทิศทาง	ทิศทางไป-กลับ
ความเร็ว ในการ เช็คทำ ความ สะอาด	1	เช็คด้วยผ้าเปียกสารไอพีเอ	1	เช็คด้วยผ้าเปียกสารไอพีเอ
	2	เช็คด้วยการเปิดแรงดูด สูญญากาศ	2	เช็คด้วยการเปิดแรงดูด สูญญากาศ
	3	เช็คด้วยผ้าแห้ง	3	เช็คด้วยผ้าแห้ง
	4	-	4	-
	ความเร็ว	50 มิลลิเมตรต่อวินาที	ความเร็ว	80 มิลลิเมตรต่อวินาที
	ความถี่	เช็คทุกการพิมพ์ 5 ครั้ง	ความถี่	เช็คทุกการพิมพ์ 5 ครั้ง

ปัจจัย	p ₁		p ₂	
	ลำดับ	คำสั่ง	ลำดับ	คำสั่ง
	ทิศทาง	ทิศทางเดียวกัน	ทิศทาง	ทิศทางเดียวกัน
การใช้แรง ดูด สูญญากาศ ในขณะ เข็ดทำ ความ สะอาด	1	เข็ดด้วยผ้าเปียกสารไอพีเอ	1	เข็ดด้วยผ้าเปียกสารไอพีเอ
	2	เข็ดด้วยการเปิดแรงดูด สูญญากาศ	2	เข็ดด้วยผ้าแห้ง
	3	เข็ดด้วยผ้าแห้ง	3	เข็ดด้วยผ้าแห้ง
	4	-	4	-
	ความเร็ว	50 มิลลิเมตรต่อวินาที	ความเร็ว	50 มิลลิเมตรต่อวินาที
	ความถี่	เข็ดทุกการพิมพ์ 5 ครั้ง	ความถี่	เข็ดทุกการพิมพ์ 5 ครั้ง
	ทิศทาง	ทิศทางเดียวกัน	ทิศทาง	ทิศทางเดียวกัน
การเพิ่ม จำนวน ครั้งการ เข็ดพิเศษ ต่อรอบ การทำ ความ สะอาด	1	เข็ดด้วยผ้าเปียกสารไอพีเอ	1	เข็ดด้วยผ้าเปียกสารไอพีเอ
	2	เข็ดด้วยการเปิดแรงดูด สูญญากาศ	2	เข็ดด้วยการเปิดแรงดูด สูญญากาศ
	3	เข็ดด้วยผ้าแห้ง	3	เข็ดด้วยผ้าแห้ง
	4	-	4	เข็ดด้วยผ้าแห้ง
	ความเร็ว	50 มิลลิเมตรต่อวินาที	ความเร็ว	50 มิลลิเมตรต่อวินาที
	ความถี่	เข็ดทุกการพิมพ์ 5 ครั้ง	ความถี่	เข็ดทุกการพิมพ์ 5 ครั้ง
	ทิศทาง	ทิศทางเดียวกัน	ทิศทาง	ทิศทางเดียวกัน
จำนวน รอบ ความถี่ใน การเข็ด ทำความ สะอาด	1	เข็ดด้วยผ้าเปียกสารไอพีเอ	1	เข็ดด้วยผ้าเปียกสารไอพีเอ
	2	เข็ดด้วยการเปิดแรงดูด สูญญากาศ	2	เข็ดด้วยการเปิดแรงดูด สูญญากาศ
	3	เข็ดด้วยผ้าแห้ง	3	เข็ดด้วยผ้าแห้ง
	4	-	4	-
	ความเร็ว	50 มิลลิเมตรต่อวินาที	ความเร็ว	50 มิลลิเมตรต่อวินาที
	ความถี่	เข็ดทุกการพิมพ์ 5 ครั้ง	ความถี่	เข็ดทุกการพิมพ์ 10 ครั้ง
	ทิศทาง	ทิศทางเดียวกัน	ทิศทาง	ทิศทางเดียวกัน

การทดสอบสมมติฐานของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้น ใช้การทดสอบสมมติฐานสำหรับสัดส่วนประชากรสองกลุ่ม โดยการทดสอบก่อนการเก็บข้อมูลจะทำการควบคุมปัจจัยนำเข้าแต่ละปัจจัยเพื่อทดสอบผลที่ได้ของแต่ละปัจจัยว่ามีความสำคัญต่อการเกิดข้อบกพร่อง ซึ่งตัวอย่างในการทดสอบสมมติฐานและผลการทดสอบสมมติฐานสำหรับข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น ได้แสดงดังต่อไปนี้

การทดสอบสมมติฐานสำหรับทิศทางในการเช็คทำความสะอาด โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบคือ p_1 และ p_2 ซึ่งเป็นค่าสัดส่วนข้อบกพร่องที่พบจากการเช็คทำความสะอาดด้วยทิศทางเดียวกัน และการเช็คทำความสะอาดด้วยทิศทางไป-กลับ ด้วยขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐานมีดังนี้

กำหนดให้

$$H_0: p_1 = p_2$$

และ

$$H_1: p_1 \neq p_2$$

ค่าสถิติทดสอบ สามารถคำนวณได้จากสมการ 5.2 ดังนี้

$$z = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}{\sqrt{\frac{p_1q_1}{n_1} + \frac{p_2q_2}{n_2}}} \quad (5.2)$$

ดังนั้น ค่าสถิติทดสอบของปัจจัยการเช็คทำความสะอาดด้วยทิศทางเดียวกัน และทิศทางไป-กลับ เท่ากับ

$$z = \frac{0.000485 - 0.001779}{\sqrt{\frac{0.000485 \times 0.999515}{37100} + \frac{0.001779 \times 0.998221}{37100}}} = -5.24$$

จากการคำนวณค่าทางสถิติโดยการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยทิศทางในการเช็คทำความสะอาดจากสมการที่ 5.2 ได้ผลตรงกับกรวิเคราะห์การทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรม Minitab ดังแสดงในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยทิศทางในการเช็คทำความสะอาด

Test CI for Two Proportion			
Sample	X	N	Sample p
1	18	37100	0.000485
2	66	37100	0.001779
Difference		= p(1) - p(2)	
Estimate for difference		-0.0012938	
95% CI for difference		(-0.00177762,-0.000809976)	
Test for difference		= 0 (vs not = 0)	
Z		= -5.24	
P-Value		= 0.000	

การวิเคราะห์การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยดังที่ได้กล่าวมา พบว่า สัดส่วนข้อบกพร่องในการเช็คทำความสะอาดทิศทางเดียวกัน เท่ากับ 0.000485 หรือ ร้อยละ 0.0485 และสัดส่วนข้อบกพร่องในการเช็คทำความสะอาดด้วยทิศทางไป-กลับ เท่ากับ 0.001779 หรือ ร้อยละ 0.1779 จึงได้ค่าสถิติทดสอบของปัจจัยนี้เท่ากับ -3.92 และค่า P-value เท่ากับ 0.00 ดังนั้น ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สรุปได้ว่า ทิศทางในการเช็คทำความสะอาดมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อจำนวนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นอนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

ตารางที่ 5.5 สรุปผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นอนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

ลำดับที่	ปัจจัย	Z-Test	P-Value	สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน
1	ทิศทางในการเช็คทำความสะอาด	-5.24	0.000	มีผลอย่างมีนัยสำคัญ
2	ความเร็วในการเช็คทำความสะอาด	-4.25	0.000	มีผลอย่างมีนัยสำคัญ
3	การใช้แรงดูดสูญญากาศในขณะที่เช็คทำความสะอาด	-3.79	0.000	มีผลอย่างมีนัยสำคัญ
4	การเพิ่มจำนวนครั้งการเช็คพิเศษต่อรอบการทำความสะอาด	-0.63	0.527	ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ

ลำดับ ที่	ปัจจัย	Z- Test	P-Value	สรุปผลการทดสอบ สมมติฐาน
5	จำนวนรอบความถี่ในการเช็คทำ ความสะอาด	0.90	0.369	ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ

จากนั้นจึงได้นำวิธีการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยข้างต้นนี้ ไปใช้ในการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยอื่นๆต่อไป โดยตารางที่ 5.5 ได้สรุปผลการทดสอบสมมติฐานของแต่ละปัจจัยว่ามีผลต่อสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ตามลำดับ

สรุปปัจจัยนำเข้าไปทำการออกแบบการทดลองที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น คือ ปัจจัยที่มีค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จำนวน 3 ปัจจัย คือ ทิศทางในการเช็คทำความสะอาด ความเร็วในการเช็คทำความสะอาด และการใช้แรงดูดสูญญากาศในการเช็คทำความสะอาด ส่วนปัจจัยนำเข้าไปที่ไม่นำไปใช้ในการออกแบบการทดลอง คือ ปัจจัยที่มีค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 มีจำนวน 2 ปัจจัย คือ การเพิ่มจำนวนครั้งการเช็คพิเศษมีค่า P-value เท่ากับ 0.527 และจำนวนรอบความถี่ในการเช็คทำความสะอาด มีค่าเท่ากับ 0.369

ดังนั้นปัจจัยนำเข้าไปที่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้น สามารถกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัยของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นได้ดังตารางที่ 5.5 เพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 5.6 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นเพื่อออกแบบการทดลอง

ลำดับ ที่	ปัจจัย	สัญลักษณ์	ประเภทของ ข้อมูล	ระดับของปัจจัย		
				ระดับต่ำ	ระดับสูง	หน่วย
1	ทิศทางใน การเช็คทำ ความ สะอาด	Direction	Non Variable Data	ทิศทาง เดียว	ทิศทางไป- กลับ	-

ลำดับ ที่	ปัจจัย	สัญลักษณ์	ประเภทของ ข้อมูล	ระดับของปัจจัย		
				ระดับต่ำ	ระดับสูง	หน่วย
2	ความเร็วใน การขีดทำ ความ สะอาด	Speed	Variable Data	50	80	มิลลิเมตร ต่อวินาที
3	การใช้แรง ดูด สูญญากาศ ในขณะที่ ทำความสะอาด	Vacuum	Non Variable Data	ปิด	เปิด	-

จากตารางที่ 5.6 มีรายละเอียดของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภท
คราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

1. ทิศทางของการขีดทำความสะอาด คือ ทิศทางการเคลื่อนที่ของผ้าขีดทำความสะอาด
ซึ่งสามารถเลือกได้ว่าจะขีดโดยให้ม้วนผ้าที่เคลื่อนที่ไปทิศทางเดียวกันทุกครั้ง หรือให้ทำการ
เคลื่อนที่แบบเข้ดไป-กลับ

2. ความเร็วในการขีดทำความสะอาด คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของผ้าขีดในขณะที่
แผ่นฉลุ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อวินาที

3. การเปิดแรงดูดขณะขีดทำความสะอาด คือ การเปิดแรงดูดใต้ผ้าขีดทำความสะอาด
เพื่อดูดสารบัดกรีที่หลงเหลืออยู่ตามรูของแผ่นฉลุดอก

5.5 สรุประยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ในระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหานี้ ได้ทำการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุ
และผล มาวิเคราะห์ทางสถิติว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสาร
บัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยการทดสอบสมมติฐานเป็นการ
ทดสอบสมมติฐานสำหรับสัดส่วนประชากรสองกลุ่ม ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 และอำนาจ
ในการทดสอบร้อยละ 80 จึงได้ขนาดตัวอย่างของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อน
แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นเท่ากับ 37,100 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบสมมติฐานที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า ปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น และนำไปทำการออกแบบการทดลองมีจำนวน 3 ปัจจัย คือ ทิศทางในการเชื่อมทำความสะอาด ความเร็วในการเชื่อมทำความสะอาด และการเปิดแรงดูดระหว่างการเชื่อมทำความสะอาด



บทที่ 6

ระยะการการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

ในบทนี้จะทำการหาค่าของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมที่สุดของกระบวนการที่ส่งผลให้สัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น โดยการออกแบบการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลของแต่ละปัจจัย และนำผลของแต่ละปัจจัยที่ได้ไปทำการทดลองซ้ำเพื่อยืนยันผลและปรับปรุงกระบวนการต่อไป

6.1 การออกแบบการทดลอง

จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีการทดสอบสมมติฐานในระยะเวลาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา พบปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญทั้งหมด 3 ปัจจัย จึงได้ทำการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียลสำหรับการศึกษาปัจจัยที่ 2 ระดับ เพื่อทดลองหาค่าที่เหมาะสมที่มีผลต่อสัดส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น

6.1.1 การกำหนดจำนวนการทดลองสำหรับวิธีการออกแบบการทดลอง

การกำหนดจำนวนการทดลองของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น มีปัจจัยที่นำมาใช้ในการออกแบบการทดลองทั้งหมด 3 ปัจจัย ระดับของปัจจัย 2 ระดับ ซึ่งทั้ง 3 ปัจจัยเป็นปัจจัยแบบแปรผัน (Variable Data) ทั้งหมด เมื่อทำการออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab โดยเลือกการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียลจะได้จำนวนทั้งหมด 8 การทดลอง (8 Runs) 2 การทดลองซ้ำ รวมเป็นทั้งหมด 16 การทดลอง ซึ่งรายละเอียดของแต่ละระดับการทดลอง แสดงให้เห็นดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ตารางการออกแบบการทดลองของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

StdOrder	RunOrder	Direction	Speed (mm/sec)	Vacuum
15	1	Same	80	OFF
2	2	Back&Forth	50	ON
11	3	Same	80	ON
13	4	Same	50	OFF

StdOrder	RunOrder	Direction	Speed (mm/sec)	Vacuum
6	5	Back&Forth	50	OFF
1	6	Same	50	ON
9	7	Same	50	ON
16	8	Back&Forth	80	OFF
4	9	Back&Forth	80	ON
3	10	Same	80	ON
10	11	Back&Forth	50	ON
8	12	Back&Forth	80	OFF
12	13	Back&Forth	80	ON
14	14	Back&Forth	50	OFF
5	15	Same	50	OFF
7	16	Same	80	OFF

6.1.2 การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับวิธีการออกแบบการทดลอง

จำนวนตัวอย่างสำหรับการออกแบบการทดลอง สำหรับกรณีในตัวแปรตอบสนองเป็นสัดส่วนของเสียหรือข้อบกพร่อง สามารถคำนวณหาค่าความแตกต่างของของเสียหรือข้อบกพร่องของตัวแปรตอบสนองเพื่อให้ค่าความแปรปรวนคงที่ได้จากสมการที่ 6.1 ดังนี้

$$\delta = \arcsin \sqrt{P_0 + \frac{\Delta}{2}} - \arcsin \sqrt{P_0 - \frac{\Delta}{2}} \quad (6.1)$$

เมื่อ δ = ค่าความแตกต่างของข้อบกพร่องของตัวแปรตอบสนอง

P_0 = สัดส่วนข้อบกพร่องในปัจจุบัน

Δ = ค่าความแตกต่างของสัดส่วนข้อบกพร่องในปัจจุบันกับสัดส่วนข้อบกพร่องเป้าหมาย จากนั้นจึงนำค่าความแตกต่างนี้มาใช้ในการคำนวณขนาดของตัวอย่างอีกครั้งด้วยสมการที่ 6.2 ดังนี้

$$n = \frac{(Z_{1-\frac{\alpha}{2}} + Z_{1-\beta})^2}{N\delta^2} \quad (6.2)$$

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่างในการทดลอง

การหาขนาดตัวอย่างของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้น ได้กำหนดให้สัดส่วนข้อบกพร่องปัจจุบัน เท่ากับ 0.0012 และสัดส่วนของเสียเป้าหมาย เท่ากับ 0.0006 โดยทำเช่นเดียวกับการหาขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบสมมติฐาน กำหนดให้แอลฟา (α) เท่ากับ 0.05 เบต้า (β) เท่ากับ 0.2 และจำนวนการทดลอง 16 การทดลองที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Minitab ดังนั้นผลของขนาดตัวอย่างที่ได้ ดังนี้

กำหนดแอลฟา เท่ากับ 0.05 และเบต้า เท่ากับ 0.20 แทนค่าในสมการที่ 6.1 จะได้ค่าความแตกต่างของข้อบกพร่องของตัวแปรตอบสนอง

$$\delta = \arcsin \sqrt{0.0012 + \frac{0.0006}{2}} - \arcsin \sqrt{0.0012 - \frac{0.0006}{2}} = 0.009$$

กำหนดจำนวนการทดลอง 16 การทดลอง แล้วแทนค่าในสมการที่ 6.2 จะได้ขนาดตัวอย่างของข้อบกพร่อง

$$n = \frac{(Z_{0.975} + Z_{0.8})^2}{16(0.009)^2} = 5986.56 = 5987$$

เพราะฉะนั้น ขนาดของตัวอย่างของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นที่ใช้สำหรับวิธีการออกแบบการทดลองจึง เท่ากับ 5,987 ตัวอย่าง แต่เนื่องจากการผลิตชิ้นงานจริงนั้นจะเป็นการผลิตออกมาเป็นล็อต ล็อตละ 350 ชิ้น จึงใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 6,300 ตัวอย่าง หรือจำนวน 18 ล็อต มาใช้ในการทดลองของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

เมื่อเปรียบเทียบขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองระหว่างวิธีทดสอบสมมติฐานในบทที่ 5 และวิธีการออกแบบการทดลอง พบว่าวิธีการออกแบบการทดลองใช้ขนาดของตัวอย่างน้อยกว่าดังตารางที่ 6.2 จึงเลือกขนาดตัวอย่างของวิธีการออกแบบการทดลองมาใช้ในการทดลองสำหรับข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

ตารางที่ 6.2 เปรียบเทียบขนาดตัวอย่างการทดลองระหว่างวิธีการทดสอบสมมติฐานและวิธีการออกแบบการทดลอง

ประเภท ข้อบกพร่อง	ขนาดตัวอย่าง		จำนวนการ ทดลอง (n)
	การทดสอบสมมติฐาน (n)	การออกแบบการทดลอง (n)	
คราบของสาร บัดกรีเปื้อน แผ่นวงจรพิมพ์ แบบยึดหยุน	37,100	6,300	16

6.2 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังจากการทำการทดลองและทดสอบระดับปัจจัยทั้งหมดที่ได้กล่าวไว้ ได้ผลของการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุนดังนี้

จากการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียลของปัจจัย 3 ปัจจัย 2 ระดับ 2 การทำซ้ำ ซึ่งได้ผลการทดลองสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุน (P-bar) เนื่องจากผลการทดลองเป็นสัดส่วนซึ่งมีความแปรปรวนของข้อมูล เมื่อนำมาวิเคราะห์อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น จึงทำการแปลงข้อมูลเพื่อให้ความแปรปรวนคงที่ ก่อนด้วยวิธีของ Bisgaard และ Fuller (Bisgaard S. and Fuller H. T., 1994) โดยการใช้วิธีของ Freeman และ Turkey (F&T) ดังสมการที่ 6.3

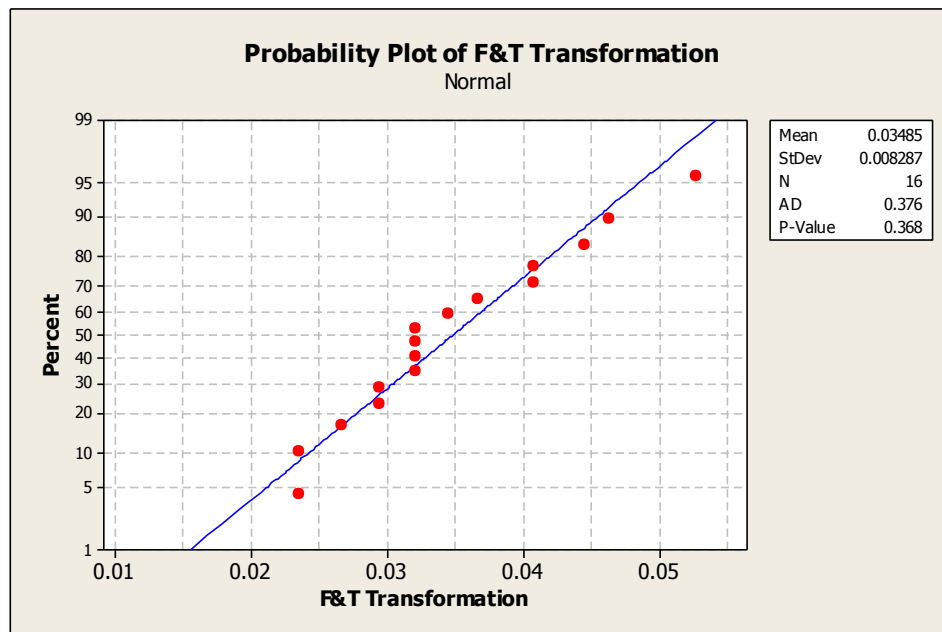
$$P(F\&T) = \frac{\arcsin\sqrt{\frac{np}{n+1}} + \arcsin\sqrt{\frac{n\bar{p}+1}{n+1}}}{2} \quad (6.3)$$

ตารางที่ 6.3 ผลการทดลองและผลการแปลงข้อมูลโดยวิธีของ Freeman และ Turkey ของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุน

StdOrder	RunOrder	Direction	Speed (mm/sec)	Vacuum	P-Bar	F&T
15	1	Same	80	OFF	0.0005	0.0283
2	2	Back&Forth	50	ON	0.0019	0.0472
11	3	Same	80	ON	0.0016	0.0433

StdOrder	RunOrder	Direction	Speed (mm/sec)	Vacuum	P-Bar	F&T
13	4	Same	50	OFF	0.0013	0.0389
6	5	Back&Forth	50	OFF	0.0027	0.0559
1	6	Same	50	ON	0.0006	0.0283
9	7	Same	50	ON	0.0008	0.0313
16	8	Back&Forth	80	OFF	0.0005	0.0249
4	9	Back&Forth	80	ON	0.0008	0.0313
3	10	Same	80	ON	0.0010	0.0340
10	11	Back&Forth	50	ON	0.0021	0.0491
8	12	Back&Forth	80	OFF	0.0010	0.0340
12	13	Back&Forth	80	ON	0.0011	0.0366
14	14	Back&Forth	50	OFF	0.0016	0.0433
5	15	Same	50	OFF	0.0010	0.0340
7	16	Same	80	OFF	0.0010	0.0313

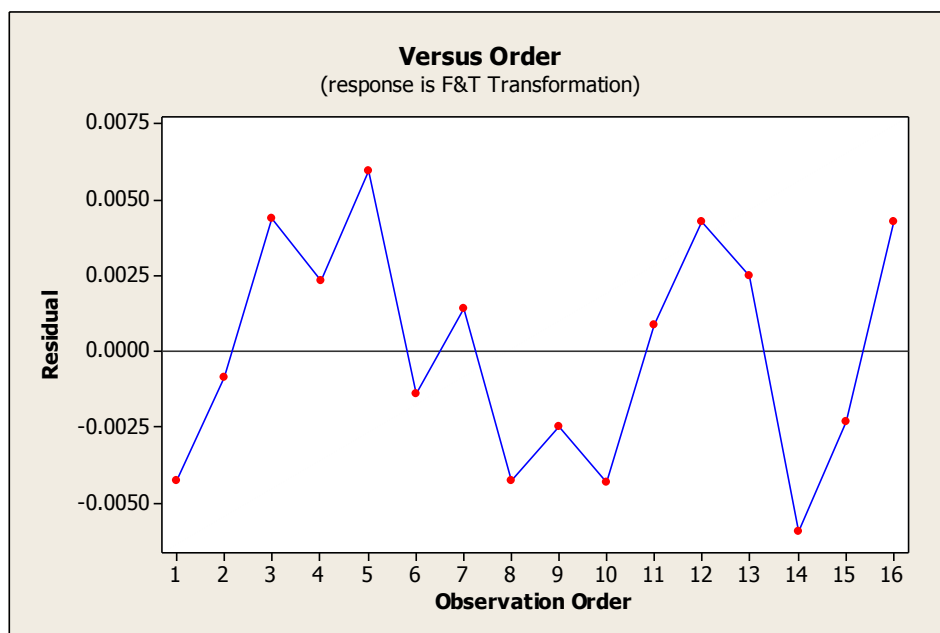
ก่อนการวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อสรุปผลของปัจจัยและระดับของปัจจัยที่มีค่าที่เหมาะสมที่สุดของกระบวนการในการออกแบบการทดลองนั้น การตรวจสอบข้อกำหนดของแบบจำลองจะทำการทดสอบว่าค่าตกค้างนั้นมีการแจกแจงปกติและค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์หรือไม่ สามารถพิจารณาได้จากกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าตกค้าง และการทดสอบสมมติฐานว่าค่าตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ ด้วยค่า P-Value



รูปที่ 6.1 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงปกติของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่น

จากการทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติของค่าตกค้างดังแสดงในรูปที่ 6.1 พบว่าค่าตกค้างมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ โดยลักษณะของการเรียงตัวของค่าตกค้าง กระจายรอบๆ เส้นตรง และเมื่อทดสอบสมมติฐานพบว่าค่าตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติเนื่องจาก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ว่าค่าตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ เพราะค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.368 ซึ่งมากกว่า 0.05

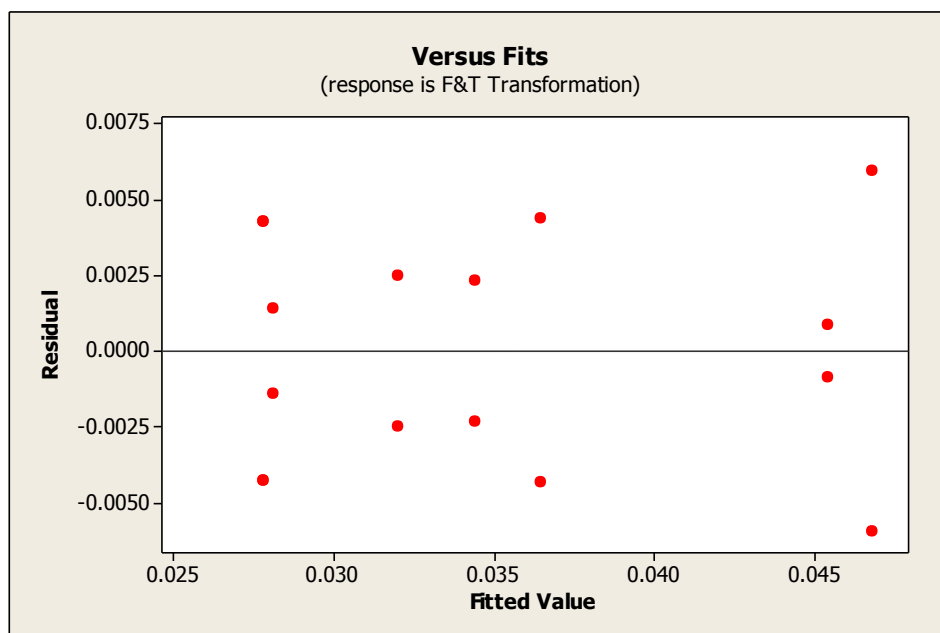
ค่าตกค้างต้องเป็นอิสระต่อกันไม่แปรผันตามปัจจัยหรือระดับของการทดลอง สามารถพิจารณาได้จากกราฟระหว่างค่าตกค้างกับลำดับการทดลอง



รูปที่ 6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตกค้างของสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสาร บัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่นตามลำดับการทดลอง

จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าตกค้างของสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของ สารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่นตามลำดับการทดลองดังแสดงในรูปที่ 6.2 พบว่าค่า ตกค้างมีการกระจายตัวที่มีรูปแบบเป็นอิสระต่อกัน ไม่มีลักษณะของข้อมูลที่เป็นแนวโน้มหรือมี รูปแบบที่ชัดเจนแน่นอน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

การทดสอบว่าค่าตกค้างนั้น มีความแปรปรวนคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามระดับของปัจจัย และแปรผันตามค่าพยากรณ์ผลตอบสามารถพิจารณาได้จากกราฟระหว่างค่าตกค้างกับค่าที่ถูก พิสูจน์ต้องมีการกระจายแบบสุ่มโดยกระจายตัวทั้งด้านบนและใต้เส้นกึ่งกลางเท่ากัน



รูปที่ 6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตกค้างและค่าที่ถูกฟิตของสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

จากการทดสอบข้อมูลตามรูปที่ 6.3 นั้น พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าตกค้างและค่าถูกฟิตของสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นมีการกระจายตัวแบบสุ่ม หรือไม่พบรูปแบบของกรวยปากเปิด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าค่าตกค้างมีความแปรปรวนคงที่ตรงตามสมมติฐาน

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น พบว่าข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ของการออกแบบการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ คือข้อมูลนั้นมีการแจกแจงแบบปกติ ที่เสถียรภาพของค่าความแปรปรวน และข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน จึงสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์ผลในขั้นตอนต่อไปได้

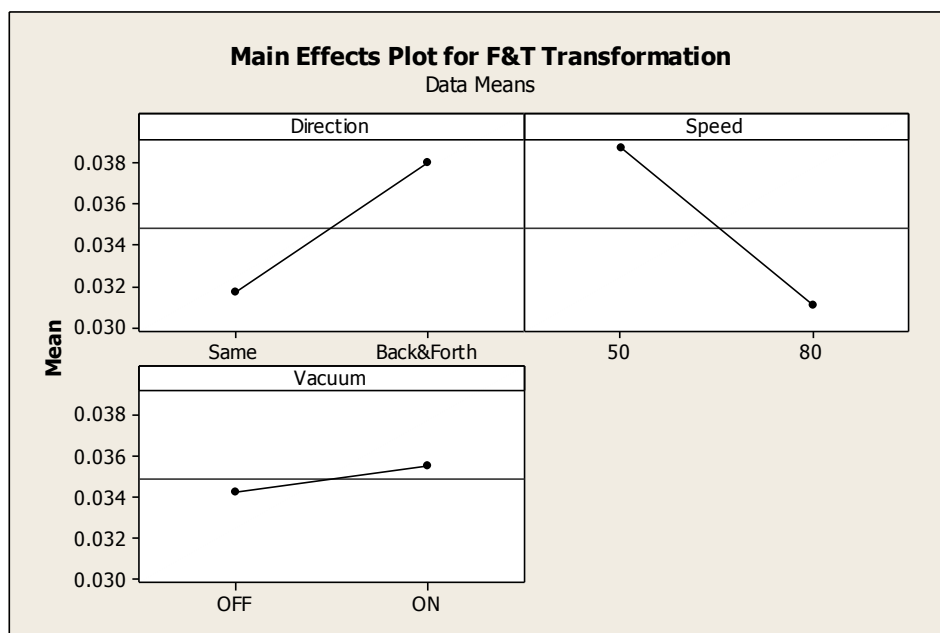
การวิเคราะห์ผลการทดลองของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นด้วยการวิเคราะห์วิธีเชิงเส้นทั่วไป ซึ่งเป็นการออกแบบการทดลองที่มีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ผลการทดลองของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นด้วยวิธีเชิงเส้นทั่วไป สามารถวิเคราะห์ผลของแต่ละปัจจัย และความสัมพัทธ์ระหว่างปัจจัยได้

Factorial Fit: F&T Transformation versus Direction, Speed, Vacuum					
Estimated Effects and Coefficients for F&T Transformation (coded units)					
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.034847	0.001284	27.13	0.000
Direction	0.006305	0.003153	0.001284	2.45	0.040
Speed	-0.007657	-0.003829	0.001284	-2.98	0.018
Vacuum	-0.001299	-0.000649	0.001284	-0.51	0.627
Direction*Speed	-0.008534	-0.004267	0.001284	-3.32	0.011
Direction*Vacuum	-0.000125	-0.000063	0.001284	-0.05	0.962
Speed*Vacuum	-0.005128	-0.002564	0.001284	-2.00	0.081
Direction*Speed*Vacuum	0.002354	0.001177	0.001284	0.92	0.386

S = 0.00513774 PRESS = 0.000844685
R-Sq = 79.50% R-Sq(pred) = 18.01% R-Sq(adj) = 61.57%

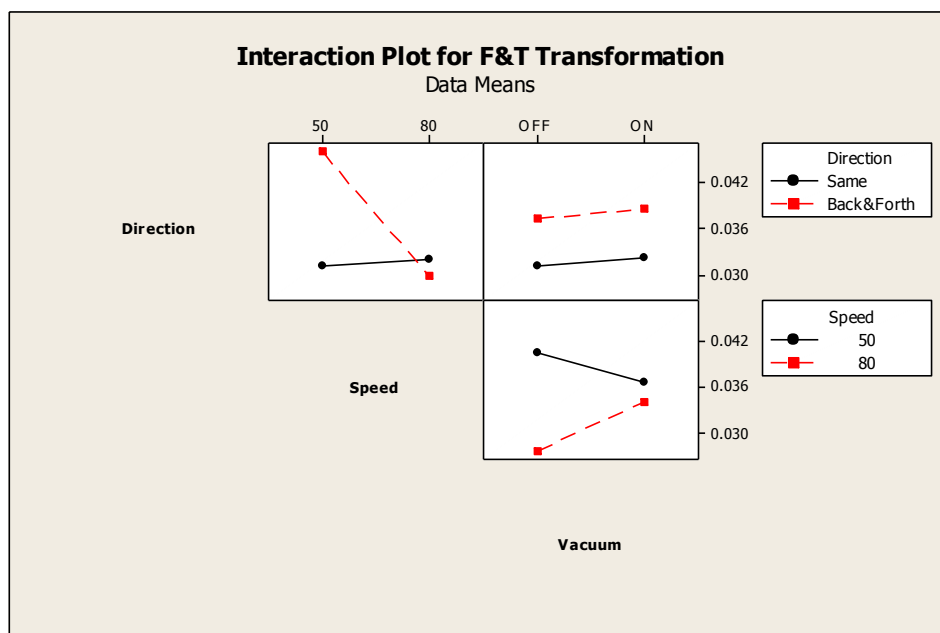
รูปที่ 6.4 ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีแป้นวงจรมพิมพ์แบบยึดหยุ่นโดยโปรแกรม Minitab

จากรูป 6.4 เมื่อพิจารณาที่ค่า R-Sq ต้องมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 จะได้ว่า ค่า R-Sq ของการทดลองนี้มีค่าเท่ากับร้อยละ 79.50 และค่า R-Sq (adj) มีค่าเท่ากับร้อยละ 61.57 ซึ่งถือว่าค่า R-Sq นั้น อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง แต่ค่า R-Sq (adj) นั้นมีค่าต่ำกว่าค่า R-Sq เนื่องจากการทดลองนี้มีปัจจัยที่ไม่ส่งผลต่อสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีแป้นวงจรมพิมพ์แบบยึดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญในการทดลอง นั่นก็คือปัจจัยหลัก Vacuum จึงส่งผลให้ค่า R-Sq (adj) ค่อนข้างต่ำ จึงส่งผลให้ความแม่นยำของสมการในการนำไปใช้คาดคะเนผลลัพธ์นั้นได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น และที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 พบว่าค่า P-Value ของปัจจัยหลัก Direction และ Speed นั้น มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปัจจัยหลักทั้ง 2 มีผลต่อสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีแป้นวงจรมพิมพ์แบบยึดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณาผลของปัจจัยร่วม พบว่า ปัจจัยร่วม Direction และ Speed ที่ระดับค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าผลของปัจจัยร่วมคู่นี้มีผลต่อสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีแป้นวงจรมพิมพ์แบบยึดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงทำการพิจารณาทั้งผลของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม



รูปที่ 6.5 กราฟแสดงผลของปัจจัยหลักของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อน
แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

เมื่อพิจารณาผลของปัจจัยหลัก ดังแสดงในรูปที่ 6.5 พบว่า การขีดทำความสะอาดไปในทิศทางไป-กลับของปัจจัย Direction จะให้ค่าสัดส่วนข้อบกพร่องที่สูงที่สุด และการขีดทำความสะอาดในทิศทางเดียวของปัจจัย Direction จะให้ค่าสัดส่วนของเสียที่ต่ำที่สุดโดยเฉลี่ยในส่วนของปัจจัย Speed ในการขีดทำความสะอาดที่ความเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อวินาที จะให้ค่าสัดส่วนข้อบกพร่องที่สูงที่สุด และการขีดด้วยความเร็ว 80 มิลลิเมตรต่อวินาที จะให้ค่าที่สัดส่วนข้อบกพร่องที่ต่ำที่สุด



รูปที่ 6.6 กราฟแสดงผลของปัจจัยร่วมของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุน

ปัจจัยร่วมของ Direction*Speed ดังในรูปที่ 6.6 แสดงให้เห็นว่าเส้นของปัจจัยร่วม Direction*Speed นั้นตัดกัน แสดงว่าปัจจัยร่วมของ Direction*Speed นั้นเป็นอันตรกิริยาต่อกัน ซึ่งปัจจัยร่วมนี้สามารถอธิบายได้ว่า ในการเข้ดทำความสะอาดด้วยความเร็วต่ำและทิศทางไป-กลับนั้น ให้ค่าสัดส่วนข้อบกพร่องสูงกว่าการเข้ดทำความสะอาดด้วยความเร็วต่ำแต่ทิศทางเดียว และในการเข้ดทำความสะอาดด้วยความเร็วสูงด้วยทิศทางเดียวนั้น ให้ค่าสัดส่วนข้อบกพร่องสูงกว่าการเข้ดทำความสะอาดด้วยความเร็วสูงแต่ทิศทางไป-กลับ

จากการทดลองนี้สามารถอธิบายผลของการปรับตั้งค่าสำหรับระดับที่เหมาะสมของปัจจัยที่ส่งผลต่อสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็อนแผ่นวงจรพิมพ์ ดังนี้

ในการเข้ดทำความสะอาดด้วยทิศทางเดียวนั้น ส่งผลให้ค่าสัดส่วนข้อบกพร่องของสารบัดกรีเป็อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุนต่ำ เพราะเป็นการเข้ดให้คราบของสารบัดกรีไปรวมกันอยู่ฝั่งใดฝั่งหนึ่งของแผ่นฉลุ ซึ่งแตกต่างจากการเข้ดด้วยทิศทางไป-กลับ เพราะเกิดโอกาสทำให้คราบของสารบัดกรีจากฝั่งใดฝั่งหนึ่ง กลับมาตกค้างบนผิวของแผ่นฉลุอีกครั้ง

การปรับตั้งค่าความเร็วที่ 50 มิลลิเมตรต่อวินาที ให้สัดส่วนข้อบกพร่องที่ต่ำ เนื่องจากสามารถนำพาเอาคราบของสารบัดกรีได้ดีกว่าการเข้ดด้วยความเร็ว 80 มิลลิเมตรต่อวินาที แต่หากใช้การเข้ดด้วยทิศทางไป-กลับด้วยความเร็วที่ 50 มิลลิเมตรต่อวินาทีนั้น ทำให้เกิดการนำพาเอาคราบของสารบัดกรีที่สะสมอยู่ฝั่งใดฝั่งหนึ่ง ออกมาเป็อนบนผิวแผ่นฉลุอีกครั้ง จึงส่งผลค่า

สัดส่วนข้อบกพร่องด้วยการขีดความเร็วที่ 50 มิลลิเมตรต่อวินาทีด้วยทิศทางไป-กลับนั้นสูง และการขีดทำความสะอาดที่ความเร็ว 80 มิลลิเมตรต่อวินาทีด้วยทิศทางไป-กลับนั้นให้ค่าสัดส่วนข้อบกพร่องต่ำ เนื่องจากเกิดการนำพาเอาคราบของสารบัดกรีนั้นไม่ดีเท่าการขีดด้วยความเร็วที่ 80 มิลลิเมตรต่อวินาที จึงทำให้เกิดการนำพาเอาคราบของสารบัดกรีที่สะสมอยู่ฝั่งใดฝั่งหนึ่งออกมาเป็นบนผิวของแผ่นฉลุนั้น มีปริมาณที่น้อยกว่า จึงทำให้เกิดค่าสัดส่วนข้อบกพร่องต่ำ

ในส่วนของแรงดูดที่เปิดขณะขีดทำความสะอาดนั้นไม่ใช่ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญ แต่สามารถเลือกใช้งานได้ในกรณีที่ต้องการดูดเอาสารบัดกรีที่ติดค้างอยู่ตามรูของแผ่นฉลุนอกมา เพื่อให้คุณภาพการพิมพ์สารบัดกรีในครั้งต่อไปออกมามีรูปทรงตามที่ต้องการ โดยการติดค้างของสารบัดกรีนั้น ขึ้นอยู่กับการออกแบบรูปทรงและของรูแผ่นฉลุนั้น รวมถึงความหนาของแผ่นฉลุนั้น

ดังนั้น จากวิเคราะห์ผลการทดลองนี้ จึงได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้สัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นที่น้อยที่สุดคือ การปรับตั้งค่าให้ขีดทำความสะอาดด้วยความเร็วที่ 80 มิลลิเมตรต่อวินาทีด้วยทิศทางเดียว และปิดแรงดูดในการขีดทำความสะอาด ซึ่งให้ค่าสัดส่วนข้อบกพร่องเพียงร้อยละ 0.048 หรือ 480 PPM

6.3 สรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

ในระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการนี้ มีการหาค่าของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการออกแบบการทดลอง โดยการออกแบบการทดลองสำหรับข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น โดยการใช้การทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียลสำหรับ 2 ระดับ 3 ปัจจัย 2 การทำซ้ำ จำนวน 16 การทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีเชิงเส้นทั่วไปสำหรับข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น ได้ค่า R-Sq ของการวิเคราะห์เท่ากับร้อยละ 79.50 และค่า R-Sq (adj) เท่ากับร้อยละ 61.57 และที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 พบว่า ปัจจัยหลัก Direction และ Speed มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้นมีผลต่อจำนวนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณาผลของปัจจัยร่วม พบว่าปัจจัยร่วม Direction*Speed มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าผลของปัจจัยระหว่างปัจจัย Direction และ Speed มีผลต่อจำนวนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นด้วยเช่นกัน ดังนั้น จะได้ระดับของปัจจัยที่ส่งผลให้สัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นน้อยที่สุดคือ การขีดด้วยทิศทางเดียวด้วยความเร็ว 80 มิลลิเมตรต่อวินาที รวมทั้งเปิดแรงดูดเพื่อ

ในการเข็ดทำความสะอาด ดังแสดงในตารางที่ 6.4 ซึ่งมีผลให้ค่าสัดส่วนข้อบกพร่องเท่ากับร้อยละ 0.048 หรือ 480 PPM

ตารางที่ 6.4 ระดับปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมที่สุดของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรี
เป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

ลำดับ ที่	ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับที่เหมาะสม	หน่วย
1	ทิศทางในการเข็ดทำความสะอาด	Direction	ทางเดียว	-
2	ความเร็วในการเข็ดทำความสะอาด	Speed	80	มิลลิเมตรต่อ วินาที
3	การใช้แรงดูดสูญญากาศในขณะที่ เข็ดทำความสะอาด	Vacuum	ปิด	-

บทที่ 7

ระยะการติดตามควบคุม

ในบทนี้จะทำการทดสอบและรวบรวมผลหลังการปรับปรุงกระบวนการเป็นระยะเวลา 1 เดือน โดยใช้การปรับตั้งค่าตามที่ได้กำหนดไว้ เพื่อติดตามว่าสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้น เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ และเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง รวมทั้งทำแผนควบคุม เพื่อเป็นมาตรฐานหลังการปรับปรุงกระบวนการและช่วยป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นอีกในภายหลัง

7.1 การทดสอบยืนยันผล

จากการวิเคราะห์หาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลให้สัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นน้อยที่สุด ซึ่งผลสำหรับแต่ละปัจจัย แสดงไว้ดังตารางที่ 7.1 โดยระดับของปัจจัยเหล่านี้ ถูกนำไปปรับตั้งค่าเพื่อยืนยันผลในกระบวนการเพื่อปรับปรุงคุณภาพเป็นระยะเวลา 1 เดือน กับโมเดล NJ2751-28

ตารางที่ 7.1 ระดับปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

ลำดับที่	ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัยที่เหมาะสม	หน่วย
1	ทิศทางในการขีดทำ ความสะอาด	Direction	ทางเดียว	-
2	ความเร็วในการขีดทำ ความสะอาด	Speed	80	มิลลิเมตรต่อวินาที
3	การใช้แรงดูดสูญญากาศ ในขณะที่ขีดทำความสะอาด	Vacuum	ปิด	-

7.1.1 วิธีการทดลอง

ก่อนทำการทดลองทุกครั้งนั้น จะมีการเตรียมอุปกรณ์และเครื่องจักรให้พร้อม และฝึกพนักงานให้มีความรู้ความเข้าใจในการปรับตั้งค่าของแต่ละปัจจัยนำเข้าที่ต้องทำการควบคุม โดย

วิธีการทดลองข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่นมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. ทำการตรวจสอบม้วนผ้าเซ็ดทำความสะอาด ว่ามีปริมาณเพียงพอต่อการใช้งานหรือไม่
2. ทำการตรวจสอบสารไอพีเอว่ามีปริมาณตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่
3. ตรวจสอบการปรับตั้งค่าของการทำความสะอาดอัตโนมัติโดยเครื่องจักรตรงตามที่กำหนดหรือไม่ หากไม่ตรงให้ปรับตั้งค่าใหม่ให้ตรงตามที่กำหนดไว้
4. ทำการกดปุ่มเพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องจักรขณะทำความสะอาด 1 ครั้ง และตรวจสอบดังนี้
 - 4.1 ตรวจสอบว่าผ้าเซ็ดทำความสะอาดแนบสนิทกับแผ่นฉลุหรือไม่
 - 4.2 ตรวจสอบว่าสารไอพีเอถูกฉีดไปยังผ้าเซ็ดทำความสะอาดหรือไม่
 - 4.3 ทิศทางของการเซ็ดทำความสะอาดตรงตามการปรับตั้งค่าหรือไม่
5. ทำการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่น
6. ทำการตัดแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่นจากแผ่นให้เป็นชิ้นย่อย
7. นำแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่นมาตรวจสอบหาข้อบกพร่อง และบันทึกข้อมูล เพื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง

การปรับตั้งค่าของปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุ่น สามารถปรับได้ตามตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 วิธีการปรับตั้งค่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรี
 เบื่อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

กระบวนการ	ปัจจัย	วิธีควบคุม
กระบวนการพิมพ์ สารบัดกรี	ทิศทางในการขีดทำความ สะอาด	ปรับค่าทิศทางในการขีดทำความ สะอาดให้ชัดในทิศทางเดียว สามารถตรวจสอบได้ที่หน้าจอ แสดงผลให้หมวดการทำความ สะอาด
	ความเร็วในการขีดทำความ สะอาด	ปรับค่าความเร็วในการขีดทำความ สะอาดอยู่ที่ 80 มิลลิเมตรต่อวินาที สามารถตรวจสอบได้ที่หน้าจอ แสดงผลให้หมวดการทำความ สะอาด
	การใช้แรงดูดสูญญากาศ ในขณะที่ขีดทำความสะอาด	ปรับค่าให้ปิดแรงดูดสูญญากาศ ในขณะที่ขีดทำความสะอาด สามารถ ตรวจสอบได้ที่หน้าจอแสดงผลให้ หมวดการทำความสะอาด
	จำนวนรอบความถี่ในการขีดทำ ความสะอาด	ปรับค่าจำนวนรอบความถี่ในการขีด ทำความสะอาดเป็นทุกๆการพิมพ์ สารบัดกรี 5 ครั้ง สามารถตรวจสอบ ได้ที่หน้าจอแสดงผลให้หมวดการทำ ความสะอาด

7.1.2 การตรวจติดตามผลโดยใช้แผนภูมิควบคุม

ในการตรวจติดตามผลของขั้นตอนการขึ้นย่นผลนั้น จะใช้แผนภูมิในการวิเคราะห์ผล เนื่อง
 ด้วยงานวิจัยนี้มีผลตอบสนองเป็นสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเบื่อน
 แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น จึงได้ทำการเลือกใช้แผนภูมิชนิดตามลักษณะ (Attribute Control
 Chart) ประเภทแผนภูมิ p ในการควบคุมสัดส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
 แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น ในส่วนของการกำหนดขนาดตัวอย่างในการทดสอบสมมติฐานสำหรับ
 สัดส่วนประชากรสองกลุ่มสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.1 ดังนั้นจะได้ขนาดตัวอย่างของ

ข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นโมเดล NJ2751-28 เท่ากับ 37,100 ตัวอย่าง เพื่อยืนยันผลการทดลองเป็นระยะเวลา 1 เดือน แต่เนื่องจากผลิตรงานจริงในแต่ละวันสามารถผลิตได้ได้แค่ประมาณ 12,000 ชิ้นต่อวันเท่านั้น จึงเลือกเก็บข้อมูลเฉลี่ยจากยอดการสั่งผลิตทั้งเดือนประมาณ 134,585 ชิ้น หรือเท่ากับ 4,487 ชิ้นต่อวัน เมื่อจัดเป็นล็อตต่อการผลิตชิ้นงานจริงล็อตละ 350 ชิ้น ได้จำนวนการเก็บข้อมูลต่อวันเท่ากับ 4,550 ชิ้นต่อวันหรือ 13 ล็อตต่อวัน เป็นเวลา 30 วัน

7.1.3 การวิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดสอบยืนยันผล

จากการทดสอบยืนยันผลได้ทำการทดลองเพื่อยืนยันผลเป็นระยะเวลา 1 เดือน คือ เดือนมกราคม พ.ศ. 2558 โดยการปรับตั้งค่าปัจจัยควบคุมที่ได้จากระยะปรับปรุงกระบวนการ ด้วยการเก็บข้อมูลจำนวนชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องทุกวัน เป็นเวลา 30 วัน เพื่อสร้างแผนภูมิควบคุมสำหรับทำการควบคุมสัดส่วนข้อบกพร่องในการผลิต

ข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นมีขนาดในการยืนยันผลวันละ 4,550 ตัวอย่าง ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการทดลองยืนยันผล เพื่อนำมาสร้างแผนภูมิควบคุมชนิดแผนภูมิ p ดังรูปที่ 7.1 ซึ่งสามารถคำนวณหาขีดจำกัดควบคุมบน (UCL) เส้นกึ่งกลาง (CL) และขีดจำกัดควบคุมล่าง (LCL) ได้ดังแสดงในสมการที่ 7.1 7.2 และ 7.3 ตามลำดับ ดังนี้

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (7.1)$$

$$CL = \bar{p} \quad (7.2)$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (7.3)$$

เมื่อ \bar{p} = สัดส่วนของเสียเฉลี่ย

n = ขนาดตัวอย่าง

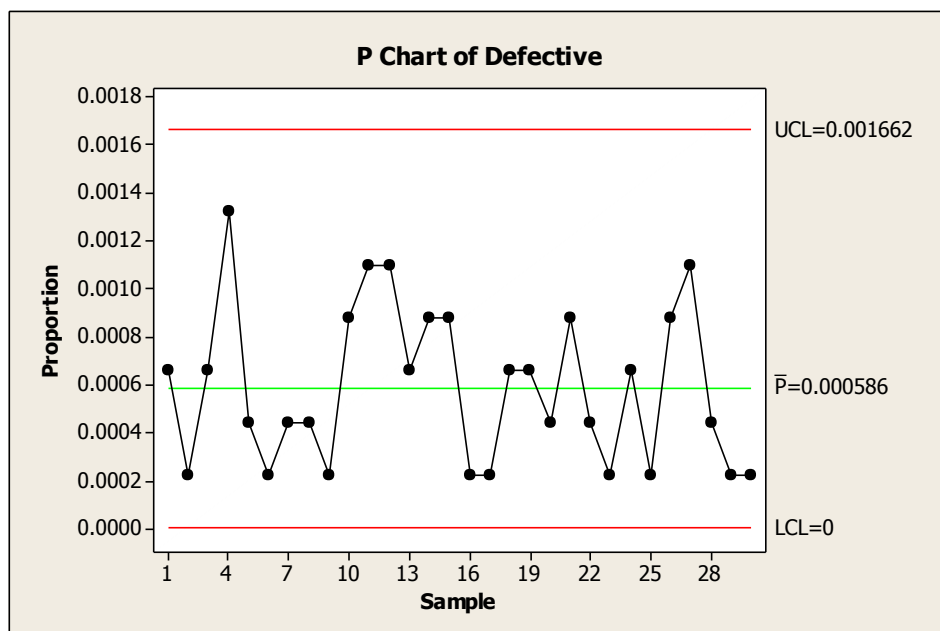
สัดส่วนข้อบกพร่องเฉลี่ยของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นหลังการปรับปรุงมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.06 หรือ 600 PPM ดังแสดงในตารางที่ ค.1 ดังนั้น ขีดจำกัดควบคุมบน เส้นกึ่งกลาง และขีดจำกัดควบคุมล่าง เท่ากับ

$$UCL = 0.000586 + 3\sqrt{\frac{0.000589(1 - 0.000586)}{4550}} = 0.001662$$

$$\text{CL} = 0.000586$$

$$\text{LCL} = 0.000586 - 3 \sqrt{\frac{0.00589(1 - 0.000586)}{4550}} = 0.00$$

และ



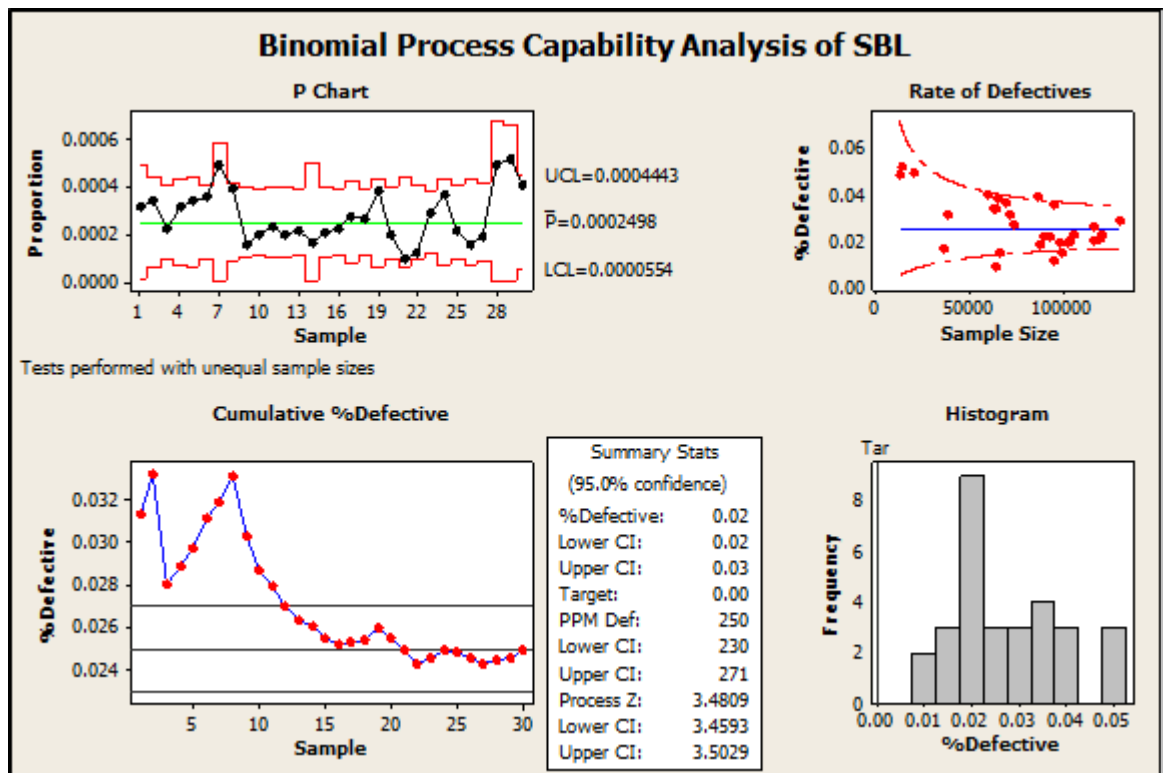
รูปที่ 7.1 แผนภูมิควบคุมของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็อน
แผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุนโมเดล NJ2751-28

จากรูปที่ 7.1 แผนภูมิควบคุมแสดงให้เห็นว่า สัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุนของโมเดล NJ2751-28 อยู่ภายในขีดจำกัดการควบคุม ไม่มีจุดใดอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมบนและล่าง และสัดส่วนของกระบวนการเฉลี่ยหลังการปรับปรุงเท่ากับ 0.000586 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าสัดส่วนข้อบกพร่องเฉลี่ยก่อนการปรับปรุงที่ 0.0012 แสดงว่า ข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุนในกระบวนการมีจำนวนที่ลดลง ดังนั้นจึงนำปัจจัยและระดับของปัจจัยใหม่ไปปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดสัดส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการให้น้อยที่สุด

7.2 ผลการปรับปรุง

หลังจากทำการปรับปรุงและขยายผลกับโมเดลอื่นๆของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุน โดยการควบคุมปัจจัยนำเข้าของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุนทั้ง 3 ปัจจัยนั้น สามารถสรุปผลหลังการทดลองได้ดังนี้

7.2.1 ผลการปรับปรุงสัดส่วนข้อบกพร่อง



รูปที่ 7.2 Process capability analysis ของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อน
แผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุนหลังการปรับปรุง

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลสัดส่วนข้อบกพร่องเป็นระยะเวลา 6 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2557 ถึงเดือนมิถุนายน 2557 พบว่าข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุน มีสัดส่วนข้อบกพร่องเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 0.052 หรือ 520 PPM และหลังจากทำการควบคุมปัจจัยนำเข้าทั้ง 3 ปัจจัย คือ ทิศทางในการขีดทำความสะอาด ความเร็วในการขีดทำความสะอาด และการเปิดแรงดูดสูญญากาศระหว่างการขีดทำความสะอาด พบว่าสัดส่วนข้อบกพร่องเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 0.025 หรือ 250 PPM ดังรูปที่ 7.2 เมื่อเปรียบเทียบผลของสัดส่วนข้อบกพร่องก่อนและหลังการทดลอง สามารถลดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยึดหยุนได้ร้อยละ 51.92

ตารางที่ 7.3 การเปรียบเทียบผลของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นก่อนและหลังการปรับปรุง

ระยะการปรับปรุง	สัดส่วนข้อบกพร่อง	จำนวนชิ้นงานเสียในหนึ่งล้านตัว (PPM)	Z_{LT}	Z_{ST}	Ppk	Cpk
ก่อนการปรับปรุง	0.00052	520	3.28	4.78	1.0933	1.5933
หลังการปรับปรุง	0.00025	250	3.48	4.98	1.16	1.66

เมื่อพิจารณาความสามารถของกระบวนการหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตดังตารางที่ 7.3 เห็นได้ว่าสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.025 หรือ 0.00025 จากข้อมูลเบื้องต้น สามารถคำนวณพิกัดข้อจำกัดเฉพาะระยะยาวและระยะสั้นได้จากสมการที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ ดังนี้

$$Z_{LT} \text{ คือค่า } Z^* \text{ ที่ได้จากสมการ } Z_{LT} = P(Z < Z^*) = 1 - 0.00102$$

$$\text{จะได้ค่า } Z_{LT} = 0.99898$$

$$\text{และ } Z_{ST} = 0.99898 + 1.5 = 2.49898$$

ดังนั้น ค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะสั้นและแบบระยะยาวของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น เท่ากับ

$$Cpk = \frac{1}{3} \times 4.98 = 1.66$$

$$\text{และ } Ppk = \frac{1}{3} \times 3.48 = 1.16$$

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะสั้นและแบบระยะยาวของกระบวนการนี้ พบว่าก่อนการปรับปรุงกระบวนการมีค่าเท่ากับ 1.5933 และ 1.0933 ตามลำดับ และหลังปรับปรุงกระบวนการผลิตเท่ากับ 1.66 และ 1.16 ตามลำดับ แสดงว่าความสามารถของกระบวนการของการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

จากการควบคุมปัจจัยนำเข้าของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นที่ส่งผลกระทบต่อสัดส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นสามารถลดข้อบกพร่องลงได้ร้อยละ 0.025 หรือ 250 PPM ดังนั้นจึงสร้างแผนควบคุมขึ้นเพื่อควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น ดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 แผนควบคุมปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น

ลำดับ	จุดควบคุม	การควบคุม			บันทึกคุณภาพ	แผนการแก้ไข
		มาตรฐาน	ความถี่	ผู้รับผิดชอบ		
1	ปริมาณสารไอพีเอในขวด	500 ลูกบาศก์เซนติเมตร	ทุก 4 ชั่วโมง	พนักงานฝ่ายผลิต	ไปตรวจสอบการตั้งค่าเครื่องจักร	แจ้งหัวหน้างานเพื่อเบิกและเติมสารไอพีเอ
2	ปริมาณผ้าเช็ดทำ ความสะอาด	มีผ้าเช็ดทำ ความสะอาด	ทุก 4 ชั่วโมง	พนักงานฝ่ายผลิต	ไปตรวจสอบการตั้งค่าเครื่องจักร	แจ้งหัวหน้างานเพื่อเบิกและเปลี่ยนม้วนผ้า
3	ระยะของผ้าเช็ดทำ ความสะอาดกับแผ่นฉลุม	ต้องแนบสนิท	ทุก 4 ชั่วโมง	พนักงานฝ่ายผลิต	ไปตรวจสอบการตั้งค่าเครื่องจักร	แจ้งหัวหน้างานและหยุดการผลิต
4	แรงดันภายในระบบเครื่องจักร	5.5 บาร์	ทุก 4 ชั่วโมง	พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุง	ไปตรวจสอบการตั้งค่าเครื่องจักร	แจ้งหัวหน้างานและหยุดการผลิต

ลำดับ	จุดควบคุม	การควบคุม			บันทึกคุณภาพ	แผนการแก้ไข
		มาตรฐาน	ความถี่	ผู้รับผิดชอบ		
5	เงื่อนไขการ เช็คทำ ความ สะอาดโดย เครื่องจักร	1. เช็ดแบบ เปียก 1 ครั้ง 2. เช็ดแบบ ไม่เปียกแรง ดูด สูญญากาศ 1 ครั้ง 3. เช็ดแบบ แห้ง 1 ครั้ง 4. ทิศทาง เดียวกัน 5. ความเร็ว ในการเช็ด 80 มิลลิเมตร ต่อวินาที	ทุกครั้ง ที่มา การ เปลี่ยน โมเดล	วิศวกร กระบวนการ ผลิต	ใบตรวจสอบ การตั้งค่า เครื่องจักร	หยุด กระบวนการ ผลิตและทำการ แก้ไขให้ตรงตาม ใบตรวจสอบ การตั้งค่า เครื่องจักร
6	จำนวนรอบ การทำงาน ของ เครื่องจักร	ทุกการ พิมพ์สาร บัดกรี 5 ครั้ง	ทุกครั้ง ที่มา การ เปลี่ยน โมเดล	วิศวกร กระบวนการ ผลิต	ใบตรวจสอบ การตั้งค่า เครื่องจักร	หยุด กระบวนการ ผลิตและทำการ แก้ไขให้ตรงตาม ใบตรวจสอบ การตั้งค่า เครื่องจักร

7.2.2 มูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุง

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิตตั้งแต่เดือนมกราคม 2557 ถึงเดือนมิถุนายน 2557 พบว่า มีสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็น

แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นอยู่ที่ร้อยละ 0.052 หรือ 520 PPM เป็นจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ 1,043 ชิ้นต่อเดือน คิดเป็นมูลค่าความเสียหายประมาณ 17.21 บาทต่อชิ้น และหลังจากการปรับปรุงกระบวนการพบว่า สัดส่วนเสียของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นลดลงเหลือร้อยละ 0.025 หรือ 250 PPM คิดเป็น 542 ชิ้นต่อเดือน จากข้อมูล ดังตารางที่ 7.5 มูลค่าความเสียหายลดลงประมาณ 6.27 บาทต่อชิ้น หรือมูลค่าความเสียหายลดลงเท่ากับร้อยละ 36.43 จากมูลค่าความเสียหายต่อชิ้นก่อนปรับปรุง

ตารางที่ 7.5 เปรียบเทียบมูลค่าความเสียหายก่อนและหลังการปรับปรุงการผลิต

ประเภทของข้อบกพร่อง	ก่อนการปรับปรุง			หลังการปรับปรุง		
	สัดส่วนข้อบกพร่อง (PPM)	จำนวนข้อบกพร่อง (ชิ้นต่อเดือน)	มูลค่าสูญเสียต่อชิ้น (บาทต่อชิ้น)	สัดส่วนข้อบกพร่อง (PPM)	จำนวนข้อบกพร่อง (ชิ้นต่อเดือน)	มูลค่าสูญเสียต่อชิ้น (บาทต่อชิ้น)
คราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น	520	1,043	17.21	250	542	10.94

7.3 ผลกระทบด้านต้นทุนและกำลังการผลิตหลังการปรับปรุงกระบวนการ

ภายหลังจากการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น โดยการตั้งระดับของปัจจัยใหม่จำนวน 3 ปัจจัย คือทิศทางในการขีดทำความสะอาด ความเร็วในการขีดทำความสะอาด และการเปิดแรงดูดระหว่างการขีดทำความสะอาด ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านต้นทุนและกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น ทิศทางในการขีดทำความสะอาด ความเร็วในการขีดทำความสะอาด และการเปิดแรงดูดระหว่างการขีดทำความสะอาด สามารถปรับระดับการทำงานได้จากการปรับตั้งค่าเงื่อนไขของเครื่องจักร และผ้าขีดทำความสะอาดรวมถึงสารไอพีเอทีที่ใช้นั้น ยังใช้ปริมาณเท่าเดิม ดังนั้นจึงไม่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตโดยตรง แต่เนื่องจากการใช้ปัจจัยดังกล่าวนี้ ได้มีการยกเลิกการขีดทำความสะอาดด้วยมือโดยพนักงานออกไป จึงสามารถลดพนักงานประจำเครื่องจักรจาก 2 คนต่อสายการผลิต เหลือ 1 คนต่อสายการผลิต จึงเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้ในทางอ้อม

ในส่วนของการกำลัการผลิตนั้นไม่ได้เพิ่มขึ้นหลังจากเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยใหม่ เนื่องจากกระบวนการวางอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่อยู่ต่อจากกระบวนการพิมพ์สารบัดกรีนั้น เป็นกระบวนการคอขวด จึงเกิดการรอกานระหว่างกระบวนการขึ้น ดังนั้นการยกเลิกการขีดทำความ สะอาดด้วยมือโดยพนักงานออกไปนั้น จึงไม่ส่งผลต่อกำลัการผลิตมากนัก และเนื่องจากการ ปรับปรุงกระบวนการพิมพ์สารบัดกรีเพื่อลดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อน แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นนั้น เป็นการปรับปรุงในส่วนองเงื่อนไขการทำความ สะอาด ซึ่งไม่ เกี่ยวข้องกับเงื่อนไขการพิมพ์สารบัดกรี ดังนั้นการปรับปรุงกระบวนการนี้ จึงไม่ส่งกระทบผลต่อ ประสิทธิภาพการผลิตหรือก่อให้เกิดข้อบกพร่องอื่นๆจากกระบวนการผลิต

7.4 สรุประยะการติดตามควบคุม

ในระยะการติดตามควบคุมนี้ จะทำการทดลองเพื่อยืนยันผลของกระบวนการโดยการ ควบคุมปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อน แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นจำนวน 3 ปัจจัย ซึ่งหลังการปรับปรุงกระบวนการพบว่า ข้อบกพร่อง ประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นมีสัดส่วนข้อบกพร่องลดลงจาก 520 PPM เหลือ 250 PPM หรือคิดเป็นร้อยละ 51.92 คิดเป็นมูลค่าความเสียหายรวมที่สามารถลดลง หลังการปรับปรุงเป็น 10.94 บาทต่อชิ้น พร้อมทั้งจัดทำแผนควบคุมและแผนภูมิควบคุม p ด้วยการเก็บข้อมูลการติดตามและควบคุมผลสำหรับข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อน แผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นวันละ 4,550 ตัวอย่าง เพื่อติดตามและควบคุมกระบวนการภายหลัง การปรับปรุงให้อยู่ภายในขีดจำกัดควบคุม โดยที่ขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่าง สำหรับข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น เท่ากับ 0.001662 และ 0.00 ตามลำดับ

บทที่ 8

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น เนื่องจากข้อบกพร่องที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดซิกมา 5 ในการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการซึ่งประกอบด้วยกระบวนการ 5 กระบวนการ คือ ระยะนิยามปัญหา ระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ และระยะการติดตามควบคุม ซึ่งจากทำการงานวิจัยนี้มีบทสรุปและผลดำเนินงานของแต่ละระยะ ดังนี้

8.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทำวิจัยเพื่อลดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น ด้วยการนำแนวคิดซิกมา 5 ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก สามารถสรุปผลโดยสังเขปที่ได้จากการศึกษาและทดลองในแต่ละระยะการดำเนินงานวิจัย ได้ดังตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยโดยใช้แนวคิดซิกมา 5 ในแต่ละระยะของการดำเนินงาน

ระยะ	ข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น
ระยะนิยามปัญหา	$\bar{P} = 0.00052$
ระยะวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา	1. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการก่อนการปรับปรุง $Z_{LT} = 3.28$ $Z_{ST} = 4.78$ $Ppk = 1.0933$ $Cpk = 1.5933$ 2. บั้จจัยนำเข้า 5 บั้จจัย

ระยะ	ข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบ ยืดหยุ่น
ระยะการวิเคราะห์สาเหตุ ของปัญหา	ใช้การทดสอบสมมติฐานในการกรองปัจจัย คือ 1. ทิศทางในการขีดทำความสะอาด 2. ความเร็วในการขีดทำความสะอาด 3. การใช้แรงดูดสูญญากาศในขณะที่ขีดทำความสะอาด 4. การเพิ่มจำนวนครั้งการขีดพิเศษต่อรอบการทำงานทำความสะอาด 5. จำนวนรอบความถี่ในการขีดทำความสะอาด
ระยะการปรับปรุงแก้ไข กระบวนการ	การทดสอบแบบเชิงแฟคทอเรียลโดยวิเคราะห์ด้วยวิธีเชิงเส้นทั่วไป ได้ระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด คือ การขีดทำความสะอาดด้วยทิศทางเดียว ความเร็วในการขีดทำความสะอาดเท่ากับ 80 มิลลิเมตรต่อวินาที ปิดแรงดูดสูญญากาศ
ระยะติดตามควบคุม	การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการหลังการปรับปรุง $Z_{LT} = 3.48$ $Z_{ST} = 4.98$ $Ppk = 1.16$ $Cpk = 1.66$
สรุปผล	ของเสียลดลงร้อยละ 51.92 ค่าใช้จ่ายต่อเดือนลดลงร้อยละ 36.43

8.2 ข้อจำกัดในการทำวิจัย

1. งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นที่ใช้ประกอบภายในกล่องดิจิตอลเท่านั้น ดังนั้น ปัจจัยและระดับของปัจจัยในงานวิจัยนี้จึงเหมาะสำหรับการลดสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์เบื้องต้นเท่านั้น

2. งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น โดยเครื่องจักร Screen Printed Solder ชื่อ Exerra รุ่น EP-35 เท่านั้น

8.3 ข้อเสนอแนะ

1. ระดับของปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการลดข้อบกพร่องประเภทอื่นของแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น รวมทั้งการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นที่ใช้กระบวนการ SMT

2. ผลการทดลองของงานวิจัยนี้ เป็นผลการทดลองจากการใช้เครื่องจักร Screen Printed Solder ชื่อ Exerra รุ่น EP-35 ดังนั้นหากต้องการลดสัดส่วนของเสียประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นกับเครื่องจักรอื่น ควรศึกษาการปรับตั้งค่าและทดสอบเครื่องจักรที่ต้องการใช้ก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ 8.2 การเปรียบเทียบจำนวนตัวอย่างระหว่างการทำหนึ่งปัจจัยต่อครั้งและการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียลกับการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบมีจุดศูนย์กลางสำหรับปัจจัยที่เป็นปัจจัยแบบแปรผันที่แอลฟาเท่ากับ 0.05 และเบต้าเท่ากับ 0.20

การทดสอบ		ขนาดตัวอย่าง (ชิ้น)	จำนวนการทดลอง	จำนวนตัวอย่างรวม (ชิ้น)
การทดสอบในงานวิจัย	One Factor at A Time	37,100	6	323,400
	Full Factorial 2^3	6,300	16	
การทดสอบที่แนะนำ	Half-Fraction Factorial Design with 1 Center Point	3,150	32	100,800

3. จากตารางที่ 8.2 เนื่องจากการทำงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้การทำหนึ่งปัจจัยต่อครั้ง (One Factor at A Time) ในการหาปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นจากปัจจัยทั้ง 5 ก่อน แล้วจึงนำปัจจัยที่ส่งผลจากการทำหนึ่งปัจจัยต่อครั้งมาใช้ในการทำการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียล 2^3 อีกครั้ง เห็นได้ว่าจำนวนตัวอย่างที่ต้องใช้ทั้งหมดนั้นเท่ากับ 323,400 ชิ้น ถ้าหากเลือกใช้การออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบมีจุดศูนย์กลางสำหรับปัจจัยที่เป็นปัจจัยแบบแปรผัน (Half-Fraction Factorial Design with Center Point) (2_v^{5-1}) สามารถใช้ตัวอย่างในการทำการทดลองทั้งหมดเพียง 100,800 ตัวอย่างเท่านั้น ซึ่งเป็นารออกแบบการทดลองที่สามารถประหยัดจำนวนตัวอย่างได้มากกว่า รวมทั้งประหยัดเวลาในการทำการทดลองอีกด้วย

4. หากทำการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบมีจุดศูนย์กลางสำหรับปัจจัยที่เป็นปัจจัยแบบแปรผัน โดยการออกแบบการทดลองจะมี 1 จุดศูนย์กลางซึ่งเป็นปัจจัยแบบแปรผันคือความเร็วในการขีดทำความสะอาด จะสามารถทำให้ทราบปัจจัยหลัก และปัจจัยร่วมจากปัจจัยทั้ง 5 อีกทั้งยังทำให้ทราบถึงการมีค่าความโค้งของผลตอบ (Curvature) ของปัจจัยความเร็วในการขีดทำความสะอาด ซึ่งสามารถทำให้หาความเร็วในการขีดที่ดีที่สุดที่สามารถทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรมิมพ์แบบยึดหยุ่นที่น้อยที่สุด



รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2551). สถิติสำหรับงานวิศวกรรมเล่ม 2. กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี .(ญี่ปุ่น-ไทย)
- นิตสาร สมสุข. (2551). "การลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการประกอบสปีนเดิลมอเตอร์โดยการ
ประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกมา ".การประชุมวิชาการเครือข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 19:
476-481.
- ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. (2549). สถิติวิศวกรรม-Engineering
Statistics. กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์ที่อป จำกัด.
- วชิรพงษ์ สาลีสิงห์. (2548). ปฏิบัติการกระบวนการทำงานด้วยเทคนิค Six Sigma. กรุงเทพมหานคร,
บริษัท ศีร์วัฒนา อินเตอร์พรีนซ์ จำกัด .(มหาชน)
- วราภรณ์ ขำสนิท. (2551). การปรับปรุงค่าพารามิเตอร์สำหรับกระบวนการฉีดพลาสติกที่มี
ข้อบกพร่องหลายชนิด.วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม .
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วสันต์ พุดผาสุก. (2551). "การลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมียม โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์
ซิกมา ".กรณีศึกษาบริษัทในอุตสาหกรรมชุบโครเมียม :วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระ
นครเหนือ 2: 33-42.
- วิศิษฎ์ศรี วิยะรัตน์. (2551). "การลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์โดยเทคนิคซิกซ์ ซิกมา ".
การประชุมวิชาการเครือข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 19: 394-398.
- ศิริวดี เชื้ออรัญโชติ. (2546). การลดการปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนสำหรับ
คอมพิวเตอร์โดยการประยุกต์ใช้วิธีซิกซ์ ซิกมา .วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. สาขา
วิศวกรรมอุตสาหกรรม .จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัฉรภรณ์ ดำรงวิรัชย์. (2555). การปรับปรุงอัตราการผลิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ .วิทยานิพนธ์
ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม .จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัญญา พงษ์ไตรรัตน์. (2555). การลดข้อบกพร่องประเภทรอยขีดข่วนที่วนเป็นก้นหอยและรอยจุด
เป็นกลุ่มบนจานบันทึกข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ .วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ.
สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม .จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

- Besterfield D. H. (2001). Quality Control Sixth Edition. New Jersey, Prentice Hall.
- Bisgard S. and Fuller H. T. (1994). "Analysis of factorial experiments with defects or defectives as the response." Journal of Quality Engineering 7: 429-433.
- George M. L., et al. (2005). Lean Six Sigma Pocket Tool book. New York, McGraw-Hill.
- Li M.H.C., et al. (2008). "DMAIC Approach to Improve the Capability of SMT Solder Printing Process." Electronics Packaging Manufacturing IEEE Transactions: 126-133.
- Montgomery D. C., R. G. C. (2011). Applied Statistics and Probability for Engineers. New Jersey, Wiley.
- Sharma G. V. S. S. and Srinivasa Rao P. (1995). "DMAIC approach for process capability improvement an engine crankshaft manufacturing process." IEEE Technical Applications Conference and Workshops Northcon95.
- Tong, J. P. C., et al. (2004). "A DMAIC approach to printed circuit board quality improvement." The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 23(7-8): 523-531.
- Tsai, T.-N. (2008). "Modeling and optimization of stencil printing operations: A comparison study." Computers & Industrial Engineering 54(3): 374-389.
- Wohlrabe H. (2010). "Solder Paste Printing in Six-Sigma-Quality." 2010 IEEE 16th International Symposium for Digital Object Identifier: 33-38.



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

The logo of Chulalongkorn University, featuring a central emblem with a sunburst and a crown, set within a decorative frame.

ภาคผนวก ก

ผลของการตรวจสอบระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรมพิมพ์
แบบยึดหุ่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่าง	คุณภาพงานที่แท้จริง	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1			พนักงานตรวจสอบคนที่ 2			ตรวจสอบได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกคน	ตรวจสอบได้เหมือนกันอย่างถูกต้องทุกคน
		1	2	3	1	2	3		
21	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
22	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
23	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
24	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
25	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
26	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
27	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
28	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
29	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
30	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y

ตัวอย่าง	คุณภาพ งานที่ แท้จริง	พนักงานตรวจสอบ คนที่ 3			พนักงานตรวจสอบ คนที่ 4			ตรวจสอบได้ เหมือนกัน ทุกครั้งและ ทุกคน	ตรวจสอบได้ เหมือนกัน อย่าง ถูกต้องทุก คน
		1	2	3	1	2	3		
22	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
23	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
24	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
25	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
26	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
27	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
28	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
29	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
30	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y

ตัวอย่าง	คุณภาพ งานที่ แท้จริง	พนักงานตรวจสอบ คนที่ 5			พนักงานตรวจสอบ คนที่ 6			ตรวจสอบได้ เหมือนกัน ทุกครั้งและ ทุกคน	ตรวจสอบได้ เหมือนกัน อย่าง ถูกต้องทุก คน
		1	2	3	1	2	3		
22	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
23	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
24	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
25	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
26	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
27	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
28	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
29	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
30	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y

ตัวอย่าง	คุณภาพ งานที่ แท้จริง	พนักงานตรวจสอบ คนที่ 7			พนักงานตรวจสอบ คนที่ 9			ตรวจสอบได้ เหมือนกัน ทุกครั้งและ ทุกคน	ตรวจสอบได้ เหมือนกัน อย่าง ถูกต้องทุก คน
		1	2	3	1	2	3		
22	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
23	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
24	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
25	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
26	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
27	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
28	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
29	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
30	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y



ภาคผนวก ข

Cause & Effect Matrix ของปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ข.1 คะแนนความสำคัญของปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นแผ่นวงจรมพิมพ์แบบยืดหยุ่น

ลำดับ	จำแนกตามสาเหตุ	สาเหตุ	Sr. PE	PE1	PE2	PE3	ME	TS1	TS2
1	Man	พนักงานไม่ได้รับการ การสอบและฝึกฝนขั้นตอนการ ทำความสะอาดด้วยมือ จาก หัวหน้างาน	1	2	1	1	1	1	1
2		ไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำ ความสะอาดด้วยมือที่ได้กำหนดไว้ อย่างเคร่งครัด	8	10	10	10	8	10	8
3		ไม่ทำความสะอาดด้วยมือ ตามรอบที่กำหนด	10	10	8	9	10	8	9
4	Machine	คำสั่งการทำ ความสะอาดอัตโนมัติโดย เครื่องจักรไม่ทำงาน	1	2	2	2	1	2	1
5		เครื่องไม่ทำความสะอาดอัตโนมัติ ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ / เกิด ข้อขัดข้องจากเครื่องจักร	7	8	7	9	7	9	7

ลำดับ	จำแนกตามสาเหตุ	สาเหตุ	Sr. PE	PE1	PE2	PE3	ME	TS1	TS2
6	Machine	ผ้าเช็ดทำความสะอาด สะอาดของเครื่อง ไม่แนบกับแผ่นฉล เวลาเช็ดทำความสะอาด สะอาด	7	8	8	9	8	7	8
7		เงื่อนไขการทำ ความสะอาด อัตโนมัติโดย เครื่องจักรไม่ เหมาะสม	8	8	8	10	8	8	9
8		ความถี่ในการทำ ความสะอาด อัตโนมัติโดย เครื่องจักรไม่ เหมาะสม	2	1	2	1	1	1	2
9		การตั้งระยะห่าง ระหว่างแผ่นฉล กับชิ้นงาน มากกว่า 0 มิลลิเมตร	1	2	1	1	1	2	2
10		เนื้อผ้าเช็ดทำ ความสะอาดของ เครื่องจักรไม่ ละเอียดพอ	2	1	1	1	1	1	1
11		แผ่นฉลมีการ ออกแบบรูเจาะที่ มีขนาดเล็กเกินไป	1	1	1	1	2	1	2

ลำดับ	จำแนกตามสาเหตุ	สาเหตุ	Sr. PE	PE1	PE2	PE3	ME	TS1	TS2
12	Method	วิธีการการทำ ความสะอาดด้วย มือไม่เหมาะสม	1	1	1	2	1	1	1
13		ความถี่ในการทำ ความสะอาดด้วย มือไม่เหมาะสม	1	1	1	2	1	1	1
14	Material	ความเหนียวของ สารบัดกรีมาก เกินไป	1	1	1	1	1	2	1



ลำดับ	จำแนกตามสาเหตุ	สาเหตุ	PD 1	PD 2	PD 3	คะแนน	คะแนน x10	ร้อยละ
1	Man	พนักงานไม่ได้รับการ สอบและฝึกฝน ขั้นตอนการทำงาน สะอาดด้วยมือ จาก หัวหน้างาน	1	1	2	12	120	2.043
2		ไม่ปฏิบัติตามขั้นตอน การทำงานสะอาด ด้วยมือ ที่ได้กำหนดไว้ อย่างเคร่งครัด	9	10	9	92	920	15.662
3		ไม่ทำความสะอาด ด้วยมือตามรอบที่ กำหนด	8	10	8	90	900	15.322
4	Machine	คำสั่งการทำงาน สะอาดอัตโนมัติโดย เครื่องจักรไม่ทำงาน	1	1	1	14	140	2.383
5		เครื่องไม่ทำความสะอาด สะอาดอัตโนมัติตาม เงื่อนไขที่กำหนดไว้ / เกิดข้อขัดข้องจาก เครื่องจักร	8	8	7	77	770	13.109
6		ผ้าเช็ดทำความสะอาด สะอาดของเครื่องไม่ แนบกับแผ่นฉลุลเวลา เช็ดทำความสะอาด	9	7	10	81	810	13.790

ลำดับ	จำแนกตามสาเหตุ	สาเหตุ	PD 1	PD 2	PD 3	คะแนน	คะแนน x10	ร้อยละ
7	Machine	เงื่อนไขการทำความสะดวกอัตโนมัติโดยเครื่องจักรไม่เหมาะสม	8	8	7	82	820	13.960
8		ความถี่ในการทำความสะดวกอัตโนมัติโดยเครื่องจักรไม่เหมาะสม	1	1	1	13	130	2.213
9		การตั้งระยะห่างระหว่างแผ่นฉลุกับชิ้นงานมากกว่า 0 มิลลิเมตร	1	2	1	14	140	2.383
10		เนื้อผ้าเช็ดทำความสะอาดของเครื่องจักรไม่ละเอียดพอ	1	1	1	11	110	1.873
11		แผ่นฉลุมีการออกแบบรูเจาะที่มีขนาดเล็กเกินไป	1	1	1	12	120	2.043
12	Method	วิธีการการทำความสะอาดด้วยมือไม่เหมาะสม	1	1	2	12	120	2.043
13		ความถี่ในการทำความสะดวกด้วยมือไม่เหมาะสม	2	1	2	13	130	2.213

ลำดับ	จำแนก ตามสาเหตุ	สาเหตุ	PD 1	PD 2	PD 3	คะแนน	คะแนน x10	ร้อยละ
14	Material	ความเหนียวของสาร บัดกรีมากเกินไป	1	1	1	11	110	1.873



ภาคผนวก ค

การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การทดสอบสมมติฐานที่ ค-1 ทิศทางของการเข็ดทำความสะอาด

การทดสอบสมมติฐานสำหรับทิศทางของการเข็ดทำความสะอาดที่ใช้ในการทดสอบ p_1 และ p_2 คือสัดส่วนข้อบกพร่องที่พบจากการใช้ทิศทางของการเข็ดทำความสะอาด แบบทิศทางเดียว และแบบไป-กลับ

ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน มีดังนี้

โดยกำหนดให้ $H_0 : p_1 = p_2$

และ $H_1 : p_1 \neq p_2$

จากการคำนวณค่าสถิติทดสอบของปัจจัยทิศทางของการเข็ดทำความสะอาดจากสมการที่ 5.2 ได้ผลตรงกับทวิเคราะห์การทดสอบสมมติฐานโดยโปรแกรม Minitab ซึ่งเท่ากับ -5.24 ดังตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยทิศทางของการเข็ดทำความสะอาด

Test CI for Two Proportion			
Sample	X	N	Sample p
1	18	37100	0.000485
2	66	37100	0.001779
Difference		= p(1) - p(2)	
Estimate for difference		-0.0012938	
95% CI for difference		(-0.00177762,-0.000809976)	
Test for difference		= 0 (vs not = 0)	
Z		= -5.24	
P-Value		= 0.000	

จากการวิเคราะห์การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยดังกล่าว พบว่า สัดส่วนข้อบกพร่องของทิศทางของการเข็ดทำความสะอาดแบบทิศทางเดียว เท่ากับ 0.00049 หรือร้อยละ 0.049 และสัดส่วนข้อบกพร่องของการเข็ดทำความสะอาดแบบทิศทางไป-กลับเท่ากับ 0.00178 หรือร้อยละ 0.178 จึงได้ค่าสถิติทดสอบของปัจจัยนี้เท่ากับ -5.24 และค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ดังนั้น ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 สามารถสรุปได้ว่า ทิศทางของการเข็ดทำความสะอาดมีผลต่อจำนวนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญ

การทดสอบสมมติฐานที่ ค-2 ความเร็วในการเข็ดทำความสะอาด

การทดสอบสมมติฐานสำหรับความเร็วในการขีดทำความสะอาดที่ใช้ในการทดสอบ p_1 และ p_2 คือสัดส่วนข้อบกพร่องที่พบจากการใช้ความเร็วในการขีดทำความสะอาดที่ 50 มิลลิเมตรต่อวินาที และความเร็ว 80 มิลลิเมตรต่อวินาที
ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน มีดังนี้

โดยกำหนดให้ $H_0 : p_1 = p_2$

และ $H_1 : p_1 \neq p_2$

จากการคำนวณค่าสถิติทดสอบของปัจจัยความเร็วในการขีดทำความสะอาดจากสมการที่ 5.2 ได้ผลตรงกับทวิเคราะห์การทดสอบสมมติฐานโดยโปรแกรม Minitab ซึ่งเท่ากับ -4.25 ดังตารางที่ ค.2

ตารางที่ ค.2 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยความเร็วในการขีดทำความสะอาด

Test CI for Two Proportion			
Sample	X	N	Sample p
1	18	37100	0.000485
2	54	37100	0.001456
Difference		= p(1) - p(2)	
Estimate for difference		-0.00097035	
95% CI for difference		(-0.00141835,-0.000522352)	
Test for difference		= 0 (vs not = 0)	
Z		= -4.25	
P-Value		= 0.000	

จากการวิเคราะห์การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยดังกล่าว พบว่า สัดส่วนข้อบกพร่องของการใช้ความเร็วในการขีดทำความสะอาดที่ 50 มิลลิเมตรเท่ากับ 0.00047 หรือร้อยละ 0.047 และสัดส่วนข้อบกพร่องของการใช้ความเร็วในการขีดทำความสะอาดที่ 80 มิลลิเมตรเท่ากับ 0.00147 หรือร้อยละ 0.147 จึงได้ค่าสถิติทดสอบของปัจจัยนี้เท่ากับ -4.25 และค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ดังนั้น ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 สามารถสรุปได้ว่า ความเร็วในการขีดทำความสะอาดมีผลต่อจำนวนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญ

การทดสอบสมมติฐานที่ ค-3 การใช้แรงดูดสูญญากาศในขณะที่ขีดทำความสะอาด

การทดสอบสมมติฐานสำหรับการใช้แรงดูดสูญญากาศในขณะที่เช็คทำความสะอาดที่ใช้ในการทดสอบ p_1 และ p_2 คือสัดส่วนข้อบกพร่องที่พบจากการใช้แรงดูดสูญญากาศในขณะที่เช็คทำความสะอาด และไม่ใช้แรงดูดสูญญากาศในขณะที่เช็คทำความสะอาด
ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน มีดังนี้

โดยกำหนดให้ $H_0 : p_1 = p_2$

และ $H_1 : p_1 \neq p_2$

จากการคำนวณค่าสถิติทดสอบของปัจจัยการใช้แรงดูดสูญญากาศในขณะที่เช็คทำความสะอาดจากสมการที่ 5.2 ได้ผลตรงกับทวิเคราะห์การทดสอบสมมติฐานโดยโปรแกรม Minitab ซึ่งเท่ากับ -3.79 ดังตารางที่ ค.3

ตารางที่ ค.3 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยที่ใช้แรงดูดสูญญากาศในขณะที่เช็คทำความสะอาด

Test CI for Two Proportion			
Sample	X	N	Sample p
1	18	37100	0.000485
2	49	37100	0.001321
Difference		= p(1) - p(2)	
Estimate for difference		-0.00083558	
95% CI for difference		(-0.00126777,-0.000403391)	
Test for difference		= 0 (vs not = 0)	
Z		= -3.79	
P-Value		= 0.000	

จากการวิเคราะห์การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยดังกล่าว พบว่า สัดส่วนข้อบกพร่องของการใช้แรงดูดสูญญากาศในขณะที่เช็คทำความสะอาด เท่ากับ 0.00049 หรือร้อยละ 0.049 และ สัดส่วนข้อบกพร่องของการไม่ใช้แรงดูดสูญญากาศในขณะที่เช็คทำความสะอาดเท่ากับ 0.00132 หรือร้อยละ 0.132 จึงได้ค่าสถิติทดสอบของปัจจัยนี้เท่ากับ -3.78 และค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ดังนั้น ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 สามารถสรุปได้ว่า การใช้แรงดูดสูญญากาศในขณะที่เช็คทำความสะอาด ไม่มีผลต่อจำนวนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเป็นอนแผ่นวงจรพิมพ์แบบ ยึดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญ

การทดสอบสมมติฐานที่ ค-4 การเพิ่มจำนวนครั้งการเช็คพิเศษต่อรอบ

การทดสอบสมมติฐานสำหรับการเพิ่มจำนวนครั้งการเช็คพิเศษต่อรอบที่ใช้ในการทดสอบ p_1 และ p_2 คือสัดส่วนข้อบกพร่องที่พบจากการเพิ่มจำนวนครั้งการเช็คพิเศษต่อรอบ และการไม่เพิ่มจำนวนครั้งการเช็คพิเศษ
ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน มีดังนี้

โดยกำหนดให้ $H_0 : p_1 = p_2$

และ $H_1 : p_1 \neq p_2$

จากการคำนวณค่าสถิติทดสอบของปัจจัยการเพิ่มจำนวนครั้งการเช็คพิเศษต่อรอบจากสมการที่ 5.2 ได้ผลตรงกับทวิเคราะห์การทดสอบสมมติฐานโดยโปรแกรม Minitab ซึ่งเท่ากับ -0.63 ดังตารางที่ ค.4

ตารางที่ ค.4 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยการเพิ่มจำนวนครั้งการเช็คพิเศษต่อรอบ

Test CI for Two Proportion			
Sample	X	N	Sample p
1	18	37100	0.000485
2	22	37100	0.000593
Difference		= p(1) - p(2)	
Estimate for difference		-0.000107817	
95% CI for difference		(-0.000441847,-0.000226214)	
Test for difference		= 0 (vs not = 0)	
Z		= -0.63	
P-Value		= 0.527	

จากการวิเคราะห์การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยดังกล่าว พบว่า สัดส่วนข้อบกพร่องของการเพิ่มจำนวนครั้งการเช็คพิเศษต่อรอบเท่ากับ 0.00049 หรือร้อยละ 0.049 และสัดส่วนข้อบกพร่องของการไม่เพิ่มจำนวนครั้งการเช็คพิเศษต่อรอบเท่ากับ 0.00059 หรือร้อยละ 0.059 จึงได้ค่าสถิติทดสอบของปัจจัยนี้เท่ากับ -0.63 และค่า P-Value เท่ากับ 0.527 ดังนั้น ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 สามารถสรุปได้ว่า การเพิ่มจำนวนครั้งการเช็คพิเศษต่อรอบ ไม่มีผลต่อจำนวนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญ

การทดสอบสมมติฐานที่ ค-5 จำนวนรอบความถี่ในการเข็ดทำความสะอาด

การทดสอบสมมติฐานสำหรับจำนวนรอบความถี่ในการเข็ดทำความสะอาดในการทดสอบ p_1 และ p_2 คือสัดส่วนข้อบกพร่องที่พบจากการจำนวนรอบความถี่ในการเข็ดทำความสะอาดทุกการพิมพ์สารบัดกรี 5 ครั้ง และจำนวนรอบความถี่ในการเข็ดทำความสะอาดทุกการพิมพ์สารบัดกรี 10 ครั้ง

ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน มีดังนี้

โดยกำหนดให้ $H_0 : p_1 = p_2$

และ $H_1 : p_1 \neq p_2$

จากการคำนวณค่าสถิติทดสอบของปัจจัยจำนวนรอบความถี่ในการเข็ดทำความสะอาดจากสมการที่ 5.2 ได้ผลตรงกับค่าวิเคราะห์การทดสอบสมมติฐานโดยโปรแกรม Minitab ซึ่งเท่ากับ 0.90 ดังตารางที่ ค.5

ตารางที่ ค.5 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยจำนวนรอบความถี่ในการเข็ดทำความสะอาด

Test CI for Two Proportion			
Sample	X	N	Sample p
1	18	37100	0.000485
2	13	37100	0.00035
Difference	= p(1) - p(2)		
Estimate for difference	0.000134771		
95% CI for difference	(-0.000159307,-0.000428848)		
Test for difference	= 0 (vs not = 0)		
Z	= 0.90		
P-Value	= 0.369		

จากการวิเคราะห์การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยดังกล่าว พบว่า สัดส่วนข้อบกพร่องของจำนวนรอบความถี่ในการเข็ดทำความสะอาดทุกการพิมพ์สารบัดกรี 5 ครั้งเท่ากับ 0.00049 หรือร้อยละ 0.049 และสัดส่วนข้อบกพร่องของจำนวนรอบความถี่ในการเข็ดทำความสะอาดทุกการพิมพ์สารบัดกรี 10 ครั้งเท่ากับ 0.00035 หรือร้อยละ 0.035 จึงได้ค่าสถิติทดสอบของปัจจัยนี้

เท่ากับ 0.90 และค่า P-Value เท่ากับ 0.369 ดังนั้น ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 สามารถสรุปได้ว่า จำนวนรอบความถี่ในการเซ็ดทำความสะอาดไม่มีผลต่อจำนวนข้อบกพร่องประเภทคราบของสารบัดกรีเปื้อนแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญ





ตาราง ง.1 ผลการยืนยันผลของข้อบกพร่องประเภทความของสารบัดกรีเป็นอนแผ่นวงจรพิมพ์แบบ
ยึดหยุ่นโมเดล NJ2751-28

กลุ่มตัวอย่าง	ขนาดตัวอย่าง (ชิ้น)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)
1	4550	3
2	4550	1
3	4550	3
4	4550	6
5	4550	2
6	4550	1
7	4550	2
8	4550	2
9	4550	1
10	4550	1
11	4550	2
12	4550	2
13	4550	4
14	4550	1
15	4550	5
16	4550	1
17	4550	3
18	4550	1
19	4550	3
20	4550	4
21	4550	1
22	4550	1
23	4550	5
24	4550	2

กลุ่มตัวอย่าง	ขนาดตัวอย่าง (ชิ้น)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)
25	4550	3
26	4550	3
27	4550	5
28	4550	2
29	4550	1
30	4550	1





DAILY CHECK SHEET

ทำความเข้าใจขั้นตอนการปฏิบัติงานจนบันทึกค่า

MODEL : NJ2751		Operation code : 3120		Line No. : _____		เดือน _____ / ปี _____														
Operation : SMT Solder print		M/C Name : Exerita		M/C No. : _____		วันที่ _____														
รายการ	จุดตรวจสอบ	ชื่อกำหนด	โปรแกรม	ตัวอ้างอิง	ตัวอ้างอิง	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	PROGRAM NAME	NJ2751_A	ดูที่หน้าจอก่อน	B	D															
2	SQUEEGEE SPEED	60 ± 20 mm./sec.	ดูที่หน้าจอก่อน	B	D															
3	SQUEEGEE PRESSURE	100 ± 20 N	ดูที่หน้าจอก่อน	B	D															
4	SNAP OFF	0.0 ± 1.0 mm	ดูที่หน้าจอก่อน	B	D															
5	SEPARATION SPEED	5.0 ± 5.0 mm./s	ดูที่หน้าจอก่อน	B	D															
6	STENCIL NO.	NJ1786-ASPX3	ดูที่ Stencil	B	D															
7	Reflow Fixture	NJ1786-FROC1	ดูที่ Reflow Fixture	B	D															
8	Cover Fixture	NJ1786-CROC1	ดูที่ Cover Fixture	B	D															
9	ตรวจสอบความสะอาดของ Stencil	Stencil สะอาด, สภาพพร้อมใช้งาน	ตรวจสอบตามเวลา ในเงื่อนไข solder การติดตั้งบนเครื่องและ stencil	B	D															
10	ตรวจสอบสาร IPA	สาร IPA ต้องมีมากกว่าขีดสีแดงที่ขอบ	ตรวจสอบตามเวลา ส่องเห็นปริมาณ สาร IPA มากกว่าขีดสีแดงที่ขอบ สารสาร IPA	B	D															
11	AUTO CLEAN	Every 5 Boards	ดูที่หน้าจอก่อน	B	D															
12	วิธีการเช็คทำความสะอาดโดยเครื่อง	1. เช็คด้วยภาพขีดสาร IPA 2. เช็คด้วยเสียงบี๊ต 2 ครั้ง	ดูที่หน้าจอก่อน	B	D															
13	ทิศทางและการเช็คทำความสะอาด	ทิศทางเดียวกัน (Same)	ดูที่หน้าจอก่อน	B	D															
14	ความเร็วในการเช็คทำความสะอาด	80 mm./sec	ดูที่หน้าจอก่อน	B	D															
NOTE : ทาหมึก stencil ไม่สะอาด ให้แจ้งช่างซ่อมบำรุงงาน เพื่อทำการ request Tech.		CHECKER		A678																
ในทางการสั่งใหม่		MONITOR		A112																

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. การ check จะต้องมีทุก ๆ ภาะ (sheet) ก่อนปฏิบัติงาน
2. การตรวจสอบแต่ละรายการเมื่อปฏิบัติงานจนพบว่าค่าที่กำหนดไม่สอดคล้องกันให้แจ้งหัวหน้างานทันที
3. กรณีไม่กำหนดค่าเป็นตัวเลข ให้ตรวจสอบคร่าวๆ โดยใช้เครื่องหมาย O ถ้าไม่ปกติใช้ X โดยยึดหลักตามข้อ 2
4. กรณีวัดได้ที่ไม่มีการตรวจสอบให้ยึดเป็นเส้นแนวทแยงมุมจากเส้นเป็นหรือคือค่า ในช่องนั้น
5. เมื่อตรวจสอบพบข้อผิดพลาดใด ๆ ขึ้น ให้แจ้ง Lead Supervisor หรือ Leader และ Technican ทักท้วงเพื่อทำการแก้ไข
6. เมื่อ Supervisor ได้รับรายงานข้อผิดพลาด จะต้องรีบทำการแก้ไขความผิดพลาดและประเมินผลการแก้ไข รวมทั้งบันทึกการรายงานลงใน Trouble Shooting Record
7. เมื่อมีการตรวจสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนการตรวจสอบซ้ำอีกครั้งและ บันทึกผล รวมทั้งส่งประวัติประจำวัน Check sheet ในช่องถัดไป
8. DAILY CHECK SHEET จะถูกเก็บเป็นเอกสารบันทึกงานแต่ละเดือน โดย PRODUCTION SUPERVISOR เพื่อกำหนดค่าใช้จ่ายหรือข้อผิดพลาด

NOTE : 1. จะมีการตรวจสอบชิ้นงานที่ทาง CHECKER เป็นผู้ตรวจสอบโดยทาง Leader เมื่อ Leader ตรวจสอบแล้วจะแจ้งให้ EN ในช่อง MONITOR และระบุเวลาที่ได้รับแจ้งของช่อง MONITOR ในกรณีที่มีพบความผิดปกติแจ้งให้ Lead Supervisor รับทราบเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาด และให้รายงานวันที่กำลังแก้ไขข้อผิดพลาดไปยังตามตารางด้านล่าง

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายฉันทิช ลักษณานันท์ เกิดวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2530 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2552 ภายหลังจบการศึกษาได้เข้าทำงานในตำแหน่งวิศวกรฝ่ายผลิตในบริษัทผลิตแผ่นวงจรมพิมพ์แบบยืดหยุ่นแห่งหนึ่ง หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2556

