

การลดของเสียประเภทของเสียในกระบวนการผลิตวงจรพิมพ์ชนิดงอได้

นางสาวพัชรี อัจหาญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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 Graduate School.

DEFECTIVE REDUCTION ON DENT DEFECTS IN FLEXIBLE PRINTED CIRCUITS
MANUFACTURING PROCESSES

Miss Patcharee Artham

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 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดของเสียประเภทขยะในกระบวนการผลิตวงจรพิมพ์ชนิดงอได้
โดย	นางสาวพัชรี อาจหาญ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสงศ์ โรจนโรวรรณ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสงศ์ โรจนโรวรรณ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล)

พัชรี อาจหาญ : การลดของเสียประเภทรอยบุบในกระบวนการผลิตวงจรพิมพ์ชนิดงอ
ได้. (DEFECTIVE REDUCTION ON DENT DEFECTS IN FLEXIBLE PRINTED
CIRCUITS MANUFACTURING PROCESSES) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.
ดร.นภัสดวงศ์ โจนโรวรรณ, 210 หน้า.

การงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียที่เป็นรอยบุบในกระบวนการผลิตวงจร
พิมพ์ชนิดงอได้ โดยประยุกต์ใช้ขั้นตอนตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมาในการปรับปรุง

จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปัญหาการงอได้แก่ 1) วิธีการขัด
แผ่นเหล็ก 2) ระบบหมุนเวียนอากาศ 3) วิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก 4) เม็ดนูนสิ่ง
แปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film 5) สิ่งสกปรกที่ติดมาบนชิ้นงานและ 6) วิธีเก็บแผ่น
เหล็ก โดยได้ดำเนินการปรับปรุงปัญหาการงอจากการกดอัด ดังนี้ 1) เปลี่ยนวิธีการขัดแผ่น
เหล็กจากแบบแห้ง เป็นการขัดโดยใช้น้ำ 2) ปรับรอบเวลาการทำความสะอาดตัวกรองอากาศ
3) ปรับปรุงอุปกรณ์ทำความสะอาดแผ่นเหล็ก 4) ศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดเส้นผ่าน
ศูนย์กลางของเม็ดนูนสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film และ โอกาสการเกิดของเสีย
ประเภทรอยบุบเพื่อผลักดันให้บริษัทผู้ผลิตทำการปรับปรุงด้านคุณภาพ 5) ใช้ลูกกลิ้งทำความสะอาด
และระบบสูญญากาศในการทำความสะอาดชิ้นงาน 6) เปลี่ยนวิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการ
ขัด โดยใช้โต๊ะใส่แผ่นเหล็กและอุปกรณ์ป้องกันฝุ่น

โดยหลังการปรับปรุงพบว่าสัดส่วนของเสียลดลงจาก 947 DPPM มาอยู่ที่ 442 DPPM
หรือสัดส่วนของเสียลดลง 53.3 % และสามารถลดมูลค่าความสูญเสียรวมได้ 666,529 บาทต่อ
ปี

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา.....2555.....

5271438521 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : DEFECTIVE REDUCTION / CURING PROCESS / DENT DEFECT / PRINTED CIRCUITS / SIX SIGMA

PATCHAREE ARTHARN : DEFECTIVE REDUCTION ON DENT DEFECTS IN FLEXIBLE PRINTED CIRCUITS MANUFACTURING PROCESSES. ADVISOR : ASST. PROF. NAPASSAVONG ROJANAROWAN, PhD., 210 pp.

This research aims to reduce defectives on dent defects of flexible printed circuits. The DMAIC phases of Six Sigma quality improvement approach were applied.

It was found that the variables that statistically affect the dent problem are 1) method to polish stainless steel plates, 2) ventilation system, 3) method to clean stainless steel plates, 4) fisheyes/ foreign matters in the release film, 5) dirt on work pieces and 6) method to store stainless steel plates. The dent defects were reduced by 1) changing from dry polishing method to wet polishing method, 2) improving the schedule to clean filters of the ventilation system, 3) improving cleaning equipment, 4) determining the relationship between the diameter of fisheyes/foreign matters in the release film and the defective proportion to encourage quality improvement of the vender, 5) using the roller to clean dirt with vacuum technique and 6) storing stainless steel plates on storing tables and covering them by dust protectors.

After improvement, the defective proportion on dent defects was reduced from 947 DPPM to 442 DPPM or 53.3% reduction. This improvement saved the cost of 666,529 baht per year.

Department : Industrial Engineering..... Student's Signature
Field of Study : Industrial Engineering..... Advisor's Signature
Academic Year : 2012.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสงศ์ โรจนโรวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความกรุณา เสียสละเวลา ให้คำแนะนำและคอยช่วยเหลือในทุกๆกรณี และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ตั้งจิตติตเจริญ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล กรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเมตตา ให้โอกาสและกรุณาเสียสละเวลาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไข ข้อบกพร่อง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้จัดการโรงงานของโรงงานกรณีศึกษา คุณคงศักดิ์ สิงโตแก้ว และผู้จัดการแผนกคุณวิจิต วิจิธวรรัตน์ ที่คอยเป็นแรงสนับสนุน มอบโอกาส และให้คำแนะนำที่ดี ส่วนที่จะขาดไม่ได้คือทีมงาน คุณพรพรรณ คุณทิวา คุณศุภเชษฐ์ คุณอัญชญา คุณสาวิณีและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมด ขอขอบคุณที่ได้เสียสละเวลาและให้ความร่วมมือที่ดีในการดำเนินกิจกรรม เสมอมา

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และให้ คำแนะนำ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ด้วยทำนุนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจ ตลอดการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งขอขอบคุณพี่น้องและเพื่อนๆ ผู้คอยห่วงใย ให้กำลังใจทั้งยังให้ความช่วยเหลือแก่ผู้ทำวิจัยเสมอมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา.....	1
1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	10
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	20
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	20
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....	20
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	22
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	22
1.8 แผนการดำเนินงานวิจัย.....	23
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชิกซ์ ชิกม่า.....	24
2.1.1 ประวัติความเป็นมาของชิกซ์ ชิกม่า.....	24
2.1.2 ความหมายของชิกซ์ ชิกม่า.....	25
2.1.3 เครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการวิจัย.....	29
2.1.4 การนำวิธีการชิกซ์ ชิกม่ามาใช้ในองค์กร.....	48
2.2 วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ (Flexible Printed Circuits).....	49
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	57
2.3.1 การนำวิธีการชิกซ์ ชิกม่ามาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุง.....	57
2.3.2 การประยุกต์ใช้วิธีการชิกซ์ ชิกม่าในการปรับปรุงด้านคุณภาพ สำหรับข้อมูลแบบหน่วยวัด (Variables data).....	58

บทที่	หน้า
2.3.3 การประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่าในการปรับปรุงด้านคุณภาพ สำหรับข้อมูลแบบหน่วยนับ (Attributes data)	61
2.3.4 การประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่าในการปรับปรุงกระบวนการ ผลิตวงจรพิมพ์.....	63
บทที่ 3 ระยะนิยามปัญหา (Define Phase).....	66
3.1 จัดตั้งคณะทำงาน.....	66
3.2 การศึกษากระบวนการผลิต.....	67
3.3 สภาพปัญหาในปัจจุบัน.....	73
3.4 สรุประยะนิยามปัญหา.....	80
บทที่ 4 ระยะการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase).....	81
4.1 การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis).....	81
4.1.1 วิธีการการวิเคราะห์ระบบการวัด.....	83
4.1.2 เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด.....	85
4.1.3 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลตามลักษณะ.....	86
4.2 การวิเคราะห์กระบวนการ.....	99
4.2.1 ความสามารถของกระบวนการ.....	99
4.2.2 สภาพปัญหาในกระบวนการปัจจุบัน.....	105
4.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาจากแผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram).....	123
4.4 การวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause&Effect Matrix).....	125
4.5 การวิเคราะห์ปัญหาโดยการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis).....	128
4.6 สรุประยะการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase).....	133
4.6.1 การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ.....	133
4.6.2 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ.....	133
4.6.3 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา.....	135

บทที่	หน้า
บทที่ 5 ระยะเวลาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา(Analysis Phase).....	136
5.1 การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า.....	136
5.1.1 วิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate).....	136
5.1.2 ระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม	138
5.1.3 วิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็กไม่เหมาะสม.....	138
5.1.4 เม็ดนูนสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film	139
5.1.5 สิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน	139
5.1.6 วิธีเก็บแผ่นเหล็ก (Stainless Plate).....	140
5.2 การทดสอบสมมติฐาน.....	140
5.2.1 ปัจจัยที่มาจากภายในของกระบวนการอบคงรูป.....	140
5.2.2 ปัจจัยที่มาจากภายนอกของกระบวนการอบคงรูป.....	150
5.3 สรุประยะเวลาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase).....	159
บทที่ 6 ระยะเวลานำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ (Improve Phase).....	160
6.1 ปัจจัยนำเข้า.....	160
6.2 การแก้ไขปัญหปัจจัยนำเข้าที่มาจากภายในของกระบวนการอบคงรูป.....	160
6.2.1 วิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate).....	160
6.2.2 วิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate).....	164
6.2.3 วิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก.....	167
6.2.4 สิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน	168
6.3 การแก้ไขปัญหปัจจัยนำเข้าที่มาจากภายนอกของกระบวนการอบคงรูป.....	176
6.3.1 เม็ดนูนสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film.....	176
6.3.2 ระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม	176
6.4 สรุประยะเวลานำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ (Improve Phase).....	178
บทที่ 7 ระยะเวลาควบคุมกระบวนการผลิต (Control Phase).....	179
7.1 แผนการควบคุมวิธีการทำงานและแผนทำความสะอาดของแผ่นเหล็ก.....	179
7.2 การตรวจสอบและเฝ้าติดตามผลการปรับปรุงกระบวนการ.....	180

	ญ
บทที่	หน้า
7.2.1 การตรวจติดตามโดยใช้แผนภูมิควบคุม.....	180
7.3 ข้อมูลหลังการปรับปรุงการผลิต.....	184
บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	187
8.1 บทนำ.....	187
8.2 บทสรุประชนิยามปัญหา.....	187
8.3 บทสรุประชนิการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา.....	188
8.4 บทสรุประชนิการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา.....	191
8.5 บทสรุประชนิการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ.....	192
8.6 บทสรุประชนิการติดตามควบคุมกระบวนการผลิต.....	193
8.7 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย.....	193
8.8 ข้อเสนอแนะ.....	194
.	
รายการอ้างอิง.....	195
ภาคผนวก.....	198
ภาคผนวก ก ตัวอย่างตารางการเก็บข้อมูลและตัวอย่างสรุปผลการดำเนินงาน.....	199
ภาคผนวก ข ข้อมูลสัดส่วนของเสียและการคำนวณมูลค่าความสูญเสีย.....	203
ภาคผนวก ค คำย่อที่ใช้ในงานวิจัย.....	206
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	210

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1-1	ข้อมูลปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ในแต่ละเดือน แยกตามประเภทของการอบคงรูป กลุ่ม CUR1.....	16
ตารางที่ 1-2	ข้อมูลปริมาณของเสียและต้นทุนความสูญเสียของข้อบกพร่องประเภท รอยบุบ (Dent COV) ในแต่ละเดือนแยกตามประเภทของการอบคงรูป กลุ่ม CUR1.....	17
ตารางที่ 2-1	ขนาดของสิ่งตัวอย่างในการประเมินผลระบบการตรวจสอบ (ข้อมูลนับ).	32
ตารางที่ 2-2	ชนิดของแผนภูมิควบคุม.....	48
ตารางที่ 3-1	ข้อมูลปริมาณการผลิต สัดส่วนของเสียและต้นทุนความสูญเสียของ ข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ของผลิตภัณฑ์วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มี เส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) ในแต่ละเดือนแยกตาม ประเภทของการอบคงรูป	75
ตารางที่ 4-1	มาตรฐานการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV).....	82
ตารางที่ 4-2	เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัดด้วยค่าดัชนีแบบข้อมูลตามลักษณะ...	85
ตารางที่ 4-3	เกณฑ์การตัดสินใจผลการวิเคราะห์พนักงานตรวจสอบด้วยค่าดัชนี(O_E), (I_{FA}) และ(I_{MISS})	86
ตารางที่ 4-4	แผนการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด.....	87
ตารางที่ 4-5	ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด.....	88
ตารางที่ 4-6	ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลตามลักษณะ โดยโปรแกรม Minitab	89
ตารางที่ 4-7	ผลการวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบด้วยค่าดัชนีของระบบการวัดแบบ ข้อมูลตามลักษณะ.....	91
ตารางที่ 4-8	ผลการวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบด้วยสัมประสิทธิ์ Kappa.....	92
ตารางที่ 4-9	ผลการวิเคราะห์พนักงานตรวจสอบด้วยค่าดัชนี(O_E), (I_{FA}) และ(I_{MISS})	93
ตารางที่ 4-10	ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด หลังการปรับปรุง.....	94
ตารางที่ 4-11	ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลตามลักษณะ หลังการปรับปรุงโดย โปรแกรม Minitab.....	96
ตารางที่ 4-12	ผลการวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบด้วยค่าดัชนีของระบบการวัด หลัง การปรับปรุง.....	97

ตารางที่ 4-13	ผลการวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบหลังการปรับปรุง ด้วยสัมประสิทธิ์ Kappa.....	98
ตารางที่ 4-14	ผลการวิเคราะห์พนักงานตรวจสอบด้วยค่าดัชนี(O_E), (I_{FA}) และ(I_{MISS})	98
ตารางที่ 4-15	ข้อมูลปริมาณการผลิต สัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV)ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555.....	102
ตารางที่ 4-16	จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานของการปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV).....	102
ตารางที่ 4-17	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานของการปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV).....	103
ตารางที่ 4-18	ข้อมูลปริมาณการผลิต สัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องประเภท Dent COV ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555 ของผลิตภัณฑ์MC-010..	107
ตารางที่ 4-19	ผลการเก็บข้อมูลจำนวนรอยบุบบนชิ้นงาน MC-010 แยกตามจุดตรวจสอบ.....	110
ตารางที่ 4-20	ข้อมูลปริมาณการผลิต สัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องประเภท Dent COV ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555 ของผลิตภัณฑ์PV-125...	116
ตารางที่ 4-21	ผลการเก็บข้อมูลจำนวนรอยบุบบนชิ้นงาน PV-125 แยกตามจุดตรวจสอบ	119
ตารางที่ 4-22	การให้คะแนนประเมินความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล.....	125
ตารางที่ 4-23	ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause &Effect Matrix).....	126
ตารางที่ 4-24	ปัจจัยนำเข้าที่มีคะแนนความสัมพันธ์มาก.....	127
ตารางที่ 4-25	การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis).....	129
ตารางที่ 4-26	ปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV).....	132
ตารางที่ 5-1	จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในตรวจสอบรอยบุบ (Dent COV) ผลิตภัณฑ์ MC-010.....	142
ตารางที่ 5-2	ผลการทดลองปัจจัยเรื่องความสะอาดของแผ่นเหล็กทั้งปัจจัยด้านวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) และวิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate).....	142

ตารางที่ 5-3	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานเรื่องความสะอาดของแผ่นเหล็กทั้งปัจจัยด้านวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) และวิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate).....	143
ตารางที่ 5-4	ผลการทดลองปัจจัยวิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก ของผลิตภัณฑ์ MC-010.....	145
ตารางที่ 5-5	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานปัจจัยเกี่ยวกับวิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก ของผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010.....	145
ตารางที่ 5-6	จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในตรวจสอบรอยบุบ (Dent COV) ผลิตภัณฑ์ PV-125.....	147
ตารางที่ 5-7	ผลการทดลองปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน ของผลิตภัณฑ์ MC-010.....	148
ตารางที่ 5-8	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน ของผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010.....	148
ตารางที่ 5-9	ผลการทดลองปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน ของผลิตภัณฑ์ PV-125.....	148
ตารางที่ 5-10	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน ของผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125.....	149
ตารางที่ 5-11	ผลการทดลองชิ้นงานทดสอบและการตรวจสอบรอยบุบ เทียบกับตำแหน่งของเม็ดฝุ่นบนแผ่น TPX Release film.....	153
ตารางที่ 5-12	ผลการวิเคราะห์การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) โดยโปรแกรม Minitab.....	154
ตารางที่ 5-13	ค่าการตรวจวัดระบบหมุนเวียนอากาศภายในกระบวนการอบคงรูปที่พัดลมระบายอากาศ (Exhaust Fan).....	158
ตารางที่ 6-1	แสดงขั้นตอนและวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) แบบแห้ง (Dry Polishing).....	162
ตารางที่ 6-2	ขั้นตอนและวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) แบบใช้น้ำ (Wet Polishing).....	163
ตารางที่ 6-3	ผลการทดลองปัจจัยเรื่องความสะอาดของแผ่นเหล็กก่อนและหลังการปรับปรุง.....	166

	หน้า
ตารางที่ 6-4	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานเรื่องความสะอาดของแผ่นเหล็กหลังการปรับปรุง..... 166
ตารางที่ 6-5	ขั้นตอนของกระบวนการคิด Stiffener GE ก่อนการปรับปรุง..... 169
ตารางที่ 6-6	ขั้นตอนของกระบวนการคิด Stiffener GE หลังการปรับปรุง..... 173
ตารางที่ 6-7	ผลการทดลองการปรับปรุงกระบวนการคิด Stiffener GE..... 175
ตารางที่ 6-8	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานเรื่องการปรับปรุงกระบวนการคิด Stiffener GE 175
ตารางที่ 7-1	แผนควบคุม(Control Plan) มาตรฐานในการทำความสะอาดในกระบวนการอบคงรูป..... 181
ตารางที่ 7-2	ตัวอย่างตารางการตรวจการทำความสะอาดตัวกรองอากาศด้านล่าง..... 183
ตารางที่ 8-1	สรุปผลการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis)..... 189
ตารางที่ ก-1	ตัวอย่างตารางการเก็บข้อมูลเพื่อหาแหล่งของการเกิดข้อบกพร่อง..... 200
ตารางที่ ก-2	ตัวอย่างสรุปผลการดำเนินงานที่ 1..... 201
ตารางที่ ก-3	ตัวอย่างสรุปผลการดำเนินงานที่ 2..... 202
ตารางที่ ข-1	ข้อมูลสัดส่วนของเสียในเดือนมกราคม 2556 ถึงเดือนมีนาคม 2556..... 204
ตารางที่ ข-2	การคำนวณมูลค่าความสูญเสีย..... 205
ตารางที่ ค-1	คำย่อที่ใช้ในงานวิจัย..... 207

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1-1	ตัวอย่างวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product).....	3
รูปที่ 1-2	ตัวอย่างวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจร 2 ด้าน (Double side product).....	3
รูปที่ 1-3	ตัวอย่างวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจร 3 ชั้นขึ้นไป (Multi layer product).....	3
รูปที่ 1-4	ตัวอย่างการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้เป็นส่วนประกอบในกล่องคิวิตอล.....	4
รูปที่ 1-5	ตัวอย่างการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้เป็นส่วนประกอบในฮาร์ดดิสก์ ไดรฟ์.....	4
รูปที่ 1-6	ตัวอย่างการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้เป็นส่วนประกอบในโทรศัพท์เคลื่อนที่.....	4
รูปที่ 1-7	ตัวอย่างวงจรพิมพ์ชนิดงอได้แบบเปล่า (Bare Flexible Printed Circuits)....	9
รูปที่ 1-8	ตัวอย่างวงจรพิมพ์ชนิดงอได้พร้อมอุปกรณ์ (SMT Flexible Printed Circuits).....	9
รูปที่ 1-9	การแบ่งประเภทของการอบคงรูป (Curing Type) กลุ่ม CUR1.....	11
รูปที่ 1-10	ตัวอย่างลักษณะของข้อบกพร่องประเภทฟองอากาศ (Bubble) ระหว่าง CL และ Stiffener.....	12
รูปที่ 1-11	ตัวอย่างลักษณะของข้อบกพร่องประเภทคราบกาวไหลเยิ้ม (ADH Flow)...	12
รูปที่ 1-12	ตัวอย่างลักษณะของข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV).....	12
รูปที่ 1-13	ข้อมูลของเสียในแต่ละเดือนของกระบวนการอบคงรูปแยกตามลักษณะของข้อบกพร่อง.....	13
รูปที่ 1-14	สัดส่วนปริมาณของเสียของกระบวนการอบคงรูปในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายน.....	13
รูปที่ 1-15	สัดส่วนปริมาณของเสียของกระบวนการอบคงรูปในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมิถุนายน.....	14
รูปที่ 1-16	สัดส่วนของต้นทุนที่สูญเสียจากของเสียของกระบวนการอบคงรูปในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมิถุนายน.....	15

รูปที่ 1-17	ข้อมูลปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์วงจรพิมพ์ชนิดงอได้แยกตามประเภทของการอบคงรูป กลุ่ม CUR1.....	16
รูปที่ 1-18	สัดส่วนปริมาณของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) ในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายน แยกตามประเภทของการอบคงรูป กลุ่ม CUR1.....	18
รูปที่ 1-19	สัดส่วนของต้นทุนที่สูญเสียจากของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) ในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายน แยกตามประเภทของการอบคงรูป กลุ่ม CUR1.....	19
รูปที่ 2-1	การเปลี่ยนแปลงค่าตั้ง โดยธรรมชาติ $\pm 1.5\sigma$	26
รูปที่ 2-2	กระบวนการซิกซ์ ซิกม่า(Six Sigma Fundamentals).....	28
รูปที่ 2-3	ขั้นตอน DMAIC และเครื่องมือที่นิยมใช้ในแต่ละขั้นตอน.....	28
รูปที่ 2-4	ตัวแบบ SIPOC สำหรับสร้างแนวความคิด.....	29
รูปที่ 2-5	ตัวอย่างแผนผังเมทริกซ์แสดงสาเหตุและผล (Causes and Effect Matrix)...	35
รูปที่ 2-6	ตัวแบบแนวโน้มตามเวลา (Time trend).....	37
รูปที่ 2-7	ตัวแบบสอบเทียบ (Calibration curve).....	38
รูปที่ 2-8	ตัวแบบภายใต้เงื่อนไขเพิ่มเติม (Additional condition model).....	38
รูปที่ 2-9	สถานการณ์ที่ซับซ้อน (More complex situations).....	39
รูปที่ 2-10	แบบจำลองทั่วไปสำหรับกระบวนการหรือระบบ.....	40
รูปที่ 2-11	การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย (ไม่มีอันตรกิริยา).....	44
รูปที่ 2-12	การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย (มีอันตรกิริยา).....	44
รูปที่ 2-13	โครงสร้าง CCL (Copper Clad Laminates) ชนิดที่มีทองแดงด้านเดียว.....	50
รูปที่ 2-14	โครงสร้าง CCL (Copper Clad Laminates) ชนิดที่มีทองแดงสองด้าน.....	50
รูปที่ 2-15	โครงสร้าง RPC (Rigid Printed Circuit Board).....	50
รูปที่ 2-16	โครงสร้าง CL (Cover Lay).....	51
รูปที่ 2-17	โครงสร้าง DSR (Dry Film Solder Resist).....	51
รูปที่ 2-18	โครงสร้าง Pressure Sensitive Adhesive.....	52
รูปที่ 2-19	โครงสร้าง Thermo Setting Adhesive.....	52
รูปที่ 2-20	โครงสร้างการใช้งานของ Adhesive และ Stiffener บน FPC.....	53
รูปที่ 2-21	โครงสร้าง DF (Dry Film).....	54

	หน้า
รูปที่ 2-22	โครงสร้างการใช้งาน Cushion บน FPC..... 55
รูปที่ 2-23	โครงสร้างวงจรมีพษนิคองไ้ที่มีเส้นลยวงจรหน้าเดยว (Single side product)..... 55
รูปที่ 2-24	โครงสร้างวงจรมีพษนิคองไ้ที่มีเส้นลยวงจรหน้าเดยว แต่มีตัวนำไฟฟ้า 2 ด้าน(Double access product)..... 56
รูปที่ 2-25	โครงสร้างวงจรมีพษนิคองไ้ที่มีเส้นลยวงจร 2 ด้าน (Double side product)..... 56
รูปที่ 2-26	โครงสร้างวงจรมีพษนิคองไ้ที่มีเส้นลยวงจรหน้าเดยว (Single side product)..... 57
รูปที่ 3-1	ส่วนประกอบโครงสร้างของ CL (Cover Lay) และแผ่นทองแดง (Copper clad laminates)..... 67
รูปที่ 3-2	ภาพตัดขวางของวงจรมีพษนิคองไ้ที่มีเส้นลยวงจรหน้าเดยว (Single side product) หลังผ่านกระบวนการอบคงรูป (Curing process)..... 67
รูปที่ 3-3	เครื่องHydraulic Hot Press Machine..... 68
รูปที่ 3-4	ตัวอย่างโครงสร้างของวัสดุช่วยในการกดอัด (Cushion Material) กรณีย วงจรมีพษนิคองไ้ที่มีเส้นลยวงจรหน้าเดยว (Single side product)..... 69
รูปที่ 3-5	โครงสร้างการเตรียมและจัดเรียงชั้นงาน (Lay up material structure) 1 ชั้น งานหรือ 1 Layer..... 70
รูปที่ 3-6	โครงสร้างการเตรียมและจัดเรียงชั้นงานเพื่อนำเข้าเครื่อง Hot Press Machine 1 รอบการทำงาน 70
รูปที่ 3-7	ขั้นตอนกระบวนการอบคงรูป (Curing process) ของวงจรมีพษนิคองไ้ ที่มีเส้นลยวงจรหน้าเดยว (Single side product)..... 72
รูปที่ 3-8	ตัวอย่างการติด Stiffener ชนิดต่างๆบนวงจรมีพษนิคองไ้..... 73
รูปที่ 3-9	ข้อมูลปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์วงจรมีพษนิคองไ้ที่มีเส้นลยวงจร หน้าเดยว (Single side product) แยกตามประเภทของการอบคงรูป (Curing Type)..... 76

รูปที่ 3-10	สัดส่วนปริมาณของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของวงจรมิพพ์ชนิด งอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) ในช่วงเดือน มกราคมถึงมิถุนายน 2555 แยกตามประเภทของการอบคงรูป (Curing Type).....	76
รูปที่ 3-11	ข้อมูลปริมาณของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของผลิตภัณฑ์วงจรมิพพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) แยกตาม ประเภทของการอบคงรูป (Curing Type).....	77
รูปที่ 3-12	ข้อมูลสัดส่วนปริมาณของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของผลิตภัณฑ์วงจรมิพพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) แยก ตามประเภทของการอบคงรูป (Curing Type).....	77
รูปที่ 3-13	ประเภทของการอบคงรูป (Curing Type) ผลิตภัณฑ์วงจรมิพพ์ชนิดงอได้ที่มี เส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product).....	78
รูปที่ 4-1	กราฟ Attribute Agreement ของการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของผลิตภัณฑ์วงจรมิพพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product).....	89
รูปที่ 4-2	กราฟ Attribute Agreement หลังการปรับปรุงระบบของการตรวจสอบ ข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของผลิตภัณฑ์วงจรมิพพ์ชนิดงอ ได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product).....	95
รูปที่ 4-3	แผนภูมิ p ข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือน มิถุนายน 2555.....	100
รูปที่ 4-4	แผนภูมิ p ข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ในช่วงเดือนสิงหาคม 2555....	101
รูปที่ 4-5	แผนภูมิ p ข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ในช่วงเดือนกรกฎาคมและ สิงหาคม 2555.....	103
รูปที่ 4-6	แผนภูมิ p ข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ในช่วงเดือนมกราคมถึง สิงหาคม 2555.....	104
รูปที่ 4-7	ข้อมูลสัดส่วนปริมาณของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของผลิตภัณฑ์วงจรมิพพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว แยกตามประเภทของการ อบคงรูป (Curing Type).....	105

หน้า

รูปที่ 4-8	ข้อมูลสัดส่วนปริมาณของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555.....	106
รูปที่ 4-9	แผนภาพกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ MC-101 และการกำหนดจุดตรวจสอบ.....	108
รูปที่ 4-10	วิธีการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทรอยบุบในรูปของชิ้นงานแผ่นใหญ่และตัวอย่างการระบุสัญลักษณ์ในตำแหน่งที่พบรอยบุบ.....	110
รูปที่ 4-11	ข้อมูลปริมาณรอยบุบที่ตรวจพบบนวงจรมิพพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว แยกตามจุดตรวจสอบ.....	111
รูปที่ 4-12	ข้อมูลปริมาณรอยบุบบนวงจรมิพพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) แยกตำแหน่งที่พบบนผลิตภัณฑ์.....	112
รูปที่ 4-13	แหล่งสาเหตุของการเกิดรอยบุบบนวงจรมิพพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) ที่กระบวนการ CURCS.....	113
รูปที่ 4-14	แผนภาพกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ MC-101 และการกำหนดกรอบของปัญหา.....	114
รูปที่ 4-15	ข้อมูลสัดส่วนปริมาณของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของของผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555.....	115
รูปที่ 4-16	แผนภาพกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ PV-125 และการกำหนดจุดตรวจสอบในการเก็บข้อมูล.....	117
รูปที่ 4-17	ข้อมูลปริมาณรอยบุบที่ตรวจพบบนวงจรมิพพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว แยกตามจุดตรวจสอบ.....	119
รูปที่ 4-18	ข้อมูลปริมาณรอยบุบบนวงจรมิพพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) แยกตำแหน่งที่พบบนผลิตภัณฑ์.....	120
รูปที่ 4-19	แหล่งสาเหตุของการเกิดรอยบุบบนวงจรมิพพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) ที่กระบวนการ CURCS-G.....	121
รูปที่ 4-20	แผนภาพกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ PV-125 และการกำหนดกรอบของปัญหา.....	122
รูปที่ 4-21	แผนภาพสาเหตุและผล ในการระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้ของการเกิดรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV).....	124
รูปที่ 4-22	ระดับความสัมพันธ์ของปัจจัย.....	127

รูปที่ 4-23	เรียงลำดับตามความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) จากการวิเคราะห์ FMEA.....	132
รูปที่ 5-1	โครงสร้างของวัสดุช่วยในการกดอัด (Cushion Material) วงจรพิมพ์ชนิดจอได้ที่กระบวนการ CURCS และ CURCS-G.....	137
รูปที่ 5-2	การขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) ด้วยกระดาษทราย.....	137
รูปที่ 5-3	ตัวอย่างของเศษสิ่งแปลกปลอมที่ติดบนแผ่นเหล็ก.....	138
รูปที่ 5-4	วิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก	138
รูปที่ 5-5	แผนภาพ SIPOC ของกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 1 CURCS.....	139
รูปที่ 5-6	แผนภาพ SIPOC ของกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 2 CURG.....	140
รูปที่ 5-7	ข้อมูลแสดงจำนวนเฉลี่ยของเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film.....	150
รูปที่ 5-8	ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film.....	151
รูปที่ 5-9	ตัวอย่างเม็ดฝุ่นบนแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film.....	152
รูปที่ 5-10	ตัวอย่างรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ที่มีสาเหตุมาจากเม็ดฝุ่นแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film.....	152
รูปที่ 5-11	ความสัมพันธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film และ% ของโอกาสการเกิดสัดส่วนของเสียประเภทรอยบุบ Dent COV.....	155
รูปที่ 5-12	ผังกระบวนการและของจุดติดตั้งพัดลมระบายอากาศ (Exhaust Fan).....	156
รูปที่ 6-1	ตัวอย่างสิ่งสกปรกที่ติดบนแผ่นเหล็กก่อนทำการขัดแผ่นเหล็ก.....	161
รูปที่ 6-2	ตัวอย่างรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ที่มีสาเหตุมาสิ่งสกปรกบนแผ่นเหล็ก.....	161
รูปที่ 6-3	คราบและเศษผงจากการขัดแผ่นเหล็กด้วยกระดาษทราย.....	161
รูปที่ 6-4	วิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate) ก่อนการปรับปรุง.....	164
รูปที่ 6-5	วิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate) หลังการปรับปรุง.....	165

	หน้า
รูปที่ 6-6	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความสะอาดแผ่นเหล็กหลังการปรับปรุง..... 167
รูปที่ 6-7	ตัวอย่างของสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน..... 168
รูปที่ 6-8	ตัวอย่างของชุด Vacuum แบบง่ายในการช่วยจับยึดชิ้นงาน..... 171
รูปที่ 6-9	แผนภาพการวิเคราะห์ Why-why analysis ในการระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุของปัญหาเสษกาวและเสษSTF GE ติดบนชิ้นงาน..... 172
รูปที่ 6-10	ฝุ่นที่ตัวกรองอากาศ (Filter) ด้านล่างของเครื่องปรับอากาศ..... 177
รูปที่ 7-1	แผนภูมิ p ซ็อกบรื่องประเภท Dent (COV) ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555..... 184
รูปที่ 7-2	แผนภูมิ p ซ็อกบรื่องประเภท Dent (COV) ในช่วงเดือนมีนาคม 2555..... 184
รูปที่ 7-3	ข้อมูลสัดส่วนของเสียบบรื่องประเภท Dent (COV) ตั้งแต่ช่วงมกราคม 2555 ถึงเดือนมีนาคม 2556..... 185
รูปที่ 7-4	ข้อมูลแสดงมูลค่าของความสูญเสียที่ลดลง..... 185

บทที่ 1

บทนำ

การประกอบธุรกิจในสภาวะปัจจุบัน ต้องเผชิญกับความท้าทายจากความผันผวนของอัตราแลกเปลี่ยน วิกฤตด้านต้นทุนการผลิต และสงครามการต่อรองราคา ซึ่งเป็นแรงผลักดันให้องค์กรต่างๆ จำเป็นต้องเร่งดำเนินการปรับปรุง ทั้งในส่วนของการพัฒนาเทคโนโลยี การพัฒนาผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงกระบวนการผลิต และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการปรับปรุงด้านคุณภาพ

แนวทางและกระบวนการพัฒนาปรับปรุงคุณภาพนั้นมีการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนเป็นที่ยอมรับและรู้จักกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน มีอยู่ด้วยกันหลายแนวทางอาทิเช่น ISO9000Series, TQM, Lean Manufacture, Just in time, TPM, Balance Scorecard และSix Sigma ในการดำเนินการพัฒนานั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและการประยุกต์ใช้ในแต่ละองค์กร

สำหรับ โรงงานกรณีศึกษาเป็น โรงงานผลิตวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ (Flexible Printed Circuits) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีอัตราการเติบโตและการแข่งขันสูง ได้มีนโยบายเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันและรักษาส่วนแบ่งทางการตลาด ด้วยการส่งเสริมให้องค์กรดำเนินการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continuous improvement) และมีความต้องการที่จะนำแนวคิดซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) ซึ่งเป็นเทคนิคที่มุ่งลดต้นทุนของความด้อยคุณภาพ (Cost of Poor Quality - COPQ) และช่วยค้นหาปัญหาที่ซ่อนเร้น (Hidden factory) มาประยุกต์ใช้ในองค์กร เพื่อมุ่งสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้าสูงสุดในขณะที่มีข้อบกพร่องที่ทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พึงพอใจน้อยที่สุด

1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาเป็น โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ในส่วนของธุรกิจวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ (Flexible Printed Circuits) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เริ่มต้น (Initial product) ของอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่นตัวไอซี ตัวเก็บประจุ ตัวต้านทาน และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เพื่อนำไปประกอบเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ยกตัวอย่างเช่น โทรศัพท์มือถือ กล้องดิจิทัล เครื่องถ่ายเอกสาร ฯลฯ ด้วยคุณสมบัติของวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีความยืดหยุ่น มีขนาดบาง น้ำหนักเบา มีความทนทาน ทั้งยังสามารถออกแบบให้มีรูปร่างลักษณะและขนาดได้ตรงตามที่ถูกสั่งการ จึงถูกนำมาใช้แทนสายไฟและวงจรพิมพ์ไฟฟ้าชนิดแข็ง

(Printed Circuits Board) ทำให้ธุรกิจผลิตวงจรพิมพ์ไฟฟ้าเข้ามามีบทบาทสำคัญและเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โรงงานกรณีศึกษาที่มีที่ตั้งในประเทศไทย ทั้งหมด 3 แห่งอันได้แก่

- ก. โรงงานสาขานวนคร ตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมนวนคร จังหวัดปทุมธานี
- ข. โรงงานสาขาปราจีนบุรี ตั้งอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี
- ค. โรงงานสาขาอยุธยา ตั้งอยู่ในสวนอุตสาหกรรมโรจนะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

โดยโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาในครั้งนี้คือสาขานวนคร ตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมนวนคร จังหวัดปทุมธานี ผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษาแบ่งตามลักษณะ โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทหลัก คือ

- ก. วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product)

เส้นลายวงจรจะมีขนาดเล็ก มีความอ่อนตัวสูงทำให้ง่ายต่อการโค้งงอ โดยนำไปใช้เป็น ส่วนประกอบของเครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องใช้ทางอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป รวมถึงระบบไฟในรถยนต์

- ข. วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว แต่มีตัวนำไฟฟ้า 2 ด้าน

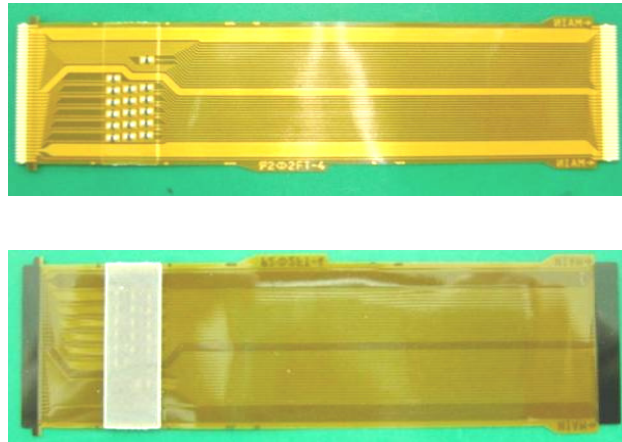
(Double access product) โดยใช้ Cover lay film (CL) เป็นฐานให้แก่ตัวนำไฟฟ้า ทำให้มีขนาดบาง และมีความอ่อนตัวสูงมาก โดยนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ทาง อิเล็กทรอนิกส์ในส่วนที่ต้องอาศัยความโค้งงอมาก เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทมอเตอร์

- ค. วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจร 2 ด้าน (Double side product) ซึ่งระหว่าง

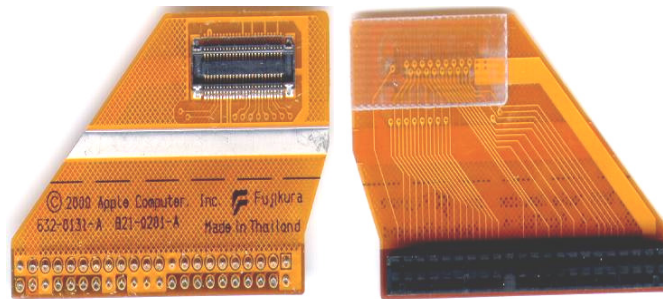
เส้นลายวงจรทั้ง 2 ด้านจะมีแผ่นพลาสติกบางๆที่ทำหน้าที่เป็นฐานให้กับเส้นลายวงครั้นอยู่ ทำให้ ต้องผ่านกระบวนการเคลือบทองแดงภายในรูของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ทองแดงซึ่งเป็นเส้นลายวงจร ทั้ง 2 ด้านเชื่อมกันเพื่อให้กระแสไฟฟ้าสามารถผ่านได้ แต่จะมีความอ่อนตัวน้อยกว่าวงจรพิมพ์ชนิด งอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) โดยวงจรพิมพ์ไฟฟ้าชนิดนี้ถูกนำไปใช้ใน ผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีเทคโนโลยีสูงเช่น โทรศัพท์มือถือ กล้องดิจิทัล พรีนเตอร์ และอื่นๆ

- ง. วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจร 3 ชั้นขึ้นไป (Multilayer product) ถูก

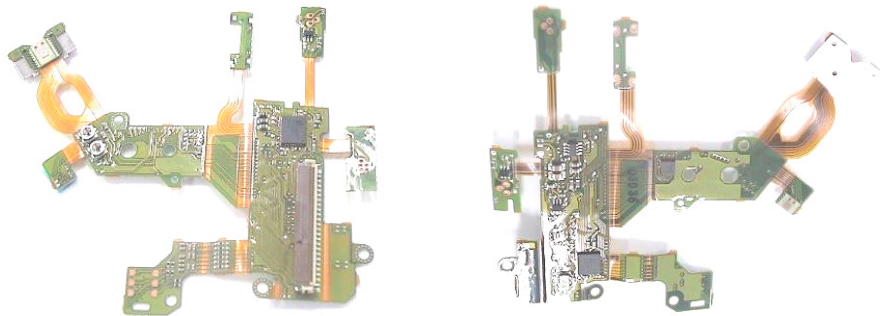
นำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์เทคโนโลยีสูงและซับซ้อนขึ้นเช่น อุปกรณ์ในคอมพิวเตอร์ ฮาร์ดดิสก์ ไดรฟ์



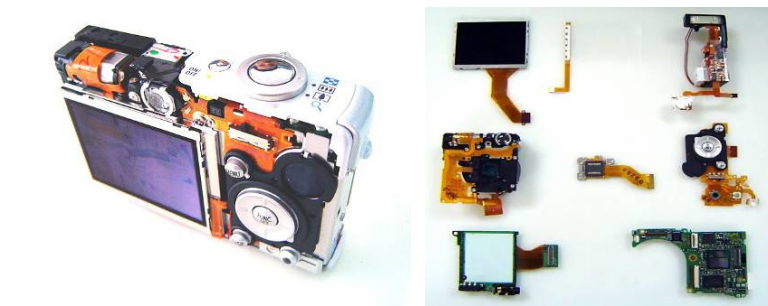
รูปที่ 1-1 ตัวอย่างวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product)



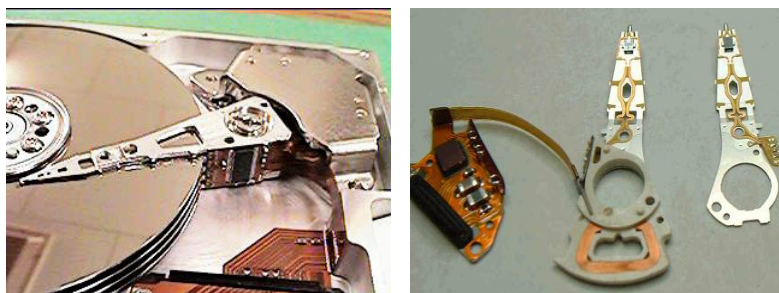
รูปที่ 1-2 ตัวอย่างวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจร 2 ด้าน (Double side product)



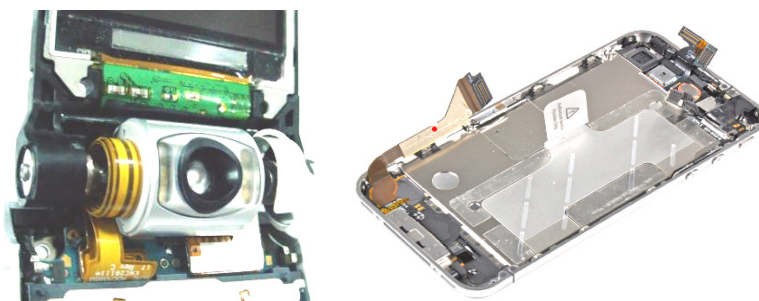
รูปที่ 1-3 ตัวอย่างวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจร 3 ชั้นขึ้นไป (Multilayer product)



รูปที่ 1-4 ตัวอย่างการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้เป็นส่วนประกอบในกล้องดิจิทัล



รูปที่ 1-5 ตัวอย่างการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้เป็นส่วนประกอบในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์



รูปที่ 1-6 ตัวอย่างการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้เป็นส่วนประกอบในโทรศัพท์เคลื่อนที่

กระบวนการผลิตวงจรพิมพ์ชนิดนี้ได้ ประกอบไปด้วย 5 กระบวนการหลัก ซึ่งในแต่ละกระบวนการหลักจะมีกระบวนการย่อยๆ อยู่ภายใน และผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นจะใช้กระบวนการผลิตย่อยที่แตกต่างกันขึ้นกับคุณสมบัติและโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ ตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งมีรายละเอียดโดยย่อดังนี้

ก. กระบวนการขึ้นรูปเส้นลายวงจร (Circuits forming process) เพื่อสร้างเส้นลายวงจรด้วยการถ่ายแบบและกัดขึ้นรูปด้วยสารเคมี มีกระบวนการย่อยดังนี้

1. กระบวนการเจาะทองแดงด้วยระบบคอมพิวเตอร์ (Computer numerical control process) เพื่อเจาะชิ้นงานให้ทะลุถึงกันทั้งด้านบนและด้านล่าง ซึ่งเมื่อชิ้นงานผ่านการเคลื่อนทองแดงแล้วกระแสไฟฟ้าสามารถวิ่งจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้

2. กระบวนการเชื่อมต่อพื้นที่ภายในรูด้วยสารเคมีและกระแสไฟฟ้า (Plate through hole process) เพื่อเชื่อมต่อทองแดงภายในรูให้เชื่อมติดกันระหว่างทองแดงด้านบนและด้านล่าง เพื่อให้กระแสไฟฟ้าสามารถวิ่งผ่านถึงกันได้

กระบวนการที่ 1 และ 2 นี้ จะใช้สำหรับวงจรพิมพ์ไฟฟ้าที่มีเส้นลายวงจร 2 ด้าน และวงจรพิมพ์ไฟฟ้าที่มีเส้นลายวงจร 3 ชั้นขึ้นไปเท่านั้น

3. กระบวนการทำความสะอาดทองแดง (Material scrubbing process) เพื่อทำความสะอาดผิวหน้าทองแดงด้วยสารเคมี เพื่อล้างเศษฝุ่น คราบสกปรกที่ติดบนผิวหน้าทองแดง แล้วยังเป็นการกัดผิวหน้าทองแดงให้ขรุขระเล็กน้อย เพื่อเตรียมผิวหน้าทองแดงให้ยึดแน่นติดกับแผ่นครายฟิล์ม ในกระบวนการถัดไป

4. กระบวนการติดครายฟิล์ม (Dry Film Laminate Process) เป็นการติดแผ่นครายฟิล์มที่มีคุณสมบัติไวต่อแสง UV ลงบนแผ่นทองแดง เพื่อนำไปถ่ายแบบเส้นลายวงจรในกระบวนการถัดไป

5. กระบวนการถ่ายแบบลายวงจรบนครายฟิล์ม (Exposure process) เป็นการถ่ายภาพลายวงจรจากฟิล์มแม่แบบ (Master film) ลงบนครายฟิล์ม แสงที่ใช้ในการถ่ายแบบจะเป็นแสง UV (Ultra violet) ซึ่งฟิล์มแม่แบบจะมีทั้งส่วนที่บดแสง และ โปร่งแสง เมื่อฉายแสงลงบนฟิล์มแม่แบบ ส่วนที่โปร่งแสง จะทำให้ครายฟิล์มแข็งตัว และจะมีสีเข้ม ส่วนฟิล์มแม่แบบส่วนที่บดแสง แสง UV จะไม่สัมผัสกับครายฟิล์มจึงทำให้แผ่นครายฟิล์มบริเวณนั้นจะเป็นสีอ่อน กระบวนการล้างแผ่นครายฟิล์มที่ไม่ถูกแสงด้วยสารละลายล้าง (Development process) เป็นการล้างแผ่นครายฟิล์มที่ไม่ถูกแสงออกด้วยสารละลายล้าง และจะคงไว้ซึ่งครายฟิล์มส่วนที่ถูกแสง ในตำแหน่งที่ล้างครายฟิล์มออกจะเห็นทองแดง

6. กระบวนการกัดเส้นลายวงจรด้วยสารเคมี (Etching process) กระบวนการนี้จะทำงาน 2 หน้าที่ คือ

1. การกัดทองแดง (Etching) ในส่วนที่ไม่มีทรายฟิล์มออก ด้วยสารละลายกรด จนเหลือแต่เบสฟิล์ม (Base film)

2. การลอกทรายฟิล์มส่วนที่ถูกแสงออก (Stripping) ด้วยสารละลายต่าง เมื่อทรายฟิล์มถูกลอกออกแล้ว จะเห็นเป็นทองแดง ซึ่งเป็นเส้นลายวงจรที่สมบูรณ์

7. กระบวนการทำความสะอาดเส้นลายวงจร (Circuits scrubbing process) เพื่อล้างสารเคมีหรือคราบสกปรกต่างๆที่ตกค้างบนผิวลายวงจรให้สะอาด ก่อนที่จะนำไปเคลือบผิวลายวงจรในกระบวนการต่อไป

ข. กระบวนการเคลือบเส้นลายวงจร (Cover coat process)

1. กระบวนการปิดผิวหน้าทองแดงบริเวณที่ไม่ได้ใช้งานด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนกันไฟฟ้า กระบวนการติด Cover Lay (Cover lay laminate process) เป็นการปิดผิวหน้า บริเวณที่ไม่ได้ใช้งาน (บริเวณที่ไม่ต้องชุบทองแดงหรือตะกั่ว) เพื่อป้องกันการเกิดสนิม (Rust) และป้องกันการเกิดลัดวงจร (Short) ด้วยการติด CL (Cover lay film) ซึ่งเป็นวัสดุฉนวนที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันไฟฟ้า ทั้งยังมีความทนทาน มีความยืดหยุ่นสูง และทำหน้าที่ช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับแผ่นทองแดง

2. กระบวนการอบคงรูป (Curing process) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนและแรงดันสูงเพื่อหลอมละลายกาวของ Cover lay film ให้ยึดติดกับแผ่นทองแดง (Copper clad laminates) อย่างถาวรอากาศไม่สามารถแทรกผ่านเข้าไปได้ Cover lay film ได้ทำให้เส้นลายวงจรไม่เกิดสนิม โดยเมื่อเสร็จจากกระบวนการนี้จะได้ผลิตภัณฑ์วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีความยืดหยุ่นสูง

3. กระบวนการติด Stiffener (Stiffener lamination process) เป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้แก่วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ในส่วนที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งโดยส่วนมากจะเป็นบริเวณที่ลูกค้าต้องการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆหรือบริเวณที่จะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ของลูกค้า (Connector finger)

ค. กระบวนการเคลือบผิวหน้าทองแดง (Surface treatment process) เพื่อเคลือบผิวหน้าทองแดงด้วย ทอง ตะกั่ว หรือสารป้องกันสนิมตามการใช้งานของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

1. กระบวนการเคลือบผิวหน้าทองแดงด้วยตะกั่ว (Solder plating process) โดยการใช้กระแสไฟฟ้า กับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นสารละลายผสมของตะกั่ว ซึ่งตะกั่วจะเข้าไปเคลือบผิวหน้าทองแดง ในบริเวณที่ลูกค้าต้องการใช้งาน โดยนำไป เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ของลูกค้า (Connector finger) หรือนำไปบัดกรีวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆลง ไปบนผิวหน้าตัวนำ

2. กระบวนการเคลือบผิวหน้าทองแดงด้วยทอง (Gold plating process) โดยการใช้กระแสไฟฟ้า กับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นสารละลายผสมของทอง ซึ่งทองจะเข้าไปเคลือบผิวหน้าทองแดง การนำไปใช้งานเหมาะที่จะใช้ต่อเข้ากับงานอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการตัวนำกระแสไฟฟ้าที่ดี

3. .เคลือบผิวหน้าทองแดงด้วยสารป้องกันสนิม (Anti-Tarnish treatment process) เป็นการเคลือบสารป้องกันสนิมลงบนผิวหน้าทองแดง การเคลือบผิวหน้านี้ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปเชื่อมต่อกับตัว IC หรือตัวคอมพิวเตอร์

ง. กระบวนการผลิตขั้นตอนสุดท้าย (Final process) เป็นการตัดชิ้นงานเป็นรูปร่าง ตรวจสอบการทำงานของวงจรไฟฟ้า ประกอบชิ้นส่วนเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ผลิตภัณฑ์ และทำการตรวจสอบชิ้นงานขั้นสุดท้าย

1. กระบวนการเจาะ Hole guide (Pilot hole punching process) ทำการเจาะรูสำหรับให้ Pin ของเครื่องจักรในกระบวนการถัดไปใช้งานซึ่งจะช่วยยึดชิ้นงานไม่ให้คลาดเคลื่อนจากตำแหน่งที่กำหนด

2. กระบวนการตัดชิ้นงาน (VIC cut process) ทำการตัดแบ่งผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นแผ่นขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงเพื่อสะดวกต่อการทำงานในกระบวนการถัดไป

3. กระบวนการเจาะชิ้นงาน (Piercing process) กระบวนการเจาะและตัดพื้นที่บางส่วนที่ไม่ต้องการออก

4. กระบวนการตัดชิ้นงาน (Blanking process) ให้เป็นรูปร่างลักษณะตามที่ลูกค้าต้องการ

5. กระบวนการติดหรือประกอบวัสดุเพิ่มความแข็งแรง (Laminate adhesive & stiffener process) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้แก่วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ในส่วนที่ลูกค้าต้องการ

6. กระบวนการตรวจสอบเส้นลายนวงจร โดยเครื่องจักร (Open-short test process) เพื่อตรวจสอบเส้นลายนวงจรว่ามีวงจรไม่สมบูรณ์กระแสไฟฟ้าไม่ไหลผ่าน (Open) หรือเกิดการลัดวงจร (Short) หรือไม่

7. กระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Final inspection process) ทำการตรวจสอบด้วยสายตา เพื่อหาข้อบกพร่องต่างๆของผลิตภัณฑ์

จ. กระบวนการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Surface Mount Technology process) เพื่อวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนวงจรพิมพ์ไฟฟ้าด้วยเครื่องจักร

1. กระบวนการพิมพ์ตะกั่ว (Printing process) เป็นกระบวนการพิมพ์ตะกั่วแบบเหลวลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ไฟฟ้า โดยการใช้เครื่องจักรเพื่อทำหน้าที่เชื่อมระหว่างขั้วไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ให้ยึดติดกับวงจรพิมพ์ไฟฟ้า

2. กระบวนการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Mounting process) เป็นกระบวนการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนวงจรพิมพ์ไฟฟ้าที่ผ่านกระบวนการพิมพ์ตะกั่วแล้ว โดยตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์จะตรงกับตำแหน่งที่พิมพ์ตะกั่วแบบเหลว

3. กระบวนการหลอมตะกั่ว (Reflow soldering process) เป็นกระบวนการผ่านความร้อนเพื่อให้ตะกั่วหลอมละลายในสภาวะที่เหมาะสม เพื่อให้การเชื่อมระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กับวงจรพิมพ์ไฟฟ้ามีความแข็งแรงต่อแรงภายนอก

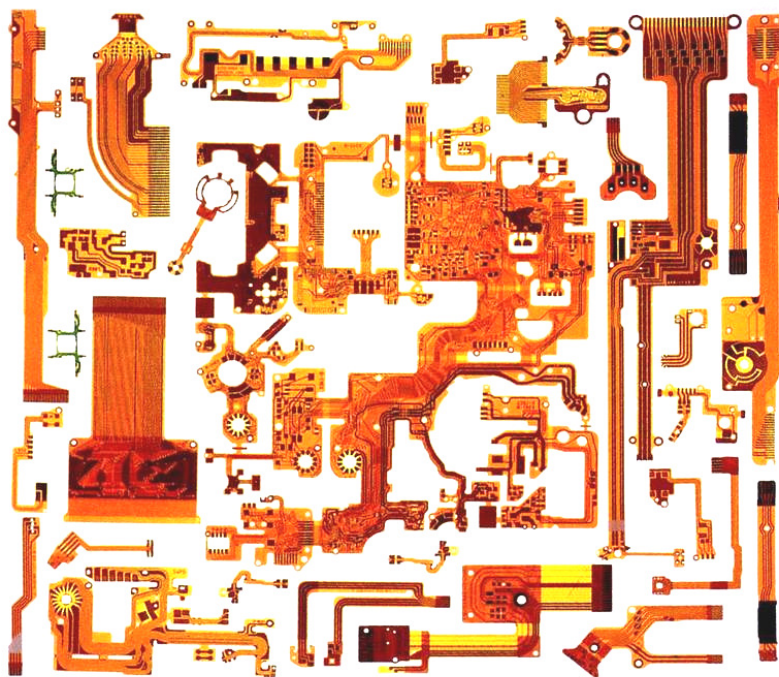
4. กระบวนการตัดชิ้นงาน (Blanking process) ให้เป็นรูปร่างลักษณะตามที่ลูกค้าต้องการ

5. กระบวนการติดหรือประกอบวัสดุเพิ่มความแข็งแรง (Laminate adhesive & stiffener process) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้แก่วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ในส่วนที่ลูกค้าต้องการ

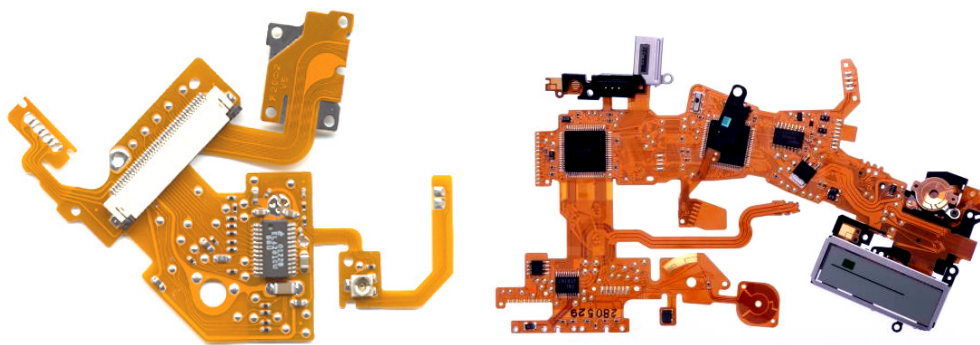
6. กระบวนการตรวจสอบชิ้นงานด้วยกระแสไฟฟ้า (Electrical & Functional test) จะทำการทดสอบชิ้นงานหลังจากผ่านการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนผลิตภัณฑ์ เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของ จุดเชื่อมต่อ มีวงจรไม่สมบูรณ์กระแสไฟฟ้าไม่ไหลผ่าน (Open) หรือเกิดการลัดวงจร (Short) หรือไม่ และการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ถูกต้องตรงตามที่ลูกค้ากำหนด

7. การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน (Inspection process) จะทำการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานด้วยสายตา เพื่อดูข้อบกพร่อง (Defect) ที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานและสามารถตัดสินใจได้ว่าชิ้นงานนี้เป็นของดี (Good) หรือของเสีย (Reject)

โดยผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปของโรงงานกรณีศึกษาแบ่งเป็น 2 ประเภทหลักคือ วงจรพิมพ์ชนิดงอได้แบบเปลือย (Bare Flexible Printed Circuits) และ วงจรพิมพ์ไฟฟ้า ชนิดอ่อนพร้อมอุปกรณ์ (SMT Flexible Printed Circuits)



รูปที่ 1-7 ตัวอย่างวงจรพิมพ์ชนิดงอได้แบบเปลือย (Bare Flexible Printed Circuits)



รูปที่ 1-8 ตัวอย่างวงจรพิมพ์ชนิดงอได้พร้อมอุปกรณ์ (SMT Flexible Printed Circuits)

1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการผลิตวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ หลังจากทีแผ่นทองแดง CCL (Copper clad laminates) ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักผ่านกระบวนการขึ้นรูปเส้นลายวงจร (Circuits forming process) เพื่อสร้างเส้นลายวงจรบนแผ่นทองแดงเรียบร้อยแล้ว ต้องเข้าสู่กระบวนการเคลือบเส้นลายวงจร (Cover coat process) เพื่อเคลือบปิดผิวหน้าทองแดงบริเวณที่ไม่ได้ใช้งานเพื่อป้องกันการเกิดสนิม (Rust) และป้องกันการเกิดลัดวงจร (Short circuit) ด้วยการติด CL (Cover lay film) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันไฟฟ้า ทั้งยังมีความทนทาน มีความยืดหยุ่นสูง และทำหน้าที่ช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับแผ่นทองแดง โดยใช้กระบวนการอบคงรูป (Curing process) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนและแรงดันสูงเพื่อหลอมละลายกาวของ CL ซึ่งเป็นกาวที่ต้องใช้ความร้อนในการหลอมละลาย (Thermo setting adhesive) กาวจะแข็งตัวหรืออยู่ตัวหลังจากผ่านความร้อนสูงเท่านั้น กระบวนการอบคงรูปจะทำให้ CL ยึดติดกับแผ่นทองแดง CCL อย่างถาวรป้องกันไม่ให้อากาศสามารถแทรกผ่านเข้าไปได้ ทำให้เส้นลายวงจรไม่เกิดสนิม โดยเมื่อเสร็จจากกระบวนการนี้จะได้ผลิตภัณฑ์วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีความยืดหยุ่นสูง ที่มีความแข็งแรงขึ้น และพร้อมจะผ่านไปสู่วกระบวนการผลิตขั้นต่อไปตามแต่คุณสมบัติและลักษณะที่ลูกค้าต้องการ

นอกจากกระบวนการอบคงรูป (Curing process) จะทำหน้าที่หลอมละลายกาวของ CL ให้ยึดติดกับแผ่นทองแดง CCL อย่างถาวรแล้ว ยังรวมถึงการยึดติดวัสดุเสริมความแข็งแรง (Stiffener) อื่นๆตามตำแหน่งที่ลูกค้าต้องการบนผลิตภัณฑ์ แต่ด้วยความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีความกว้างของเส้นลายวงจร ความหนาของแผ่นทองแดง รวมถึงชนิดและความหนาของวัสดุเสริมความแข็งแรง (Stiffener) ทำให้ในกระบวนการอบคงรูปต้องใช้เงื่อนไขในการทำงาน (Condition) อันได้แก่อุณหภูมิ เวลา ความดันหรือแรงดันที่ใช้ในการอบ รวมถึงโครงสร้างของวัสดุในการช่วยกดอัด (Cushion material) ต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาเงื่อนไขในการทำงาน (Condition) ที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งด้วยข้อจำกัดนี้ทำให้วงจรพิมพ์ไฟฟ้าบางผลิตภัณฑ์ จะผ่านกระบวนการอบคงรูป (Curing process) แค่ 1 ครั้ง บางผลิตภัณฑ์ต้องผ่าน 2 หรือ 3 ครั้ง โดยประเภทการอบคงรูป (Curing Type) สามารถจัดได้เป็น 2 กลุ่มหลักคือ

ก. กลุ่ม Curing ครั้งที่ 1 (CUR1) เป็นการอบคงรูปเพื่อให้ CL ติดกับ CCL อย่างถาวรป้องกันไม่ให้อากาศสามารถแทรกผ่านเข้าไปได้ ทำให้เส้นลายวงจรไม่เกิดสนิม ซึ่งแบ่งย่อยได้ 4 ประเภทแยกตามชนิดของวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ได้ดังนี้

1. การอบคงรูปสำหรับวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) เพื่อให้ CL ติดกับ CCL เรียกว่า CURCS (Single side cover lay curing)
2. การอบคงรูปวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว แต่สามารถนำ

ไฟฟ้า 2 ด้าน (Double access product) เพื่อให้ CL ซึ่งใช้ทำหน้าที่แทน Base film ให้ติดกับ CCL เรียกว่า CURBS (Base film curing)

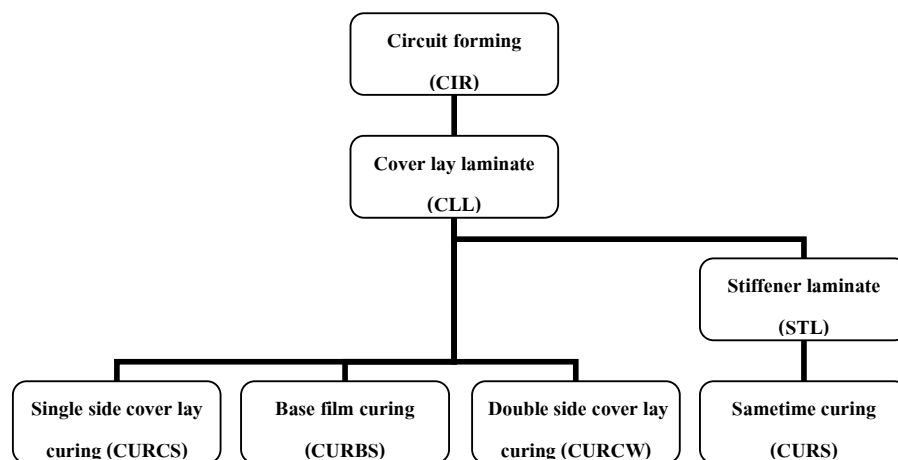
3. การอบคงรูปสำหรับวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจร 2 ด้าน (Double side product) เพื่อให้ CL ติดกับ CCL เรียกว่า CURCW (Double side cover lay curing)

4. การอบคงรูปสำหรับวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่ต้องการให้ CL ติดกับ CCL และ Stiffener ด้วย ซึ่งคือการทำ Cover lay curing พร้อมกับ Stiffener curing เรียกว่า CURS (Sametime curing)

ข. กลุ่ม Curing ครั้งที่ 2 ขึ้นไป (CUR2 และ CUR3) เป็นการอบคงรูปเพื่อให้ Stiffener ติดกับวงจรพิมพ์ไฟฟ้าอย่างถาวร ซึ่งเป็นการเพิ่มความแข็งแรงตามตำแหน่งที่ถูกค้ำต้องการ ซึ่งแบ่งย่อยตามชนิดของ Stiffener ได้ 2 ประเภทดังนี้

1. การอบคงรูปสำหรับวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่ต้องการเสริมความแข็งแรงด้วย Stiffener อันได้แก่ SUS Plate, Aluminum, Polyimide Film, PET Film เรียก CURF (Stiffener curing)

2. การอบคงรูปสำหรับวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่ต้องการเสริมความแข็งแรงด้วย Stiffener ประเภท GE (Glass Epoxy) เรียก CURG (GE stiffener curing)



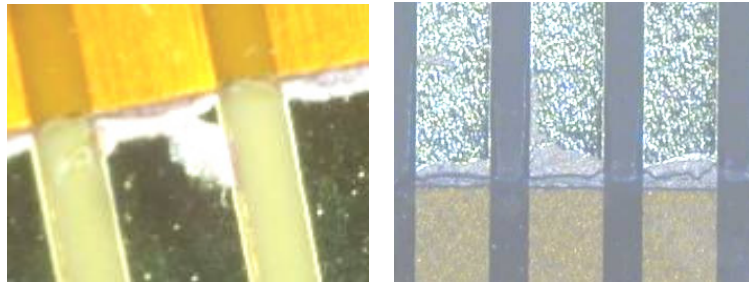
รูปที่ 1-9 การแบ่งประเภทของการอบคงรูป (Curing Type) กลุ่ม CUR1

จากการศึกษาข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ในส่วนของการอบคงรูป (Curing process) พบว่าสามารถแยกลักษณะของข้อบกพร่องได้ 3 ลักษณะคือ

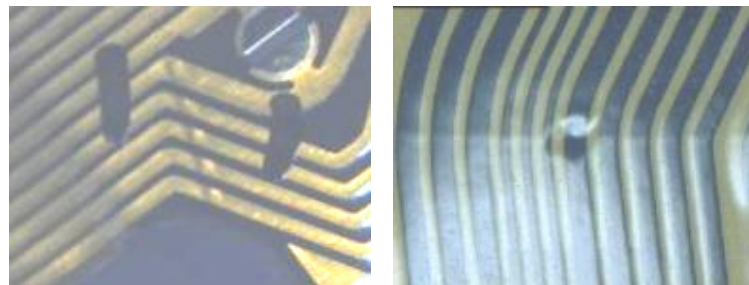
- ก. Bubble คือมีฟองอากาศอยู่ระหว่างชั้น CL & CCL หรือระหว่าง CL และ Stiffener
- ข. ADH Flow คือมีคราบขาวไหลเยิ้มระหว่าง CL กับ Stiffener
- ค. Dent COV คือมีรอยบุบจากการกดอัดด้วยกระบวนการอบคงรูป



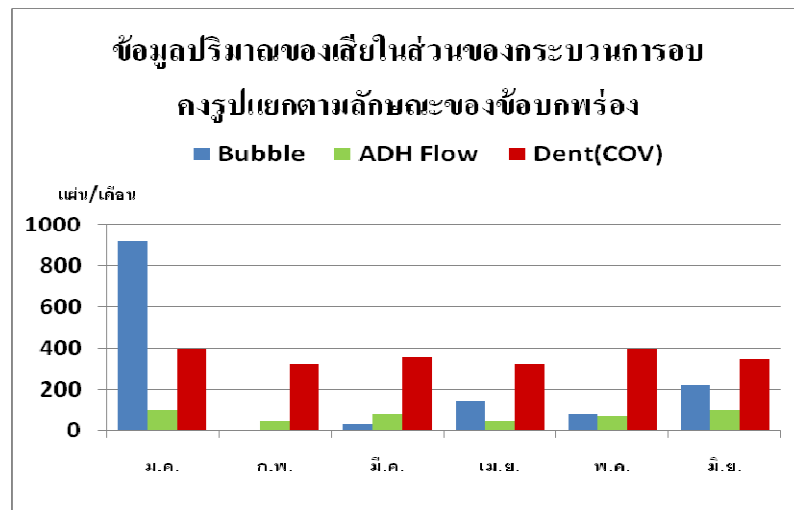
รูปที่ 1-10 ตัวอย่างลักษณะของข้อบกพร่องประเภทฟองอากาศ (Bubble) ระหว่าง CL และ Stiffener



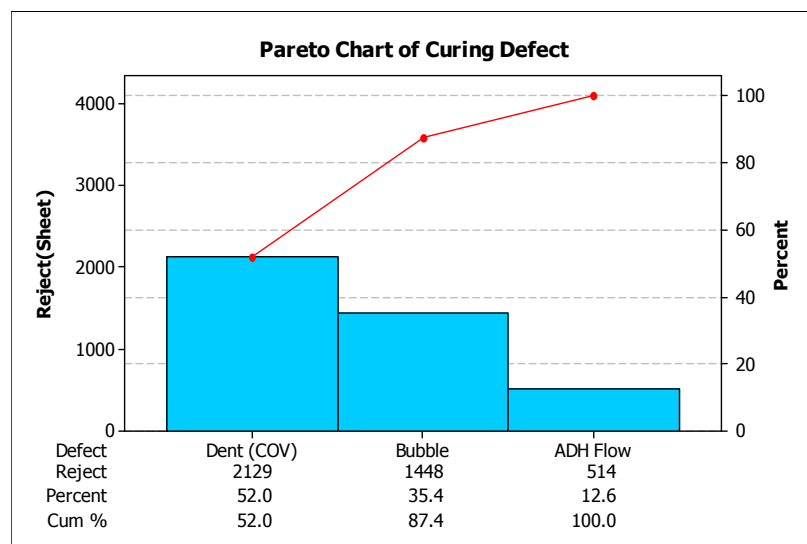
รูปที่ 1-11 ตัวอย่างลักษณะของข้อบกพร่องประเภทคราบขาวไหลเยิ้ม (ADH Flow)



รูปที่ 1-12 ตัวอย่างลักษณะของข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV)



รูปที่ 1-13 ข้อมูลของเสียในแต่ละเดือนของการอบคงรูปแยกตามลักษณะของข้อบกพร่อง

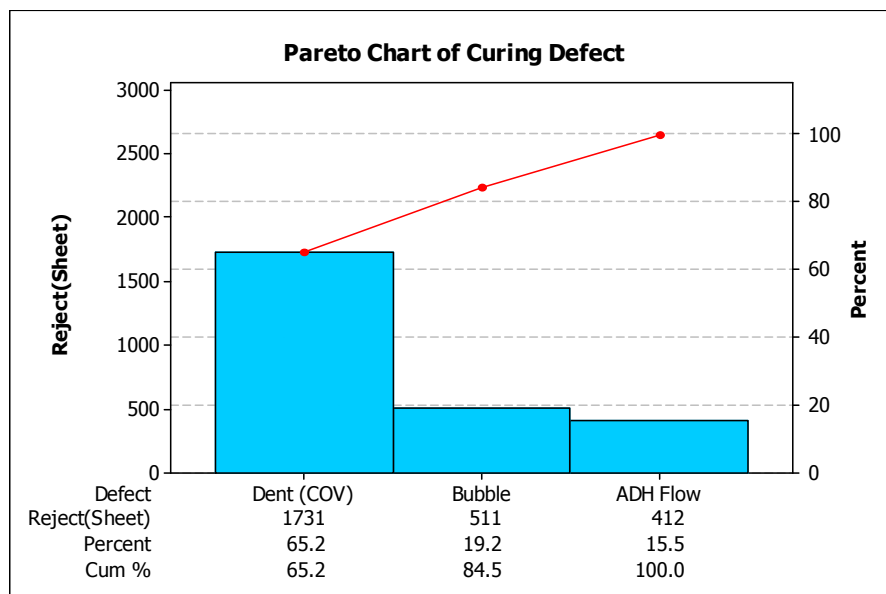


รูปที่ 1-14 สัดส่วนปริมาณของเสียของการอบคงรูปในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายน

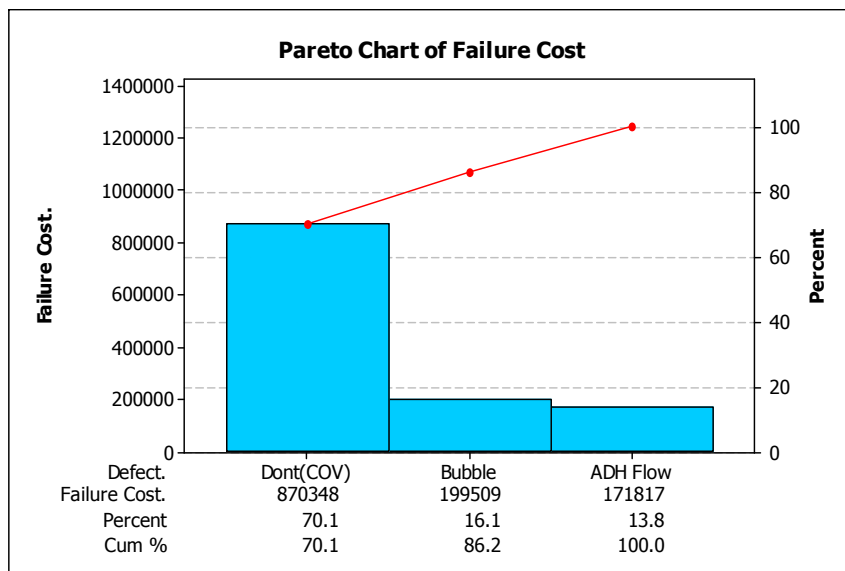
จากการศึกษาข้อมูลของเสียของการอบคงรูป ในช่วงเดือนมกราคม 2555 ถึงเดือนมิถุนายน 2555 ดังรูปที่ 1-13 และรูปที่ 1-14 จะพบว่าข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) มีปริมาณการเกิดของเสียสูงที่สุด เกิดของเสีย 2129 แผ่น คิดเป็น 52 % ของปริมาณของเสียทั้งหมดของการอบคงรูป รองลงมาเป็นข้อบกพร่องประเภทฟองอากาศ (Bubble) เกิดของเสีย 1448 แผ่น คิดเป็น 35.4 % และสุดท้ายเป็นข้อบกพร่องประเภทคราบขาวไหลซึม (ADH Flow) เกิดของเสีย 514 แผ่น คิดเป็น 12.6 % ของปริมาณของเสียทั้งหมดของการอบคงรูป

แต่หากพิจารณาจากรูปที่ 1-13 จะพบว่าในเดือนมกราคม ข้อบกพร่องประเภทฟองอากาศ (Bubble) มีปริมาณการเกิดของเสียสูงมากผิดปกติเมื่อเทียบกับปริมาณการเกิดของเสียในเดือนอื่นๆ ซึ่งจากการศึกษาและวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องประเภทฟองอากาศในช่วงเดือนมกราคมพบว่ามีส่วนสาเหตุมาจากปัญหาด้านวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการคลุมเส้นลายวงจรหรือ CL (Cover lay film) นั้นมีความผิดปกติ โดยปัญหาในส่วนนี้บริษัทผู้ผลิต CL (Cover lay film) ได้รับความทราบและอยู่ในระหว่างการดำเนินการแก้ไขความผิดปกติของ CL

โดยเมื่อทำการพิจารณาเฉพาะข้อมูลปริมาณของเสียที่มีอัตราการเกิดแบบปกติ นั่นคือข้อมูลปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2555 ถึงมิถุนายน 2555 ดังรูปที่ 1-15 จะพบว่าข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) มีปริมาณการเกิดของเสียสูงที่สุด เกิดของเสีย 1731 แผ่น คิดเป็น 65.2 % ของปริมาณของเสียทั้งหมดของกระบวนการอบคองรูป รองลงมาเป็นข้อบกพร่องประเภทฟองอากาศ (Bubble) เกิดของเสีย 511 แผ่น คิดเป็น 19.2 % และสุดท้ายเป็นข้อบกพร่องประเภทคราบขาวไหลเยิ้ม (ADH Flow) เกิดของเสีย 412 แผ่น คิดเป็น 15.5 % ของปริมาณของเสียทั้งหมดของกระบวนการอบคองรูป



รูปที่1-15 สัดส่วนปริมาณของเสียของกระบวนการอบคองรูปในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมิถุนายน



รูปที่ 1-16 สัดส่วนของต้นทุนที่สูญเสียจากของเสียของกระบวนการอบคงรูปในช่วงเดือน
กุมภาพันธ์ถึงมิถุนายน

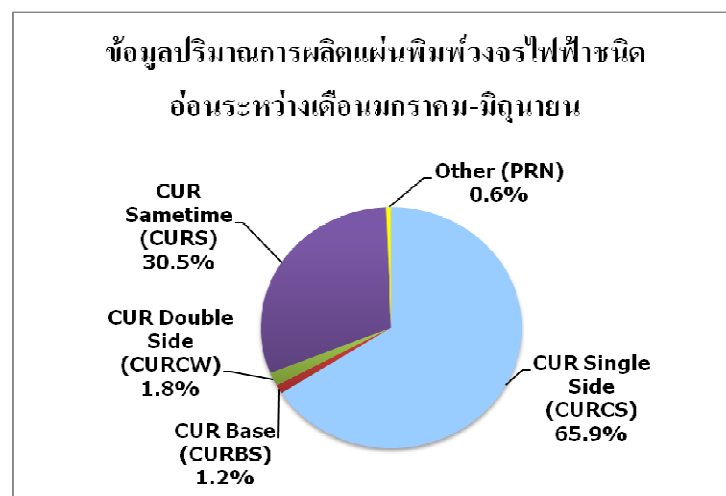
จากรูปที่ 1-16 ทำการพิจารณามูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนรวมของแต่ละผลิตภัณฑ์ แยกตามลักษณะข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ในส่วนของกระบวนการอบคงรูป ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมิถุนายน 2555 พบว่าข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) มีมูลค่าความสูญเสียจากของเสียที่ไม่สามารถซ่อมแซมได้ ต้องทำการกำจัดทิ้งซึ่งมีมูลค่าความสูญเสียรวมสูงถึง 807,348 บาท คิดเป็น 70.1% ของมูลค่าของเสียทั้งหมดของกระบวนการอบคงรูป ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2555 ถึงมิถุนายน 2555 ซึ่งจะเห็นได้ว่านอกจากข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) จะมีปริมาณการเกิดของเสียสูงที่สุดแล้วยังมีมูลค่าความสูญเสียรวมสูงที่สุดอีกด้วย

จากข้อมูลปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์วงจรพิมพ์ชนิดจอได้ในช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน 2555 ตามตารางที่ 1-1 มีปริมาณการผลิตทั้งหมด 2,554,119 แผ่น เกิดของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) 2129 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 0.083% หรือ 835 DPPM (Defect part per million) เมื่อคิดมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนรวมของแต่ละผลิตภัณฑ์แล้ว พบว่าปัญหาข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) มีมูลค่าความสูญเสียรวมสูงถึง 1,053,884 บาท และจากการพิจารณาข้อมูลของการเกิดปริมาณของเสีย แต่ละประเภทในแต่ละเดือน ดังรูปที่ 1-13 พบว่าปัญหาข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) มีลักษณะการเกิดอย่างสม่ำเสมอในทุกๆเดือน โดยเฉลี่ยประมาณ 353 แผ่นต่อเดือนซึ่งลักษณะของการเกิดปัญหาเช่นนี้ เป็นปัญหาที่เกิดจากความเบี่ยงเบนในการผลิตที่เกิดขึ้นตามปกติ (Common cause) เป็นปัญหาที่ซ่อนเร้น (Hidden factory) ทำ

ให้โรงงานกรณีศึกษาประสบปัญหาด้านต้นทุนการผลิตสูง ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งที่จะศึกษาและปรับปรุงปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ในส่วนของกระบวนการอบคงรูป (Curing process)

ตารางที่ 1-1 ข้อมูลปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์ช่วงจรรยาพิมพ์ชนิดงอได้ในแต่ละเดือนแยกตามประเภทของการอบคงรูป กลุ่ม CUR1

ประเภทของการอบคงรูป กลุ่มCUR1	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ผลรวม	ค่าเฉลี่ย
CUR Single Side (CURCS)	283,417	250,649	288,818	236,018	322,282	301,497	1,682,681	280,447
CUR Base (CURBS)	2,872	3,692	7,245	4,560	4,779	6,970	30,117	5,019
CUR Double Side (CURCW)	4,856	9,063	8,678	7,005	9,952	6,340	45,893	7,649
CUR Same time (CURS)	126,636	102,444	148,705	131,951	135,849	133,519	779,106	129,851
Other (PRN)	-	1,477	7,986	4,702	1,199	959	16,323	2,720
ผลรวม	417,781	367,325	461,433	384,235	474,061	449,285	2,554,119	425,687

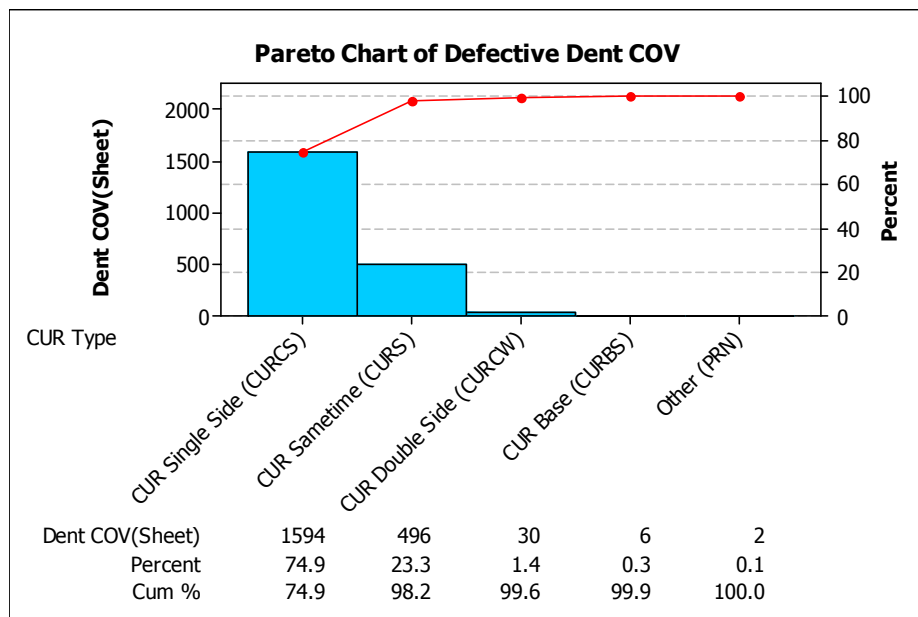


รูปที่ 1-17 ข้อมูลปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์ช่วงจรรยาพิมพ์ชนิดงอได้ แยกตามประเภทของการอบคงรูป กลุ่ม CUR1

เมื่อพิจารณาข้อมูลปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์วงจรมีพืชนิดงอได้ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2555 ดังตารางที่ 1-1 และ รูปที่ 1-17 จะพบว่าผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS (Single side cover lay curing) มีปริมาณการผลิตสูงสุดคือ 1,682,681 แผ่น คิดเป็น 65.9% ของปริมาณการผลิตทั้งหมดที่ทำการผลิตในโรงงานกรณีศึกษา รองลงมาเป็นผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURS (Same time curing) มีปริมาณการผลิต 779,106 แผ่น คิดเป็น 30.5 % ผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCW (Double side cover lay curing) มีปริมาณการผลิต 45,893 แผ่น คิดเป็น 1.8% ส่วนผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURBS (Base film curing) และกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการอบคงรูป (Other) โดยจะผ่านกระบวนการพืชนิดงอบนเส้นลวดวงจรมีพืชนิดงอและเข้าตู้อบแทน ซึ่งผลิตภัณฑ์สองกลุ่มหลังนี้มีปริมาณการผลิตรวมกัน 46,439 แผ่น คิดเป็น 1.8% ของปริมาณการผลิตทั้งหมดเท่านั้น

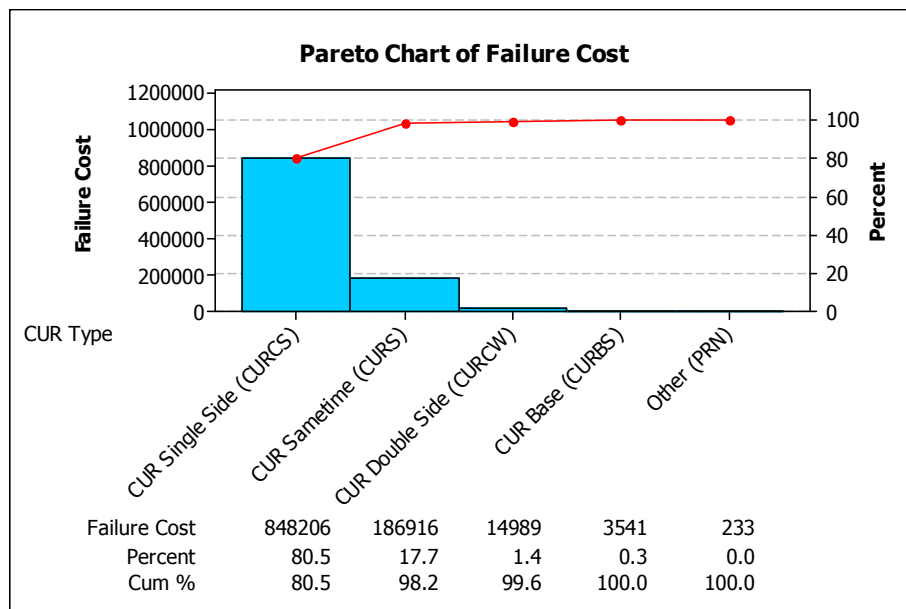
ตารางที่ 1-2 ข้อมูลปริมาณของเสียและต้นทุนความสูญเสียของข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ในแต่ละเดือนแยกตามประเภทของการอบคงรูป กลุ่ม CUR1

ประเภทของการ CUR	รายละเอียด	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ผลรวม	ค่าเฉลี่ย
CUR Single Side (CURCS)	จำนวนของเสีย (แผ่น)	298	245	265	211	318	257	1,594	266
	ต้นทุนที่สูญเสีย (บาท)	144,448	127,482	149,907	129,193	165,860	131,316	848,206	141,368
CUR Base (CURBS)	จำนวนของเสีย (แผ่น)	0	0.8	1.2	2.4	1.3	0.5	6.2	1.0
	ต้นทุนที่สูญเสีย (บาท)	0	472	662	1,389	758	260	3,541	590
CUR Double Side (CURCW)	จำนวนของเสีย (แผ่น)	2.1	3.9	8.1	6.4	7.3	2.6	30.3	5.0
	ต้นทุนที่สูญเสีย (บาท)	1,581	1,917	4,841	2,143	2,982	1,525	14,989	2,498
CUR Sametime (CURS)	จำนวนของเสีย (แผ่น)	98	68	85	78	77	90	496	83
	ต้นทุนที่สูญเสีย (บาท)	37,508	24,947	31,462	30,691	28,176	34,132	186,916	31,153
Other (PRN)	จำนวนของเสีย (แผ่น)	0	0.2	1.0	0.5	0.2	0	1.9	0.3
	ต้นทุนที่สูญเสีย (บาท)	0	28.3	114.9	65.7	24.1	0	233.1	38.9
Total CUR	จำนวนของเสีย (แผ่น)	398	318	361	299	403	350	2,129	355
	ต้นทุนที่สูญเสีย (บาท)	183,537	154,846	186,987	163,481	197,800	167,233	1,053,884	175,647



รูปที่ 1-18 สัดส่วนปริมาณของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) ในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายน แยกตามประเภทของการอบคงรูป กลุ่ม CUR1

เมื่อทำการศึกษาข้อมูลของเสียและต้นทุนความสูญเสียของข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ในแต่ละเดือน แยกตามประเภทของการอบคงรูป จากตารางที่ 1-2 และรูปที่ 1-18 จะพบว่าผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS (Single side cover lay curing) มีปริมาณการผลิตสูงที่สุด คือ 1,682,681 แผ่น คิดเป็น 65.9% ของปริมาณการผลิตทั้งหมดที่ทำการผลิตในโรงงานกรณีศึกษาและยังมีปริมาณของเสียประเภท Dent COV สูงที่สุด โดยมีของเสีย 1594 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 0.095% หรือ 947 DPPM โดยคิดเป็น 74.9% ของปริมาณของเสียทั้งหมดของกระบวนการอบคงรูป รองลงมาเป็นผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURS (Same time curing) มีของเสีย 496 แผ่นคิดเป็น 23.3% ผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCW (Double side cover lay curing) มีของเสีย 30 แผ่น คิดเป็น 1.4% และผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURBS (Base film curing) และกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการอบคงรูป (Other) มีปริมาณของเสียรวมกัน 8 แผ่น คิดเป็น 1.3% ของปริมาณของเสียทั้งหมดของกระบวนการอบคงรูป



รูปที่ 1-19 สัดส่วนของต้นทุนที่สูญเสียจากของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) ในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายน แยกตามประเภทของการอบคงรูป กลุ่มCUR1

จากข้อมูลในตารางที่ 1-2 ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2555 วงจรพิมพ์ชนิดอได้เกิดของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) ทั้งหมด 2,129 แผ่น มีมูลค่าความสูญเสียรวมสูงถึง 1,053,884 บาท เมื่อพิจารณามูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนรวมของแต่ละผลิตภัณฑ์ แยกตามประเภทของการอบคงรูปกลุ่ม CUR1 ดังรูปที่ 1-19 จะพบว่าผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS (Single side cover lay curing) มีมูลค่าความสูญเสียจากปัญหาข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) มีมูลค่าความสูญเสียรวมสูงถึง 848,206 บาท คิดเป็น 80.5% ของมูลค่าความสูญเสียจากปัญหาข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ทั้งหมด

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ในส่วนของกระบวนการอบคงรูป (Curing process) เฉพาะผลิตภัณฑ์วงจรพิมพ์ชนิดอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) โดยการประยุกต์ใช้วิธีการซิก ซิกมา (Six sigma) เป็นแนวทางในการดำเนินการเพื่อวิเคราะห์กรอบหาสาเหตุของปัญหาและนำหลักทางสถิติวิศวกรรม มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดแนวทางในการแก้ไขปัญหา และปรับปรุงกระบวนการได้อย่างเป็นระบบ

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณของเสียประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ในกระบวนการผลิตดวงจระพิมพ์ชนิดงอได้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาปัญหาและประเภทของข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดรอยบุบจากการกดอัด ในส่วนของกระบวนการอบคงรูป (Curing Process)
2. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการผลิตดวงจระพิมพ์ชนิดงอได้ เฉพาะผลิตภัณฑ์ดวงจระพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจระพิมพ์หน้าเดียว (Single side product)
3. ลดปริมาณของเสียประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ในกระบวนการผลิต วิเคราะห์ผลการทดลองต่างๆ ตามหลักทางสถิติวิศวกรรมและใช้โปรแกรม MINITAB มาช่วยในการคำนวณผลลัพธ์ทางสถิติ
4. ดำเนินการวิจัยในกระบวนการผลิตดวงจระพิมพ์ชนิดงอได้ เฉพาะในส่วนของโรงงานสาขานวนคร จังหวัดปทุมธานี

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยเพื่อลดปริมาณของเสียประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ในกระบวนการผลิตได้ดำเนินการตาม วิธีการซิกซ์ ซิกม่า ทั้ง 5 ระยะดังนี้

1. ระยะศึกษาข้อมูลและกำหนดปัญหา (Define Phase)
 - ก. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพ ตามวิธีการซิกซ์ ซิกม่า
 - ข. ศึกษากระบวนการผลิตแผ่นพิมพ์วงจระพิมพ์ชนิดงอได้ ที่มีเส้นลายวงจระพิมพ์หน้าเดียว (Single side product) เพื่อศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน
 - ค. จัดตั้งคณะทำงานเพื่อเข้าร่วมโครงการ โดยการกำหนดคณะทำงานจากผู้ที่มีความชำนาญ และมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตดวงจระพิมพ์ชนิดงอได้ ที่มีเส้นลายวงจระพิมพ์หน้าเดียว (Single side product)
 - ง. เก็บรวบรวมข้อมูลและพิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน อันได้แก่ ปริมาณของเสีย ลักษณะของข้อบกพร่อง เพื่อกำหนดปัญหาที่จะทำการแก้ไขปรับปรุง
 - จ. กำหนดตัวชี้วัดและเป้าหมายของการปรับปรุง

2. ระบุวัดและเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)

- ก. วิเคราะห์ความถูกต้อง และความแม่นยำของระบบการวัด (Measurement System Analysis)
- ข. ระดมสมองเพื่อหารวบรวมปัจจัยนำเข้า KPIV (Key Process Input Variable) และหาสาเหตุที่เป็นไปได้ของการเกิดรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุ และผล (Cause & Effect Matrix)
- ค. สรุปผลและวางแผนขั้นต่อไป

3. ระบุการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze Phase)

- ก. เลือกปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ (KPIV) ที่ได้จากการวิเคราะห์ ในขั้นตอนก่อนหน้ามาพิสูจน์สมมติฐาน โดยการทดสอบความมีนัยสำคัญ ของสาเหตุด้วยเครื่องมือทางสถิติ เช่น Hypothesis Testing
- ข. ทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบโดยใช้หลักการสถิติทางวิศวกรรม เพื่อยืนยันปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ (KPIV) ที่ต้องนำไปทำการปรับปรุงแก้ไข
- ค. สรุปผลและวางแผนขั้นต่อไป

4. ระบุการปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve Phase)

- ก. ระดมสมองเพื่อรวบรวมแนวทางแก้ไขปัญหา และสรุปผลแนวทางการแก้ไข ในแต่ละหัวข้อปัญหา
- ข. สำหรับปัจจัยที่ต้องหาค่าที่เหมาะสม จะใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) และ เทคนิควิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ KPIVs (Key Process Input Variable) และ ตัวแปรตอบสนองที่ต้องการ (Key Process Output Variable) และหาค่าที่เหมาะสมที่ทำให้ได้สัดส่วนของเสียลดลงตามเป้าหมาย
- ค. ประชุมร่วมกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อปรึกษาความเป็นไปได้ในการแก้ไขปรับปรุง
- ง. ดำเนินการปรับปรุงสำหรับแนวทางการปรับปรุงที่สามารถปฏิบัติได้ภายในระยะเวลาวิจัย
- จ. สรุปผลและวางแผนขั้นต่อไป

5. ระยะควบคุมติดตามผล (Control Phase)

- ก. ทำการทดสอบเก็บข้อมูล เพื่อยืนยันผลหลังจากการปรับปรุง
 - ข. จัดทำแผนควบคุม (control plan) และวิธีการควบคุมต่างๆ ที่เหมาะสม เพื่อควบคุมกระบวนการ
 - ค. สรุปผลการปรับปรุงที่ได้ โดยพิจารณาจากสัดส่วนของเสียที่สามารถลดลงได้
6. ติดตาม และประเมินผลการดำเนินการ
7. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสีย ประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ในกระบวนการอบคงรูป
2. ระเบียบวิธีการปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐาน เพื่อลดจำนวนของเสียประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV)

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดปริมาณของเสียที่เกิดจากรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ในกระบวนการอบคงรูป
2. สามารถลดต้นทุนของเสีย ตามนโยบายบริษัท
3. สร้างความเชื่อมั่นให้กับหน่วยงานถัดไป และลูกค้าที่จะได้รับผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ได้รับความพึงพอใจสูงสุด
4. เป็นแนวทางในการศึกษาที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานสาขาอื่นของบริษัท รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรมที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

1.8 แผนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลา(เดือน)											
	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
1. ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนิยาม ปัญหา (Define : D)	■	■	■									
2. ระยะเวลาวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพ ปัญหา (Measure : M)				■	■							
3. ระยะเวลาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze : A)						■	■					
4. ระยะเวลาปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve : I)								■	■			
5. ระยะเวลาตรวจติดตามควบคุมและปรับปรุง อย่างต่อเนื่อง (Control : C)										■	■	
6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ												■
7. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์									■	■	■	■

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ ซิกซ์ ซิกม่า

2.1.1 ประวัติความเป็นมาของ ซิกซ์ ซิกม่า

ซิกซ์ ซิกม่า ถูกพัฒนาขึ้นมาในช่วงทศวรรษที่ 1980 โดย Bill Smith นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรอาวุโสของบริษัท โมโตโรล่า ได้ประยุกต์สูตรและวิธีการทางสถิติเพื่อถ่วงน้ำหนัก เป็นวิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า และได้ถูกพัฒนาโดย Mikel J. Harry บริษัท โมโตโรล่าได้นำวิธีการซิกซ์ ซิกม่า มาทำการฝึกอบรม และปฏิบัติใช้จริงอย่างทั่วถึงทั้งองค์กร ทำให้วัฒนธรรมองค์กรเกี่ยวกับคุณภาพได้เปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น ยอดขายและอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้นอย่างไม่เคยเป็นมาก่อน ส่งผลให้ ในปี.ศ.1988 บริษัท โมโตโรล่า ได้รับรางวัลคุณภาพแห่งชาติ (Malcolm Baldrige National Quality Award) จากความสำเร็จของ โมโตโรล่า ทำให้หลายบริษัทเกิดความสนใจและนำ ซิกซ์ ซิกม่า มาใช้เป็นแผนกลยุทธ์ของกิจการ โดยเริ่มจากบริษัท ไอบีเอ็ม ซึ่งได้ริเริ่มใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า จนได้รับรางวัล Malcolm Baldrige National Quality Award ในปี.ศ.1990 (เบรย์ โฟที ทรี, ฟอร์เรส ดับบลิว; คิวเพิลโล, เจมส์ เอ็ม; และ เมวดาวส์, เบคกี, 2545)

ต่อมา บริษัท เจเนอรัลอิเล็กทริกส์ (General Electric) โดย Jack Welch ปรับเปลี่ยนรูปแบบดั้งเดิมของ ซิกซ์ ซิกม่า ให้เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้มากขึ้น โดยปรับแก้รูปแบบ ซิกซ์ ซิกม่า ของ โมโตโรล่า ให้เป็นลักษณะของ Project Based Approach คือ เน้นทำเป็นเรื่องๆ ในระยะเวลาที่กำหนดไว้ (โดยประมาณ 6 เดือน) นอกจากนี้ยังเพิ่มเติมในส่วนของการบริหารโครงการและแนวทางในการจูงใจให้ผู้บริหารทุกระดับเห็นความสำคัญของการดำเนินงาน และยังเพิ่มในส่วนของการประเมินผลสำเร็จ ที่สามารถวัดผลออกมาได้ในรูปของการเงินที่ดีขึ้นของบริษัท (วชิรพงษ์ สาลีสิงห์, 2548)

ปัจจุบันเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในองค์กรต่างๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็น SMEs องค์กรขนาดใหญ่ กระบวนการผลิต และรวมถึงด้านงานบริการ ซึ่งมีลักษณะการประยุกต์ใช้ที่แตกต่างกันตามรูปแบบของธุรกิจ โดยซิกซ์ ซิกม่า ได้ถูกยกให้เป็นกุญแจแห่งความสำเร็จเป็นแนวทางการพัฒนาองค์กรที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งหลายองค์กรที่นำไปใช้ได้พิสูจน์แล้วว่าสามารถเพิ่มขีดความสามารถของกระบวนการทางด้านธุรกิจได้เป็นอย่างดี จึงถือได้ว่าซิกซ์ ซิกม่า เป็นนวัตกรรมการบริหารองค์กรยุคใหม่

2.1.2 ความหมายของซิกซ์ ซิกม่า

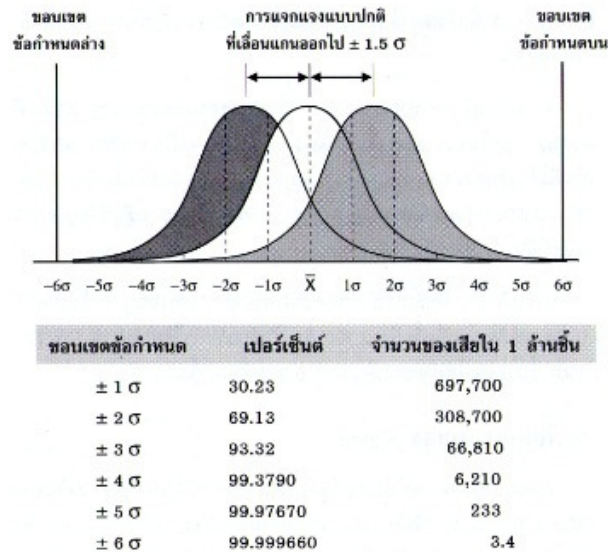
การให้คำนิยามกับ ซิกซ์ ซิกม่า แบ่งได้เป็น 3 มุมมองคือ

1. ซิกซ์ ซิกม่า ในมุมมองที่เป็นการวัดผลทางสถิติอย่างหนึ่ง

คำว่า “Sigma” หรือ “ σ ” เป็นตัวอักษรกรีก ซึ่งหมายความถึง ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ (Standard Deviation) เพื่อใช้วัดความแปรปรวนเฉลี่ยที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยมาตรฐาน ค่าระดับของ Sigma ที่สูง แสดงให้เห็นถึงคุณภาพที่ดีกว่า

ซึ่งการวัดผลระดับของ Sigma นั้นถูกพัฒนาขึ้น เพื่อช่วยในการมุ่งเน้นใน 2 แนวทางคือ มุ่งทำความเข้าใจถึงนัยสำคัญ ที่จะทำให้เข้าใจความต้องการและความคาดหวังของลูกค้า ที่เรียกว่า จุดวิกฤตต่อคุณภาพ (Critical to quality : CTQs) และมุ่งในการวัด เพื่อประเมินเปรียบเทียบสมรรถนะของกระบวนการ โดยประเด็นสำคัญอย่างหนึ่งของ ซิกซ์ ซิกม่า คือการทำความเข้าใจ และสามารถประเมินว่ากระบวนการนั้นดีเพียงใด ในทุกๆจุดวิกฤตต่อคุณภาพ โดยใช้การวัดระดับของ Sigma เพื่อแสดงถึงระดับสมรรถนะของกระบวนการ และปริมาณข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในหลายๆด้าน โอกาสหรือด้านกิจกรรม (เพนดิ, พีต; และ ฮอล์ฟ, ลาร์รี่, 2545)

ในกระบวนการผลิตและการให้บริการ โดยทั่วไปลักษณะประชากรจะมีการกระจายตัวอยู่ที่ระดับความเบี่ยงเบนมาตรฐาน $\pm 3\sigma$ หรือ มีความแน่นอนอยู่ที่ 99.73% ภายใต้การกระจายตัวแบบปกติของข้อมูล ที่ระดับความแน่นอนค่านี้ในทางสถิติจะหมายถึง โอกาสในการผลิตของเสีย 2,700 DPPM (Defect part per million) มีของเสีย 2700 ชิ้นจากจำนวนของทั้งหมด 1,000,000 ชิ้น จากความพยายามพัฒนาคุณภาพของกระบวนการผลิต โดยมีเป้าหมายให้ของเสียใกล้เคียงจำนวนศูนย์มากที่สุด นับตั้งแต่ปี ค.ศ.1985 บริษัท โมโตโรล่าได้นำวิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งทางบริษัทได้คิดค้นมาใช้ปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการ โดยมีเป้าหมายอยู่ที่ $\pm 6\sigma$ ซึ่งหมายถึงโอกาสในการเกิดของเสียเท่ากับ 0.002 DPPM แต่บริษัท โมโตโรล่ายังพบอีกว่ากระบวนการใดๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงจากค่าตั้ง (Setting value) โดยธรรมชาติเท่ากับ $\pm 1.5\sigma$ โดยปรากฏการณ์นี้เรียกว่า “Shifts and Drifts” ดังนั้นเมื่อดำเนินการปรับปรุงตามวิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า เมื่อเวลาผ่านไปจนมีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติแล้ว ค่ากำหนดเฉพาะจะอยู่ที่ระดับ $\pm 4.5\sigma$ ซึ่งที่ค่านี้จะมีสัดส่วนของเสียเท่ากับ 3.4 DPPM ดังรูปที่ 2-1 ดังนั้นในระดับของ 6 Sigma จะได้ชิ้นงานที่ไม่ได้ตามขอบเขตหรือมาตรฐานที่กำหนดเพียง 3.4 ชิ้น ในชิ้นงานหนึ่ง 1,000,000 ชิ้นเท่านั้น (เบร์รี่ โฟที ทรี, ฟอว์เรส ดับบลิว และคณะ, 2545)



รูปที่ 2-1 การเปลี่ยนแปลงค่าตั้ง โดยธรรมชาติ $\pm 1.5\sigma$

2. ซิกซ์ ซิกม่า ในมุมมองที่เป็นระบบการจัดการระบบหนึ่ง

ผู้นำในด้านการบริหารงานแบบ ซิกซ์ ซิกม่า หลายท่าน ได้กล่าวถึงความหมายของซิกซ์ ซิกม่า ไว้ดังนี้

Mikel Harry ได้กล่าวว่า ซิกซ์ ซิกม่า คือ วิธีแห่งระบบคุณภาพแบบหลายมิติ อันประกอบด้วย รูปแบบที่เป็นมาตรฐาน การจัดการที่ลงตัว และการตอบสนองตามหน้าที่ในองค์กร ซึ่งทั้งลูกค้าและผู้ผลิตจะได้ผลตอบแทนร่วมกันทั้งสองฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นอรรถประโยชน์ ทรัพยากร และคุณค่าในตัวผลิตภัณฑ์ (เบรย์โฟล์ก ทรี, ฟอว์เรส ดับบลิว และคณะ, 2545)

Pande และ Holpp กล่าวว่า ซิกซ์ ซิกม่า เป็นแนวทางในการบริหารจัดการกับธุรกิจหรือส่วนใดก็ได้ อย่างชาญฉลาด ซิกซ์ ซิกม่า มุ่งเน้นในการให้ความสำคัญกับลูกค้าเป็นอันดับแรก ใช้ข้อเท็จจริงและข้อมูลต่างๆ เพื่อการแก้ปัญหาที่ดีกว่า โดยมีเป้าหมายที่สำคัญ 3 ส่วนคือ ปรับปรุงการสร้าง ความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า การลดรอบเวลา (Cycle time) และการลดข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้น (เพนดิ, พิต; และ ฮอล์ฟ, ลาร์รี่, 2545)

Breyfogle กล่าวว่าแท้จริงแล้ว ซิกซ์ ซิกม่า คือ ส่วนผสมอันกลมกลืนกันระหว่างความฉลาดหลายๆ ด้านในการบริหารองค์กร โดยการพัฒนากลวิธีทางสถิติ เพื่อใช้เป็นอาวุธขององค์กร โดยมีเป้าหมายสูงสุดของ ซิกซ์ ซิกม่า นี้ ได้เน้นไปที่การนำเอาซิกซ์ ซิกม่า มาใช้เป็นกลยุทธ์ของกิจการมากกว่าที่จะเป็นวิธีการทางคุณภาพ ในการควบคุมกระบวนการ (เบรย์โฟล์ก ทรี, ฟอว์เรส ดับบลิว และคณะ, 2545)

โดยซิกซ์ ซิกม่า มุ่งประเด็นไปที่การคิดค้นหาปัญหาซ่อนเร้น (Hidden factory) พัฒนาลิ่งที่ยากและแปลกใหม่ เพื่อมุ่งไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้และประโยชน์สูงสุดของวิธีการซิกซ์ ซิกม่า คือการวางระบบที่ดีและสร้างพื้นฐานทางปัญญาซึ่มซาบลงไปสู่ทุกๆ ส่วนขององค์กรที่เรียกว่า องค์กรการเรียนรู้ (Learning Organization) และให้ผลตอบแทนทางความรู้ที่ไม่สามารถแปลงเป็นตัวเงินได้ การประยุกต์ใช้ ซิกซ์ ซิกม่า ในองค์กรอย่างทั่วถึงและถูกต้อง จะช่วยก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรมองค์กร อันเป็นผลให้เกิดการพัฒนาคุณภาพจากระดับล่างสู่ระดับบนได้อย่างราบรื่น

โดยเป้าหมายของการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการประยุกต์ใช้ ซิกซ์ ซิกม่า ในองค์กรสรุปได้ 3 ประเด็นคือ (Pyzdek and Keller, 2009)

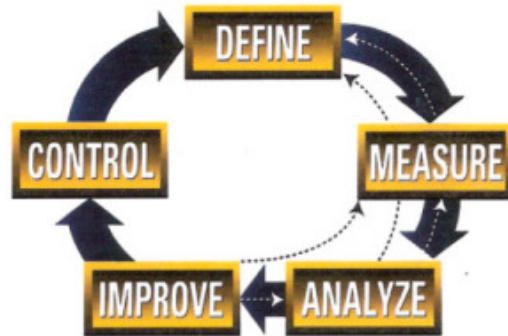
1. เปลี่ยนแปลงวิธีคิดของคนในองค์กร
2. เปลี่ยนแปลงบรรทัดฐานและพฤติกรรมขององค์กร
3. เปลี่ยนแปลงระบบหรือกระบวนการขององค์กร

3. ซิกซ์ ซิกม่า ในมุมมองที่เป็นระเบียบวิธีในการแก้ไขปัญหาแนวทางหนึ่ง

กระบวนการมาตรฐานของซิกซ์ ซิกม่า ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนสำคัญ คือ D : Define, M : Measure, A : Analyze, I : Improve และ C : Control ซึ่งเรียกย่อๆ ว่า DMAIC แสดงดังรูปที่ 2-2 โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน สรุปได้ ดังนี้ (วชิรพงษ์ สาลีสิงห์, 2548)

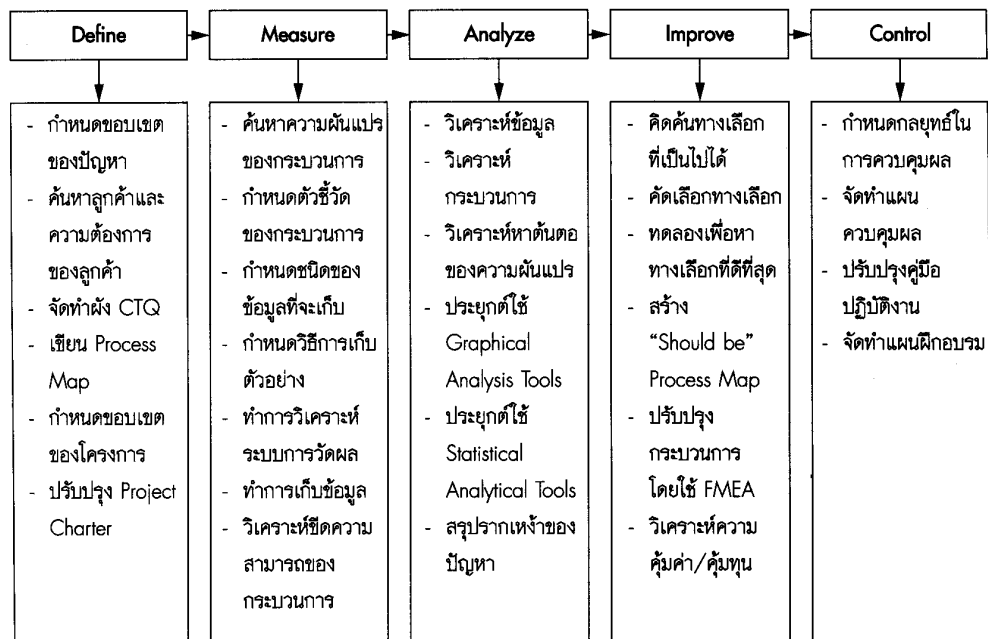
1. D : Define คือ ขั้นตอนการระบุและคัดเลือกหัวข้อเพื่อการดำเนินการตามโครงการ Six Sigma ในองค์กร
 1. M : Measure เป็นขั้นตอนการวัดความสามารถของกระบวนการปัจจุบันที่เป็นจริง
 2. A : Analyze ขั้นตอนนี้คือการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาหลักซึ่งเป็นการวิเคราะห์ในเชิงสถิติเพื่อระบุสาเหตุหลักที่ส่งผลโดยตรงต่อปัญหานั้น ซึ่งเรียกสาเหตุหลักนี้ว่า KPIV (Key Process Input Variable) ซึ่งต้องสามารถระบุให้ชัดเจนว่า อะไรคือ KPIV ของปัญหาและต้องสามารถเชื่อมโยงกับ ตัวหลักของกระบวนการหรือที่เรียกว่า KPOV (Key Process Output Variable) ให้ได้หลักการสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ การตรวจสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) ผังการกระจาย (Scattering Diagram) การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เป็นต้น
 3. I : Improve ขั้นตอนนี้คือการปรับตั้งค่าสาเหตุหลัก(KPIV)โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ผลลัพธ์ของกระบวนการเป็นไปตามต้องการ ด้วยการ ใช้เทคนิคการออกแบบทดลอง (Design of Experiment : DOE) เพื่อปรับตั้งค่าสภาวะต่างๆของกระบวนการให้เป็นไปตามความต้องการ
 4. C: Control ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งต้องดำเนินการออกแบบระบบ

ควบคุมคุณภาพของกระบวนการเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ากระบวนการจะย้อนไปมีปัญห
เหมือนเดิมอีก



รูปที่ 2-2 กระบวนการซิกซ์ ซิกม่า(Six Sigma Fundamentals)

โดยเครื่องมือหลักสำหรับวิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า นั้น ประกอบไปด้วย เครื่องมือทางสถิติและ
เครื่องมือทางคุณภาพ (Quality tools) เป็นหลัก โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในแต่ละขั้นตอนอย่าง
เหมาะสม ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาที่ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข นอกจากนี้ยังมีเทคนิคอื่นๆ
เพื่อเพิ่มความสะดวกในการดำเนินงาน ซึ่งเครื่องมือที่นิยมใช้ในขั้นตอนต่างๆ สามารถสรุปได้ดัง
รูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 ขั้นตอน DMAIC และเครื่องมือที่นิยมใช้ในแต่ละขั้นตอน

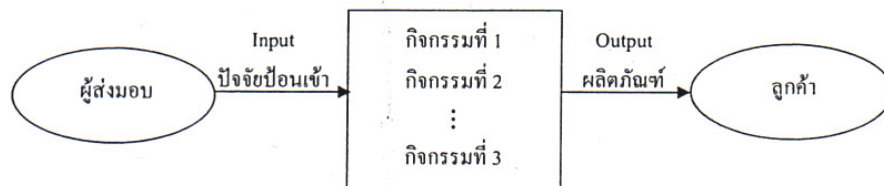
2.1.3 เครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการวิจัย

ก. แผนภูมิการไหลของกระบวนการ

การเขียนแผนภูมิการไหลของกระบวนการถือเป็นพื้นฐานสำคัญในการวิเคราะห์ระบบเพื่อใช้ระบุกระบวนการ ขั้นตอนหรือจุดสำคัญของกระบวนการที่จะดำเนินการปรับปรุง ซึ่งจะช่วยให้มองเห็นภาพรวมของกระบวนการ ได้อย่างชัดเจนและเพิ่มโอกาสในการปรับปรุงได้มากยิ่งขึ้น

โดยแผนภูมิการไหลของกระบวนการแบ่งได้เป็นหลายระดับซึ่งมีการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังนี้ (Pyzdek and Keller, 2009)

1. Flow Chart คือ แผนภูมิที่แสดงถึงลำดับของกิจกรรม รวมถึงความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่าง ๆ
2. Process Mapping คือ แผนผังแสดงรายละเอียดย่อยในแต่ละขั้นตอนการดำเนินงาน
3. SIPOC คือ แผนภาพกระบวนการระดับสูง แสดงภาพรวมซึ่งระบุเฉพาะขั้นตอนที่เป็นหลักสำคัญ ช่วยให้เห็นธุรกิจได้จากมุมมองของกระบวนการ โดยระบุปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการ(Process Input) กำหนดผลลัพธ์ (Output) และส่วนที่เกี่ยวข้องทั้งหมด (Stakeholders) ซึ่งแนวความคิดของกระบวนการในรูปแบบของแผนภาพ SIPOC แสดงดังรูปที่ 2-4 โดยตัวอักษรของ SIPOC มีความหมายดังนี้ (คาวานาซ, อาร์; นิแมน, อาร์; และเพนดิ, พี, 2548)
 - ก. ผู้จัดส่ง (S : Suppliers) คือ บุคคลหรือองค์กรที่จัดหาข้อมูล วัตถุดิบ และแหล่งทรัพยากรต่างๆ เพื่อเข้าสู่กระบวนการ
 - ข. ปัจจัยป้อนเข้า (I : Inputs) คือ ข้อมูลหรือวัตถุดิบที่จัดให้โดยผู้จัดส่งซึ่งจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการ
 - ค. กระบวนการ (P : Process) คือ ชุดของขั้นตอนที่จะแปรเปลี่ยนปัจจัยป้อนเข้าให้เป็นผลลัพธ์
 - ง. ผลลัพธ์ออก (O : Output) คือ ผลิตภัณฑ์หรือบริการที่จะถูกใช้โดยลูกค้า
 - จ. ลูกค้า (C : Customer) คือ คน บริษัทหรือกระบวนการอื่นๆซึ่งได้รับผลลัพธ์ที่ออกจากกระบวนการ



รูปที่ 2-4 ตัวแบบ SIPOC สำหรับสร้างแนวความคิด

ข. การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis)

การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) จะเป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของกระบวนการวัดจากค่าที่วัดได้เพื่อแยกแหล่งความแปรผันออกเป็นชิ้นงาน (Part to Part Variation , PV) พนักงานวัด (Appraiser Variation , AV) ความแปรผันร่วม (Interaction Variation , IV) และแหล่งความแปรผันอื่นๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้โดยธรรมชาติ ซึ่งโดยปกติจะมีแหล่งความแปรผันหลักๆมาจากอุปกรณ์วัด (Equipment Variation , EV) (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2546)

คุณสมบัติด้านความแม่นยำนั้น จำแนกตามช่วงเวลาที่เกิดขึ้นแล้วจะได้รับการแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือความสามารถในการทำซ้ำหรือรีพีทะบิลิตี (repeatability) และความสามารถในการทำเหมือน หรือรีโพรดูซิบิลิตี (reproducibility) โดยที่รีพีทะบิลิตีของระบบการวัดหมายถึง ค่าความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่อง กับชิ้นงานเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกัน และพนักงานคนเดียว ซึ่งโดยปกติจะใช้ค่ารีพีทะบิลิตีในการประมาณค่าความแปรผันของระบบการวัดในระยะสั้น (short-term measurement) ส่วนรีโพรดูซิบิลิตีของระบบการวัดหมายถึง ค่าความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของการวัดกับชิ้นงานชิ้นเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกันแต่ต่างพนักงาน และโดยปกติจะใช้ค่ารีโพรดูซิบิลิตีในการประมาณค่าความแปรผันของระบบการวัดในระยะยาว (long-term measurement)

ในการประเมินผลค่ารีพีทะบิลิตีและรีโพรดูซิบิลิตีของระบบการวัด (GR&R – Gauge Repeatability and Reproducibility) จะหมายถึงการประเมินผลค่าแปรผันอันเนื่องมาจากการวัด การวัดค่าจริงของงานหนึ่งชิ้นแบบซ้ำๆภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน แล้วมีการเปลี่ยนเงื่อนไขไป

การวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลนับ (MSA for Attribute)

การประเมินผลและการวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบ เมื่อเป็นลักษณะของข้อมูลนับซึ่งเป็นการประเมินผลเมื่อคุณลักษณะที่ศึกษาเป็นคุณลักษณะเชิงคุณภาพ (Attribute characteristics) เช่น รสชาติ ความสวยงาม ความเรียบร้อย หรือบางครั้งพารามิเตอร์อาจเป็นลักษณะเชิงผันแปร (Variable characteristics) แต่ทำการนับเมื่อทำการเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะหรือ GO/No Go gauge

การศึกษาความสามารถของกระบวนการวัดแบบอาศัยข้อมูลนับ จะเป็นการประเมินโดยการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบกับพิคคของข้อจำกัดเฉพาะ ทำให้สามารถประเมินผลของข้อมูลออกมาเป็นยอมรับหรือปฏิเสธ และผ่านหรือไม่ผ่าน จึงไม่สามารถประเมินผลได้ว่าคุณภาพของงานที่ทำการตรวจสอบนั้นดีหรือไม่อย่างไร

การศึกษาความสามารถของกระบวนการวัดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ วิธีการประเมินผลในระยะสั้น (Short method) และวิธีการประเมินผลในระยะยาว (Long method) การประเมินผลระยะยาวนั้นจะอาศัยกราฟแสดงสัณฐานของระบบการวัด (Gauge Performance Curve : GPC) ที่แสดงถึงโอกาสในการตรวจสอบแล้วยอมรับคุณภาพของสิ่งตัวอย่าง ที่แต่ละค่าของสิ่งตัวอย่างมีการกำหนดในรูปค่าอ้างอิง เพื่อพิจารณาค่าไบอัสและค่ารีพิทเทบิลิตี โดยการตัดสินใจว่าค่าไบอัสมีความแตกต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยอาศัยตัวสถิติทดสอบ t ดังสมการที่ 2-1

$$t = \frac{31.3 \left| \text{ค่าไบอัส} \right|}{\text{ค่ารีพิทเทบิลิตี}} \quad (2-1)$$

ค่ารีพิทเทบิลิตีพิจารณาได้จากค่าความแตกต่างของค่าวัดอ้างอิงที่สอดคล้องกับความน่าจะเป็นในการตรวจสอบแล้วยอมรับ (Pa) 0.995 กับค่าวัดอ้างอิงที่สอดคล้องกับความน่าจะเป็นในการตรวจสอบแล้วยอมรับ (Pa) 0.005 หาค่าด้วยตัวประกอบเพื่อการปรับค่า (Adjustment factor)

การประเมินผลระบบการวัดในระยะสั้นนั้น มีวิธีการประเมินดังนี้

1. เลือกผู้ชำนาญการ ซึ่งเป็นบุคคลที่มีความสามารถเป็นพิเศษในการแยกแยะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีหรือเสียและถูกค้ายอมรับในผลการตรวจสอบดังกล่าว
2. กำหนดล็อตมาตรฐาน (Standard lot) สำหรับใช้ในการตรวจสอบ เพื่อประเมินความสามารถของระบบการวัด โดยขึ้นงานชุดดังกล่าวควรประกอบไปด้วยสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดี สิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพไม่ดี และสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพก้ำกึ่งอย่างละ 1 ใน 3 ของสิ่งตัวอย่างทั้งหมด โดยงานก้ำกึ่งควรประกอบด้วยงานดีแบบก้ำกึ่ง และงานไม่ดีแบบก้ำกึ่งอย่างละครึ่ง
3. เลือกพนักงานวัดหรือพนักงานตรวจสอบ 2-4 คน โดยพนักงานที่เลือกมาต้องเป็นพนักงานที่มีหน้าที่ประจำในการตรวจสอบคุณภาพ และได้ผ่านการฝึกอบรมมาเป็นอย่างดีและผ่านการทดสอบประเมินผลแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจสอบที่อาศัยความรู้สึก
4. กำหนดจำนวนชิ้นตัวอย่างและจำนวนครั้งในการทดสอบซ้ำโดยจำนวนดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับจำนวนของพนักงานทดสอบซึ่งแนะนำดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ขนาดของสิ่งตัวอย่างในการประเมินผลระบบการตรวจสอบ (ข้อมูลนับ)

จำนวนพนักงานตรวจสอบ	จำนวนชิ้นงานตัวอย่างที่ต่ำสุด	จำนวนทดลองซ้ำที่ต่ำสุด
1	24	5
2	18	4
3 หรือมากกว่า	12	3

5. สุ่มพนักงานตรวจสอบขึ้นมาคนหนึ่งแล้วตรวจสอบตัวอย่างงานแบบสุ่มเพื่อประเมินผลคุณภาพของสิ่งตัวอย่างว่า “ผ่าน (Good-G)” หรือ “ไม่ผ่าน (No Good-NG)” บันทึกผลในตาราง และดำเนินการเช่นนี้จนครบตามจำนวนพนักงานที่จะทำการตรวจสอบ

6. ประเมินผลด้วยค่าดัชนีต่างๆดังสมการ

$$\% \text{ รัฟิทธิหะบิลิติ์ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2-2)$$

$$\% \text{ ความไม่ไบ้อัสของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2-3)$$

$$\% \text{ ประสิทธิผลด้านรัฟิทธิหะบิลิติ์} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2-4)$$

$$\% \text{ ประสิทธิผลด้านไบ้อัส} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจสอบได้ถูกต้องเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2-5)$$

7. ดำเนินการตัดสินใจจากสมการที่ 2-2 ถึง 2-5 โดยถ้าหากพบว่าค่า % รัฟิทธิหะบิลิติ์ของพนักงานตรวจสอบ (% Appraiser score) ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว ให้ทำการอบรมพนักงานใหม่ รวมถึงประเมินผลพนักงานใหม่เพื่อปรับปรุงรัฟิทธิหะบิลิติ์ให้ดีขึ้น และถ้า % ความไม่ไบ้อัสของพนักงานตรวจสอบ (% Attribute score) มีค่าไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว จะต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบใหม่หรือต้องกำหนดให้ชิ้นงานได้รับการตรวจสอบ โดยผู้ชำนาญการเฉพาะเท่านั้น สำหรับ % ประสิทธิผลด้านรัฟิทธิหะบิลิติ์ของการตรวจสอบ (% Screen Effective score) และค่า % ประสิทธิผลด้านไบ้อัสของการตรวจสอบ (% Attribute Effective score) ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดแล้ว มีความจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุจากดัชนีข้างต้นแล้วทำการแก้ไขปรับปรุงให้ถูกต้อง

ก. การระดมสมอง

การระดมสมอง คือ การแสดงความคิดเห็นร่วมกันระหว่างสมาชิก เพื่อเป็นแนวทางที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหา ซึ่งในพจนานุกรมได้ให้ความหมายว่า เป็นการคิดแบบไร้แบบแผน (Free Form Thinking) ขั้นตอนระดมสมองจะเกิดขึ้นใน 3 ขั้นตอนต่อไปนี้ (วันรัตน์ จันทกิจ, 2547)

1. การสำรวจปัญหา (Define Problem)
2. การสร้างความคิด (Generating Ideas)
3. การพัฒนาหนทางแก้ไข (Developing the Solution)

การระดมสมองเป็นวิธีการที่มีคุณค่าอย่างมากในการสร้างความคิดใหม่ ๆ โดยอาศัยความสัมพันธ์ภายในกลุ่ม ซึ่งการระดมสมองมีหลายรูปแบบและมีวิธีการมากมาย ในการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการระดมสมอง มีทั้งรูปแบบที่เป็นทางการและไม่เป็นทางการ โดยควรเลือกใช้วิธีการที่มีความยืดหยุ่นให้กับสมาชิกในทีมหรือกลุ่ม การระดมสมองเริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสมาชิกในกลุ่ม จากนั้นจึงทำการกำหนดปัญหาหรือคำถามขึ้นมาเป็นประเด็นในการพิจารณา โดยที่แต่ละคนจะมีมุมมองในเรื่องที่พิจารณาแตกต่างกัน และทำการกำหนดกฎเกณฑ์ในการตัดสินใจโดยผู้นำกลุ่มเป็นผู้ตัดสินใจภายใต้ความคิดเห็นของสมาชิกคนอื่น ๆ

ง. แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

แผนภูมิพาเรโตเป็นกราฟแท่ง ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของปัญหา หรือสาเหตุของปัญหาและปริมาณของข้อมูล โดยเรียงลำดับแท่งกราฟจากแท่งที่มีปริมาณการเกิดหรือมีความสำคัญสูงสุดไปน้อยสุดจากซ้ายไปขวา เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกชนิดหรือสาเหตุของปัญหาที่มีปริมาณการเกิดสูงมาแก้ไขตามลำดับก่อนหลัง นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ที่สำคัญอีกประการคือในกรณีที่เก็บข้อมูลในระยะเวลาที่เท่ากัน สามารถใช้เปรียบเทียบปริมาณของปัญหาก่อนและหลังการปรับปรุง หลังจากแก้ไขปรับปรุงไปแล้วผลเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร หากปริมาณของปัญหาลดต่ำลงแสดงว่าการแก้ไขปัญหานั้นประสบความสำเร็จ (ธิดาเดียว มยุริสวรรค์, 2546)

ตัวเลขหยาบๆที่ Juran แนะนำให้ใช้กับการตัดสินใจหลักการพาเรโต (Pareto principle) คือ 80-20 ซึ่งหมายความว่า “ปัญหาที่มีความสำคัญมากจำนวน 80% มักมีสาเหตุมาจากประมาณ 20% ของสาเหตุทั้งหมดที่เรียกว่าสิ่งที่มีความสำคัญมากจำนวนน้อย (The vital few) ในขณะที่อีกประมาณ 80% ของสาเหตุจะมีผลต่อปัญหาที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยอีกจำนวน 20% ของปัญหาเท่านั้น หรือที่เรียกว่าสิ่งที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยจำนวนมากมาย (The trivial many)” โดยแนะนำให้ใช้ค่าใช้จ่ายในรูปตัวเงินเป็นหน่วยวัด แต่ในระยะหลังอาจจะมีการใช้ค่าอื่นๆในการวัดความสำคัญของปัญหาได้ เช่น การใช้ความถี่ในการเกิดปัญหา (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2539)

จ. แผนผังแสดงสาเหตุและผล (Causes and Effect Diagram)

แผนผังแสดงเหตุและผล (Causes and Effect Diagram) หรืออาจเรียกว่า ฟังก้างปลา (Fishbone Diagram) คือ แผนผังที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุต่าง ๆ (Cause) ที่มีผล (Effect) ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือการให้บริการ ได้รับการพัฒนาและคิดค้นขึ้นใช้เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1953 โดย ดร. อิชิคาว่า แห่งมหาวิทยาลัย ใช้แสดงเพื่อสรุปรวมเอาสาเหตุหรือปัจจัยจำนวนมากที่มีผลต่อคุณลักษณะด้านคุณภาพหรือการให้บริการ แล้วแสดงไว้ในแผนภาพอย่างเป็นระบบ ช่วยให้การวิเคราะห์สรุปสาเหตุของปัญหาทางคุณภาพเป็นไปได้โดยมีประสิทธิภาพดียิ่ง

การเขียนฟังก้างปลา หรือผังสาเหตุและผล (Fishbone Diagram or Causes and Effect Diagram) โดยส่วนมากมักใช้หลักการ 4M1E เป็นก้างหลัก เนื่องจากเป็นปัจจัยนำเข้า (Input) ของกระบวนการอันประกอบไปด้วย (วันรัตน์ จันทกิจ, 2547)

1. คนงานหรือพนักงานปฏิบัติการ (M : Man)
2. เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก (M : Machine)
3. วัตถุดิบ หรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่นๆที่ใช้ในกระบวนการ (M : Material)
4. กระบวนการทำงานหรือวิธีการทำงาน (M : Method)
5. อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการทำงาน (E : Environment)

เป็นแผนภูมิที่ใช้ต่อจากแผนภูมิพารโต กล่าวคือ หลังจากตัดสินใจที่จะเลือกแก้ปัญหาใดจากการทำแผนภูมิพารโตแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การระดมความคิดเพื่อแก้ปัญหาที่เลือกขึ้นมาจากแผนภูมิพารโต โดยแสดงผลของสาเหตุของปัญหาไว้ที่ปลายของแผนภูมิและระหว่างที่จะถึงปลายของแผนภูมิจะแสดงสาเหตุของปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยมีหลักการเขียนคือ กำหนดปัญหาที่ต้องแก้ไข และเขียนต้นเหตุของปัญหาที่เป็นสาเหตุของปัญหาเล็ก ๆ แยกแขนงออกจากเส้นตามแนวนอน โดยเริ่มจากต้นเหตุใหญ่ของปัญหา

ฉ. แผนผังเมทริกซ์แสดงสาเหตุและผล (Causes and Effect Matrix)

แผนผังเมทริกซ์ คือ แผนผังที่แสดงออกมาในรูปของตารางใช้สำหรับจัดลำดับข้อมูล เพื่อแสดงความสำคัญ หรือเพื่อเลือกตัวเลือกที่มีอยู่จากเกณฑ์หลายๆเกณฑ์ (วันรัตน์ จันทกิจ, 2547)

เมื่อได้แผนผังแสดงเหตุและผล (Causes and Effect Diagram) มาแล้ว จัดเรียงรายการของสาเหตุ (Cause) ตามลำดับที่ต้องการจะเน้น ซึ่งส่วนใหญ่มักเรียงตามลำดับความสำคัญที่จะมีผลต่อผลผลิตที่จะเกิดขึ้น (KPOVs) โดยผลลัพธ์ที่ต้องการจะแสดงอยู่ในแถวบน ซึ่งจะมีการกำหนด

คะแนนตามความสำคัญต่อลูกค้าและเป้าหมายเชิงกลยุทธ์ทางธุรกิจ ตัวเลขที่สูงจะแสดงถึงความสำคัญที่มาก ในแต่ละแถวจะแสดงตัวแปรจากผังกระบวนการหรือสาเหตุ จากแผนผังแสดงเหตุและผล (Causes and Effect Diagram) ส่วนจุดตัดของแต่ละแถว กับแต่ละคอลัมน์จะใช้สำหรับป้อนค่าระดับความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่อยู่ในแถว (นอน) และคอลัมน์ ถ้าหากมีความสัมพันธ์กันมาก น้ำหนักที่ให้จะมีค่าสูงขึ้น อาทิเช่น 0 คือ ไม่มีความสัมพันธ์ 1 คือ มีความสัมพันธ์น้อย 3 คือ มีความสัมพันธ์ปานกลาง และ 9 คือ มีความสัมพันธ์สูง

จำนวนค่าของความสัมพันธ์ที่ป้อน (0, 1, 3 หรือ 9) ในแต่ละช่องตามแนวนอน เมื่อนำมาคูณกับค่าความสำคัญในแถวบน แล้วรวมผลคูณที่ได้ไว้ในช่องขวามือสุด จะเป็นการบ่งบอกถึงความรุนแรงของผลกระทบที่จะมีต่อผลผลิต ค่าที่มีคะแนนอยู่ในระดับสูงสุด จะสามารถอนุมานได้ว่าเป็นตัวแปรหลักที่จะนำเข้าสู่กระบวนการผลิต (KPIVs) ซึ่งควรจะมีการจับตามองและศึกษาเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงกระบวนการให้ดียิ่งขึ้น (เบรย์โฟกี ทรี, ฟอร์เรส ดับบลิวและคณะ, 2545)

Rating of Importance to Customer	8	7	8															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
Process Outputs	Bright Light	Quiet	Correct Color															
Process Inputs																		Total
1	Computer	4	0	9														104
2	Bulb Life	6	1	1														63
3	Power On	4	1	1														47
4	Instructor	1	0	0														8
5																		
6																		
7																		

รูปที่ 2-5 ตัวอย่างแผนผังเมทริกซ์แสดงสาเหตุและผล (Causes and Effect Matrix)

ข. การวิเคราะห์ความขัดแย้งและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis)

การวิเคราะห์ความขัดแย้งและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis) หรือ FMEA คือเทคนิคทางวิศวกรรมที่ใช้ในการกำหนดการบ่งชี้และการจัดปัญหาความล้มเหลวและความผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น หรือ เกิดขึ้นมาแล้วในระบบงานของการออกแบบของกระบวนการและการบริหารก่อนที่จะถึงลูกค้า โดยปกตินิยมใช้ FMEA 2 ชนิด คือ Design FMEA ใช้สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีการนำเอาปัญหาสำคัญ และ ข้อบกพร่องต่าง ๆ จากผู้ใช้หรือลูกค้ามาศึกษาและหาวิธีการปรับปรุงแก้ไข และ อีกชนิดหนึ่งคือ Process FMEA สำหรับการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิตซึ่งมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันไม่ให้มีของเสียและขัดหรือลดปัญหาจากการผลิต ที่จะส่งไปยังกระบวนการผลิตถัดไปและลูกค้า

การวิเคราะห์ความขัดแย้งและผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยวิธีการ FMEA ถือว่าเป็นการวางระบบเตือนภัยล่วงหน้าและเป็นเทคนิคการป้องกันปัญหาชนิดหนึ่ง ซึ่งมีส่วนช่วยวิศวกรกระบวนการในการศึกษาสาเหตุและผลกระทบต่าง ๆ ก่อนที่การออกแบบหรือวิธีการกระบวนการผลิตจะสรุปผลขั้นสุดท้ายทุกเรื่อง ทุกด้านที่มีการวิเคราะห์ร่วมกันจะถูกบันทึกลงแบบฟอร์มมาตรฐานของ FMEA เริ่มต้นจากหน้าที่ยังใดอย่างหนึ่งของกระบวนการผลิตจะถูกนำมาพิจารณาอย่างละเอียดว่ามีชนิด หรือรูปแบบของปัญหา และความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นหรือเคยเกิดขึ้นมาแล้วมีอะไรบ้างมีสาเหตุมาจากเรื่องใด และจะมีผลกระทบอย่างไรหลังจากนั้นจะมีการปริมาตรตัวเลขระดับความเสี่ยงหรือที่เรียกกันว่าค่า RPN (Risk priority number) ให้กับแต่ละปัญหาการคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณพารามิเตอร์ 3 ตัว อันได้แก่

1. S : Severity คือระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้น
2. O : Occurrence คือระดับความเสี่ยงของการเกิดปัญหา ความล้มเหลว หรือความผิดพลาด
3. D : Detection คือระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงาน หรือ ผลิตภัณฑ์ไปให้ลูกค้า

ค่า S, O และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็ม มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่าระดับ ความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหาคือ ค่า $RPN = 1$ ซึ่งมาจาก $1 \times 1 \times 1$ หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีน้อยมาก และความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมากเช่นกัน และสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าอย่างสมบูรณ์ ส่วนค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของปัญหา คือ ค่า $RPN = 1000$ ซึ่งมาจาก $10 \times 10 \times 10$ หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีมาก เช่น พบทุกวัน และระดับความรุนแรงของผลกระทบ เมื่อเกิดปัญหานี้ก็มีมาก เช่นกระบวนการผลิตต้องหยุดทั้งหมด หรือลูกค้าต้องยกเลิกสัญญาสั่งซื้อ เป็นต้น และยังไม่มีการตรวจจับปัญหานี้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าเลย

ข. การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) หมายถึง กลวิธีทางสถิติที่ใช้ในการวิจัย และสร้างตัวแบบสำหรับความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ให้ความสนใจ โดยตัวแบบสำหรับการวิเคราะห์นี้ได้มาจากการกำหนดตัวแปรอิสระจำนวน k ตัว ซึ่งจะต้องเป็นตัวแปรอิสระที่สามารถควบคุมได้ อาทิ มุมมีดตัด ความเร็วรอบ ส่วนผสม อุณหภูมิ และอื่นๆ โดยจะเรียกตัวแปรนี้ว่าตัวแปรถดถอย (Regressor) หรือตัวนำ (Carrier) หรือตัวทำนาย (Predictor) และเมื่อทำการกำหนดค่า

ตัวแปรลดหย่อนค่าหนึ่งๆแล้ว จะทำการศึกษาถึงค่าของตัวแปรตามที่มีลักษณะเป็นตัวแปรสุ่ม จะเรียกตัวแปรประเภทนี้ว่าตัวแปรตอบสนอง (Response variable) (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2542)

จากข้อสมมติที่กำหนดให้ X เป็นตัวแปรทางคณิตศาสตร์และ Y เป็นตัวแปรสุ่ม ซึ่งแต่ละค่าควบคุมของ $X = x_i$ จะทำให้ได้ค่า Y หลายค่าเนื่องจากสาเหตุด้านรีพีทะบิลิตี้ (Repeatability) จึงมีความจำเป็นต้องทำการเฉลี่ยเป็น $E(Y/x_i)$ เพื่อให้ได้ค่าที่คาดหมายหรือค่าที่แสดงถึงผลจากสาเหตุที่ควบคุมได้ของ Y สามารถแสดงองค์ประกอบได้ดังสมการที่ 2-6

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon \quad (2-6)$$

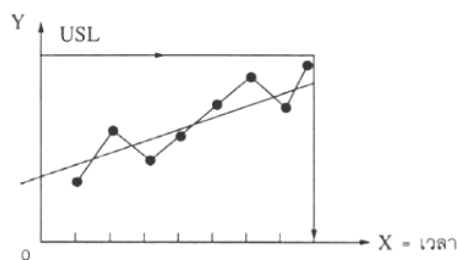
โดยค่า β_0 เป็นค่าชดเชย (Compensation value) ของ y เมื่อ $x = x_i$ β_1 คือค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของ x_i และ y_i และ ε หมายถึงผลจากสาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมได้ใน y เมื่อ $x = x_i$ ที่มีความเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ และถ้าทำการเฉลี่ย สาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมได้แบบรีพีทะบิลิตี้ของ แล้วจะได้สมการลดหย่อนเชิงเส้นตรงอย่างง่ายดังสมการที่ 2-8

$$E(Y/x) = E(\beta_0 + \beta_1 x) + E(\varepsilon) \quad (2-7)$$

$$E(Y/x) = \beta_0 + \beta_1 x \quad (2-8)$$

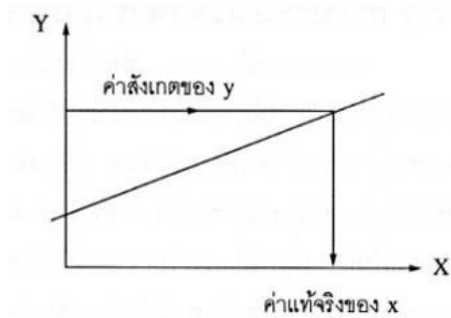
ความสัมพันธ์ของตัวแบบเส้นถดถอยสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

1. ตัวแบบแนวโน้มตามเวลา (Time trend) กำหนดให้ $x =$ เวลา โดยที่มีการกำหนดพิกัดด้านบนของข้อกำหนดเฉพาะไว้ที่แกน Y เช่น ใช้ตัดสินใจถึงช่วงเวลาในการทำการซ่อมบำรุง แสดงดังรูปที่ 2-6



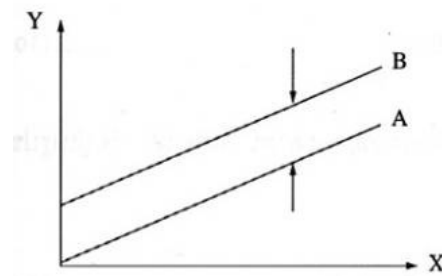
ดังรูปที่ 2-6 ตัวแบบแนวโน้มตามเวลา (Time trend)

2. ตัวแบบสอบเทียบ (Calibration curve) หรือตัวแบบถดถอยผกผัน (Inverse regression) เป็นตัวแบบที่สร้างจากการทดลองด้วยข้อมูล (x,y) ที่อาจจะได้จากห้องทดลอง แล้วจะหาค่าของ x (ซึ่งปกติจะหาได้ยาก) จากค่าสังเกตของ Y โดยตัวแบบนี้มีประโยชน์อย่างมากในด้านงานสอบเทียบเครื่องมือวัด แสดงดังรูปที่ 2-7



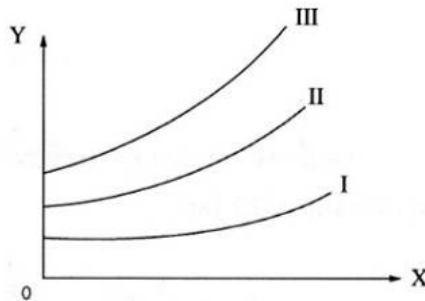
รูปที่ 2-7 ตัวแบบสอบเทียบ (Calibration curve)

3. ตัวแบบภายใต้เงื่อนไขเพิ่มเติม (Additional condition model) เป็นการสร้างเส้นถดถอยขึ้นมาอีกเส้นขนานกับเส้นเดิมแต่ระยะตัดแกน y ต่างกัน เพื่อแสดงค่าชดเชยที่แตกต่างออกไป เมื่อมีการใช้งานที่ต่างเงื่อนไขกัน และเรียกระยะความแตกต่างนี้ว่า “พารามิเตอร์ที่แสดงการเปลี่ยนเงื่อนไขไป (Shift parameter)” ซึ่งแสดงถึงผลจากการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขไป แสดงดังรูปที่ 2-8



รูปที่ 2-8 ตัวแบบภายใต้เงื่อนไขเพิ่มเติม (Additional condition model)

4. สถานการณ์ที่ซับซ้อน (More complex situations) แสดงถึงแนวคิดของการใช้พารามิเตอร์ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงขึ้นไปหลายๆค่า โดยกลุ่มของเส้นเหล่านี้อาจไม่ขนานกัน และอาจไม่ใช่เส้นตรง แสดงดังรูปที่ 2-9



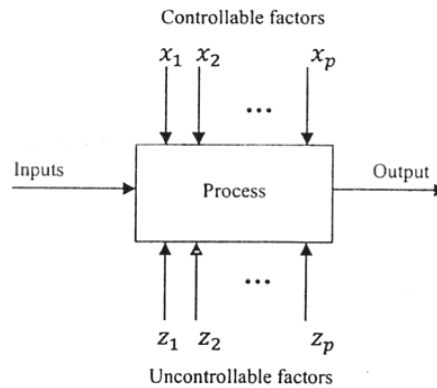
รูปที่ 2-9 สถานการณ์ที่ซับซ้อน (More complex situations)

การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) มีจุดประสงค์ในลักษณะเดียวกับฟังก์ชันกระจายหรือการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของปัญหาที่สงสัย (KPIVs) กับผลลัพธ์ที่สนใจของกระบวนการ (KPOVs) โดยการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) จะให้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือมากกว่า เนื่องจากการคำนวณในเชิงตัวเลขไม่ใช่การพิจารณาจากกราฟการกระจาย นอกจากนี้การวิเคราะห์แบบ Regression Analysis สามารถทำได้กับหลายสาเหตุพร้อมกัน และยังสามารถคำนวณค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างสาเหตุแต่ละตัวกับผลลัพธ์ของกระบวนการว่ามีความเกี่ยวข้องกันหรือไม่ และเกี่ยวข้องกันในระดับใด ด้วยวิธีที่เรียกว่า Test on Significance of Regression ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งในการตรวจสอบสมมติฐาน โดยให้ H_0 คือสมมติฐานว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือสมการที่ได้ มีความสอดคล้องกับค่าจริงที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากกระบวนการ และ H_1 คือสมมติฐานว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือสมการที่ได้ ไม่มีความสอดคล้องกับค่าจริงที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากกระบวนการ โดยการพิจารณาค่า P-value ในตาราง การวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA (Analysis of variance) (วชิรพงษ์ สาลีสิงห์, 2548)

ฉ. การออกแบบการทดลอง

การทดลองถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพในการทำงานของกระบวนการ และระบบซึ่งทั้งกระบวนการและระบบสามารถแทนด้วยแบบจำลองดังรูปที่ 2-10 (ปารเมศ ชูติมา, 2545)

กระบวนการ คือ การรวมเอาคนงาน เครื่องจักร วิธีการ และทรัพยากรอื่นๆเข้าด้วยกันเพื่อเปลี่ยนปัจจัยนำเข้า(Input) เช่น วัตถุดิบ ไปสู่ผลลัพธ์ (Output) ที่มีผลตอบออกมาในรูปแบบหนึ่งหรือมากกว่าซึ่งสามารถเห็นได้ ตัวแปรกระบวนการบางชนิด X_1, X_2, \dots, X_p เป็นตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ในขณะที่ตัวแปรบางชนิด Z_1, Z_2, \dots, Z_p เป็นตัวแปรที่สามารถควบคุมไม่ได้ (ถึงแม้ว่าในบางครั้งอาจจะควบคุมตัวแปรพวกนี้ได้ในขณะที่ทำการทดลองก็ตาม)



รูปที่ 2-10 แบบจำลองทั่วไปสำหรับกระบวนการหรือระบบ

โดยตัวแปรหรือปัจจัยนำเข้าสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้น ได้ในการดำเนินการทดลอง

2. ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable factors) หมายถึงปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ อาจเนื่องมาจากมีข้อกำหนดทางด้านเทคโนโลยีและต้นทุน ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้แบ่งออกเป็น

ก. Noise variable หรือ Background variable หรือตัวแปรรบกวนที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง ในการทดลองแต่ไม่ใช่ปัจจัยที่เรากำลังศึกษา ส่วนใหญ่มักได้แก่ เวลา หรือ เครื่องมืออุปกรณ์ เป็นต้น

ข. Nuisance variable คือตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองแต่เราไม่ทราบมาก่อน เราสามารถกำจัดอิทธิพลของ Nuisance variable ได้โดยการสุ่ม

3. ตัวแปรตอบสนอง (Responses variable) คือ ตัวแปรที่ถูกสังเกตหรือวัดค่าในการทดลอง เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ตัวแปรตาม ซึ่งเป็นตัวแปรที่สะท้อนให้เห็นถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระนั่นเอง

การทดลองส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายตัว และวัตถุประสงค์ของบุคคลที่ทำการทดลอง คือ หาผลกระทบของปัจจัยเหล่านี้กับผลตอบของระบบ โดยวัตถุประสงค์ของการทดลองอาจจะเกี่ยวข้องกับประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1. การหาตัวแปรที่มีผลมากที่สุดต่อผลตอบ y
2. การหาวิธีตั้งค่าของ x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อให้ y อยู่ที่ค่าที่ต้องการ
3. การหาวิธีตั้งค่าของ x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อให้ y มีค่าน้อย
4. การหาวิธีตั้งค่าของ x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อผลของตัวแปรที่ไม่สามารถ

ควบคุมได้ Z_1, Z_2, \dots, Z_p มีค่าน้อยที่สุด

หลักการพื้นฐาน 3 ประการสำหรับการออกแบบการทดลองคือ เพลลิเคชัน (Replication) แรนดอมไมเซชัน (Randomization) และบล็อกกิง (Blocking)

1. เพลลิเคชัน (Replication) หมายถึง การทำการทดลองซ้ำเพลลิเคชันมีคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการ คือ ประการแรก เพลลิเคชันทำให้ผู้ทดลองสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้ ตัวประมาณค่าความผิดพลาดนี้กลายเป็นหน่วยของการวัดค่าพื้นฐานสำหรับพิจารณาว่า ความแตกต่างสำหรับข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้นมีความแตกต่างกันในเชิงสถิติหรือไม่ ประการที่สอง ถ้าค่าเฉลี่ย (ตัวอย่างเช่น \bar{y}) ถูกนำมาใช้เพื่อประเมินผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งในการทดลอง ดังนั้นเพลลิเคชันทำให้ผู้ทดลองสามารถหาตัวประมาณที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในการประมาณผลกระทบนี้ ตัวอย่างเช่น ถ้า σ^2 คือความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละตัวและมี n เพลลิเคชัน ดังนั้น ค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของตัวอย่างนี้ คือ

$$\sigma \frac{2}{y} = \frac{\sigma^2}{n} \quad (2-9)$$

2. แรนดอมไมเซชัน เป็นพื้นฐานหลักสำหรับการใช้วิธีเชิงสถิติในการออกแบบ การทดลอง แรนดอมไมเซชัน หมายถึง การทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม (Random) วิธีการเชิงสถิติกำหนดว่า ข้อมูล (หรือความผิดพลาด) จะต้องเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระ แรนดอมไมเซชันจะทำให้สมมติฐานเป็นจริง การที่เราแรนดอมไมซ์การทดลอง ทำให้เราสามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจปรากฏในการทดลองได้

3. บล็อกกิง เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรง (Precision) ให้แก่การทดลอง บล็อกอันหนึ่งจะหมายถึงส่วนหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการทดลองที่ควรจะมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน มากกว่าเซตทั้งหมดของวัสดุ การเปรียบเทียบเงื่อนไขที่น่าสนใจต่าง ๆ ภายในแต่ละบล็อก จะเกิดขึ้นได้จากการทำบล็อกกิง

แนวทางในการออกแบบการทดลอง การใช้วิธีเชิงสถิติในการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ทุกคนที่เกี่ยวข้องในการทดลอง จะต้องมีความเข้าใจอย่างถ่องแท้ล่วงหน้าว่า กำลังศึกษาอะไรอยู่ จะเก็บข้อมูลได้อย่างไร และจะวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บได้นั้นอย่างไร ขั้นตอนในการดำเนินการอาจจะทำได้ดังต่อไปนี้

1. ทำความเข้าใจถึงปัญหา ในขั้นตอนนี้ต้องพยายามพัฒนาแนวความคิดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง และบ่อยครั้งที่จะต้องหาข้อมูลจากบุคคล หรือหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น แผนกวิศวกรรม แผนกประกันคุณภาพ แผนกผลิต แผนกการตลาด ผู้บริหาร ลูกค้า และแผนกบุคคล ข้อมูลที่มีความชัดเจนจะมีผลอย่างมากต่อความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์และคำตอบสุดท้ายของปัญหานั้น ๆ ด้วยเหตุนี้เองการออกแบบการทดลองทุกครั้งควรจะมีการทำงานเป็นทีม

2. เลือกปัจจัย ระดับ และขอบเขต ผู้ทดลองต้องเลือกปัจจัยที่จะนำมาเปลี่ยนแปลงในระหว่างการทดลอง กำหนดขอบเขตที่ปัจจัยเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลง และกำหนดระดับ (Level) ที่จะเกิดขึ้นในการทดลอง ผู้ทดลองจะต้องมีความรู้จากทางทฤษฎี มีความจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบว่า ปัจจัยที่กำหนดขึ้นมาทั้งหมดนี้มีความสำคัญหรือไม่ และเมื่อวัตถุประสงค์ของการทดลอง คือ การกรองปัจจัย (Screening) ควรจะกำหนดให้ระดับต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองมีจำนวนน้อย ๆ และควรที่จะเลือกขอบเขตให้มีความกว้างมาก ๆ หมายถึงว่า ขอบเขตที่ปัจจัยแต่ละตัวจะเปลี่ยนแปลงได้ควรมีค่ากว้าง ๆ และเมื่อได้เรียนรู้เพิ่มขึ้นว่า ตัวแปรใดมีความสำคัญและระดับใดที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

3. เลือกตัวแปรผลตอบ ในการเลือกตัวแปรผลตอบ ผู้ทดลองควรจะแน่ใจว่า ตัวแปรนี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่กำลังศึกษาอยู่ บ่อยครั้งที่ค่าเฉลี่ยหรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หรือทั้งคู่) ของกระบวนการจะเป็นตัวแปรผลตอบ เป็นไปได้ว่าในการทดลองหนึ่งอาจจะมีผลตอบหลายตัว และมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องกำหนดให้ได้ว่า อะไรคือตัวแปรผลตอบ และจะวัดตัวแปรเหล่านี้ได้อย่างไร ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการทดลองจริง

4. เลือกการออกแบบการทดลอง การเลือกการออกแบบเกี่ยวข้องกับการพิจารณาขนาดของตัวอย่าง (จำนวนเรพลีเกต) การเลือกลำดับที่เหมาะสมของการทดลองที่จะใช้ในการเก็บข้อมูล และการตัดสินใจว่า ควรจะใช้วิธีบล็อกหรือการแรนดอมไมเซชันอย่างไรอย่างหนึ่งหรือไม่

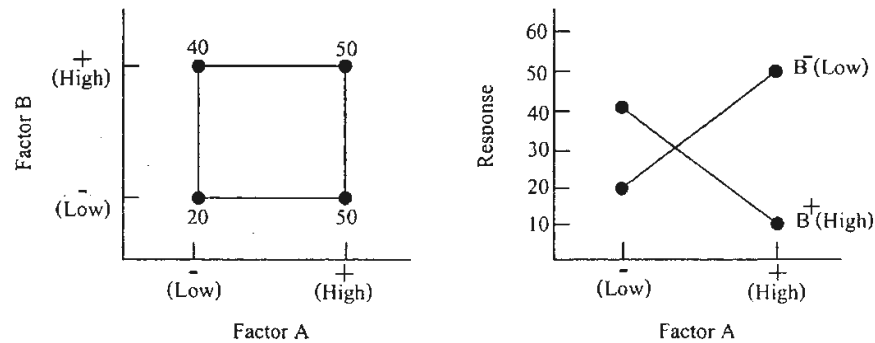
ในการเลือกการออกแบบ จะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองอยู่ตลอดเวลา ในการทดลองทางวิศวกรรมส่วนมาก จะทราบตั้งแต่เริ่มต้นแล้วว่า ปัจจัยบางตัวจะมีผลต่อผลตอบที่เกิดขึ้น ดังนั้นจะต้องหาว่าปัจจัยตัวใดที่ทำให้เกิดความแตกต่าง และประมาณค่าของความแตกต่างที่เกิดขึ้น

5. ทำการทดลอง จะต้องติดตามดูกระบวนการทำงานอย่างระมัดระวัง เพื่อให้แน่ใจว่าการดำเนินการทุกอย่างเป็นไปตามแผน ถ้ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นเกี่ยวกับวิธีการทดลองในขั้นตอนนี้ จะทำให้การทดลองที่ทำนั้น ไม่ได้ผลลัพธ์

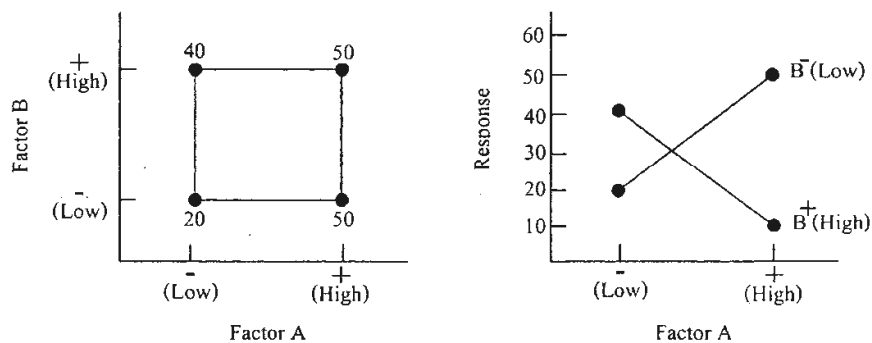
6. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ควรจะนำวิธีการทางสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อว่าผลลัพธ์และข้อสรุปที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง ถ้าการทดลองได้ถูกออกแบบไว้เป็นอย่างดี และถ้าเราทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ วิธีการทางสถิติที่จะนำมาใช้นั้นจะเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน ข้อได้เปรียบของวิธีการทางสถิติก็คือ ทำให้ผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจมีเครื่องมือช่วยที่มีประสิทธิภาพ และถ้าเรานำเอาวิธีการทางสถิติมาผนวกกับความรู้ทางวิศวกรรม ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ และสามัญสำนึก จะทำให้ข้อสรุปที่ได้ออกมานั้นมีเหตุผลสนับสนุนและมีความน่าเชื่อถือ

7. สรุปและข้อเสนอแนะ เมื่อได้วิเคราะห์ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ผู้ทดลองจะต้องหาข้อสรุปในทางปฏิบัติและนำแนวทางของกิจกรรมที่จะเกิดขึ้น ในขั้นตอนนี้จะนำเอาวิธีการทางกราฟเข้ามาช่วย นอกจากนี้แล้วการทำกรทดลองเพื่อยืนยันผล (Confirmation testing) ควรจะทำการขึ้นเพื่อที่จะตรวจสอบความถูกต้องของข้อสรุปที่เกิดขึ้นอีกด้วย

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial design) เป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ในกรณีที่มีปัจจัย (Factor) ตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป โดยทุก ๆ Treatment combination ของปัจจัยทุกตัวที่ศึกษาจะถูกพิจารณาไปพร้อม ๆ กัน ผลลัพธ์ที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งหมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลตอบ (Response) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยนั้น ๆ ซึ่งเรียกว่า ผลหลัก (Main effect) ในการทดลองที่มีผลแตกต่างกันของผลตอบที่เกิดขึ้นบนระดับต่าง ๆ ของปัจจัยหนึ่งมีค่าไม่เท่ากันที่ระดับอื่น ๆ ทั้งหมดของปัจจัยอื่น ซึ่งหมายถึง ผลตอบของปัจจัยหนึ่งขึ้นอยู่กับระดับของปัจจัยอื่น ๆ นั่นเอง เรียกเหตุการณ์นี้ว่า การมีอันตรกิริยา (Interaction) ต่อกันระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้อง แสดงดังรูปที่ 2-11 และ 2-12 โดยค่าที่จุดต่าง ๆ คือ ตัวแปรตอบสนอง เมื่อมีปัจจัย 2 ตัว คือ A และ B โดยแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ คือ - หรือ ต่ำ (Low) และ + หรือ สูง (High)



รูปที่ 2-11 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย (ไม่มีอันตรกิริยา)



รูปที่ 2-12 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย (มีอันตรกิริยา)

ประโยชน์ของการทดลองแบบแฟกทอเรียล คือ มีจำนวนการทดลองน้อยกว่าการทดลองแบบอื่น และยังให้ผลที่เกี่ยวกับอันตรกิริยาซึ่งมีความสำคัญมาก และไม่สามารถหาค่าได้จากการทดลองแบบเปรียบเทียบอย่างง่ายและการทดลองทีละปัจจัย (One-factor-at-a-time) ทั้งนี้หากมีการละเลยผลของอันตรกิริยาอาจทำให้ข้อสรุปผิดพลาด

การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ กรณีที่มีปัจจัย k ปัจจัยซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ ระดับเหล่านี้จะเกิดจากข้อมูลเชิงประมาณ เช่น อุณหภูมิ ความดัน หรือเวลา เป็นต้น หรืออาจเกิดจากข้อมูลเชิงคุณภาพก็ได้ เช่น เครื่องจักร หรือคนงาน เป็นต้น และใน 2 ระดับที่กล่าวถึงนี้จะแทนระดับ “สูง” หรือ “ต่ำ” ของปัจจัยหนึ่ง ๆ หรือการ “มี” หรือ “ไม่มี” ของปัจจัยนั้น ๆ ก็ได้ การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k (2^k Factorial design)

ใน 1 เพลทที่เกิดที่ปริบูรณ์สำหรับการออกแบบเช่นนี้จะประกอบด้วยข้อมูลทั้งสิ้น $2 \times 2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$ ข้อมูลและเรียกการออกแบบลักษณะนี้ว่า การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k โดยสมมติฐานว่า

1. ปัจจัยทั้งหมดมีค่าตายตัว
2. การออกแบบเป็นแบบเชิงสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized)
3. สมมติฐานเกี่ยวกับความเป็นปกติเป็นที่ยอมรับได้

ญ. การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ (Tests of Statistical Hypotheses)

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ เป็นระเบียบวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการตัดสินใจว่าค่าสถิติที่คำนวณจากตัวอย่างนั้นสามารถใช้อ้างอิงค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณจากประชากรได้หรือไม่ โดยการทดสอบสมมติฐานมีความรู้ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. การตั้งสมมติฐานในการทดสอบ

ในการทดสอบสมมติฐานนั้น จะต้องตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบเสมอ โดยตั้งสมมติฐานหลัก (Null hypotheses : H_0) คู่กับสมมติฐานรอง (Alternative hypotheses : H_1 หรือ H_a) สมมติฐานหลักคือสมมติฐานที่ต้องการทดสอบ โดยเป็นข้อความเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดค่าแน่นอนและเป็นข้อความที่เราหวังว่าจะปฏิเสธ ส่วนสมมติฐานรองคือ สมมติฐานที่ตั้งขึ้นให้ขัดแย้งกับสมมติฐานหลัก การตั้งสมมติฐานมี 3 แบบ คือ สมมติฐานทางเดียวด้านซ้าย สมมติฐานทางเดียวด้านขวา และ สมมติฐานแบบสองทาง

2. ความผิดพลาดในการทดสอบกับการกำหนดระดับนัยสำคัญ

เป็นการนำค่าคำนวณจากตัวอย่างมาสรุปเป็นค่าของประชากร ดังนั้นย่อมเกิดความผิดพลาดขึ้นเสมอโดยความผิดพลาดนี้อาจเกิดขึ้นจากการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลักผู้ทดสอบสามารถกำหนดความผิดพลาดที่จะยอมให้เกิดขึ้นได้ ซึ่งจะกำหนดในลักษณะของความน่าจะเป็น ค่าความผิดพลาดนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

ก. ความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I Error : α) คือความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธ H_0 ทั้ง ๆ ที่ H_0 เป็นจริง นั่นคือ α คือความน่าจะเป็นในการปฏิเสธ H_0 ทั้ง ๆ ที่ H_0 เป็นจริง ความน่าจะเป็นในการเกิดความผิดพลาดประเภทนี้เรียกว่า ระดับนัยสำคัญ (Level of significance) หรือขนาดของการทดสอบ ค่า α จะเป็นค่าควบคุมในการปฏิเสธหรือในการยอมรับสมมติฐาน H_0 โดยทั่ว ๆ ไป การทดสอบสมมติฐานจะกำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.01, 0.05 หรือ 0.1

ข. ความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II Error : β) คือความผิดพลาดที่เกิดจากการที่ยอมรับ H_0 ทั้ง ๆ ที่ H_0 เป็นเท็จ นั่นคือ β คือความน่าจะเป็นในการยอมรับ H_0 ทั้ง ๆ ที่ H_0 เป็นเท็จ และ $1-\beta$ จะเรียกว่ากำลังการทดสอบ

ในการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลักนั้น จะขึ้นอยู่กับตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรที่สนใจ ค่าสถิติที่คำนวณได้จากตัวอย่างที่ถูกสุ่มมาจะถูกปรับเป็นค่ามาตรฐาน โดยเรียกค่ามาตรฐานนี้ว่า ค่าสถิติทดสอบ (Test Statistic) ค่าสถิติทดสอบอาจมีการแจกแจงแบบ z , t , χ^2 หรือ f ขึ้นอยู่กับว่าเป็นการทดสอบค่าพารามิเตอร์ในเรื่องใด หลังจากนั้นจะนำค่าสถิติทดสอบไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลัก โดยเรียกเกณฑ์นี้ว่า ค่าวิกฤต (Critical region) ซึ่งจะเป็นค่าที่ได้จากการเปิดตารางการแจกแจงเดียวกับค่าสถิติทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2542)

การทดสอบสมมติฐานสามารถดำเนินการตามขั้นตอน 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ตั้งสมมติฐานตามสิ่งที่ต้องการทดสอบซึ่งอาจเป็นสมมติฐานทางเดียวหรือสมมติฐานแบบสองทางคือ H_0 คู่กับ H_1 โดยตั้งในรูปสัญลักษณ์หรือข้อความก็ได้
2. ทำการกำหนดวิธีการตัดสินใจโดยพิจารณาถึงตัวสถิติสำหรับการทดสอบ (Test statistic) ตัวพารามิเตอร์ แล้วพิจารณาถึงการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวสถิติดังกล่าวด้วยทฤษฎีการแจกแจงของสิ่งตัวอย่าง ซึ่งอธิบายความผันแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ในระหว่างเงื่อนไขของการทดลอง หรือรีโพรดูซิบิลิตี (Reproducibility) จากนั้นกำหนดช่วงแห่งการปฏิเสธและช่วงแห่งการยอมรับของตัวสถิติ ภายใต้อัตรา α ที่กำหนด
3. ออกแบบการทดลองด้วยการกำหนดค่า n จากเส้นโค้งไอซี
4. ดำเนินการทดลองภายใต้เงื่อนไขการทดลองที่ได้ออกแบบไว้
5. ตัดสินใจตามวิธีการตัดสินใจที่กำหนด กล่าวคือ ถ้าหากข้อมูลอยู่ในบริเวณแห่งการยอมรับให้ทำการยอมรับสมมติฐาน (ตัดสินใจยอมรับ H_0) หรือสรุปว่าไม่มีเหตุผลในการปฏิเสธสมมติฐาน เนื่องจากข้อมูลอยู่ในช่วงความผันแปรที่เกิดจากสาเหตุด้านรีโพรดูซิบิลิตีของการทดลอง แต่ถ้าหากข้อมูลอยู่ในบริเวณแห่งการปฏิเสธให้ทำการปฏิเสธสมมติฐาน (ตัดสินใจปฏิเสธ H_0) และยืนยันว่าสมมติฐานที่กำหนดไว้ไม่ถูกต้อง

ก. แผนภูมิควบคุม (Control chart)

แผนภูมิควบคุม คือ เครื่องมือตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงไปของกระบวนการผลิต เพื่อแก้ไขปัญหาด้านคุณภาพได้อย่างรวดเร็ว และไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อสินค้าที่ผลิต (วันรัตน์ จันทกิจ, 2547)

กล่าวได้ว่า “ไม่มีชิ้นงานจากกระบวนการใด ที่จะมีความเหมือนกันทุกประการ” เนื่องด้วยโดยธรรมชาติแล้ว ชิ้นงานที่เกิดจากกระบวนการผลิตใดๆ มักมีความผันแปร (Variation) เกิดขึ้นในกระบวนการเสมอ โดยความผันแปรเกิดขึ้นมาจาก 2 ส่วนด้วยกันคือ

1. ความผันแปรตามธรรมชาติ (Common cause) เกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างเล็กน้อยๆ ที่เกิดขึ้นจากปัจจัยการผลิตต่างๆ เช่น ผู้ปฏิบัติงาน วัตถุดิบ เป็นต้น ไม่มีความรุนแรงและไม่มีผลต่อคุณภาพ โดยชิ้นงานที่ออกมาจะมีความแตกต่างกันเล็กน้อยเป็นความแตกต่างที่ยอมรับได้ และอยู่ในค่าพิสัยความเผื่อ (Tolerance) ของชิ้นงาน
2. ความผันแปรจากความผิดปกติ (Special cause) เกิดขึ้นเนื่องจากความผิดพลาดของปัจจัยต่างๆ ในการผลิต ซึ่งจำเป็นที่จะต้องได้รับการแก้ไขจึงจะทำให้คุณภาพของชิ้นงานกลับมาสู่สภาวะปกติอีกครั้งหนึ่ง

แผนภูมิควบคุมจำแนกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

a. แผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลแบบหน่วยวัด (Control chart for variables)

เป็นวิธีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ด้วยการวัดผลิตภัณฑ์ในเชิงปริมาณ เช่น กรัม เซนติเมตร หรือกิโลกรัม เป็นต้น แผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลแบบหน่วยวัดหรือข้อมูลมีค่าต่อเนื่องประกอบด้วย แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย (\bar{x} และ R charts) และแผนภูมิควบคุมแบบบวกสะสม (Cumulative-sum control chart)

b. แผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลแบบหน่วยนับ (Control chart for attributes)

เป็นวิธีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ด้วยการนับผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพ เช่น ผลิตภัณฑ์ดีหรือผลิตภัณฑ์เสีย ผลิตภัณฑ์ใช้ได้หรือใช้ไม่ได้ เป็นต้น ในทางปฏิบัติ นิยมใช้วิธีการตรวจสอบนี้มาก เพราะโรงงานเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะนี้อยู่แล้ว ดังนั้นโรงงานจึงไม่จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบเพื่อสร้างแผนภูมิควบคุม แผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลแบบหน่วยนับมีดังต่อไปนี้

ก. แผนภูมิที่ใช้วิเคราะห์ของเสีย (Defectives) ประกอบด้วย แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p chart) และแผนภูมิควบคุมจำนวนของเสีย (np chart)

ข. แผนภูมิที่ใช้วิเคราะห์ข้อบกพร่อง (Defects) ประกอบด้วย แผนภูมิควบคุมจำนวนข้อบกพร่องต่อหน่วยการตรวจสอบ (c chart) และแผนภูมิควบคุมจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อหน่วย (u chart)

ตารางที่ 2-2 ชนิดของแผนภูมิควบคุม

ลักษณะของข้อมูล	แผนภูมิ	คำอธิบาย	ตัวอย่าง
1. ข้อมูลแบบหน่วยวัด (Variables data)			
1.1 กลุ่มตัวอย่างมาก	$\bar{X} - R$ Chart	ควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย	<ul style="list-style-type: none"> ● เส้นผ่านศูนย์กลางของปากกา ● เวลาในการทำงาน ● น้ำหนักบรรจุ
1.2 ไม่มีกลุ่มตัวอย่างมาก	X and IMR Chart	ควบคุมค่าวัดและค่าเฉลี่ยที่อิงพิสัย	<ul style="list-style-type: none"> ● ค่า pH ของสารละลาย ● ความหวานของน้ำตาล
2. ข้อมูลแบบหน่วยนับ (Attributes data)			
2.1 จำนวนนับต่อการสุ่มสิ่งตัวอย่าง	pn chart	ควบคุมจำนวนชิ้นงานเสีย	<ul style="list-style-type: none"> ● ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง ● ความผิดพลาดของรายงานจากการตรวจติดตาม
	p Chart	ควบคุมสัดส่วนของเสีย	
2.2 จำนวนนับต่อหน่วยมาตรฐาน	c Chart	ควบคุมจำนวนตำหนิ	<ul style="list-style-type: none"> ● พนักงานขาดต่อวัน ● อาการขัดข้องต่อหนึ่งผลิตภัณฑ์ ● จำนวนโทรศัพท์ที่เข้าสำนักงานต่อชั่วโมง ● จำนวนคนเข้ามาใช้บริการในธนาคารต่อชั่วโมง
	u Chart	ควบคุมสัดส่วนตำหนิต่อชิ้น	

2.1.4 การนำวิธีการ ชิกซ์ ซิกม่า มาใช้ในองค์กร

การตั้งคณะทำงานของโครงการที่เหมาะสม เป็นส่วนที่มีความสำคัญมาก เพราะจะช่วยให้การใช้วิธีการ ชิกซ์ ซิกม่ามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น แนวทางในการกำหนดคณะทำงานมีดังนี้

1. ผู้ให้การสนับสนุนคณะทำงาน (Champion) เป็นผู้มีอำนาจอยู่ในระดับบริหารของหน่วยงานนั้น โดยตรง เป็นผู้ให้การสนับสนุน และช่วยเหลือคณะทำงาน ในการเลือกโครงการ กำหนดขอบเขตการดำเนินงาน และเป้าหมายความสำเร็จของโครงการ และกำจัดอุปสรรคที่ขัดขวางการดำเนินงานของคณะทำงาน ผู้ที่จะมาเป็น Champion ของโครงการจะต้องผ่านการอบรมความรู้พื้นฐานของวิธีการ ชิกซ์ ซิกม่า มาพอสมควร

2. ผู้นำคณะทำงานและสมาชิก (Black belt) จะเป็นผู้ที่ทำงานเต็มเวลาให้กับการนำคณะทำงานในการประยุกต์ใช้วิธีการ ชิกซ์ ซิกม่า ดำเนินโครงการให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย หน้าที่หลักของ Black belt จึงเป็นการเลือกโครงการร่วมกับ Champion จัดตั้งคณะทำงาน

และนำคณะทำงานในการทำงานร่วมกันให้ประสบความสำเร็จ และทำหน้าที่ในการประสานงานต่างๆ เช่น จัดการประชุม ฝึกสอนให้ความรู้ และนำเทคนิคต่างๆเกี่ยวกับสถิติมาใช้ที่เหมาะสม เป็นเสมือนพี่เลี้ยง และผู้นำของกลุ่ม ผู้ที่จะเป็น Black belt โดยสมบูรณ์ได้จะต้องผ่านการอบรมตามหลักสูตร Six Sigma Black Belt Training อันประกอบด้วยขั้นตอน DMAIC สถิติ และหลักสูตรความเป็นผู้นำ

3. ที่ปรึกษา Black belt (Master black belt) เป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในวิธีการชิคซ์ ชิคม่า การใช้เครื่องมือทางสถิติ และเทคนิคต่างๆเป็นพิเศษ มีหน้าที่ให้คำปรึกษาแนะนำ รวมไปถึงการจัดการฝึกอบรม ให้แก่คณะทำงาน

4. หัวหน้าคณะทำงานของแต่ละโครงการ (Green belt) เป็นผู้เชี่ยวชาญในหน่วยงานทำหน้าที่เหมือน Black belt แต่ไม่ได้ทำงานเต็มเวลาให้กับการดำเนินโครงการ ซึ่ง Green belt จะต้องเป็นผู้ที่ผ่านการอบรมความรู้เรื่อง ชิคซ์ ชิคม่า ตามที่กำหนด

5. คณะทำงาน(Member) เป็นผู้ที่ทำหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงและมีความรู้ในงานนั้นๆ เพื่อร่วมกันศึกษา ร่วมกันเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง โดยดำเนินการตามวิธีการชิคซ์ ชิคม่าเพื่อทำการปรับปรุงงานตามเป้าหมายของโครงการ

2.2 วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ (Flexible Printed Circuits)

วงจรพิมพ์ชนิดงอได้หรือ FPC (Flexible Printed Circuits) ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่นตัวไอซี ตัวเก็บประจุ ตัวต้านทาน และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ซึ่งด้วยคุณสมบัติของวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีความยืดหยุ่น มีขนาดบาง น้ำหนักเบา มีความทนทาน ทั้งยังสามารถออกแบบให้มีรูปร่างลักษณะและขนาดได้ตรงตามที่ถูกค้าต้องการ จึงถูกนำมาใช้แทนสายไฟและวงจรพิมพ์ไฟฟ้าชนิดแข็ง PCB (Printed Circuit Board)

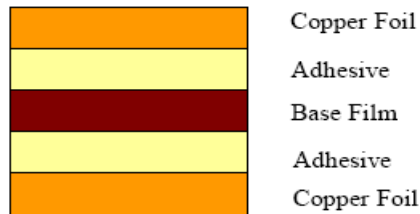
วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ (Flexible Printed Circuits) นั้นได้มีการใช้วัตถุดิบหลายชนิด ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

1. วัตถุดิบที่ผลิตเป็น FPC หมายถึง วัตถุดิบที่เป็นโครงสร้างหลัก หากขาดวัตถุดิบชนิดใดชนิดหนึ่ง ไม่สามารถที่จะผลิตเป็น FPC ได้ ซึ่งวัตถุดิบกลุ่มนี้จะประกอบด้วย

- ก. CCL (Copper Clad Laminates) เป็นวัตถุดิบพื้นฐานที่สำคัญ ในโครงสร้างของ FPC ซึ่งจะใช้สร้างเป็นเส้นลายวงจรประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ Copper Foil เชื่อมติดกับ Base Film ด้วยกาว (Adhesive)



รูปที่ 2-13 โครงสร้าง CCL (Copper Clad Laminates) ชนิดที่มีทองแดงด้านเดียว



รูปที่ 2-14 โครงสร้าง CCL (Copper Clad Laminates) ชนิดที่มีทองแดงสองด้าน

จากส่วนประกอบของ CCL ที่เป็นทองแดง (Copper Foil) จึงยับและเป็นสนิมง่ายดังนั้นจึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษในการหยิบจับหรือการเคลื่อนย้าย และ CCL แต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันทั้งชนิดของ Copper Foil และ Base Film และมีความแตกต่างกันในความหนา

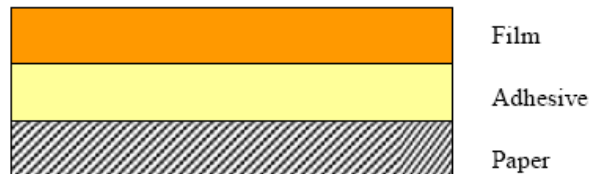
ข. RPC (Rigid Printed Circuit Board) เป็นวัสดุคืบพื้นฐานที่สำคัญ ในโครงสร้างของ FPC ที่มีเส้นลายวงจรตั้งแต่ 3 ชั้นขึ้นไป ซึ่งจะใช้สร้างเป็นเส้นลายวงจร ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักคือ Copper Foil ซึ่งเชื่อมติดกับ Glass Epoxy (GE) โดยวิธีการใช้ความร้อนหลอมละลาย (Hot Melt) ที่ผิวหน้าของ Glass Epoxy (GE)



รูปที่ 2-15 โครงสร้าง RPC (Rigid Printed Circuit Board)

จากส่วนประกอบของ RPC ที่เป็นทองแดง (Copper Foil) จึงยับและเป็นสนิมง่ายดังนั้นจึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษในการหยิบจับหรือการเคลื่อนย้าย และ RPC แต่ละชนิดจะแตกต่างกันทั้งชนิดของ Copper Foil และ Glass Epoxy และมีความแตกต่างกันในความหนา

ก. CL (Cover Lay) เป็นวัสดุเคลือบที่ใช้เคลือบเส้นลายวงจรหลังจากผ่านกระบวนการสร้างเส้นลายวงจรเรียบร้อยแล้ว เพื่อป้องกันการเกิดสนิม (Rust) และป้องกันการลัดวงจร (Short) และด้วยคุณสมบัติที่มีความทนทานและยืดหยุ่นสูง ก็จะทำให้ชิ้นงานมีความทนทานและยืดหยุ่นสูงด้วย ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วน ดังรูป

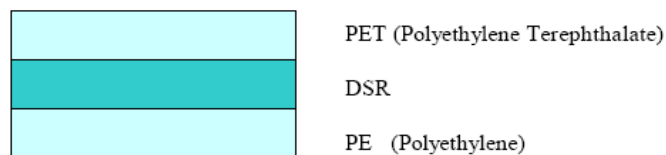


รูปที่ 2-16 โครงสร้าง CL (Cover Lay)

ชนิดของกาว (Adhesive) คือ Thermo Setting Adhesive ซึ่งกาวชนิดนี้จะแข็งตัวหรืออยู่ตัวหลังจากผ่านความร้อนสูง และชั้น Paper (Release paper) จะถูกลอกออกเมื่อนำไปใช้งาน

ง. Cover Coat Ink หรือ Solder Resist Ink (หมึก) เป็นวัสดุเคลือบที่ใช้พิมพ์เคลือบเส้นลายวงจรหลังจากผ่านกระบวนการสร้างเส้นลายวงจรเรียบร้อยแล้ว ทำหน้าที่เหมือนกับ CL แต่ต้นทุนจะต่ำกว่า และมีความยืดหยุ่นน้อยกว่า จึงมักใช้กับชิ้นงานที่ไม่ต้องการความยืดหยุ่นสูง ซึ่ง Cover Coat Ink จะมีสีเขียว และสีเหลือง แต่ส่วนมากจะใช้สีเขียวในการเคลือบ

จ. DSR (Dry Film Solder Resist) เป็นวัสดุเคลือบที่ใช้เคลือบเส้นลายวงจรหลังจากผ่านกระบวนการสร้างเส้นลายวงจรเรียบร้อยแล้ว ทำหน้าที่เหมือนกับ CL แต่ DSR สามารถเปิดพื้นที่ของตัวนำที่มีขนาดเล็กได้ดีกว่า CL แต่ก็มีข้อแตกต่างกันในเรื่องของความยืดหยุ่น ซึ่งจะมีน้อยกว่า CL และจากที่มีคุณสมบัติที่ไวต่อแสงโดยเฉพาะแสง UV (Ultra Violet) ซึ่งจะแข็งตัวเมื่อถูกแสง ดังนั้นจึงเก็บวัสดุชนิดนี้ไว้ในห้องมืดหรือห้องสีเหลืองที่แสง UV ผ่านไม่ได้



รูปที่ 2-17 โครงสร้าง DSR (Dry Film Solder Resist)

ฉ. PET (Polyethylene Terephthalate) ลอกออกในชั้นล่าง DSR ส่วนที่ไม่ถูกแสง (DSR Development)

ข. PE (Polyethylene) ลอกออกในขั้นตอนการติด DSR (DSR Laminate)

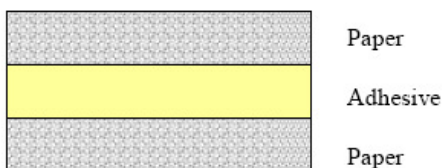
ข. LSR (Liquid Solder Resist) เป็นวัสดุที่เคลือบเส้นลายวงจรหลังจากผ่านกระบวนการสร้างเส้นลายวงจรเรียบร้อยแล้ว ทำหน้าที่เหมือนกับ DSR แต่ก็มีข้อแตกต่างกันในเรื่องของความยืดหยุ่น โดย LSR จะมีความยืดหยุ่นดีกว่า DSR และจากที่มีคุณสมบัติที่ไวต่อแสงโดยเฉพาะแสง UV (Ultra Violet) ซึ่งจะแข็งตัวเมื่อถูกแสง ฉะนั้นจึงเก็บวัสดุนี้ไว้ในห้องมืดหรือห้องสีเหลืองที่แสง UV ผ่านไม่ได้

2. วัสดุที่ประกอบเข้ากับ FPC หมายถึง วัสดุที่ติดไปกับ FPC เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับ FPC หรือต้องการที่จะให้มีกาวเพื่อนำไปติดเข้ากับอุปกรณ์อื่นๆ ตลอดจนพิมพ์สัญลักษณ์ต่างๆ ซึ่งวัสดุในกลุ่มนี้ประกอบด้วย

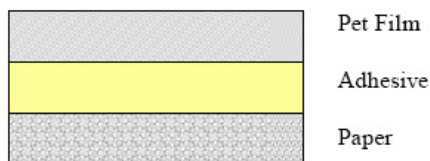
ก. ADH (Adhesive) เป็นกาวที่ใช้เพื่อติดอุปกรณ์กับ FPC หรือ เพื่อติด STF (Stiffener) กับ FPC พอจะแบ่งได้ 2 ชนิดดังนี้

1. Pressure Sensitive Adhesive : กาวที่ไวต่อการกดอัดเป็นกาวที่ลอกเอาชั้นของกระดาษออกและกดด้วยแรงดัน เนื้อกาวก็สามารถติดกับ FPC หรืออุปกรณ์ของลูกค้าได้เลย หรือนำมาใช้ในการติด STF เข้ากับ FPC เพื่อเพิ่มความแข็งแรงในพื้นที่นั้นๆ

2. Thermo Setting Adhesive : กาวที่ต้องใช้ความร้อนในการหลอมละลาย เป็นกาวที่จะแข็งตัวหรืออยู่ตัวหลังจากผ่านความร้อนสูง โดยกระบวนการการ Curing มักจะใช้ติด STF เข้ากับ FPC เพื่อให้เกิดความแข็งแรงในพื้นที่นั้นๆ



รูปที่ 2-18 โครงสร้าง Pressure Sensitive Adhesive



รูปที่ 2-19 โครงสร้าง Thermo Setting Adhesive

ข. STF (Stiffener) เป็นวัสดุที่ประกอบเข้ากับ FPC เพื่อที่จะเพิ่มความแข็งแรงให้กับ FPC เพราะปกติ FPC จะมีคุณสมบัติที่อ่อนตัวและบอบบางโดยเฉพาะพื้นที่ที่เคลือบด้วยตะกั่วหรือเคลือบทองมาก ซึ่งเป็นบริเวณที่จะต้องนำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ของลูกค้า หรือจะต้องบัดกรีเพื่อวางอุปกรณ์ ดังนั้นจึงต้องเพิ่มความแข็งแรงให้กับ FPC ด้วยการติด STF เข้าไป ชนิดของ STF มีดังนี้

1. Polyimide Film

2. PET Film สามารถแบ่งได้ 3 ชนิด คือ Base Plate หรือ Clear PET

White PET และ Black Pet

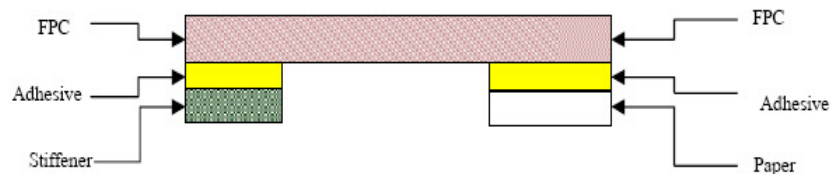
3. Paper Phenolix

4. Glass Epoxy

5. SUS plate

6. Stainless – Steel

7. Aluminium



รูปที่ 2-20 โครงสร้างการใช้งานของ Adhesive และ Stiffener บน FPC

ค. Symbol Ink เป็นวัสดุที่ประกอบเข้ากับ FPC เพื่อใช้พิมพ์สัญลักษณ์หรืออักษร แสดง รหัส วัน เดือน ปี ที่ผลิต หรือแสดงรหัสที่ลูกค้ากำหนด หรือ อาจจะพิมพ์เป็นเส้นตรงเพื่อแสดงรอยต่อที่พิมพ์มักจะเป็นหมึกสีขาว(White Ink) หรือหมึกดำ (Black Ink)

ง. MAT Ink เป็นวัสดุที่ประกอบเข้ากับ FPC เพื่อใช้พิมพ์ลงบนผิว FPC บางตำแหน่ง เพื่อป้องกันแสงสะท้อนกับผิว FPC ส่วนมากจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำไปใช้กับกล้อง เพื่อป้องกันแสงจากแฟลช เนื่องจากเวลาถ่ายภาพแสงจากแฟลชจะสะท้อนกับ FPC ทำให้ทิศทางแสงเปลี่ยนแปลงมีผลต่อการถ่ายภาพ ดังนั้นจึงเคลือบด้วยหมึกนี้ในบางตำแหน่งบน FPC

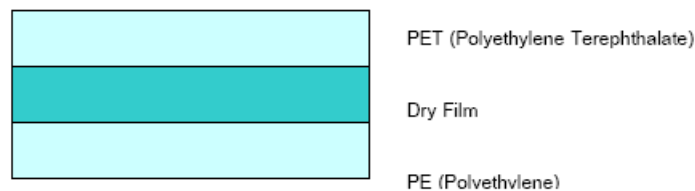
จ. Print Shield เป็นวัสดุที่ประกอบเข้ากับ FPC เพื่อใช้พิมพ์ลงบนผิว FPC บางตำแหน่ง เพื่อป้องกันสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และคลื่นรบกวน มี 2 ชนิด คือ Silver Paste ลักษณะเป็นสีเงิน ซึ่งมีส่วนผสมของเงิน ประกอบอยู่ และ Coating Paste ลักษณะเป็นสีดำ ซึ่งมีส่วนผสมของทองแดงประกอบอยู่

ฉ. Carbon Paste (CPP) เป็นวัสดุที่ประกอบเข้ากับ FPC มีลักษณะเป็นสีเทาดำ มีส่วนผสมของทองแดงประกอบอยู่ ใช้พิมพ์ลงบนบริเวณ ตัวนำที่เคลือบด้วยทอง เพื่อเพิ่มความหนาในกรณีที่ถูกค้ำต้องการวาง Metal dome ในบริเวณนั้นๆ

ช. Anisotropic Conductive Adhesive (ACP) เป็นวัสดุที่ประกอบเข้ากับ FPC มีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นมีส่วนผสมของทองแดงประกอบอยู่ ใช้พิมพ์เคลือบลงบนผิวหน้าทองแดงบริเวณ Conductor Finger เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ของลูกค้ำในลักษณะให้ตัวนำสัมผัสกัน แล้วใช้ความร้อนหลอมละลาย ACP ติดกับอุปกรณ์ของลูกค้ำ

3. วัสดุที่ช่วยในการผลิต FPC หมายถึง วัสดุที่ช่วยในการผลิตในแต่ละขั้นตอนการผลิต จะไม่ติดไปกับ FPC เมื่อเสร็จจากการผลิต ซึ่งวัสดุในกลุ่มนี้ประกอบด้วย

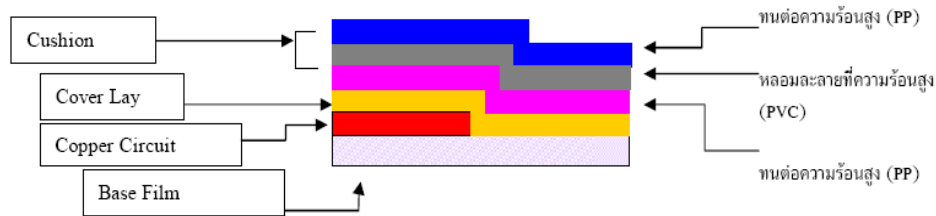
ก. DF (Dry Film) เป็นวัสดุที่ช่วยในกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร ซึ่งจะไม่ปรากฏหรือติดอยู่กับตัว FPC หลังเสร็จสิ้นจากกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร วัสดุชนิดนี้มีคุณสมบัติที่ไวต่อแสงโดยเฉพาะแสง UV (Ultra Violet) หากแสงไปกระทบกับ Dry Film สีของ Dry Film จะเปลี่ยนเป็นสีเข้มและเนื้อของ Dry Film จะแข็งตัว ดังนั้นจึงเก็บวัสดุชนิดนี้ไว้ในห้องมืดหรือห้องสีเหลืองที่แสง UV ผ่านไม่ได้ โดย PET (Poly Ethylene Terephthalate) จะถูกลอกออกในขั้นตอน Development (ล้างครายฟิล์มส่วนที่ไม่ ถูกแสง) และ PE (Poly Ethylene) ลอกออกในขั้นตอน Dry Film Laminate (การติดครายฟิล์ม)



รูปที่ 2-21 โครงสร้าง DF (Dry Film)

ข. Cushion เป็นวัสดุที่ประกอบด้วยสารจำพวกพลาสติก (PVC) และกระดาษใช้ ในกระบวนการผลิตด้วยความร้อนและอัดด้วยแรงดัน (Curing : เคียวริง) โดยทำหน้าที่รองรับ FPC จากแรงดันของเครื่องจักรที่สูงมาก เช่น 50Kg/Cm เป็นต้น จะมีทั้งชนิดที่หลอมละลายและชนิดที่ทนต่อความร้อนสูง (160 C⁰) เพื่อจะกดอัดให้ CL ติดกับ CCL รวมทั้งยับยั้งการไหลของกาวจาก CL ที่จะเชื่อมติดกับ CCL ไม่ให้ไหลออกมาข้างนอกมาก (Adhesive Over Flow) โดยชนิดที่

หลอมละลายจะปิดกั้นไม่ให้กาวไหล และส่วนชนิดที่ทนความร้อนสูงไม่หลอมละลายจะทำให้ลอก FPC ออกจาก Cushion ได้ง่าย



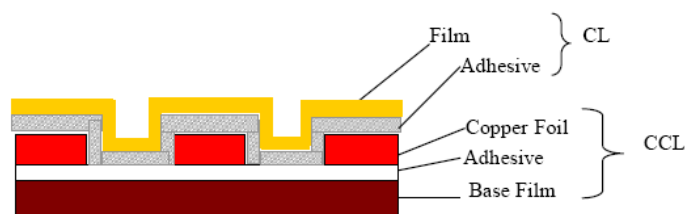
รูปที่ 2-22 โครงสร้างการใช้งาน Cushion บน FPC

ค. Masking Ink เป็นวัสดุคิบบที่ใช้พิมพ์เพื่อป้องกันพื้นผิวทองแดงที่ไม่ต้องการให้เคลือบตะกั่ว (Solder Plating) หรือเคลือบทอง (Gold Plating) จะใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการตัวนำสองชนิดในผลิตภัณฑ์ตัวเดียวกันเช่น Gold Plating กับ Copper หรือ Gold Plating กับ Solder Plating

ง. Masking Tape เป็นวัสดุคิบบที่ใช้ติดเพื่อป้องกันพื้นผิวทองแดงที่ไม่ต้องการให้เคลือบตะกั่ว (Solder Plating) หรือเคลือบทอง (Gold Plating) จะใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการตัวนำสองชนิดในผลิตภัณฑ์ตัวเดียวกันเช่น Gold Plating กับ Copper หรือ Gold Plating กับ Solder Plating

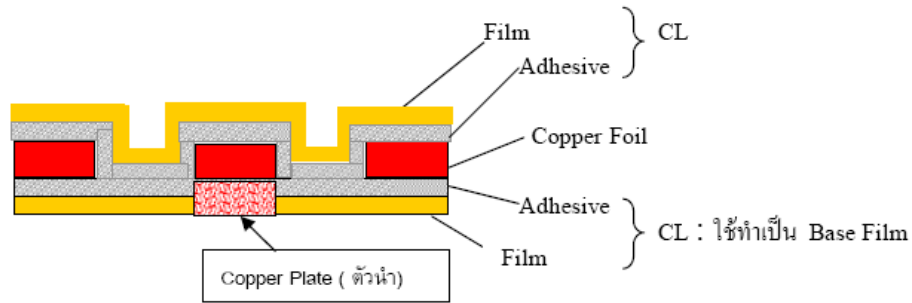
โครงสร้างของ FPC (Structure of FPC)

1. วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) เส้นลายวงจรจะมีขนาดเล็ก มีความอ่อนตัวสูงทำให้ง่ายต่อการโค้งงอ โดยนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องใช้ทางอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป รวมถึงระบบไฟในรถยนต์



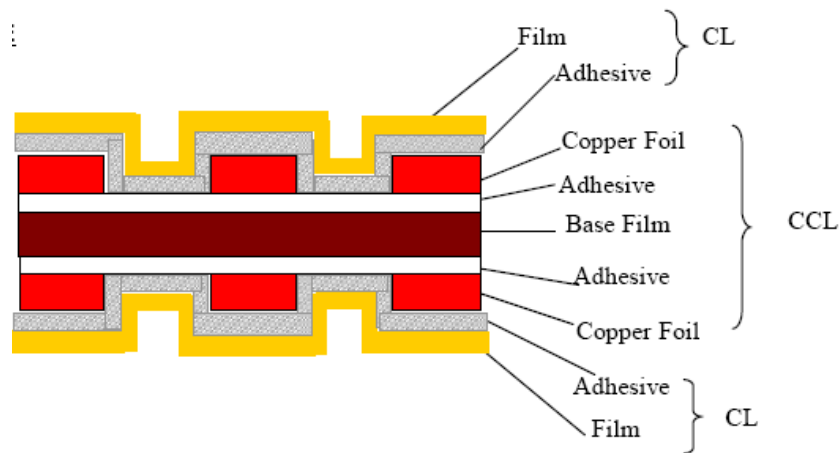
รูปที่ 2-23 โครงสร้างวงจรมพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว
(Single side product)

2. วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว แต่มีตัวนำไฟฟ้า 2 ด้าน (Double access product) โดยใช้ Cover lay film (CL) เป็นฐานให้แก่ตัวนำไฟฟ้า ทำให้มีขนาดบางและมีความอ่อนตัวสูงมา โดยนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือเครื่องใช้ทางอิเล็กทรอนิกส์ในชั้นส่วนที่ต้องอาศัยความโค้งงอมาก เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทมอเตอร์



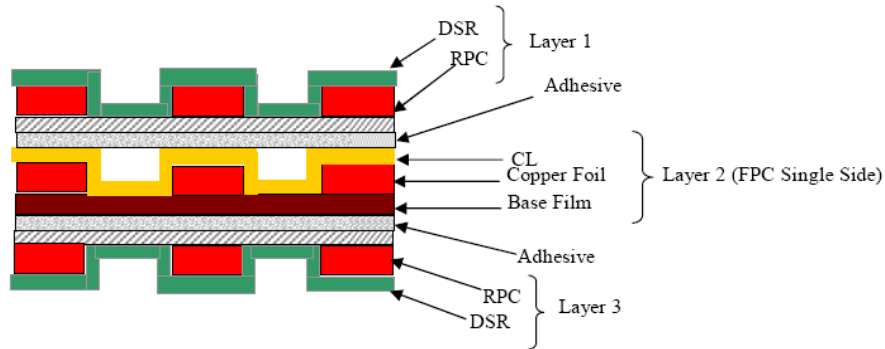
รูปที่ 2-24 โครงสร้างวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว แต่มีตัวนำไฟฟ้า 2 ด้าน (Double access product)

3. วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจร 2 ด้าน (Double side product) ทำให้ต้องผ่านกระบวนการเคลือบทองแดงภายในรูของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ทองแดงซึ่งเป็นเส้นลายวงจรทั้ง 2 ด้าน เชื่อมกันเพื่อให้กระแสไฟฟ้าสามารถผ่านได้ แต่จะมีความอ่อนตัวน้อยกว่าวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) โดยวงจรพิมพ์ไฟฟ้าชนิดนี้ถูกนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีเทคโนโลยีสูงเช่น โทรศัพท์มือถือ กล้องดิจิทัล พรีนเตอร์ และอื่นๆ



รูปที่ 2-25 โครงสร้างวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจร 2 ด้าน (Double side product)

4. วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจร 3 ชั้นขึ้นไป (Multilayer product) ถูกนำไปใช้ผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์เทคโนโลยีสูงและซับซ้อนขึ้นเช่น อุปกรณ์ในคอมพิวเตอร์ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์



รูปที่ 2-26 โครงสร้างวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว
(Single side product)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 การนำวิธีการซิกซ์ ซิกม่าประยุกต์ใช้ในการปรับปรุง

Raisinghani, M.S (2005) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับหลักการ เครื่องมือ และการนำระเบียบวิธีการซิกซ์ ซิกม่าไปใช้งาน สรุปว่า จุดหมายหลักของ ซิกซ์ ซิกม่าคือการลดของเสียซึ่งนำไปสู่การปรับปรุงอัตราการผลิต โดยอัตราส่วนของดีที่เพิ่มขึ้นเป็นการปรับปรุงความพึงพอใจของลูกค้า และการลดของเสียด้วย ซิกซ์ ซิกม่ามีจุดมุ่งหมายที่การลดต้นทุนในการผลิต โดยมุ่งความสนใจไปที่การปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยอาศัยการวัดที่เป็นระบบ หากการนำซิกซ์ ซิกม่าไปใช้ผิดโครงการอาจให้ผลลัพธ์ที่ไม่ดีนัก โดยซิกซ์ม่าเป็นชุดของเครื่องมืออันประกอบไปด้วย การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) การควบคุมกระบวนการ(Process Control) การออกแบบการทดลอง(Design of experiment) การวิเคราะห์ความขัดแย้งและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis) การควบคุมคุณภาพและการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Quality control and capability analysis) วิธีการซิกซ์ ซิกม่าไม่ใช่ระบบการบริหารแต่จะดีที่สุดหากใช้ซิกซ์ ซิกม่าร่วมกับมาตรฐานด้านคุณภาพอื่นๆ อย่างเช่น Baldrige Criteria for Performance Excellence หรือ European Quality Award โดยการนำ ซิกซ์ ซิกม่ามาประยุกต์ใช้ในองค์กรใดๆ ในจุดเริ่มต้นมักจะยุ่งยาก และต้องเกิดการอบรมการนำซิกซ์ ซิกม่าไปใช้แก่ทุกคนในองค์กรด้วยหลักสูตรพื้นฐานในหนึ่งวันซึ่งจะ

ครอบคลุมเนื้อหาในส่วนของ process Mapping , การออกแบบการทดลองเบื้องต้น การทดสอบ สมมติฐาน การวัด และ แบบจำลองของกระบวนการ ส่วน Green belt จะใช้เวลาในการอบรม ประมาณหนึ่งอาทิตย์ เกี่ยวกับการวิเคราะห์ทางสถิติ(SPC) และการวิเคราะห์ระบบการวัด(MSA) ส่วน Black belt จะใช้ระยะเวลาในการอบรมประมาณหนึ่งเดือน เกี่ยวกับเรื่องของ การวิเคราะห์ ความแปรปรวน (ANOVA) ทฤษฎีเกมและการวิเคราะห์การถดถอย

Safwat.T and Ezzat.A (2008) ได้นำเทคนิคของซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้เพื่อลด อัตราส่วนการทิ้งของเสีย(Scarp)ในอุตสาหกรรมฉีดพลาสติก โดยเริ่มจากการทำความเข้าใจสภาพ ปัญหาและจัดตั้งทีมงาน วิเคราะห์กระบวนการด้วย SIPOC และ Process mapping จากการเก็บ ข้อมูลปริมาณการใช้ประมาณ 250 ตันเกิดการทิ้งของเสียขึ้นประมาณ 13.35 ตัน และทำการแยก แผลงที่มาของของเสียจาก 4 ส่วนใหญ่ ๆ คือ จากกระบวนการผลิต ตัวอย่างชิ้นงานที่ร้องขอจาก แผนกต่าง ๆ เศษเหลือทิ้งจากส่วนต่าง ๆ และจากแผนกควบคุมคุณภาพ ซึ่งจากการใช้พารโด วิเคราะห์พบว่าของเสียมาจากฝ่ายผลิตมากที่สุดคือ 57 เปอร์เซ็นต์ โดยทำการวิเคราะห์ระบบการวัด แบบหน่วยวัดน้ำหนักด้วย Gage R&R และการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบหน่วยนับวัดการตัดสินใจ ของพนักงานตรวจสอบด้วยค่า Kappa และใช้ผังก้างปลา (Causes and Effect Diagram) เพื่อหา สาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย และวิเคราะห์ความรุนแรงโดยใช้การวิเคราะห์ความขัดแย้งและ ผลกระทบ (Failure Mode & Effects Analysis : FMEA) ด้วยการวิเคราะห์ค่า RPN พร้อมระบุแนว ทางแก้ไข และทำการเปรียบเทียบค่า RPN ก่อนและหลังการปรับปรุง จากนั้นทำการทดสอบ สมมติฐาน(Hypothesis test) และใช้ P-Chart ในการเปรียบเทียบอัตราการเกิดของเสียก่อนและหลัง การปรับปรุง และจัดทำ Control plan พร้อมทั้งฝึกอบรมพนักงานในการตัดสินใจว่าของเสียชนิด ไหนที่สามารถนำมาทำการผลิตใหม่ได้และผลที่ได้คือลดอัตราการทิ้งของเสีย ได้ จาก 5.2% เป็น 2.6% ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนลงได้ 3%จากต้นทุนผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

2.3.2 การประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกมาในการปรับปรุงด้านคุณภาพสำหรับข้อมูลแบบ หน่วยวัด (Variables data)

Sameer, K. and Micheal, S. (2009) ได้มุ่งเน้นการนำกระบวนการ DMAIC ของซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้เพื่อการลดต้นทุน และการปรับปรุงคุณภาพ ในสายการผลิต Amada A-Station Punch ที่กระบวนการอบด้วยความร้อน (Heat-treat) โดยในขั้นตอนการระบุปัญหาผู้วิจัยได้เลือกการใช้ แผนภูมิพารโด มาใช้ในการเรียงลำดับปัญหาแต่ไม่เลือกปัญหาที่เป็นอันดับหนึ่งแต่เลือกปัญหาที่ เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยมีวัตถุประสงค์หาวิธีการอบโดยไม่ทำให้ ชิ้นงานเกิดการเสียรูปโก่งงอ และจัดทำProject charter เพื่อระบุรายละเอียดของโครงการ จากนั้นทำ การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ โดยใช้โปรแกรม Minitab พบว่าขนาดของชิ้นงาน

100 ชิ้น มีค่าเฉลี่ยของการเกิดปัญหาโค้งงออยู่ที่ระดับ 0.0043 นิ้ว และมีค่าเบี่ยงเบน 0.0019 นิ้ว ซึ่งขนาดของชิ้นงานที่เล็กต่างจากชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ (Rang) อยู่ในช่วง 0.0005-0.0117 นิ้ว มีความสามารถของกระบวนการ(Cp) อยู่ที่ 1 และมีของเสียจำนวน 1,350 DPM ในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาใช้ Process Map ในการวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงาน แล้วพบว่าขนาดของชิ้นงานจะผันแปรหลังจากผ่านกระบวนการอบด้วยความร้อนแล้ว จึงสรุปได้ว่ากระบวนการอบด้วยความร้อนมีผลโดยตรงต่อขนาดของชิ้นงานที่ผันแปรไปอย่างมาก และ ใช้ฟังก์ชันปลาวิเคราะห์หาสาเหตุที่น่าจะทำให้เกิดเกิดการเสียรูปโค้งงอได้ ขั้นตอนการปรับปรุงได้ทำการออกแบบการทดลอง โดยทดลองเปลี่ยนวิธีการจัดเก็บชิ้นงานหลังจากผ่านกระบวนการอบด้วยความร้อน โดยการทดลองวางแบบแนวตั้งและแนวนอน จากนั้นเก็บข้อมูลในการวางแต่ละลักษณะไปวัดขนาดพบว่าการวางแนวตั้งมีค่าเฉลี่ยของการโค้งงอ 0.002 นิ้ว และมีค่าเบี่ยงเบน 0.0007 นิ้ว ส่วนแนวนอนมีค่าเฉลี่ยของการโค้งงอ 0.006 นิ้ว และมีค่าเบี่ยงเบน 0.0024 นิ้ว ซึ่งพบว่าการวางชิ้นงานแบบแนวตั้งจะเกิดค่าเบี่ยงเบนของชิ้นงานน้อยกว่า และมีอัตราการเกิดของเสีย 9 DPM และทำการออกแบบอุปกรณ์แขวนชิ้นงานใหม่เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานมีน้ำหนักเบาและระบายอากาศได้ดีขึ้น โดยหลังจากเปลี่ยนอุปกรณ์แขวนชิ้นงานแล้วทำการเก็บข้อมูลพบว่าค่าเฉลี่ยของการโค้งงอ 0.0028 นิ้ว และมีค่าเบี่ยงเบน 0.00013 นิ้ว ความสามารถของกระบวนการ(Cp) อยู่ที่ 1.842 ซึ่งยังสูงกว่าเป้าหมายที่ Cp = 0.559 โดยอุปกรณ์แขวนชิ้นงานนี้ยังคงต้องปรับปรุงใหม่อีกครั้ง ส่วนในขั้นตอนการควบคุมผู้วิจัยได้เลือกใช้แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ Chart ในการควบคุมกระบวนการ

ธีรพร เสนพรหม (2550) ได้ศึกษาการลดแม่แบบแก้วเสียในกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา เพื่อมุ่งลดของเสียจากข้อตำหนิประเภทรอยขีดข่วนของแม่แบบแก้วที่มีราคาสูง และ ไม่สามารถซ่อมแก้ไขได้เมื่อเกิดรอยตำหนิ การดำเนินงานวิจัยตามกระบวนการDMAIC อันประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน เริ่มจากนิยามปัญหา โดยใช้แผนภาพพาเรโตในเลือกหัวข้อในการปรับปรุง และProcess Map กำหนดเป้าหมาย และ ขอบเขตของการปรับปรุง ต่อมาระดมความคิดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ได้ทำการวิเคราะห์ทั้งความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ(Attribute agreement analysis) และทำการพิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน จากนั้นทำการระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้า (KPIV) ที่อาจมีผลต่อการเกิดรอยขีดข่วนบนแม่แบบโดยใช้แผนภาพแสดงสาเหตุและผล(Causes and Effect Diagram) และการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่อง และ ผลกระทบ (Failure Mode & Effects Analysis : FMEA) พบว่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญได้แก่ อุณหภูมิชิ้นงาน ระยะเวลาที่เก็บงาน วิธีแกะแม่แบบออกจากเลนส์ อุณหภูมิในการแกะ และชนิดของสปาทุลาที่ใช้ในการแกะแบบ จากนั้นในระบการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมโดยใช้การทดสอบสมมติฐาน(Hypothesis test) แบบ Two proportion และทำการออกแบบการทดลอง

(Design of Experiment) ระยะเวลาสุดท้ายคือระยะการติดตามควบคุม ได้ทำการทดสอบยืนยันผลเป็นเวลา 1 เดือน และ จัดทำแผนควบคุม (Control Plan) ในการตรวจติดตามและควบคุมทั้งปัจจัยนำเข้า และตัวแปรตอบสนองเพื่อรักษามาตรฐานหลังการปรับปรุง โดยมีผลการดำเนินการสามารถลด สัดส่วนของแม่แบบเสียจากรอยขีดข่วนมีค่าเป็น 0.00075 และสัดส่วนของแม่แบบเสียรวมมีค่าเป็น 0.00083 หรือ 830 DPPM ซึ่งลดลง 66.8 %จากก่อนการปรับปรุง

Bunce, M.M ,Wang, L. and Bidanda, B. (2008) ได้นำหลักการซิกซ์ ซิกม่า และเครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหกรรม มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงของเสียในกระบวนการผลิตกระป๋องบรรจุอาหาร โดยได้ดำเนินการตามกระบวนการ DMAIC ขั้นตอนการกำหนดปัญหาได้ใช้เครื่องมือซิกซ์ ซิกม่า คือ Project charter และแผนภาพ SIPOC (Supplier Input Process Output Customer) เพื่อสรุปรายละเอียดของโครงการและเพื่อช่วยให้เห็นภาพขอบเขตของปัญหาชัดเจนขึ้น และมีการใช้แผนภาพแสดงกระบวนการช่วยในการทำความเข้าใจกระบวนการผลิตกระป๋อง ในขั้นตอนการวัดปัญหา ทำการวิเคราะห์ความสูญเสียที่เกิดขึ้น โดยใช้แผนภาพพาเรโต แสดงชนิดผลิตภัณฑ์และชนิดข้อบกพร่องที่มีความสูญเสียสูงสุด 87% คือข้อบกพร่องประเภทโค้งงอ ตามมาด้วยข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ โดยขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาและทำการวิเคราะห์โดยออกแบบการทดลอง (Design of experiment) และเก็บข้อมูลแยกการพิจารณา 3 ส่วนคือ

1. วิเคราะห์ความแตกต่างด้านการออกแบบและความแข็งแรงของกระป๋องส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องหรือไม่
2. วิเคราะห์ตำแหน่งของกระป๋องในกระบวนการส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องหรือไม่
3. วิเคราะห์น้ำหนักของกระป๋องส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องหรือไม่

ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้ใช้ผังก้างปลา (Causes and Effect Diagram) และทำการเก็บข้อมูลด้วย Run chart และการทดสอบสมมติฐาน(Hypothesis test)พบว่าความแตกต่างของการออกแบบไม่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่อง ส่วนตำแหน่งของกระป๋องในกระบวนการซึ่งเกี่ยวข้องกับหลัก FIFO และ น้ำหนักของกระป๋องส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่อง โดยในขั้นตอนการปรับปรุงใช้ The impact-effort matrix ในการพิจารณาเลือกแนวทางแก้ปัญหา โดยเลือกทำการติดตั้ง ระบบ Cooling pressure เพื่อลดจำนวนข้อบกพร่องของกระป๋องประเภทโค้งงอ ซึ่งแม้จะต้องลงทุนสูงแต่ให้ผลลัพธ์สูง และจะสามารถคืนเงินลงทุนได้ภายใน 6 เดือน ในขั้นตอนการควบคุมระบบ (Controlling the system) ได้ทำการขยายผลการปรับปรุงไปสู่ผลิตภัณฑ์อื่นที่เหลือซึ่งปัญหาข้อบกพร่องได้ลดลงด้วยเช่นกัน การควบคุมได้มีการวัดและรายงานผลข้อบกพร่องของกระป๋องให้ผู้บริหารทราบเป็นรายวัน และจัดทำแผนควบคุมกระบวนการด้วย (Process control chart)

ภัทรา อายุวัฒน์ (2546) เสนอแนวทางการควบคุมคุณภาพโดยใช้แนวทาง ชิกซ์ ชิกมา เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบชุดหัวอ่านสำเร็จ เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าการรับน้ำหนักกด (Gram load) ของชุดหัวอ่านสำเร็จ ซึ่งเป็นข้อกำหนดด้านผลิตภัณฑ์ของลูกค้า และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าวในการผลิตที่จะทำให้ปริมาณของเสียลดลง โดยทำการวิเคราะห์ระบบการวัด ด้วย Gage R&R และใช้แผนผังเมทริกซ์แสดงสาเหตุและผล (Causes and Effect Matrix) และวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode & Effects Analysis : FMEA) สามารถเลือกปัจจัยนำเข้าที่สำคัญได้ทั้งหมด 11 ปัจจัยปัจจัย แล้วทำการทดสอบสมมติฐานแบบ Two proportion พบว่ามีอยู่เพียง 4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณของเสีย ได้แก่ การตั้งค่าความสูงของฐาน Shuttle การตั้งค่าความหนาของ Shuttle การตั้งค่าระยะห่างของ Comb Tower Pin Slot และความเร็วรอบของเครื่อง Swaging จากนั้นทำการควบคุมปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 4 มาทำการทดลองโดยใช้ 24 full factorial design โดยมีการทำซ้ำ 2 ครั้ง และมีการเพิ่มจุดศูนย์กลาง (Center point) 7 จุด และทำการศึกษาหลังเก็บข้อมูล 30 วัน และกำหนดแผนควบคุมปัจจัยทั้ง 4 ซึ่งพบว่าก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีของเสียเท่ากับ 8,872 DPPM และหลังการปรับปรุงกระบวนการ โดยใช้แนวทาง ชิกซ์ ชิกมาพบว่ามีของเสียลดลง 91.88 เปอร์เซ็นต์ โดยตรวจพบของเสียในกระบวนการเท่ากับ 720 DPPM

Napassavong, R, and Angsumalin, S. (2011) ได้ประยุกต์ใช้แนวทาง ชิกซ์ ชิกมา ในการศึกษาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของระบบการล้างทำความสะอาดขจัดคราบน้ำมันออกจากผิวหน้าของชิ้นส่วนเครื่องจักร โดยทำการออกแบบและพัฒนากระบวนการล้างอัตโนมัติด้วยระบบอัลตราโซนิค เพื่อมุ่งลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มอัตราผลผลิต โดยเริ่มจากขั้นตอนการนิยามปัญหา กำหนดขอบเขตของปัญหา และทำการวิเคราะห์ระบบการวัดและวัดความสามารถกระบวนการในขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพแสดงสาเหตุและผล (Causes and Effect Diagram) และใช้การวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode & Effects Analysis : FMEA) สามารถเลือกปัจจัยนำเข้าที่สำคัญได้ทั้งหมด 5 ปัจจัยและทำการออกแบบการทดลองเพื่อพิจารณาหาปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสม และทำการพิจารณาหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้เกิดสัดส่วนของเสียน้อยที่สุด โดยผลการปรับปรุงสามารถลดสัดส่วนของเสีย จาก 12.8% เป็น 1.78%

2.3.3 การประยุกต์ใช้วิธีการชิกซ์ ชิกมาในการปรับปรุงด้านคุณภาพสำหรับข้อมูลแบบหน่วยนับ (Attributes data)

ธิชา แสนสม (2550) ได้ประยุกต์ใช้แนวทางชิกซ์ ชิกมา ในการปรับปรุงเพื่อลดของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ ซึ่งสาเหตุหลักมาจากความสกปรก

ของอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการพ่นสีและระบบการจ่ายอากาศในห้องพ่นสี ซึ่งการดำเนินการในการปรับปรุงคุณภาพนั้นเริ่มจากศึกษากระบวนการทำงานเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาปัญหาเม็คฝุ่นโดยใช้แผนภาพพาเรโต และทำการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลหน่วยนับ (Attribute agreement analysis) และใช้ P Chart ในการวิเคราะห์กระบวนการ และทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพแสดงสาเหตุและผล (Causes and Effect Diagram) และแผนผังเมทริกซ์แสดงสาเหตุและผล (Causes and Effect Matrix) พบว่ามีตัวแปรที่สำคัญ 13 ปัจจัย และใช้การวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่อง และ ผลกระทบ (Failure Mode & Effects Analysis : FMEA) ในการคัดตัวแปรที่สำคัญที่จะนำมาศึกษาโดยพบว่ามี 4 ปัจจัยคือ ระบบจ่ายอากาศไม่เหมาะสม ตัวจับยึดชิ้นงานสกปรก ปืนพ่นสกปรก ถังมือพ่นสีสกปรก เสื้อผ้าพนักงานสกปรก และพนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน แล้วทำการทดสอบสมมติฐานแบบ Two proportion ปัจจัยนำเข้าทั้งหมดมีผลต่อสัดส่วนของเสียอย่างมีนัยสำคัญและหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของกระบวนการสำหรับปัจจัยที่สามารถปรับปรุงได้ก่อน โดยประยุกต์การออกแบบการทดลองพบว่า

1. ตัวจับยึดชิ้นงานสกปรก มีรอบระยะเวลาทำความสะอาดตัวจับยึดชิ้นงานที่เหมาะสมคือ 2 สัปดาห์
2. ปืนพ่นสกปรก มีรอบระยะเวลาทำความสะอาดปืนพ่นที่เหมาะสมคือ 0.25 วัน หรือเท่ากับ 2 ชั่วโมง
3. ถังมือพ่นสีสกปรก มีรอบระยะเวลาทำความสะอาดถังมือพ่นสีที่เหมาะสมคือ 0.5 วัน หรือเท่ากับ 4 ชั่วโมง
4. เสื้อผ้าพนักงานสกปรก มีรอบระยะเวลาทำความสะอาดเสื้อผ้าพนักงานที่เหมาะสมคือ 1 วัน

ส่วนระบบจ่ายอากาศไม่เหมาะสมได้ใช้การออกแบบการทดลอง ในการวิเคราะห์หาระดับความถี่ของมอเตอร์ที่เหมาะสม สุดท้ายทำการประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุม P Chart ในการควบคุมกระบวนการ และจัดทำมาตรฐานในการทำงานต่างๆ ผลการปรับปรุงสามารถลดสัดส่วนของเสียจาก 151,259 DPPM เป็น 46,892 DPPM ลดลง 69%

สิรวดี เอื้ออรุณโชติ (2546) : ได้เสนอแนะในการประยุกต์ใช้วิธีการทาง ชิกซ์ ชิกมา ในการลดปริมาณของเสียเนื่องจากทราบสกปรกบนชิ้นงานในกระบวนการผลิตหัวอ่านเขียนสำหรับคอมพิวเตอร์ ซึ่งส่งผลให้เกิดการขูดขีดบนแผ่นดิสก์ขณะทำการอ่านหรือเขียนข้อมูล ในขั้นตอนการดำเนินงานใช้แผนภาพกระบวนการผลิต และวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลหน่วยนับ (Attribute agreement analysis) เพื่อถ่วงดุลความผันแปรในกระบวนการ และทำการระดมความคิดเพื่อพิจารณาหาปัจจัยอันเป็นสาเหตุของปัญหา โดยใช้แผนผังเมทริกซ์แสดงสาเหตุและผล (Causes and Effect Matrix) และวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode &

Effects Analysis : FMEA)สามารถเลือกปัจจัยนำเข้าที่สำคัญได้ทั้งหมด 9 ปัจจัย แล้วทำการทดสอบ สมมติฐานแบบ Two proportion แล้วพบว่าเมื่ออยู่เพียง 5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณของเสียได้แก่ ชนิดของวัสดุในการBond ในกระบวนการ Bar alignment ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงานในเครื่อง Prewash ระยะเวลาสำหรับการอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime ระยะเวลาสำหรับการอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่องล้าง A-Prime และการควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงาน และทำการออกแบบการทดลอง เพื่อความสัมพันธ์เชิงผันแปรระหว่างปัจจัยนำเข้าที่สำคัญและสัดส่วนของเสียเนื่องจากทราบสภปรกบนชิ้นงาน และกำหนดสภาวะของปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อทำให้สัดส่วนของเสียต่ำสุด และจัดทำแผนการควบคุมด้วยการจัดทำเอกสารคู่มือการปฏิบัติงาน ซึ่งผลการปรับปรุงสามารถลดสัดส่วนของเสีย จาก 245,153 DPPM เป็น 79,083 DPPM

2.3.4 การประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตวงจรพิมพ์

พรรคัน จตุพรพรณยา (2549) ได้ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงกำลังการผลิตของวงจรพิมพ์ ชนิดงอได้ (Flexible Printed Circuits) โดยจากการศึกษาพบว่ากระบวนการบ่ม(Curing process) เป็นกระบวนการที่ใช้เวลาในการผลิตนานที่สุด จึงนำเครื่องมือทางสถิติมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มปริมาณการผลิตที่กระบวนการบ่ม โดยมีข้อจำกัดด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงความกว้างและความยาว ค่า peel strength ค่า Solder heat resistance ค่า Cross section และค่าความต้านทานไฟฟ้า จึงทำการระดมความคิดร่วมกับทีมงาน และวิเคราะห์ปัญหาด้วยผังก้างปลา (Causes and Effect Diagram) พบว่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญและมีผลกระทบต่อค่าปริมาณการผลิตที่กระบวนการบ่ม มี 2 ปัจจัย ได้แก่ โครงสร้างของวัสดุคิบบนการบ่ม (Cushion Material) และจำนวนครั้งในการบ่ม ซึ่งในขั้นตอนของการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัด ด้วย Gage R&R และในขั้นตอนของการปรับปรุงได้แบ่งเป็น 2 การทดลองคือในการทดลองที่1 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกระบวนการบ่มครั้งที่ 2 ได้นำการออกแบบการทดลอง 3k Full factorial design มาช่วยในการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกระบวนการบ่ม และในการทดลองที่ 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงกระบวนการบ่มจาก 2 ครั้งเป็น 1 ครั้งได้นำวิธี 1- Sample T-Test มาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลการศึกษการเปลี่ยนแปลงของทั้ง 2 การทดลอง สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตจาก 2240 ล็อต เป็น 3830 ล็อต เพิ่มขึ้น 70.98 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดงานรอรหว่างกระบวนการบ่มลงได้ด้วย และใช้แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ Chart ในการควบคุมกระบวนการ

Li, M.H.C, Refaie, A.A. and Yang, C.Y (2007) ได้นำวิธีการซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการพิมพ์ตะกั่วเพื่อวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Surface-mount technology process) ในอุตสาหกรรมการผลิตวงจรพิมพ์ไฟฟ้า (Printed circuit board) ซึ่งกระบวนการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนวงจรพิมพ์ไฟฟ้านั้นประกอบไปด้วย 3 กระบวนการ คือ กระบวนการพิมพ์ตะกั่วบนผลิตภัณฑ์ กระบวนการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และกระบวนการหลอมตะกั่ว ซึ่งจากการศึกษาพบว่า 60% ของเสียหลังผ่านกระบวนการหลอมตะกั่วเป็นของเสียที่เกิดจากกระบวนการพิมพ์ตะกั่ว โดยสามารถแยกลักษณะของข้อบกพร่องได้ 3 ประเภทคือ ปริมาณตะกั่ว น้อย ตะกั่วเชื่อมติดกันระหว่างขาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และข้อบกพร่องประเภทปริมาณตะกั่วมากเกินไป ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ Chart ในการวัดความหนาของตะกั่วที่พิมพ์บนวงจรพิมพ์ไฟฟ้า และทำการวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการพบว่า มี $C_p = 0.731$ และ $C_{pk} = 0.487$ ซึ่งต่ำกว่าค่าเป้าหมายที่ $C_{pk} = 1.33$ ตามข้อกำหนดของอุตสาหกรรมรถยนต์ และได้ใช้เทคนิคทาгуชิ (Taguchi Method) ในการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยการผลิตที่เหมาะสม โดยการใช้การวิเคราะห์ด้วยแผนภาพแสดงสาเหตุและผล (Causes and Effect Diagram) ร่วมกับการศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพและประสิทธิภาพในกระบวนการพิมพ์ตะกั่ว เพื่อรวบรวมปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อค่าความแปรปรวนของความหนาของตะกั่วที่พิมพ์ ซึ่งสรุปได้ทั้งหมด 8 ปัจจัย จึงทำการออกแบบการทดลอง ด้วยวิธี Orthogonal array L18 โดยมีการทำซ้ำ 2 ครั้ง ทำการทดลองและทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า 50% ของความแปรปรวนทั้งหมดเกิดจากปัจจัย A หรือมุมของแผ่นยางที่ใช้ปาดตะกั่ว ซึ่งสรุปได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความแปรปรวนของความหนาของตะกั่วที่พิมพ์ ในขั้นตอนการปรับปรุงได้ประยุกต์ใช้เทคนิคทาгуชิ 2 ขั้น (Taguchi 2 step) โดยในขั้นที่หนึ่งคือวิเคราะห์เพื่อลดความแปรปรวน จากผลการทดลองพบว่าได้ค่า $C_{pk} = 0.937$ ซึ่งยังต่ำกว่าค่าเป้าหมายที่ $C_{pk} = 1.33$ ซึ่งที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากค่ากลางของข้อมูลยังไม่ใช่ค่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยจึงต้องทำการวิเคราะห์ในขั้นที่สองคือวิเคราะห์เพื่อปรับค่ากลางเข้าให้เข้าใกล้ค่าเป้าหมาย ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่าได้ค่า $C_{pk} = 1.432$ ซึ่งสูงกว่าข้อกำหนด แสดงกระบวนการพิมพ์ตะกั่วมีเสถียรภาพดี นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ใช้ $\bar{X} - R$ Chart เพื่อควบคุมความหนาของตะกั่ว และเพิ่มการควบคุมมุมของแผ่นยางที่ใช้ปาดตะกั่ว รวมถึงอุณหภูมิในการทำงานซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความแปรปรวนของความหนาของตะกั่วที่พิมพ์ด้วย

จากงานวิจัยที่กล่าวมาจะสังเกตได้ว่าการนำวิธีการซิกซ์ ซิกม่าไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงอย่างกว้างขวาง โดยนิยมใช้ในการปรับปรุงงานด้านคุณภาพเพื่อมุ่งลดต้นทุนการผลิต แต่หัวข้อวิจัยจะมีความแตกต่างกันที่การใช้เครื่องมือในวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะประเภทของกระบวนการที่ทำการปรับปรุง ลักษณะของปัญหา และลักษณะของข้อมูล โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะนำวิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพเพื่อลดปริมาณของเสียประเภทรอยบวม ซึ่งเป็นลักษณะของข้อมูลเชิงคุณลักษณะหรือข้อมูลแบบหน่วยนับ

(Attributes data)

บทที่ 3

ระยษณียามปัญหา (Define Phase)

ระยษณียามปัญหาเป็นขั้นตอนเริ่มต้นองงานวิจัยตามวิธีการซิกซ์ ซิกม่าซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญเนื่องจาเป็นการกำหนดทิศทางของการปรับปรุง ซึ่งเริ่มต้นจากการจัดตั้งคณะทำงานจากผู้ที่มีความชำนาญและมีส่วนเกี่ยวข้อง ให้เข้ามามีส่วนร่วมในการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ต่อมาเป็นการศึกษากระบวนการผลิตวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) ทำการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน เพื่อกำหนดปัญหาที่จะทำการปรับปรุง รวมทั้งกำหนดตัวชี้วัดและเป้าหมายของการปรับปรุง

3.1 จัดตั้งคณะทำงาน

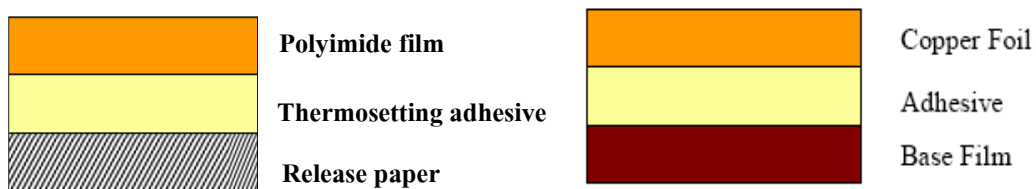
ทำการจัดตั้งคณะทำงานเพื่อเข้าร่วมโครงการ โดยการกำหนดคณะทำงานจากผู้ที่มีความชำนาญและมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) และกระบวนการอบคงรูป (Curing process) เพื่อช่วยกันระดมสมองด้วยเครื่องมือทางสถิติและเทคนิคต่างๆ เพื่อร่วมกันวิเคราะห์หาปัจจัยหลักอันเป็นสาเหตุของปัญหาเพื่อหาแนวทางการในการแก้ไขปรับปรุงการเกิดรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) รวมทั้งให้การสนับสนุนในการทำการทดลองต่างๆ เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายองงานวิจัยนี้ ซึ่งทีมงานประกอบไปด้วย

- ก. ผู้จัดการแผนกผลิตส่วนกระบวนการเคลือบเส้นลายวงจร(Cover coat process)
- ข. วิศวกรอาวุโสประจำกระบวนการเคลือบเส้นลายวงจร (Cover coat process)
- ค. วิศวกรประจำกระบวนการอบคงรูป(Curing process)
- ง. หัวหน้าพนักงานฝ่ายผลิตกระบวนการอบคงรูป(Curing process)
- จ. รองหัวหน้าพนักงานฝ่ายผลิตกระบวนการอบคงรูปของแต่ละกะทำงาน
- ฉ. หัวหน้าพนักงานฝ่ายผลิตกระบวนการผลิตขั้นตอนสุดท้าย (Final process)
- ช. หัวหน้าพนักงานแผนกควบคุมคุณภาพในส่วนองกระบวนการผลิตขั้นตอนสุดท้าย
- ซ. ผู้ดำเนินงานวิจัย

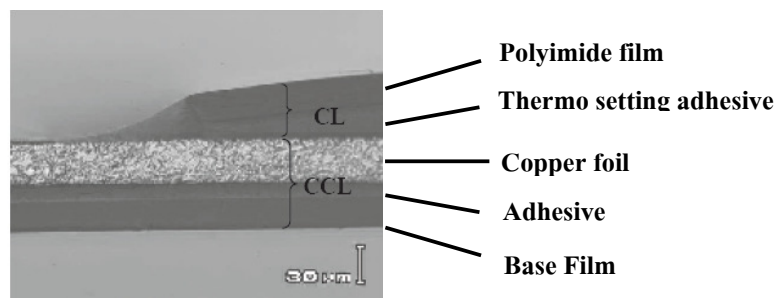
โดยผู้ดำเนินงานวิจัยมีหน้าที่หลักใน ติดต่อประสานงานและดำเนินการประชุมร่วมกับ คณะทำงานหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัย ดำเนินการการเก็บรวบรวมข้อมูล ออกแบบและวางแผนการทดลอง วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง จัดทำแผนการควบคุมเพื่อรักษามาตรฐานหลัง การปรับปรุง

3.2 การศึกษากระบวนการผลิต

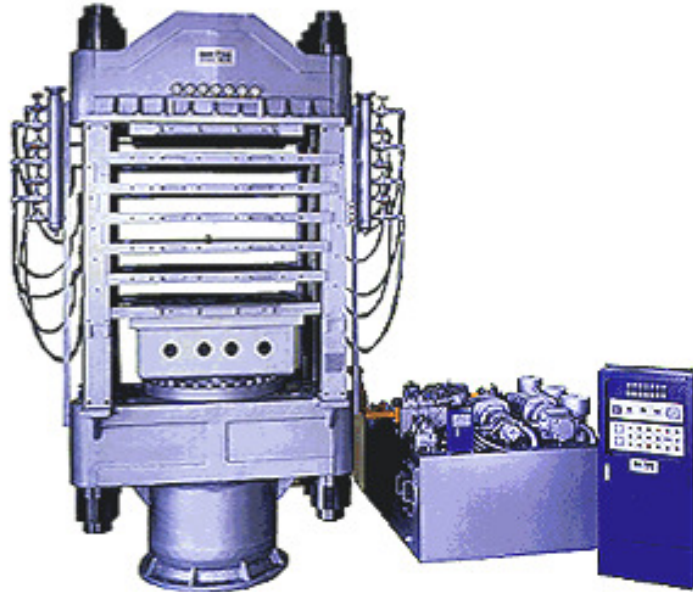
กระบวนการอบคงรูป (Curing process) เป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนและแรงดันสูง โดยอาศัยความร้อนจากไอน้ำซึ่งเกิดจากเครื่อง Boiler และแรงดันจากระบบ Hydraulic ของเครื่อง Hot Press Machine เพื่อกดอัดและหลอมละลายกาวของวัสดุให้ยึดติดกันอย่างถาวร กาวของวัสดุที่ใช้ นั้นเป็นประเภทที่ต้องใช้ความร้อนในการหลอมละลาย (Thermo setting adhesive) โดยกาว แข็งตัวหรืออยู่ตัวหลังจากผ่านความร้อนสูงเท่านั้น



รูปที่ 3-1 ส่วนประกอบโครงสร้างของ CL (Cover Lay) และแผ่นทองแดง (Copper clad laminates)



รูปที่ 3-2 ภาพตัดขวางของวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายนวจรหน้าเดียว (Single side product) หลังผ่านกระบวนการอบคงรูป (Curing process)



รูปที่ 3-3 เครื่อง Hydraulic Hot Press Machine

กระบวนการอบคงรูป (Curing process) มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. Lay up คือ เตรียมและจัดเรียงชิ้นงาน (Work sheet) ตามโครงสร้างที่กำหนด (Lay up material structure) ซึ่งแต่ละผลิตภัณฑ์อาจมีความคล้ายคลึงหรือแตกต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทของการอบคงรูป (Curing Type) และ โครงสร้างของตัวผลิตภัณฑ์ โดยใน 1 ชิ้นงานหรือ 1 Layer ประกอบด้วยวัสดุ 3 ส่วนคือ

ก. ชิ้นงานหรือแผ่นทองแดง (Copper clad laminates) ที่ผ่านการตีวัสดุเสริมความแข็งแรง อันได้แก่ CL (Cover lay film) และ Stiffener ชนิดต่างๆ ที่ต้องการจะกดอัด ให้ยึดติดกับแผ่นทองแดงอย่างถาวร

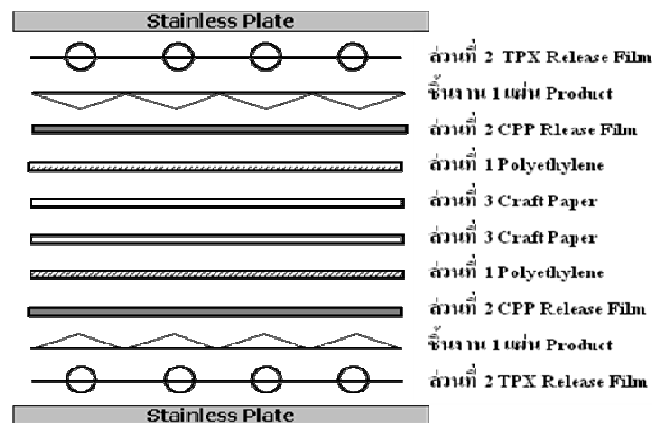
ข. วัสดุช่วยในการกดอัด (Cushion material) เป็นส่วนสำคัญที่สุดที่ช่วยบีบรัดวัสดุเสริมความแข็งแรงซึ่งเป็นฉนวนไฟฟ้าให้เคลือบหรือติดแน่นกับเส้นลวดวงจร และป้องกันไม่ให้เกิดรอยบนชิ้นงาน (Work sheet) จากการได้รับแรงกดสูงด้วยซึ่งโครงสร้างพื้นฐานของ Cushion material สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนตามชนิดและคุณสมบัติของ Cushion material ดังนี้

1. ส่วนที่ 1 เป็นวัสดุโพลีเมอร์ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบาง ทำหน้าที่ช่วยบีบรัดให้วัสดุเสริมความแข็งแรง อันได้แก่ CL (Cover lay film) และ Stiffener เคลือบหรือติดแน่นกับเส้นลวดวงจร โดยอุณหภูมิของการหลอมละลายของ แผ่นฟิล์มนี้จะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของกระบวนการอบคงรูปตามเงื่อนไขในการทำงาน (Condition) ที่กำหนดไว้ เมื่อแผ่นโพลีเมอร์ได้รับ

ความร้อนจะหลอมละลายกลายเป็นของเหลวไหลลงไปที่ปกคลุมเส้นลายวงจร แม้แต่ในบริเวณที่ความกว้างของเส้นลายวงจรมีขนาดเล็ก โดยวัสดุที่ใช้ คือ PE (Polyethylene)

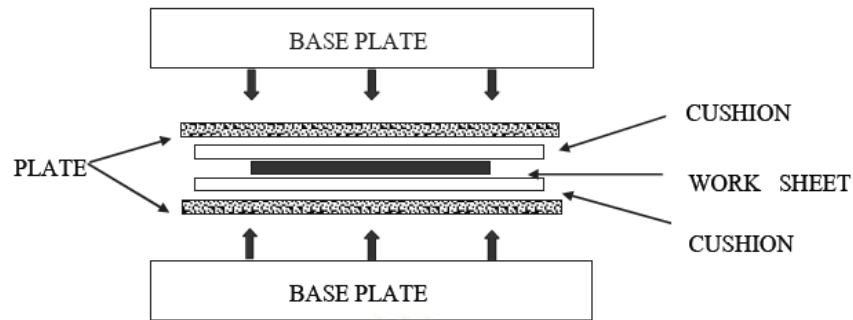
2. ส่วนที่ 2 เป็นวัสดุโพลิเมอร์ เรียกว่า Release Film ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบาง ทำหน้าที่ช่วยกันกลางระหว่างวัสดุส่วนที่บีบรัดหรือ PE (Polyethylene) กับวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ป้องกันไม่ให้ PE (Polyethylene) ที่หลอมละลายกลายเป็นน้ำสัมผัสกับวงจรพิมพ์ชนิดงอได้โดยตรง และมีหน้าที่กันไม่ให้วงจรพิมพ์ชนิดงอได้สัมผัสโดยตรงกับแผ่นเหล็ก(Stainless Plate) โดยตรง ซึ่งแผ่นฟิล์มนี้จะต้องไม่ละลาย ดังนั้นอุณหภูมิของการหลอมละลายของแผ่นฟิล์มนี้จะต้องมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของกระบวนการอบคงรูปตามเงื่อนไขในการทำงาน (Condition) ที่กำหนดไว้ และต้องไม่มีส่วนผสมของสารปรับสภาพพลาสติก (Plasticizers) และสารเติมพวกอนินทรีย์ (Inorganic Filler) โดยวัสดุที่ใช้ได้แก่ Polypropylene และ Methylpentene Copolymer

3. ส่วนที่ 3 เป็นวัสดุกระดาษเรียกว่า Craft Paper ซึ่งทำหน้าที่ดูดซับ (Absorb) เพื่อให้เส้นลายวงจรสูงขึ้น และรับการกดอัดตัว STF เพื่อไม่ให้ STF กดทับเส้นลายวงจรมากเกินไป เพราะจะทำให้เส้นลายวงจรแตกหรือหักได้ ทั้งยังเป็นตัวกันไม่ให้ PE (Polyethylene) สัมผัสกับแผ่นเหล็ก(Stainless Plate) เพราะ PE อาจจะละลายติดกับแผ่นเหล็กได้ และป้องกันไม่ให้ PE มีการละลายตัวเต็มที่ เนื่องจากถ้า PE มีการละลายตัวเต็มที่ จะทำให้ PE มีการขยายตัวเต็มที่ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของวงจรพิมพ์ชนิดงอได้มากเกินไป ทำให้ขนาดความกว้างและความยาวของวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ไม่ได้ตามที่ออกแบบและอาจจะมีผลต่อกระบวนการถัดไป โดยคุณสมบัติสำคัญคือต้องไม่ยืดหดเมื่ออยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิและความดันที่สูง (Dimension Stability)



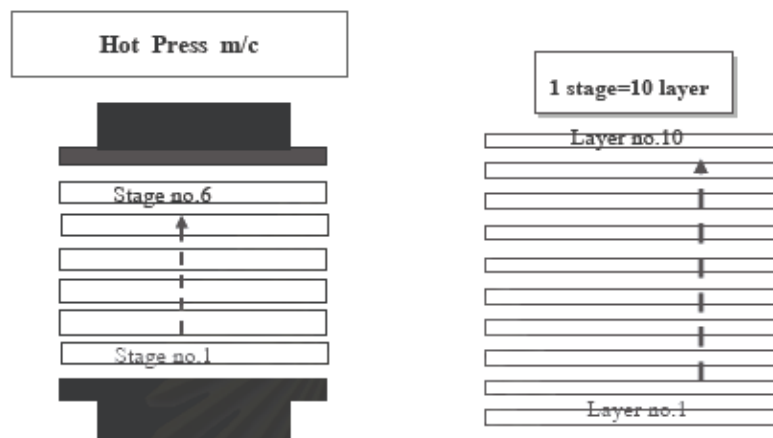
รูปที่ 3-4 ตัวอย่างโครงสร้างของวัสดุช่วยในการกดอัด (Cushion Material) กรณีวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product)

ก. แผ่นเหล็ก (Stainless Plate) ทำหน้าที่รับและกระจายความร้อน โดยได้รับความร้อนมาจาก Base Plate ของเครื่อง Hot Press Machine และกระจายความร้อน ไปยังชั้นงานซึ่งมีชั้นงาน (Work sheet) อยู่ตรงกลาง ประกอบอยู่ด้านบนและด้านล่างด้วยวัสดุช่วยในการกดอัด (Cushion material)



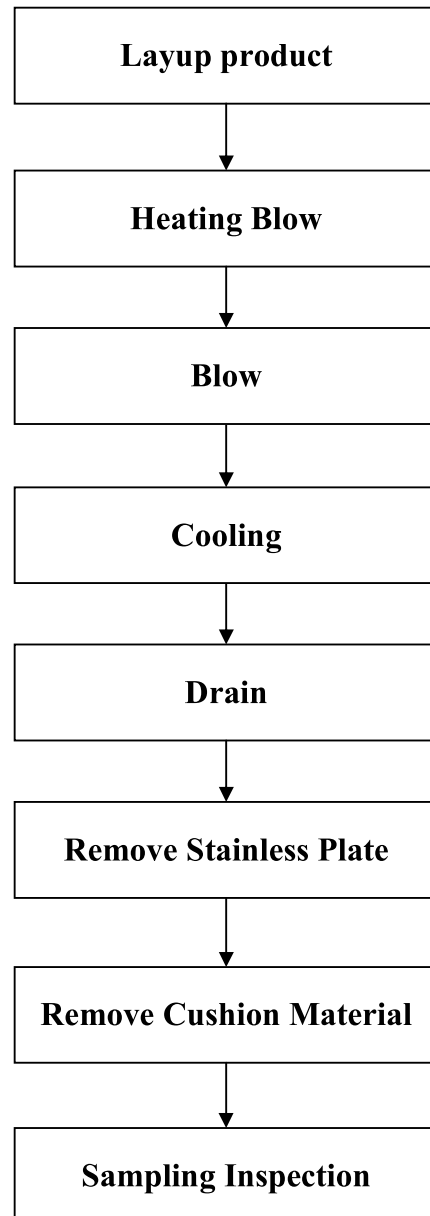
รูปที่ 3-5 โครงสร้างการเตรียมและจัดเรียงชั้นงาน (Layup material structure) 1 ชั้นงาน หรือ 1 Layer

เนื่องจากกระบวนการอบคงรูป (Curing process) ต้องใช้เวลานานในการหลอมละลาย ดังนั้นจึงต้องทำการจะทำการเตรียมและจัดเรียงชั้นงาน (Work sheet) เพื่อนำเข้าเครื่อง Hot Press Machine เป็นรอบ โดยในรอบหรือ 1 Cycle จะประกอบไปด้วยงาน 6 ชุด (Stage) และงาน 1 ชุด จะประกอบไปด้วยงาน 10 ชั้น (Layer)



รูปที่ 3-6 โครงสร้างการเตรียมและจัดเรียงชั้นงานเพื่อนำเข้าเครื่อง Hot Press Machine 1 รอบการทำงาน

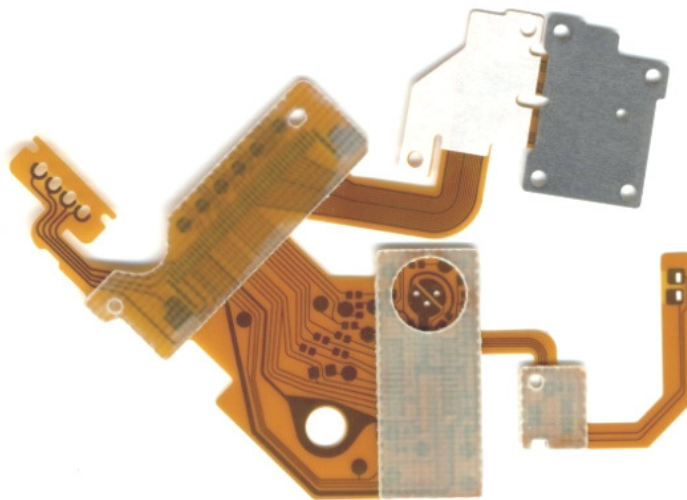
2. Heating Blow คือการเริ่มของการเป่าความร้อนของไอน้ำที่ได้รับมาจาก Boiler ให้ผ่านเข้าสู่แต่ละชั้นของ Hot Press Machine หรือเป็นการไล่อากาศภายในชั้นต่างๆ เพื่อเตรียมถ่ายเทความร้อน Heating และ Press คือการเริ่มถ่ายเทความร้อนสู่ชั้นของ Hot Press Machine พร้อมด้วยแรงกดอัดจากระบบไฮดรอลิกขนาดใหญ่สำหรับ Hot Press Machine 6 Stage จะมีแรงกดอัดที่รับได้สูงสุดประมาณ 200 ตัน โดยในแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีค่าแรงดันหรือความดันในการกดอัดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพื้นที่ของชิ้นงาน(Work Sheet) หรือโครงสร้างของตัวผลิตภัณฑ์ โดยคำนวณจากพื้นที่ที่จะต้องรับแรงกระทำแล้วคำนวณหาแรงกดที่เหมาะสมในหน่วย kg/cm² และหน่วยตัน(Ton) โดยเวลาที่ใช้ในการกดอัดขึ้นกับการถ่ายเทความร้อนของจำนวนชั้น(Layer)ทั้งหมด ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ขึ้นขึ้นกับชนิดและคุณสมบัติของแก้วของวัสดุฉนวนไฟฟ้าหรือแก้วของวัสดุเสริมความแข็งแรงที่ใช้ซึ่งแต่ละชนิดที่ค่าอุณหภูมิที่หลอมละลายกำหนดไว้ต่างกัน โดยการถ่ายเทอุณหภูมิของ Hot Press Machine นั้นจะเป็นไปตามค่าความดันของแรงดันไอน้ำจากการทำงานของ Boiler โดยที่วาล์วของระบบไอน้ำ จะเปิดตามที่ได้ตั้งค่าไว้ตามเงื่อนไขในการทำงาน (Condition) ของแต่ละผลิตภัณฑ์
3. Blow คือการไล่ความร้อนภายในชั้นต่างๆเพื่อให้ความร้อนลดลง โดยจะไล่ความร้อนออกก่อนที่จะเข้าสู่ระบบ Cooling เนื่องจากถ้าให้เข้าสู่ Cooling ทันทีจะทำให้เครื่องจักรเสียได้
4. Cooling คือช่วงของการเข้าสู่ระบบหล่อเย็นทำโดยอากาศและน้ำเพื่อช่วยในการลอกเพื่อนำชิ้นงาน(Worksheet) ออกจากวัสดุช่วยในการกดอัด (Cushion material) เนื่องจากถ้าลอกชิ้นงานที่ยังมีอุณหภูมิสูงออกมาสัมผัสกับอุณหภูมิของอากาศภายนอกทันทีจะทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพได้
5. Drain คือการระบายอากาศ และน้ำของระบบหล่อเย็นออกจากชั้นของเครื่อง Hot Press Machine เพื่อกลับเข้าสู่สภาวะปกติ
6. Remove Stainless Plate คือ การนำชิ้นงาน(Layer) ที่ผ่านกระบวนการอบคงรูปแล้ว ออกจากแผ่นเหล็ก (Stainless Plate)
7. Remove Cushion Material คือ การลอกชิ้นงานหรือวงจรมพิมพ์ชนิดงอได้ที่ผ่านกระบวนการอบคงรูปแล้วออกจากชุดของวัสดุช่วยในการกดอัด (Cushion material)
8. สุ่มตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน โดยจะทำการตรวจสอบด้วยสายตาและใช้จันทวย (Magnifier) ซึ่งมีกำลังขยาย 3 หรือ 5 เท่าเป็นเครื่องมือช่วยในการตรวจสอบ ทำการสุ่มตรวจสอบทั้งหมดจำนวน 6 แผ่นต่อล็อต



รูปที่ 3-7 ขั้นตอนกระบวนการอบคงรูป (Curing process) ของวงจรมพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจร
หน้าเดียว (Single side product)

3.3 สภาพปัญหาในปัจจุบัน

กระบวนการอบคงรูป (Curing process) เป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนและแรงดันสูงเพื่อกดอัดและหลอมละลายกาวของวัสดุที่จะนำมาเสริมความแข็งแรงอันได้แก่ CL (Cover lay film) และ Stiffener ชนิดต่างๆ ให้ยึดติดกับแผ่นทองแดง (Copper clad laminates) อย่างถาวรป้องกันไม่ให้อากาศสามารถแทรกผ่านเข้าไปได้ แต่ละผลิตภัณฑ์ต้องใช้เงื่อนไขในการทำงาน (Condition) ซึ่งได้แก่อุณหภูมิ เวลา ความดันหรือแรงดันที่ใช้ในการอบ รวมถึงโครงสร้างของวัสดุในการช่วยกดอัด (Cushion material) ที่แตกต่างกัน โดยเงื่อนไขในการทำงานต่างๆจะขึ้นอยู่กับชนิดและความหนาของวัสดุเสริมความแข็งแรงที่ใช้ในแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยสามารถจัดประเภทของการอบคงรูป (Curing Type) ได้เป็น 2 กลุ่มหลักคือกลุ่ม Curing ครั้งที่ 1 (CUR1) เป็นการอบคงรูปให้ CL ติดกับ CCL เพื่อเคลือบปิดผิวหน้าทองแดงบริเวณที่ไม่ได้ใช้งาน ป้องกันการเกิดสนิม (Rust) และป้องกันการเกิดลัดวงจร (Short circuit) ทั้งยังช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับแผ่นทองแดงและกลุ่ม Curing ครั้งที่ 2 ขึ้นไป (CUR2 และ CUR3) เป็นการอบคงรูปเพื่อให้ Stiffener ชนิดต่างๆ ติดกับวงจรพิมพ์ไฟฟ้าอย่างถาวร



รูปที่ 3-8 ตัวอย่างการติด Stiffener ชนิดต่างๆบนวงจรพิมพ์ชนิดงอได้

สำหรับผลิตภัณฑ์วงจรมพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) สามารถแบ่งกลุ่มของผลิตภัณฑ์ตามประเภทของการอบคงรูป (Curing Type) ได้เป็น 4 กลุ่มหลักคือ

ก. กลุ่ม CURCS คือกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่จะผ่านกระบวนการอบคงรูป (Curing process) ครั้งแรกที่ 1 (CUR1) เพื่อให้ CL ติดกับ CCL เพียงครั้งเดียวเรียกว่าประเภท CURCS (Single side cover lay curing)

ข. กลุ่ม CURCS-F คือกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่หลังจากผ่านการอบคงรูปครั้งที่ 1 (CUR1) เป็น CURCS แล้วต้องทำการเสริมความแข็งแรงด้วย Stiffener ประเภท Polyimide Film, SUS Plate, Aluminum, หรือ PET Film และทำการอบคงรูปครั้งที่ 2 (CUR2) เป็นประเภท CURF (Stiffener curing)

ค. กลุ่ม CURCS-G คือกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่หลังจากผ่านการอบคงรูปครั้งที่ 1 (CUR1) เป็น CURCS แล้วต้องทำการเสริมความแข็งแรงด้วย Stiffener ประเภท GE (Glass Epoxy) และทำการอบคงรูปครั้งที่ 2 (CUR2) เป็นประเภท CURG (GE stiffener curing)

ง. CURCS-F-G คือ กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่หลังจากผ่านการอบคงรูปครั้งที่ 1 (CUR1) เป็น CURCS แล้วต้องทำการเสริมความแข็งแรงด้วย Stiffener ประเภท Polyimide Film ทำการอบคงรูปครั้งที่ 2 (CUR2) เป็นประเภท CURF (Stiffener curing) และต้องทำการเสริมความแข็งแรงเพิ่มเป็นพิเศษในบางตำแหน่ง ด้วย Stiffener ประเภท GE (Glass Epoxy) โดยการอบคงรูปครั้งที่ 3 (CUR3) เป็นประเภท CURG (GE stiffener curing)

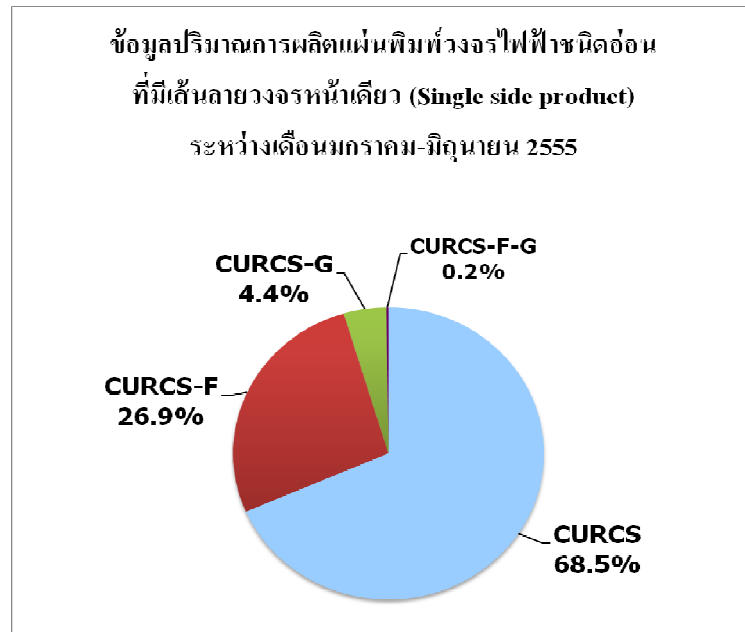
เมื่อพิจารณาข้อมูลปริมาณการผลิต สัดส่วนของเสียและต้นทุนความสูญเสียของข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ของผลิตภัณฑ์วงจรมพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2555 ดังตารางที่ 3-1 และ รูปที่ 3-9 จะพบว่าผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS มีปริมาณการผลิตสูงสุดที่สุด คือ 1,152,398 แผ่น คิดเป็น 68.5% ของปริมาณการผลิตวงจรมพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) ทั้งหมด รองลงมาเป็นผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F มีปริมาณการผลิต 451,896 แผ่น คิดเป็น 26.9 % ผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G มีปริมาณการผลิต 74,814 แผ่น คิดเป็น 4.4% ส่วนผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F-G มีปริมาณการผลิตเพียง 3,573 แผ่น คิดเป็น 0.2% ของปริมาณการผลิตวงจรมพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) ทั้งหมด

ผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS นอกจากจะมีปริมาณการผลิตสูงยังพบว่าปริมาณการเกิดของข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) สูง เกิดของเสีย 940.4 แผ่น คิดเป็น 59 % รองลงมาเป็นผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F เกิดของเสีย 536.2 แผ่น คิดเป็น 33.6 % ผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G เกิดของเสีย 107.8 แผ่น คิดเป็น 6.8 % ส่วนผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F-G เกิดของเสีย 9.5 แผ่น คิดเป็น

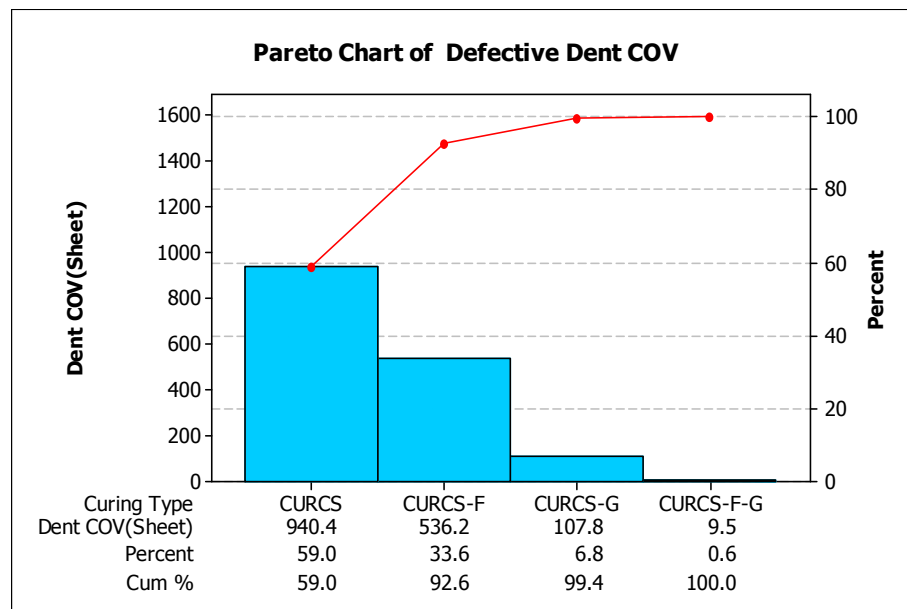
0.6 % ของปริมาณของเสียทั้งหมดของการผลิตวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) ดังตารางที่ 3-1 และรูปที่ 3-10

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลปริมาณการผลิต สัดส่วนของเสียและต้นทุนความสูญเสียของข้อบกพร่อง ประเภท Dent (COV) ของผลิตภัณฑ์วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) ในแต่ละเดือนแยกตามประเภทของการอบวงจร

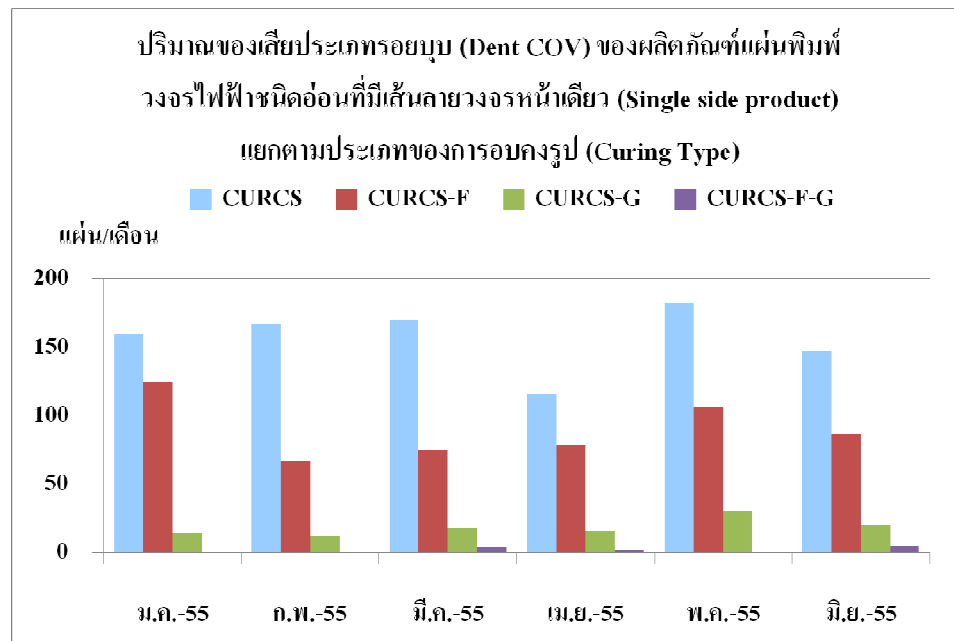
ประเภท	รายละเอียด	ม.ค.-55	ก.พ.-55	มี.ค.-55	เม.ย.-55	พ.ค.-55	มิ.ย.-55	ผลรวม	ค่าเฉลี่ย
CURCS	ปริมาณการผลิต (แผ่น)	201,876.7	181,850.7	205,001.0	161,868.8	216,665.6	185,135.0	1,152,398	192,066.3
	จำนวนของเสีย (แผ่น)	159.9	166.6	169.3	115.6	182.0	147.1	940.4	156.7
	PPM	791.9	916.3	825.8	714.3	839.8	794.3	816.1	816.1
	ต้นทุนที่สูญเสีย (บาท)	85,434.5	87,070.2	89,440.8	72,194.2	96,518.0	64,948.6	495,606	82,601.1
CURCS-F	ปริมาณการผลิต (แผ่น)	71,146.0	58,389.6	70,191.2	63,871.5	91,268.3	97,029.7	451,896	75,316.1
	จำนวนของเสีย (แผ่น)	124.3	66.6	74.3	78.6	105.8	86.6	536.2	89.4
	PPM	1,747.0	1,141.2	1,058.4	1,230.4	1,159.0	892.4	1,186.5	1,186.5
	ต้นทุนที่สูญเสีย (บาท)	53,101.1	35,643.4	49,047.2	48,626.5	56,579.6	51,759.2	294,757	49,126.2
CURCS-G	ปริมาณการผลิต (แผ่น)	10,271.5	10,393.4	12,361.0	10,201.2	14,348.0	17,238.5	74,814	12,468.9
	จำนวนของเสีย (แผ่น)	13.6	11.9	17.7	15.3	30.0	19.3	107.8	18
	PPM	1,325.1	1,146.2	1,434.8	1,495.4	2,088.7	1,119.8	1,440.7	1,440.7
	ต้นทุนที่สูญเสีย (บาท)	5,724.8	4,768.7	7,938.1	6,712.9	12,762.2	10,893.7	48,801	8,133.4
CURCS-F-G	ปริมาณการผลิต (แผ่น)	123.0	15.5	1,265.0	76	-	2,093.9	3,573	595.6
	จำนวนของเสีย (แผ่น)	0.1	-	3.7	1.8	-	4	9.5	1.6
	PPM	677.5	-	2,926.4	23,279.4	-	1,891.9	2,663	2,663
	ต้นทุนที่สูญเสีย (บาท)	187.6	-	3,481.3	1,659.0	-	3,714.6	9,042	1,507.1



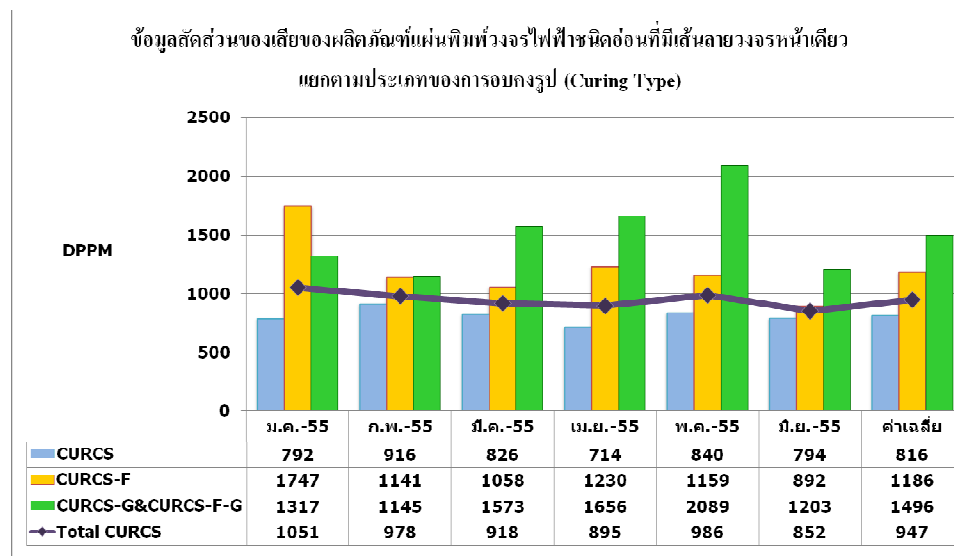
รูปที่ 3-9 ข้อมูลปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว
(Single side product) แยกตามประเภทของการอบคงรูป (Curing Type)



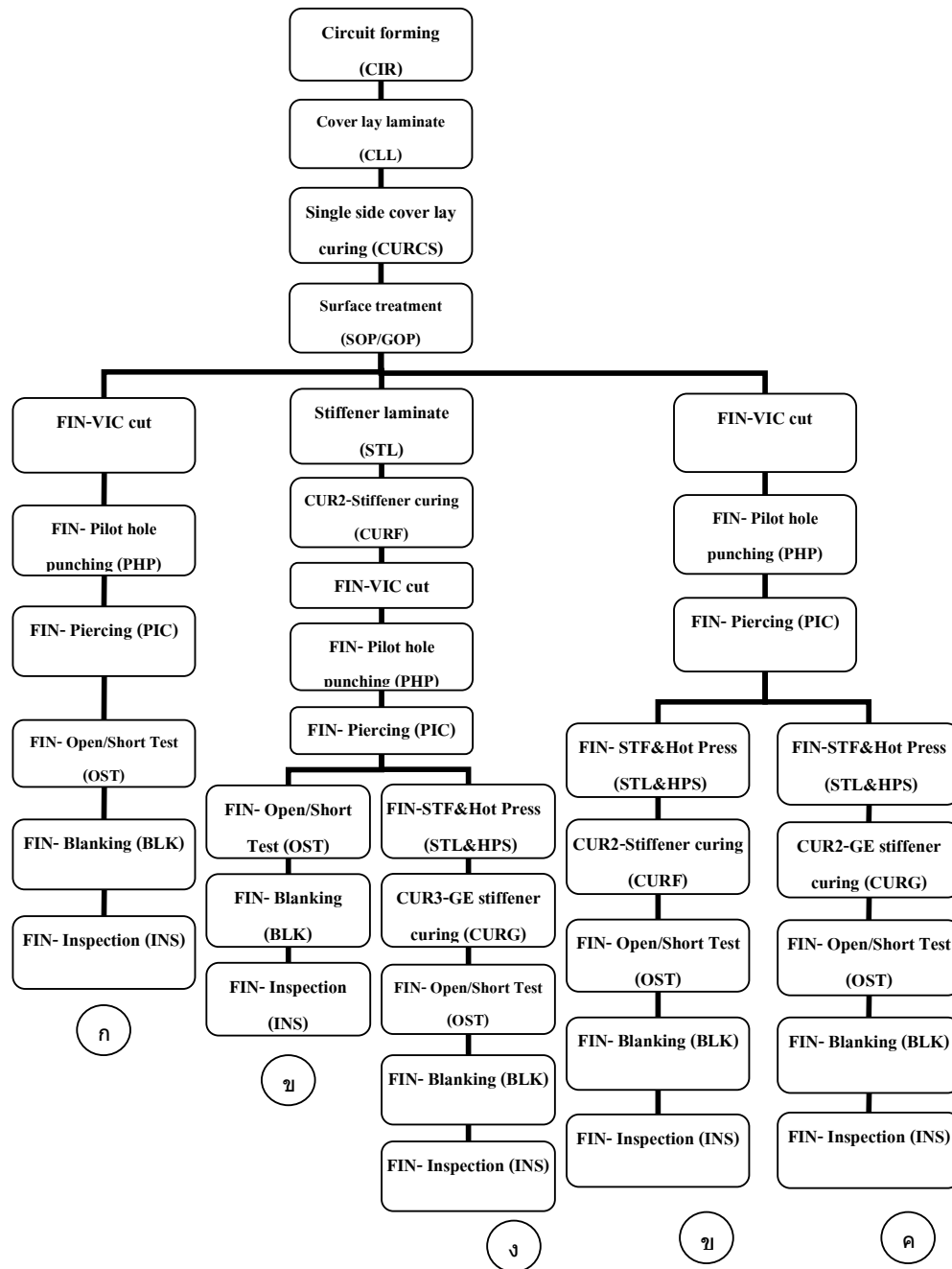
รูปที่ 3-10 สัดส่วนปริมาณของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของผลิตภัณฑ์วงจรพิมพ์ชนิดงอได้
ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) ในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายน 2555 แยกตาม
ประเภทของการอบคงรูป (Curing Type)



รูปที่ 3-11 ข้อมูลปริมาณของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของผลิตภัณฑ์วงจรมพิมพ์ชนิดอ่อนได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) แยกตามประเภทของการอบงรูป (Curing Type)



รูปที่ 3-12 ข้อมูลสัดส่วนปริมาณของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของผลิตภัณฑ์วงจรมพิมพ์ชนิดอ่อนได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) แยกตามประเภทของการอบงรูป (Curing Type)



รูปที่ 3-13 ประเภทของการอบคงรูป (Curing Type) ผลิตภัณฑ์วงจรมพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายนวกรหน้าเดียว (Single side product)

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์วงจรมพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายนวกรหน้าเดียว (Single side product) ในช่วงเดือน มกราคมถึงมิถุนายน 2555 พบว่าปริมาณการผลิตรวม 1,682,681.2 แผ่น มีปริมาณของเสียประเภท Dent COV สูงที่สุด โดยมีของเสีย 1593.9 แผ่น คิดเป็น

สัดส่วนของเสีย 0.094 % หรือ 947.2 DPPM มีมูลค่าความสูญเสียรวม 848206.4 บาทโดยเมื่อศึกษากระบวนการผลิตกันซ์ของวงจรมีพินชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มของผลิตภัณฑ์ตามประเภทของการอบคงรูป (Curing Type) ได้เป็น 4 กลุ่มหลัก ซึ่งผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS (Single side cover lay curing) หรือผลิตภัณฑ์กลุ่มที่จะผ่านกระบวนการอบคงรูป (Curing process) ครั้งที่ 1 (CUR1) เพื่อให้ CL ติดกับ CCL เพียงครั้งมีปริมาณการผลิตสูงสุด คือ 1,152,398 แผ่น คิดเป็น 68.5% ของปริมาณการผลิตวงจรมีพินชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) ทั้งหมดและยังมีปริมาณของเสียประเภท Dent COV สูงที่สุด โดยมีของเสีย 940.4 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 0.081% หรือ 816 DPPM โดยคิดเป็น 59% ของปริมาณของเสียทั้งหมดของการผลิตวงจรมีพินชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) รองลงมาเป็นผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ต้องทำการเสริมความแข็งแรงด้วย Stiffener ประเภท Polyimide Film, SUS Plate, Aluminium, หรือ PET Film และทำการอบคงรูปครั้งที่ 2 (CUR2) เป็นประเภท CURF (Stiffener curing) มีปริมาณการผลิต 451,896 แผ่น มีของเสีย 536.2 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 1186.5 DPPM คิดเป็น 33.6% ของปริมาณของเสีย ส่วนผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G หรือผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ต้องทำการเสริมความแข็งแรงด้วย Stiffener ประเภท GE (Glass Epoxy) และทำการอบคงรูปครั้งที่ 2 (CUR2) เป็นประเภท CURG (GE stiffener curing) และผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F-G หรือผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ต้องทำการเสริมความแข็งแรงด้วย Stiffener ประเภท Polyimide Film ทำการอบคงรูปครั้งที่ 2 (CUR2) เป็นประเภท CURF (Stiffener curing) และต้องทำการเสริมความแข็งแรงเพิ่มเป็นพิเศษในบางตำแหน่ง ด้วย Stiffener ประเภท GE (Glass Epoxy) โดยการอบคงรูปครั้งที่ 3 (CUR3) เป็นประเภท CURG (GE stiffener curing) นั้นมีปริมาณการผลิตรวมกัน 78,387 แผ่น มีของเสียรวม 117 แผ่น คิดเป็น 7.4 % ของปริมาณของเสียทั้งหมดของการผลิตวงจรมีพินชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 1496.4 DPPM

โดยหากพิจารณาที่กระบวนการผลิตกันซ์ของวงจรมีพินชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) จะเห็นได้ว่าทุกกลุ่มผลิตภัณฑ์จะผ่านกระบวนการอบคงรูป (Curing process) ครั้งที่ 1 (CUR1) เพื่อให้ CL ติดกับ CCL ซึ่งซึ่งเรียกว่า CURCS (Single side cover lay curing) เหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันที่การเข้าทำการอบคงรูปครั้งที่ 2 (CUR2) ตามชนิดของ Stiffener ประเภท GE (Glass Epoxy) หรือประเภท Polyimide Film แสดงดังรูป 3-13 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุ และแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ใน 2 กลุ่มคือผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F และผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G

3.4 สรุประชนยามปัญหา

ระชนยามปัญหานี้ได้ทำการจัดตั้งทีมงาน และทำการศึกษาระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) และสภาพปัญหาในปัจจุบัน และได้กำหนดปัญหาที่จะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางการแก้ไข คือข้อบกพร่องประเภท รอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ในกระบวนการอบคงรูป (Curing process) ซึ่งมีสัดส่วนของเสีย 0.094 % หรือ 947.2 DPPM โดยจะทำการศึกษาใน 2 กลุ่มผลิตภัณฑ์ คือผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F และผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G

บทที่ 4

ระยะการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)

ในระยะนี้เป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา โดยอาศัยเครื่องมือทางคุณภาพและสถิติ มาช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่เป็นไปได้ เริ่มจากการวิเคราะห์ความถูกต้องและความแม่นยำ ของระบบการวัด (Gauge R&R) ในการตรวจสอบด้วยสายตา และทำการเก็บรวบรวมข้อมูล พิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิตในปัจจุบันเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์หา สาเหตุ ทำการระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผล (Key Process Input Variable หรือ KPIV) โดยใช้เครื่องมือต่างๆเข้าช่วยในการวิเคราะห์เช่น ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram) ตาราง แสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) และการวิเคราะห์ลักษณะ ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis หรือ FMEA)


4.1 การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis)

การตรวจสอบลักษณะของข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) บนผลิตภัณฑ์วงจร พิมพ์ชนิดงอได้ของโรงงานกรณีศึกษา เป็นการตรวจสอบข้อบกพร่องที่ปรากฏให้เห็นภายนอก (Appearance defect) ซึ่งใช้การตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection) โดยใช้จานขยาย (Magnifier) ซึ่งมีกำลังขยาย 3 หรือ 5 เท่าเป็นเครื่องมือช่วยในการตรวจสอบ โดยข้อบกพร่อง ประเภทรอยบุบ (Dent COV) มีจุดตรวจสอบใน 2 ส่วนคือ

1. การสุ่มตรวจสอบ (Sampling Inspection) โดยพนักงานตรวจสอบที่ท้ายกระบวนการอบ คงรูป ก่อนส่งกระบวนการถัดไป ซึ่งจะทำการสุ่มตรวจสอบทันทีหลังทำการลอกชิ้นงาน หรือวงจร พิมพ์ชนิดงอได้ออกจากชุดของวัสดุช่วยในการกดอัด (Remove Cushion Material) โดยจะทำการ ตรวจสอบด้วยสายตาและใช้จานขยาย (Magnifier) ซึ่งมีกำลังขยาย 3 หรือ 5 เท่าเป็นเครื่องมือช่วย ในการตรวจสอบ ทำการสุ่มตรวจสอบทั้งหมดจำนวน 6 แผ่นต่อล็อต เพื่อเป็นการดักจับและแจ้ง กลับปัญหาคุณภาพอย่างรวดเร็ว (Quality Feedback)

2. การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน 100 % โดยพนักงานตรวจสอบที่กระบวนการตรวจสอบ ชิ้นตอนสุดท้าย (Final Inspection Process) โดยจะทำการตรวจสอบด้วยสายตาและใช้จานขยาย (Magnifier) ซึ่งมีกำลังขยาย 3 หรือ 5 เท่าเป็นเครื่องมือช่วยในการตรวจสอบ

ตารางที่ 4-1 มาตรฐานการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV)

ประเภทข้อบกพร่อง	รอยบุบ (Dent COV)
ความหมายข้อบกพร่อง	วงจรมีพิกซ์ชนิดงอได้บางส่วนมีรอยยุบหรือรอย บุ่ม
ระดับคุณภาพ	 <ul style="list-style-type: none"> • g คือ ความลึกของรอยบุบ (Dent) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.1 mm. ถือว่า ยอมรับได้(Accept) • h คือ ความสูงของรอยบุบ (Dent) ที่นูนออกไปที่ด้านตรงกันข้าม น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.1 mm. ถือว่า ยอมรับได้(Accept) <p>อย่างไรก็ตาม : รอยบุบ(Dent) ต้องไม่ทำให้เส้นลายวงจรเสียหายและทำให้คุณภาพของวงจรมีพิกซ์ชนิดงอได้ด้อยลงหรือสีของวงจรมีพิกซ์ชนิดงอได้เปลี่ยนไป</p>
แนวทางการตัดสินใจ	<ul style="list-style-type: none"> • กรณีพบข้อบกพร่องซึ่งยากต่อการพิจารณาเรื่องความลึกหรือความสูงของรอยบุบ(Dent) ให้พิจารณาตาม Limit Sample หรือข้อตกลงระหว่างบริษัทกับลูกค้า • การวัด g , h สามารถใช้เครื่องมือวัด วัดได้ เช่น Digital linear guage • รอยบุบ(Dent) ต้องไม่เป็นร่อง หรือสันแหลม และเส้นลายวงจรต้องไม่เปลี่ยนสี

ระบบการวัดหรือการตรวจสอบมีลักษณะเป็นการประเมินผลแบบข้อมูลตามลักษณะ(Attribute Data) คือทำการตรวจสอบและประเมินผล โดยทำการเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะแล้วทำการตัดสินใจได้ผลของข้อมูลออกมาเป็นยอมรับ/ปฏิเสธหรือผ่าน/ไม่ผ่าน จึงทำการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) ทำการวิเคราะห์ความถูกต้อง (Accuracy) โดยเปรียบเทียบผลการตรวจสอบของพนักงานกับค่าอ้างอิงและทำการวิเคราะห์ความแม่นยำ (Precision) โดยเปรียบเทียบผลการตรวจสอบซ้ำของพนักงานคนนั้นๆ

4.1.1 การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) โดยการตรวจสอบด้วยสายตาของโรงงานกรณีศึกษามีขั้นตอนดังนี้

1. คัดเลือกทีมงานผู้ชำนาญการ ซึ่งผู้เป็นบุคคลที่สามารถแยกแยะคุณภาพของชิ้นงานได้อย่างถูกต้องตรงตามข้อกำหนดของลูกค้าและเป็นผู้ที่ลูกค้าให้การยอมรับ ในที่นี้คือหัวหน้าพนักงานแผนกควบคุมคุณภาพในส่วนของกระบวนการผลิตขั้นตอนสุดท้าย และหัวหน้าพนักงานฝ่ายผลิตกระบวนการผลิตขั้นตอนสุดท้าย มาเป็นผู้ตรวจสอบและกำหนดกลุ่มชิ้นงานตัวอย่าง

2. กำหนดกลุ่มชิ้นงานตัวอย่างในการตรวจสอบ โดยทำการคัดเลือกชิ้นงานตัวอย่างในกระบวนการผลิต 30 ชิ้น โดยประกอบไปด้วยชิ้นงานที่มีคุณภาพดี 10 ชิ้น ชิ้นงานที่มีคุณภาพไม่ดี 10 ชิ้น และชิ้นงานที่มีคุณภาพแบบก้ำกึ่งจำนวน 10 ชิ้น โดยแยกเป็นชิ้นงานที่มีคุณภาพดีแบบก้ำกึ่งและชิ้นงานที่มีคุณภาพไม่ดีแบบก้ำกึ่งอีกอย่างละครึ่ง ทำการบันทึกผลการตรวจสอบที่ถูกต้องของชิ้นงานตัวอย่างทั้ง 30 ชิ้น

3. ทีมงานผู้ชำนาญการทำการตรวจสอบชิ้นงานตัวอย่างแบบสุ่ม เพื่อยืนยันผลการตรวจสอบของแต่ละชิ้นงานและประเมินผลคุณภาพของกลุ่มชิ้นงานตัวอย่างที่จะใช้ในการตรวจสอบว่ามีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นกลุ่มชิ้นงานตัวอย่างในการการวิเคราะห์

4. ทำการคัดเลือกพนักงานผู้ทำหน้าที่ตรวจสอบในกระบวนการผลิตจำนวน 3 คน เป็นผู้ที่มีทักษะและความชำนาญในการตรวจสอบ สามารถแยกแยะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้

5. ทำการทดลองตามแผนการตรวจสอบที่วางไว้ ตามตารางที่ 4-4 โดยเป็นการศึกษาพนักงานทีละคน ทำการตรวจสอบชิ้นงานและวัดชิ้นงานตัวอย่างเป็นแบบสุ่ม และให้พนักงานประเมินผลชิ้นงานตัวอย่างนั้นว่า “ผ่าน (Good-G)” หรือ “ไม่ผ่าน (No Good-NG)” ทำการบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์ม ในการตรวจสอบพนักงานแต่ละคนจะทำซ้ำ 2 ครั้ง

6. ดำเนินการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ โดยอาศัยดัชนีชี้วัดต่างๆ ซึ่งสมการการคำนวณแสดงดังสมการที่ 2-2 ถึง 2-5 ดังนี้

1. ดัชนีเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบ (% Appraiser score)

$$\% \text{ รั้พิทหะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที้ผลการตรวจสอบเหมือกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2-2)$$

2. ดัชนีเปอร์เซ็นต์ความไม่ไปอัสของพนักงานตรวจสอบ (% Attribute score)

$$\% \text{ ความไม่ไปอัสของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2-3)$$

3. ดัชนีเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ

(% Screen Effective score)

$$\% \text{ ประสิทธิผลด้านรีพีทเทบิลิตีของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2-4)$$

4. ดัชนีเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านไปอัสของของการตรวจสอบ (% Attribute Effective score)

$$\% \text{ ประสิทธิผลด้านไปอัส} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจสอบได้ถูกต้องเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2-5)$$

ในการวิเคราะห์ผลของระบบการตรวจสอบในระยะสั้น เป็นการประเมินผลระบบการตรวจสอบโดยที่จะอาศัยการดำเนินการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ (Statistical hypothesis) เพื่อทดสอบว่า ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบของผู้ที่ทำการวัดแต่ละคนนั้นมีความผันแปรหรือมีความแตกต่างกันหรือไม่ การวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบนี้สามารถอาศัยวิธีการทางสถิติวิเคราะห์ได้แก่

1. การวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบด้วยสัมประสิทธิ์ Kappa

การวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบด้วยสัมประสิทธิ์ Kappa เป็นลักษณะของการทดสอบความมีประสิทธิภาพของพนักงานผู้ทำการวัดทีละคู่ โดยจะอาศัยแนวความคิดของการทดสอบสมมติฐานจากตารางไขว้ และจะพิจารณาจากผลการทดสอบที่ให้ผลเหมือนกันของพนักงานทั้งสองคนโดยอาศัยสัมประสิทธิ์ของ Cohen's Kappa หรือ Kappa and Kendall's coefficient ซึ่งสมมติฐานสำหรับการวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบ คือ

H_0 : พนักงานผู้ทำการวัดไม่มีอิทธิพลต่อค่าวัดจากระบบการตรวจสอบ

H_1 : พนักงานผู้ทำการวัดมีอิทธิพลต่อค่าวัดจากระบบการตรวจสอบ

2. การวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบด้วยดัชนีความมีประสิทธิภาพ (O_p) ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธความผิดพลาด (I_{FA}) และดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับความผิดพลาด (I_{MISS})

การวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบด้วยค่าดัชนีนั้นสำหรับการวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบด้วยค่าดัชนี 3 ตัวแรกนี้ จะเป็นการวิเคราะห์ถึงความสามารถของพนักงานตรวจสอบแต่

ละคนซึ่งแตกต่างจากการวิเคราะห์ด้วยสัมประสิทธิ์ Kappa การวิเคราะห์ด้วยค่าดัชนีดังกล่าวนี้จะทำการพิจารณาถึงควมมีประสิทธิภาพของพนักงานแต่ละคนที่ทำการวัดว่ามีมากน้อยต่างกันเพียงใด ซึ่งสมการการคำนวณแสดงดังสมการที่ 4-1 ถึง 4-3

1. ค่าดัชนีที่ใช้พิจารณาคือ ดัชนีควมมีประสิทธิภาพผล(Operator Effectiveness Index : O_E)

$$\text{ดัชนีควมมีประสิทธิภาพผล (} O_E \text{)} = \frac{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะถูกต้อง}}{\text{จำนวนครั้งที่บ่งชี้ได้อย่างถูกต้อง}} \quad (4-1)$$

2. ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธความผิดพลาด (False Alarm Index : I_{FA})

$$\text{ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธความผิดพลาด (} I_{FA} \text{)} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การปฏิเสธผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะปฏิเสธผิดพลาด}} \quad (4-2)$$

3. ดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับความผิดพลาด (Index of a Miss : I_{MISS})

$$\text{ดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับความผิดพลาด (} I_{MISS} \text{)} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การยอมรับผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะยอมรับผิดพลาด}} \quad (4-3)$$

4.1.2 เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด

1. การวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบด้วยค่าดัชนีของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ

ตารางที่ 4-2 เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัดด้วยค่าดัชนีแบบข้อมูลตามลักษณะ

ดัชนี	เกณฑ์การยอมรับ
% รีพีทอะบิลิตีของพนักงาน	90%
% ความไม่ไบอัสของพนักงาน	90%
% ประสิทธิภาพด้านรีพีทอะบิลิตีของการตรวจสอบ	90%
% ประสิทธิภาพด้านไบอัสของการตรวจสอบ	90%

2. การวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบด้วยสัมประสิทธิ์ Kappa

ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบนี้จะแสดงถึงระดับความสัมพันธ์ระหว่างพนักงานแต่ละคู่ที่สามารถตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน โดยมีเกณฑ์ของค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ที่ใช้วัดดังนี้

1. ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ Kappa มากกว่า 0.75 แสดงว่า พนักงานสามารถตรวจสอบได้ผลที่เหมือนกันเป็นอย่างดี
 2. ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ Kappa อยู่ระหว่าง 0.40 และ 0.75 แสดงว่า พนักงานสามารถตรวจสอบได้ผลที่สอดคล้องกันปานกลาง
 3. ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ Kappa น้อยกว่า 0.40 แสดงว่า พนักงานสามารถตรวจสอบได้ผลที่ไม่สอดคล้องกันหรือแตกต่างกัน
3. เกณฑ์การตัดสินใจผลการวิเคราะห์พนักงานตรวจสอบด้วยค่าดัชนี

ตารางที่ 4-3 เกณฑ์การตัดสินใจผลการวิเคราะห์พนักงานตรวจสอบด้วยค่าดัชนี (O_E), (I_{FA}) และ (I_{MISS})

การตัดสินใจ	ดัชนีความมี ประสิทธิผล (O_E)	ดัชนีการตรวจสอบที่ ปฏิเสธความผิดพลาด (I_{FA})	ดัชนีการตรวจสอบที่ ยอมรับความผิดพลาด (I_{MISS})
ยอมรับได้	≥ 0.9 หรือ 90%	≤ 0.05 หรือ 5%	≤ 0.02 หรือ 2%
พอจะยอมรับได้	≥ 0.8 หรือ 80%	≤ 0.1 หรือ 10%	≤ 0.5 หรือ 50%
ไม่สามารถยอมรับได้	< 0.8 หรือ 80%	> 0.1 หรือ 10%	> 0.05 หรือ 5%

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลตามลักษณะ

ผลการตรวจสอบของพนักงานทั้ง 3 คนแสดงดังตารางที่ 4-5

- โดย G หมายถึง ผ่านหรือสิ่งตัวอย่างมีคุณภาพดี
 NG หมายถึง ไม่ผ่านหรือสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพไม่ดี
 N หมายถึง การตรวจสอบที่ไม่ซ้ำหรือไม่ถูกต้อง
 Y หมายถึง การตรวจสอบที่ซ้ำหรือถูกต้อง

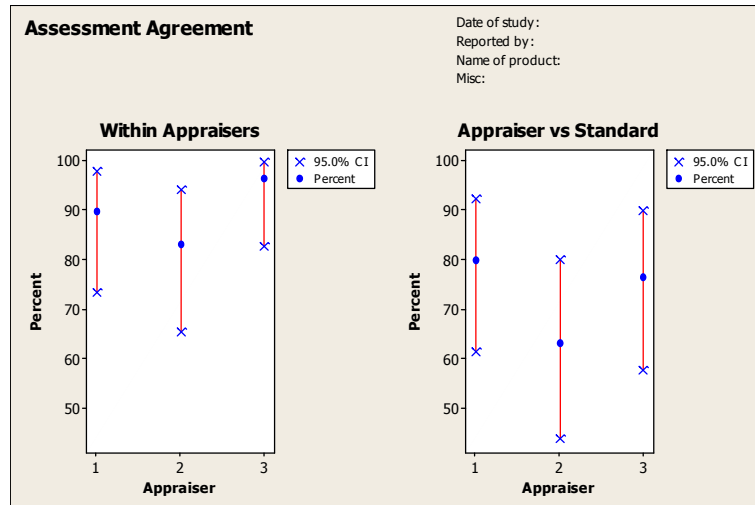
ตารางที่ 4-4 แผนการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด

ลำดับ การ ทดลอง	ตัวอย่าง ชิ้นงาน	พนักงาน ตรวจ	ลำดับ การ ทดลอง	ตัวอย่าง ชิ้นงาน	พนักงาน ตรวจ	ลำดับ การ ทดลอง	ตัวอย่าง ชิ้นงาน	พนักงาน ตรวจ
1	13	1	61	8	2	121	14	3
2	14	1	62	29	2	122	7	3
3	21	1	63	27	2	123	2	3
4	9	1	64	2	2	124	8	3
5	11	1	65	30	2	125	6	3
6	26	1	66	11	2	126	27	3
7	5	1	67	26	2	127	12	3
8	24	1	68	14	2	128	28	3
9	2	1	69	19	2	129	29	3
10	29	1	70	1	2	130	30	3
11	27	1	71	21	2	131	13	3
12	10	1	72	3	2	132	25	3
13	7	1	73	10	2	133	26	3
14	28	1	74	15	2	134	5	3
15	25	1	75	25	2	135	1	3
16	15	1	76	6	2	136	9	3
17	18	1	77	17	2	137	11	3
18	3	1	78	13	2	138	23	3
19	12	1	79	24	2	139	19	3
20	1	1	80	18	2	140	3	3
21	30	1	81	5	2	141	18	3
22	17	1	82	23	2	142	22	3
23	4	1	83	16	2	143	17	3
24	22	1	84	28	2	144	21	3
25	16	1	85	22	2	145	4	3
26	8	1	86	12	2	146	24	3
27	19	1	87	20	2	147	20	3
28	20	1	88	7	2	148	15	3
29	6	1	89	9	2	149	10	3
30	23	1	90	4	2	150	16	3
31	11	3	91	1	1	151	24	2
32	8	3	92	2	1	152	23	2
33	12	3	93	19	1	153	27	2
34	25	3	94	17	1	154	3	2
35	18	3	95	29	1	155	1	2
36	26	3	96	30	1	156	10	2
37	30	3	97	14	1	157	13	2
38	10	3	98	6	1	158	18	2
39	28	3	99	16	1	159	4	2
40	29	3	100	12	1	160	15	2
41	23	3	101	23	1	161	28	2
42	3	3	102	8	1	162	16	2
43	19	3	103	3	1	163	8	2
44	22	3	104	13	1	164	29	2
45	17	3	105	28	1	165	22	2
46	7	3	106	7	1	166	26	2
47	6	3	107	10	1	167	30	2
48	16	3	108	20	1	168	7	2
49	4	3	109	21	1	169	2	2
50	21	3	110	9	1	170	19	2
51	24	3	111	5	1	171	12	2
52	14	3	112	25	1	172	6	2
53	9	3	113	15	1	173	17	2
54	5	3	114	24	1	174	25	2
55	20	3	115	11	1	175	11	2
56	27	3	116	4	1	176	9	2
57	15	3	117	18	1	177	21	2
58	1	3	118	22	1	178	14	2
59	2	3	119	26	1	179	5	2
60	13	3	120	27	1	180	20	2

ตารางที่ 4-5 ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด

ลำดับ ที่	ชั้นงาน ตัวอย่าง	คุณภาพ ชั้นงาน ตัวอย่าง	พนักงาน ตรวจ คนที่ 1		พนักงาน ตรวจ คนที่ 2		พนักงาน ตรวจ คนที่ 3		พนักงาน ตรวจได้ เหมือนกัน ทุกครั้งและ ทุกคน	พนักงาน ตรวจได้ เหมือนกัน อย่าง ถูกต้องทุก คน
			ครั้ง ที่1	ครั้ง ที่2	ครั้ง ที่1	ครั้ง ที่2	ครั้ง ที่1	ครั้ง ที่2		
1	1	G	NG	G	NG	NG	G	G	N	N
2	2	G	G	NG	NG	NG	NG	NG	N	N
3	3	G	G	G	NG	NG	G	G	N	N
4	4	NG	NG	NG	NG	NG	G	G	N	N
5	5	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
6	6	G	G	G	G	NG	G	G	N	N
7	7	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
8	8	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
9	9	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
10	10	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
11	11	NG	G	G	G	G	G	G	Y	N
12	12	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
13	13	G	G	G	NG	G	NG	NG	N	N
14	14	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
15	15	NG	G	NG	NG	NG	NG	NG	N	N
16	16	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
17	17	NG	G	G	G	NG	G	G	N	N
18	18	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
19	19	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
20	20	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
21	21	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
22	22	NG	NG	NG	G	NG	NG	NG	N	N
23	23	NG	NG	NG	NG	NG	G	NG	N	N
24	24	G	G	G	NG	NG	G	G	N	N
25	25	G	NG	NG	NG	NG	G	G	N	N
26	26	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
27	27	NG	NG	NG	NG	NG	G	G	N	N
28	28	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
29	29	G	G	G	NG	G	G	G	N	N
30	30	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
จำนวนครั้งที่ตรวจได้เหมือนกัน									16	15

ผลการตรวจสอบความสามารถของระดับการวัดของพนักงานตรวจสอบ จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab แสดงดังรูปที่ 4-1 และตารางที่ 4-6



รูปที่ 4-1 กราฟ Attribute Agreement ของการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของผลิตภัณฑ์วงจรมพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product)

ตารางที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลตามลักษณะ โดยโปรแกรม Minitab

Attribute Agreement Analysis for Assessments					
Within Appraisers					
Assessment Agreement					
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI	
1	30	27	90.00	(73.47, 97.89)	
2	30	25	83.33	(65.28, 94.36)	
3	30	29	96.67	(82.78, 99.92)	
# Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.					
Fleiss' Kappa Statistics					
Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P (vs > 0)
1	NG	0.799778	0.182574	4.38056	0.0000
	OK	0.799778	0.182574	4.38056	0.0000
2	NG	0.633700	0.182574	3.47092	0.0003
	OK	0.633700	0.182574	3.47092	0.0003
3	NG	0.931429	0.182574	5.10164	0.0000
	OK	0.931429	0.182574	5.10164	0.0000

ตารางที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลตามลักษณะ โดยโปรแกรม Minitab ต่อ

Attribute Agreement Analysis for Assessments						
Each Appraiser vs Standard						
Assessment Agreement						
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI		
1	30	24	80.00	(61.43, 92.29)		
2	30	19	63.33	(43.86, 80.07)		
3	30	23	76.67	(57.72, 90.07)		
# Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.						
Assessment Disagreement						
Appraiser	# OK / NG	Percent	# NG / OK	Percent	# Mixed	Percent
1	2	13.33	1	6.67	3	10.00
2	1	6.67	5	33.33	5	16.67
3	4	26.67	2	13.33	1	3.33
# OK / NG: Assessments across trials = OK / standard = NG.						
# NG / OK: Assessments across trials = NG / standard = OK.						
# Mixed: Assessments across trials are not identical.						
Fleiss' Kappa Statistics						
Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)	
1	NG	0.699815	0.129099	5.42074	0.0000	
	OK	0.699815	0.129099	5.42074	0.0000	
2	NG	0.420633	0.129099	3.25821	0.0006	
	OK	0.420633	0.129099	3.25821	0.0006	
3	NG	0.563417	0.129099	4.36421	0.0000	
	OK	0.563417	0.129099	4.36421	0.0000	
Between Appraisers						
Assessment Agreement						
# Inspected	# Matched	Percent	95% CI			
30	16	53.33	(34.33, 71.66)			
# Matched: All appraisers' assessments agree with each other.						
Fleiss' Kappa Statistics						
Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)		
NG	0.586207	0.0471405	12.4353	0.0000		
OK	0.586207	0.0471405	12.4353	0.0000		
Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)		
NG	0.561288	0.0745356	7.53047	0.0000		
OK	0.561288	0.0745356	7.53047	0.0000		

ตารางที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลตามลักษณะ โดยโปรแกรม Minitab ต่อ

Attribute Agreement Analysis for Assessments				
All Appraisers vs Standard				
Assessment Agreement				
# Inspected	# Matched	Percent	95% CI	
30	15	50.00	(31.30, 68.70)	
# Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.				
Fleiss' Kappa Statistics				
Response	Kappa	SE Kappa	Z	P (vs > 0)
NG	0.561288	0.0745356	7.53047	0.0000
OK	0.561288	0.0745356	7.53047	0.0000

ผลการวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบด้วยค่าดัชนีของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ผลการวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบด้วยค่าดัชนีของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ

ดัชนี	เกณฑ์การยอมรับ	ผลการวิเคราะห์พนักงานตรวจ		
		1	2	3
% ไร้พิทหะบิลิตีของพนักงาน	90%	90%	83.33%	96.67%
% ความไม่ไบอัสของพนักงาน	90%	80%	63.33%	76.67%
% ประสิทธิภาพด้านไร้พิทหะบิลิตีของการตรวจสอบ	100%	53.33 %		
% ประสิทธิภาพด้านไบอัสของการตรวจสอบ	100%	50 %		

ผลการวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบด้วยสัมประสิทธิ์ Kappa

เกณฑ์การยอมรับค่าสัมประสิทธิ์ Kappa มากกว่า 0.75 แสดงว่า พนักงานสามารถตรวจสอบได้ผลที่เหมือนกันเป็นอย่างดี สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ผลการวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบด้วยสัมประสิทธิ์ Kappa

ดัชนี	เกณฑ์การยอมรับ Kappa	ผลการวิเคราะห์ พนักงานตรวจ		
		1	2	3
รีพีทหะบิลิตีของพนักงาน	> 0.75	0.79	0.63	0.93
ความไม่ไบอัสของพนักงาน	> 0.75	0.69	0.42	0.56
ประสิทธิผลค้ำรีพีทหะบิลิตีของ การตรวจสอบ	> 0.75	0.58		
ประสิทธิผลค้ำไบอัสของการ ตรวจสอบ	> 0.75	0.56		

ผลการวิเคราะห์พนักงานตรวจสอบด้วยค่าดัชนี(O_E), (I_{FA}) และ(I_{MISS}) สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ผลการวิเคราะห์พนักงานตรวจสอบด้วยค่าดัชนี(O_E), (I_{FA}) และ(I_{MISS})

การตัดสินใจ	ดัชนีความมี ประสิทธิผล (O_E)	ดัชนีการตรวจสอบ ที่ปฏิเสธความ ผิดพลาด (I_{FA})	ดัชนีการตรวจสอบ ที่ยอมรับความ ผิดพลาด (I_{MISS})
เกณฑ์การยอมรับ	≥ 0.9 หรือ 90%	≤ 0.05 หรือ 5%	≤ 0.02 หรือ 2%
ผลการวิเคราะห์พนักงาน ตรวจ คนที่ 1	80%	6.67%	13.33%
ผลการวิเคราะห์พนักงาน ตรวจ คนที่ 2	63.33%	33.33%	6.67%
ผลการวิเคราะห์พนักงาน ตรวจ คนที่ 3	76.67%	13.3%	26.67%

จากผลการตรวจสอบด้วยวิธีการวิเคราะห์ทั้ง 3 เกณฑ์ พบว่า

1. ระบบการตรวจสอบด้วยค่าดัชนีของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ พบว่าไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทั้ง 4 ดัชนี
2. เกณฑ์การยอมรับค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ต้องมากกว่า 0.75 พบว่าไม่ผ่านเกณฑ์ โดยอยู่ในช่วงระหว่าง 0.40 และ 0.75 แสดงว่า พนักงานสามารถตรวจสอบได้ผลที่สอดคล้องกันปานกลาง
3. ผลการวิเคราะห์พนักงานตรวจสอบด้วยค่าดัชนี (O_E), (I_{FA}) และ (I_{MISS}) พบว่าไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทั้ง 3 ดัชนี

สรุปได้ว่ากระบวนการวัดหรือกระบวนการตรวจสอบชิ้นงานยังขาดประสิทธิภาพดังนั้นจึงต้องดำเนินการปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพและทำการประเมินผลใหม่อีกครั้ง ก่อนเริ่มดำเนินการในระยะต่อไป

จากผลของการวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบพบว่ายังขาดประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือซึ่งควรจะเร่งดำเนินการปรับปรุงอย่างเร่งด่วน โดยทางคณะทำงานร่วมกับส่วนงานที่เกี่ยวข้องอันได้แก่หัวหน้าพนักงานฝ่ายผลิตกระบวนการผลิตขั้นตอนสุดท้าย (Final process) หัวหน้าพนักงานแผนกควบคุมคุณภาพในส่วนของการผลิตขั้นตอนสุดท้าย วิศวกรประจำกระบวนการเคลือบเส้นลายวงจร (Cover coat process) และ วิศวกรประจำกระบวนการผลิตขั้นตอนสุดท้าย (Final Process) เข้าไปศึกษามาตรฐานของการตรวจสอบข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ (Inspection Standard Specification) เกี่ยวกับข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) เกณฑ์การยอมรับและปฏิเสธอ้างอิงตามข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐานการตรวจสอบ รวมถึงวิธีการตรวจสอบและตัดสินใจของพนักงาน

พบว่า เนื่องจากข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) มักเกิดเป็นรอยเพียงเล็กน้อยและยากต่อการสังเกต และทำให้พนักงานตรวจสอบเกิดความสับสนในการตัดสินใจที่จะยอมรับหรือปฏิเสธชิ้นงาน

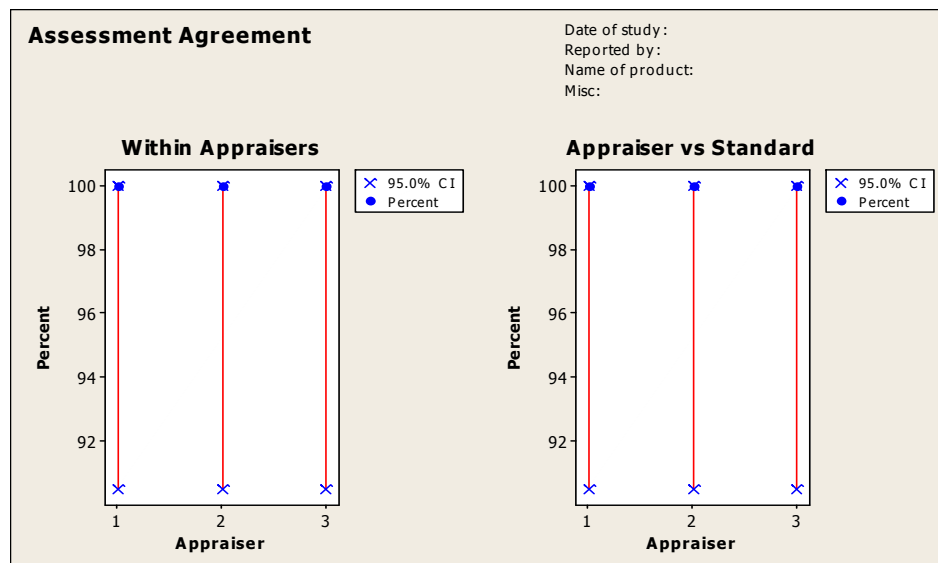
ทางทีมงานดำเนินการปรับปรุงดังนี้

1. ให้ส่วนงานที่เกี่ยวข้องมาทำความเข้าใจร่วมกันเกี่ยวกับลักษณะของข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) และเกณฑ์การยอมรับและปฏิเสธอ้างอิงตามข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐานการตรวจสอบ (Inspection Standard Specification) ซึ่งระบุไว้อย่างชัดเจนว่า ข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) เป็นข้อบกพร่องในระดับที่ไม่รุนแรง (Minor defect) ซึ่งเป็นข้อบกพร่องที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ผิดไปจากเกณฑ์หรือข้อกำหนดเพียงเล็กน้อย เป็นสิ่งที่ปรากฏทางสายตา ดูแล้วไม่สวยงาม แต่สามารถนำไปใช้งานได้ และมีผลต่อประสิทธิผลในการใช้งานผลิตภัณฑ์นั้นน้อยมาก

ตารางที่ 4-10 ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด หลังการปรับปรุง(ต่อ)

ลำดับ ที่	ชิ้นงาน ตัวอย่าง	คุณภาพ ชิ้นงาน ตัวอย่าง	พนักงาน ตรวจคนที่1		พนักงาน ตรวจคนที่2		พนักงาน ตรวจคนที่3		ตรวจได้ เหมือนกัน ทุกครั้งและ ทุกคน	ตรวจได้ เหมือนกัน อย่างถูกต้อง ทุกคน
			ครั้ง ที่1	ครั้ง ที่2	ครั้ง ที่1	ครั้ง ที่2	ครั้ง ที่1	ครั้ง ที่2		
21	21	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
22	22	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
23	23	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
24	24	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
25	25	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
26	26	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
27	27	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
28	28	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
29	29	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
30	30	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
จำนวนครั้งที่ตรวจได้เหมือนกัน									30	30

ผลการตรวจสอบความสามารถของระดับการวัดของพนักงานตรวจสอบ หลังการปรับปรุง จากการศึกษาวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab แสดงดังรูปที่ 4-2 และตาราง ที่ 4-11



รูปที่ 4-2 กราฟ Attribute Agreement หลังการปรับปรุงระบบของการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของผลิตภัณฑ์วางจรมิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายจรรยาหน้าเดียว (Single side product)

ตารางที่ 4-11 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลตามลักษณะ หลังการปรับปรุงโดยโปรแกรม

Minitab

Results for: After

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)

Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P (vs > 0)
1	NG	1	0.182574	5.47723	0.0000
	OK	1	0.182574	5.47723	0.0000
2	NG	1	0.182574	5.47723	0.0000
	OK	1	0.182574	5.47723	0.0000
3	NG	1	0.182574	5.47723	0.0000
	OK	1	0.182574	5.47723	0.0000

Each Appraiser vs Standard

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)

Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

Assessment Disagreement

Appraiser	# OK / NG	Percent	# NG / OK	Percent	# Mixed	Percent
1	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2	0	0.00	0	0.00	0	0.00
3	0	0.00	0	0.00	0	0.00

OK / NG: Assessments across trials = OK / standard = NG.

NG / OK: Assessments across trials = NG / standard = OK.

Mixed: Assessments across trials are not identical.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P (vs > 0)
1	NG	1	0.129099	7.74597	0.0000
	OK	1	0.129099	7.74597	0.0000
2	NG	1	0.129099	7.74597	0.0000
	OK	1	0.129099	7.74597	0.0000
3	NG	1	0.129099	7.74597	0.0000
	OK	1	0.129099	7.74597	0.0000

ตารางที่ 4-11 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลตามลักษณะ หลังการปรับปรุงโดยโปรแกรม Minitab ต่อ

Results for: After					
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	0.0471405	21.2132	0.0000	
OK	1	0.0471405	21.2132	0.0000	
All Appraisers vs Standard					
Assessment Agreement					
# Inspected	# Matched	Percent	95% CI		
30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
# Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.					
Fleiss' Kappa Statistics					
Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)	
NG	1	0.0745356	13.4164	0.0000	
OK	1	0.0745356	13.4164	0.0000	

ผลการวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบด้วยค่าดัชนีของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ หลังการปรับปรุงสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 ผลการวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบด้วยค่าดัชนีของระบบการวัด หลังการปรับปรุง

ดัชนี	เกณฑ์การยอมรับ	ผลการวิเคราะห์พนักงานตรวจ		
		1	2	3
% รัฟทีหะบิลิตี๋ของพนักงาน	90%	100%	100%	100%
% ความไม่ไบ้อัซของพนักงาน	90%	100%	100%	100%
% ประสิทธิผลด้านรัฟทีหะบิลิตี๋ของการตรวจสอบ	100%	100 %		
% ประสิทธิผลด้านไบ้อัซของการตรวจสอบ	100%	100 %		

ผลการวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบด้วยสัมประสิทธิ์ Kappa

เกณฑ์การยอมรับค่าสัมประสิทธิ์ Kappa มากกว่า 0.75 แสดงว่า พนักงานสามารถตรวจสอบได้ผลที่เหมือนกันเป็นอย่างดี สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 4-13

ตารางที่ 4-13 ผลการวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบหลังการปรับปรุง ด้วยสัมประสิทธิ์ Kappa

ดัชนี	เกณฑ์การยอมรับ Kappa	ผลการวิเคราะห์พนักงาน ตรวจ		
		1	2	3
รีพีทหะบิลิตี้ของพนักงาน	> 0.75	1.00	1.00	1.00
ความไม่ไว้อิสของพนักงาน	> 0.75	1.00	1.00	1.00
ประสิทธิผลด้านรีพีทหะบิลิตี้ของการตรวจสอบ	> 0.75	1.00		
ประสิทธิผลด้านไว้อิสของการตรวจสอบ	> 0.75	1.00		

ผลการวิเคราะห์พนักงานตรวจสอบด้วยค่าดัชนี (O_E), (I_{FA}) และ (I_{MISS}) สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 4-14

ตารางที่ 4-14 ผลการวิเคราะห์พนักงานตรวจสอบด้วยค่าดัชนี (O_E), (I_{FA}) และ (I_{MISS})

การตัดสินใจ	ดัชนีความมีประสิทธิผล (O_E)	ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธความผิดพลาด (I_{FA})	ดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับความผิดพลาด (I_{MISS})
เกณฑ์การยอมรับ	≥ 0.9 หรือ 90%	≤ 0.05 หรือ 5%	≤ 0.02 หรือ 2%
ผลการวิเคราะห์พนักงานตรวจ คนที่ 1	100%	0.00%	0.00%
ผลการวิเคราะห์พนักงานตรวจ คนที่ 2	100%	0.00%	0.00%
ผลการวิเคราะห์พนักงานตรวจ คนที่ 3	100%	0.00%	0.00%

จากผลการตรวจสอบด้วยวิธีการวิเคราะห์ทั้ง 3 เกณฑ์ พบว่า

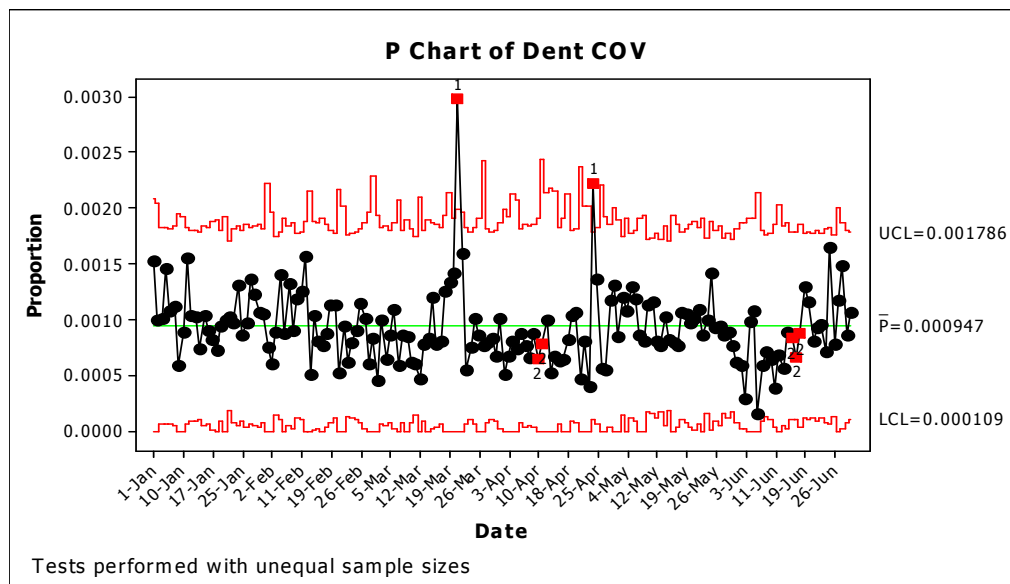
1. ระบบการตรวจสอบด้วยค่าดัชนีของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ พบว่าผ่านเกณฑ์ที่ 100% ทั้ง 4 ดัชนี
2. เกณฑ์การยอมรับค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ได้ 1.0 แสดงว่า พนักงานสามารถตรวจสอบได้ผลที่สอดคล้องกัน
3. ผลการวิเคราะห์พนักงานตรวจสอบด้วยค่าดัชนี(OE), (IFA) และ(IMISS) พบว่าผ่านเกณฑ์ที่ 100% ทั้ง 3 ดัชนี

สรุปได้ว่าหลังการปรับปรุงกระบวนการวัดหรือกระบวนการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของผลิตภัณฑ์วงจรมีพินชนิดงอได้ที่มีเส้นลวดวงจรหน้าเดียว (Single side product) แล้ว กระบวนการตรวจสอบมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่น่าเชื่อถือ เนื่องจากพนักงานสามารถตรวจสอบได้อย่างถูกต้องทั้งหมดทุกคน

4.2 การวิเคราะห์กระบวนการ

4.2.1 ความสามารถของกระบวนการ

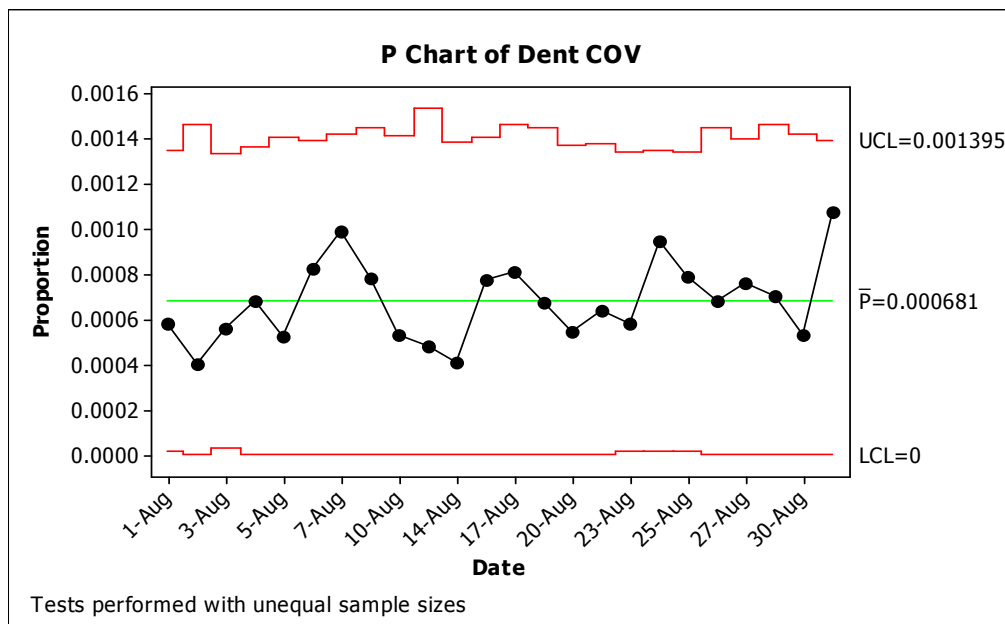
จากการศึกษาความสามารถของกระบวนการของวงจรมีพินชนิดงอได้ที่มีเส้นลวดวงจรหน้าเดียว (Single side product) เนื่องจากข้อมูลเป็นประเภทของสัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนผลิตภัณฑ์ เครื่องมือที่นำมาใช้ในการศึกษาความสามารถของกระบวนการนี้คือ แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p Chart) ผลจากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตด้วยข้อมูลในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2555 ซึ่งทำการเก็บข้อมูลเป็นรายวัน โดยทำการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ที่เกิดวงจรมีพินชนิดงอได้ที่มีเส้นลวดวงจรหน้าเดียว (Single side product) ที่ทำการผลิตทั้งหมด 100% ดังนั้นขนาดตัวอย่างในแต่ละวันจะเป็นจำนวนของปริมาณการผลิตวงจรมีพินชนิดงอได้ที่มีเส้นลวดวงจรหน้าเดียว (Single side product) ทั้งหมดในวันนั้นๆ แสดงดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 แผนภูมิ p ข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2555

จากรูปที่ 4-3 แผนภูมิ p จะพบว่าสัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ยังมีความผันแปรค่อนข้างมาก โดยพบว่ามีปริมาณการผลิตรวม 1,682,681.2 แผ่น มีปริมาณของเสียประเภท Dent COV จำนวน 1593.9 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 0.094 % หรือ 947.2 DPPM ดังนั้น $P = 0.000947$ และค่าคะแนนมาตรฐาน (Z Score) หรือค่า σ -Level โดยค่า Z Long Term (Z_{LT}) เท่ากับ 3.106 คิดเป็น Ppk ได้ 1.04 และ Z Short Term (Z_{ST}) เท่ากับ 4.606 คิดเป็น Cpk ได้ 1.54

ซึ่งหลังจากได้ทำการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการวัด หรือกระบวนการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของผลิตภัณฑ์วงจรมินิพีซีชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) จนกระบวนการตรวจสอบมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่น่าเชื่อถือแล้ว จึงได้ทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตใหม่อีกครั้ง โคนนำข้อมูลในช่วงเดือนสิงหาคม 2555 ทำการเก็บข้อมูลเป็นรายวัน ซึ่งเป็นข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบและมั่นใจได้ว่าข้อมูลที่ได้นั้นสามารถเชื่อถือได้แล้วนั้น มาใช้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผล โดยใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p Chart) แสดงดังรูปที่ 4-4



รูปที่ 4-4 แผนภูมิ p ข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ในช่วงเดือนสิงหาคม 2555

จากรูปที่ 4-4 แผนภูมิ p จะพบว่าสัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) มีความผันแปรลดลง และไม่มีค่าที่ตกขอบเขตควบคุม โดยหลังปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบ ในช่วงเดือนสิงหาคม 2555 พบว่ามีปริมาณการผลิตรวม 281,871 แผ่น มีปริมาณของเสียประเภท Dent COV จำนวน 192 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 0.068 % หรือ 681.2 DPPM ดังนั้น $P = 0.0006812$ และค่าคะแนนมาตรฐาน (Z Score) หรือค่า σ -Level โดยค่า Z Long Term (Z_{LT}) เท่ากับ 3.203 คิดเป็น Ppk ได้ 1.04 (จาก $Ppk = Z_{LT}/3$) และ Z Short Term (Z_{ST}) เท่ากับ 4.606 (จาก $Z_{ST} = Z_{LT} + 1.5 \text{ Shift}$) คิดเป็น Cpk ได้ 1.54 (จาก $Cpk = Z_{ST}/3$) (Breyfogle,2001; Sleeper,2006) ดังนั้นจากข้อมูลในแผนภูมิควบคุมประเภท p สามารถสรุปได้แล้วว่า ข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์นั้นมีเสถียรภาพเพียงพอต่อการวิเคราะห์ข้อมูลและตรวจสอบสมมติฐาน

จึงได้ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) โดยนำข้อมูลสัดส่วนของเสีย ในช่วงเดือนกรกฎาคม 2555 ซึ่งเป็นช่วงก่อนการปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบมาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลกับข้อมูลหลังการปรับปรุงในช่วงเดือนสิงหาคม 2555 โดยใช้การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test)

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$$H_0 : P1 \leq P2$$

$$H_1 : P1 > P2$$

เมื่อ

P1 = สัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ในช่วงเดือนกรกฎาคม

P2 = สัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ในช่วงเดือนสิงหาคม

ตารางที่ 4-15 ข้อมูลปริมาณการผลิต สัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555

เดือน	จำนวนชิ้นงานทดสอบ (แผ่น)	จำนวนของเสีย (แผ่น)	สัดส่วนของเสีย (DPPM)
กรกฎาคม2555	311999	307	984.0
สิงหาคม2555	281871	192	681.2

ตารางที่ 4-16 จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานของการปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV)

Power and Sample Size		
Test for Two Proportions		
Testing comparison p = baseline p (versus <)		
Calculating power for baseline p = 0.000984		
Alpha = 0.05		
	Sample	
Comparison p	Size	Power
0.000681	281871	0.989254
The sample size is for each group.		

จากตารางที่ 4-15 พบว่าการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนกรกฎาคม 2555 มีสัดส่วนของเสียอยู่ที่ $P = 0.000984$ จากจำนวนชิ้นงานทดสอบ 311999 แผ่น และสัดส่วนของเสียในช่วงเดือนสิงหาคม 2555 มีสัดส่วนของเสียอยู่ที่ $P = 0.000681$ จากจำนวนชิ้นงานทดสอบ 281871 แผ่น และจากการตรวจสอบจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ในตารางที่ 4-16 ด้วยจำนวนชิ้นงานทดสอบขั้นต่ำจำนวน 281871 แผ่น จะมี Power = 0.989 แสดงว่ามีจำนวนชิ้นงานทดสอบเพียงพอด้วยระดับความเชื่อมั่น 0.99

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 4-17 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานของการปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV)

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	307	311999	0.000984
2	192	281871	0.000681

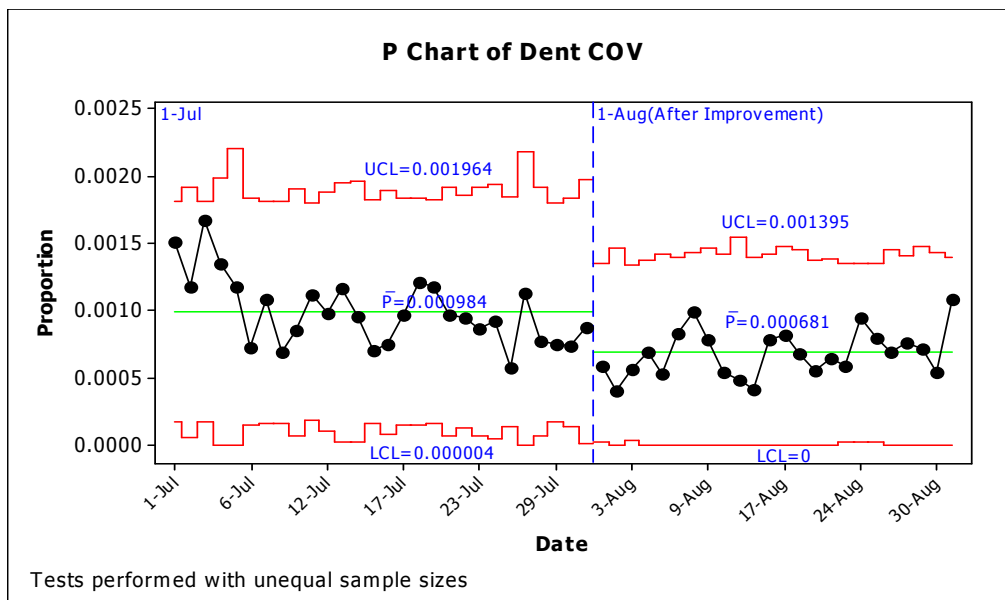
Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: 0.000302815

95% lower bound for difference: 0.000180104

Test for difference = 0 (vs > 0): Z = 4.06 P-Value = 0.000

Fisher's exact test: P-Value = 0.000

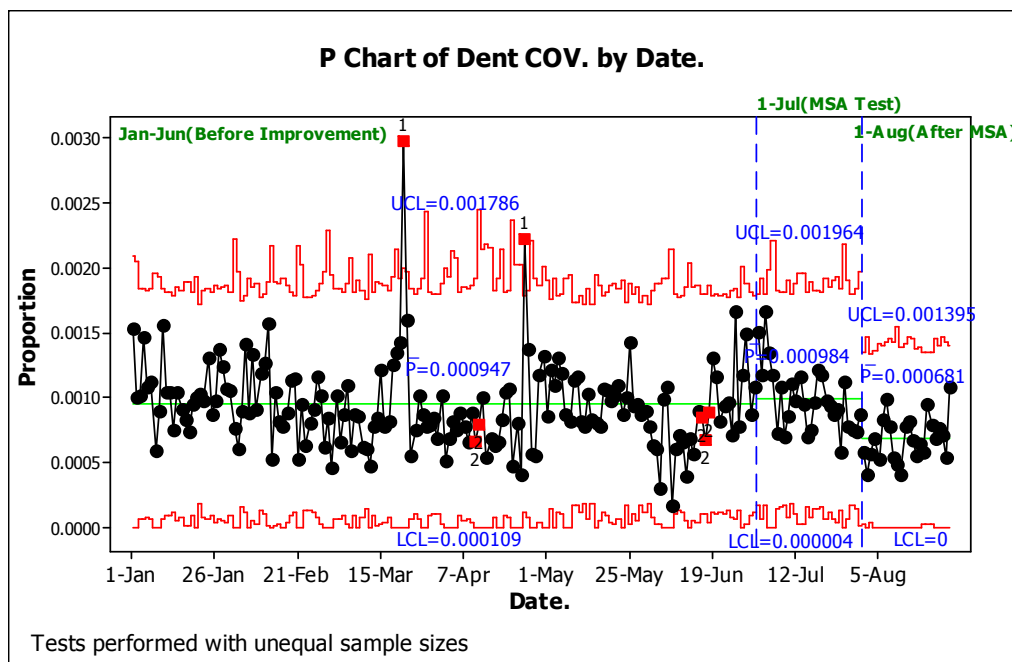


รูปที่ 4-5 แผนภูมิ p ข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากข้อมูลตารางที่ 4-15 และผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ในตารางที่ 4-17 พบว่าค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 สรุปได้ว่า ปฏิเสธ H_0 โดยสัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ในช่วงเดือนกรกฎาคม 2555 มีค่ามากกว่า สัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ในช่วงเดือนสิงหาคม 2555 อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งแสดงว่าการปรับปรุงกระบวนการวัดหรือกระบวนการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของผลิตภัณฑ์วงจรมีประสิทธิภาพได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) จนกระบวนการตรวจสอบมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้กระบวนการผลิตมีเสถียรภาพมากขึ้น

ในช่วงมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2555 กระบวนการผลิตมีความผันแปรค่อนข้างมาก โดยมีปริมาณการผลิตรวม 1,682,681.2 แผ่น มีปริมาณของเสียประเภท Dent COV จำนวน 1593.9 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 0.094 % หรือ 947.2 DPPM หลังการปรับปรุงกระบวนการวัดในช่วงเดือนสิงหาคม พบว่ามีปริมาณการผลิตรวม 281,871 แผ่น มีปริมาณของเสียประเภท Dent COV จำนวน 192 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 0.068 % หรือ 681.2 DPPM ดังรูปที่ 4-6 ซึ่งโดยรวมแล้วส่งผลให้สัดส่วนของเสียลดลง 28 % และทำให้มั่นใจได้ว่าข้อมูลที่จะทำการวิเคราะห์นั้น มีเสถียรภาพเพียงพอต่อการวิเคราะห์ข้อมูลและตรวจสอบสมมติฐานอื่นๆต่อไป

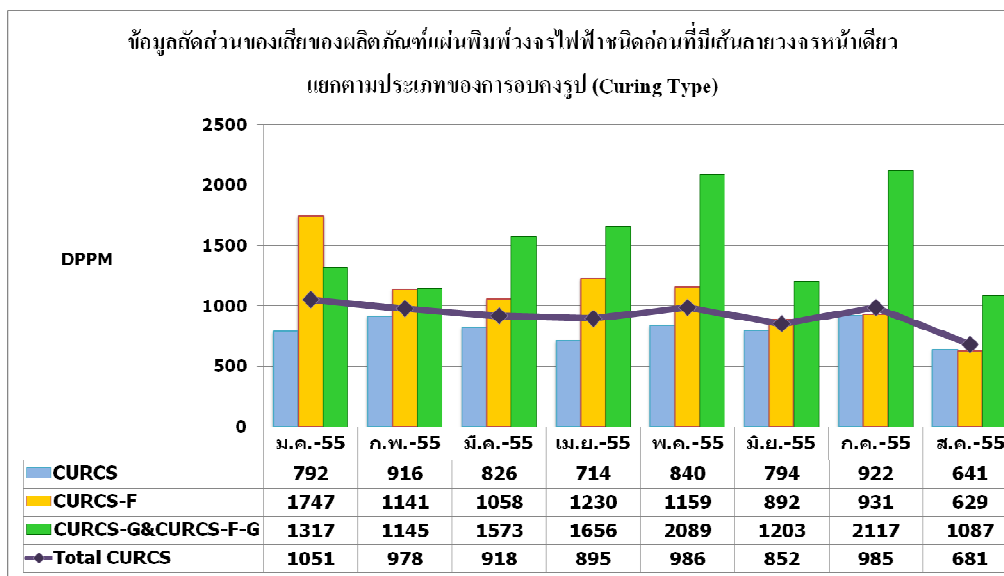


รูปที่ 4-6 แผนภูมิ p ข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ในช่วงเดือนมกราคมถึงสิงหาคม 2555

4.2.2 สภาพปัญหาในกระบวนการปัจจุบัน

การศึกษาสภาพปัญหาในกระบวนการปัจจุบัน มีจุดประสงค์เพื่อทำความเข้าใจและตีกรอบของปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อรวบรวมและระบุปัจจัยนำเข้า KPIV (Key Process Input Variable) และหาสาเหตุที่เป็นไปได้ของการเกิดรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV)

จากการศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบัน จากรูป 3-13 กระบวนการผลิตภัณฑ์ของวงจรมพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) หากพิจารณาจะเห็นได้ว่าทุกกลุ่มผลิตภัณฑ์จะผ่านกระบวนการอบคงรูป (Curing process) ครั้งที่ 1 (CUR1) เพื่อให้ CL ติดกับ CCL ซึ่งซึ่งเรียกว่า CURCS (Single side cover lay curing) เหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันที่การเข้าทำการอบคงรูปครั้งที่ 2 (CUR2) ตามชนิดของ Stiffener ประเภท GE (Glass Epoxy) หรือประเภท Polyimide Film ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ใน 2 กลุ่มคือผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F และผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G

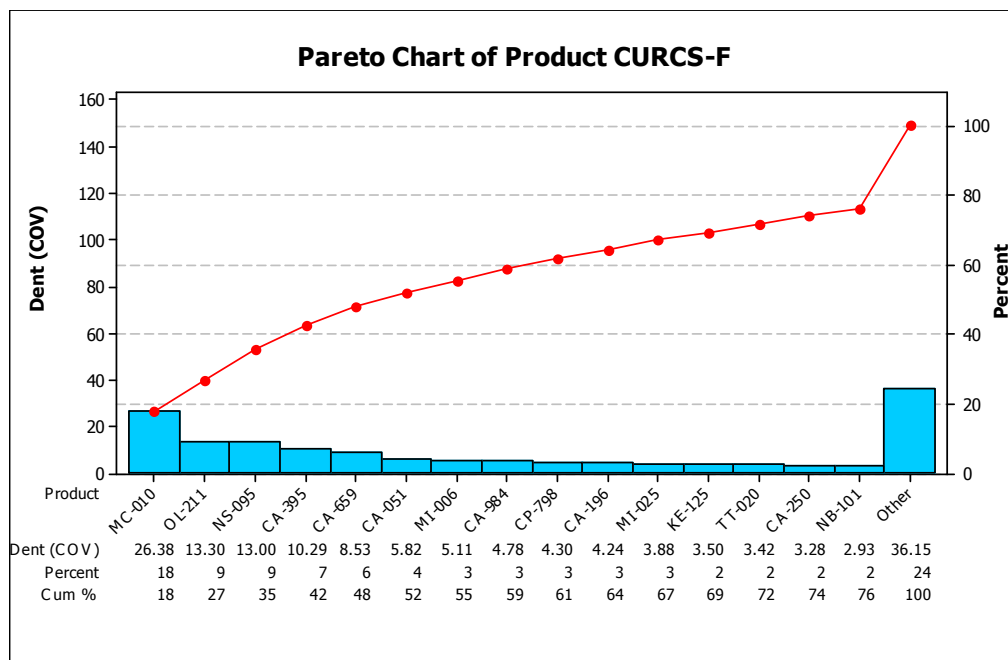


รูปที่ 4-7 ข้อมูลสัดส่วนปริมาณของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของผลิตภัณฑ์วงจรมพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว แยกตามประเภทของการอบคงรูป (Curing Type)

1. กระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F

กลุ่ม CURCS-F คือกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่หลังจากผ่านการอบคงรูปครั้งที่ 1 (CUR1) เป็น CURCS แล้วต้องทำการเสริมความแข็งแรงด้วย Stiffener ประเภท Polyimide Film, SUS Plate, Aluminum, หรือ PET Film และทำการอบคงรูปครั้งที่ 2 (CUR2) เป็นประเภท CURF (Stiffener curing)

สำหรับผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555 มีทั้งหมด 104 ผลิตภัณฑ์ซึ่งแต่ละผลิตภัณฑ์จะใช้กระบวนการผลิตย่อยที่แตกต่างกันขึ้นกับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของลูกค้า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำหนดผลิตภัณฑ์กลุ่มตัวอย่างมาเป็นตัวแทนในการศึกษา โดยได้พิจารณาจากข้อมูลปริมาณการผลิต สัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555 พบว่า ผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 มีปริมาณการเกิดของข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) สูง เกิดของเสีย 26.38 แผ่น คิดเป็น 18 % ของปริมาณของเสียผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F รองลงมาเป็นผลิตภัณฑ์รุ่น OL-211 เกิดของเสีย 13.30 แผ่น คิดเป็น 9 % แสดงดังรูปที่ 4-8



รูปที่ 4-8 ข้อมูลสัดส่วนปริมาณของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555

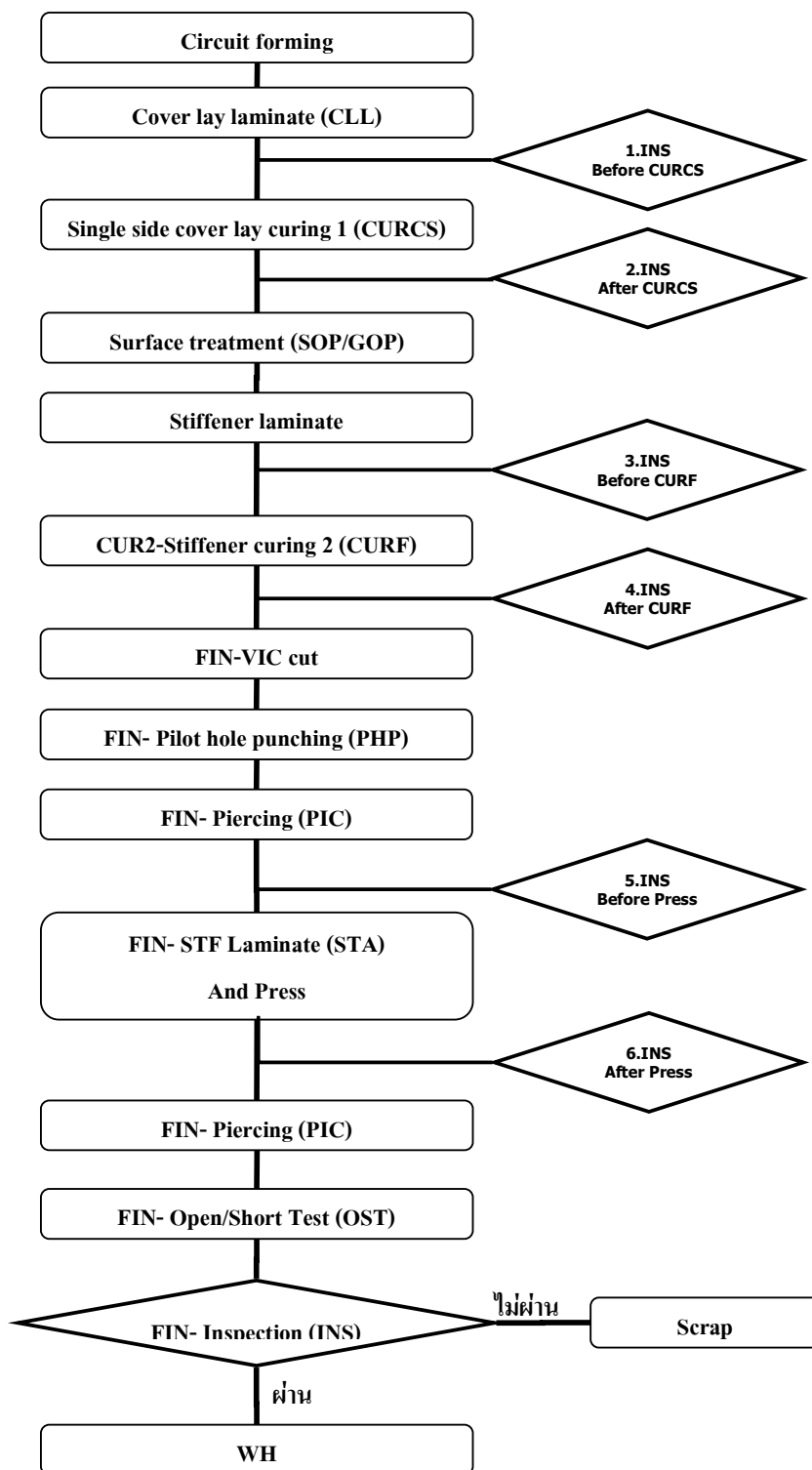
ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 มาเป็นตัวแทนเพื่อทำการศึกษาวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) สำหรับผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F ซึ่งในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555 มีปริมาณการผลิตทั้งหมด 11317.6 แผ่น เกิดของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) 26.4 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 0.233% หรือ 2330.4 DPPM (Defect part per million) ดังตารางที่ 4-18

ตารางที่ 4-18 ข้อมูลปริมาณการผลิต สัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องประเภท Dent COV ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555 ของผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010

เดือน	จำนวนชิ้นงานทดสอบ (แผ่น)	จำนวนของเสีย (แผ่น)	สัดส่วนของเสีย (DPPM)
กรกฎาคม 2555	6726.6	16.8	2499.4
สิงหาคม 2555	4591.0	9.6	2082.9
รวมทั้งหมด	11317.6	26.4	2330.4

ข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ Dent COV คือ มีรอยบุบจากการกดอัดด้วยกระบวนการอบคงรูป แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์ต้องผ่านกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนซึ่งในแต่ละกระบวนการเมื่อมีการกระแทกหรือกดทับบนวงจรพิมพ์ไฟฟ้าล้วนมีโอกาสทำให้เกิดรอยบุบได้ และในบางกระบวนการมีการใช้กาวประเภท Pressure Sensitive Adhesive ซึ่งเป็นกาวที่ใช้ต้องการเพียงแค่การกดอัดด้วยแรงดันหรือความร้อนเพียงเล็กน้อยเนื้อกาวก็สามารถติดกับวงจรพิมพ์ไฟฟ้าได้ จึงมักใช้การกดอัดด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก เช่นเครื่องรีด (Roller Press) เครื่องกดอัดขนาดเล็ก (Oil Press Machine) หรือ เครื่องกดอัดด้วยความร้อน (Hot Press Vacuum) และในกระบวนการเหล่านี้ล้วนมีโอกาสทำให้เกิดรอยบุบบนวงจรพิมพ์ไฟฟ้าได้เช่นกัน ซึ่งบางครั้งมีลักษณะคล้ายกันกับรอยบุบ Dent COV แต่จะต่างกันที่ตำแหน่งที่เกิด ลักษณะและระดับความรุนแรงของรอยบุบ

ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจติดตาม และสามารถแยกแยะการเกิดและหาสาเหตุของรอยบุบได้ จึงทำการกำหนดจุดตรวจเฉพาะในการเก็บข้อมูลเพื่อให้ง่ายต่อการระบุสาเหตุและตีกรอบของปัญหา โดยกำหนดจุดตรวจโดยมุ่งเน้นที่กระบวนการที่มีการทำงานด้วยการกดอัดบนวงจรพิมพ์ชนิดงอได้เป็นหลัก อันได้แก่ กระบวนการอบคงรูป (Curing process) และเครื่องกดอัดขนาดเล็ก



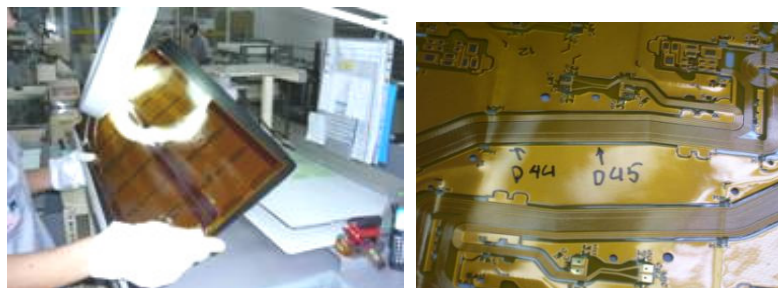
รูปที่ 4-9 แผนภาพกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ MC-010 และการกำหนดจุดตรวจสอบ

จากรูปที่ 4-9 ในการศึกษากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ MC-010 พบว่าต้องผ่านกระบวนการอบคงรูป (Curing process) ครั้งที่ 1 (CUR1) เพื่อให้ CL ติดกับ CCL ซึ่งซึ่งเรียกว่า CURCS (Single side cover lay curing) และหลังจากทำการติด Stiffener ประเภท Polyimide Film ต้องทำการอบคงรูปครั้งที่ 2 (CUR2) เป็นประเภท CURF (Stiffener curing) และสุดท้ายทำการติด Stiffener ด้วยกาวประเภท Pressure Adhesive ด้วยเครื่องรีด (Roller Press) โดยในการเก็บข้อมูลจะทำการตรวจสอบการเกิดรอยบวมในทุกตำแหน่งทุกพื้นที่บนชิ้นงานรวมถึงบริเวณนอกตัวผลิตภัณฑ์ (Scarp Area) เพื่อระบุหาโอกาสในการเกิดรอยบวม และทำการระบุและทำสัญลักษณ์ในตำแหน่งรอยบวมเพื่อป้องกันการการบันทึกข้อมูลซ้ำซ้อน

สำหรับกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ MC-010 กำหนดจุดตรวจเฉพาะทั้งหมด 6 จุดตรวจสอบดังนี้

1. จุดตรวจสอบที่ 1 ทำการตรวจสอบก่อนกระบวนการอบคงรูป CURCS โดยทำการตรวจสอบ ในรูปชิ้นงานแผ่นใหญ่ก่อนตัดแบ่ง ระบุตำแหน่งที่พบและทำสัญลักษณ์ A
2. จุดตรวจสอบที่ 2 ทำการตรวจสอบหลังกระบวนการอบคงรูป CURCS โดยทำการตรวจสอบ ในรูปชิ้นงานแผ่นใหญ่ก่อนตัดแบ่ง ระบุตำแหน่งที่พบและทำสัญลักษณ์ B
3. จุดตรวจสอบที่ 3 ทำการตรวจสอบก่อนกระบวนการอบคงรูป CURCF โดยทำการตรวจสอบ ในรูปชิ้นงานแผ่นใหญ่ก่อนตัดแบ่ง ระบุตำแหน่งที่พบและทำสัญลักษณ์ C
4. จุดตรวจสอบที่ 4 ทำการตรวจสอบหลังกระบวนการอบคงรูป CURCF โดยทำการตรวจสอบ ในรูปชิ้นงานแผ่นใหญ่ก่อนตัดแบ่ง ระบุตำแหน่งที่พบและทำสัญลักษณ์ D
5. จุดตรวจสอบที่ 5 ทำการตรวจสอบก่อนกระบวนการติด Stiffener ด้วยเครื่องกดอัด (Press Machine) โดยทำการตรวจสอบในรูปชิ้นงานแผ่นเล็ก ระบุตำแหน่งที่พบและทำสัญลักษณ์ E
6. จุดตรวจสอบที่ 6 ทำการตรวจสอบหลังกระบวนการติด Stiffener ด้วยเครื่องกดอัด (Press Machine) โดยทำการตรวจสอบในรูปชิ้นงานแผ่นเล็ก ระบุตำแหน่งที่พบและทำสัญลักษณ์ F

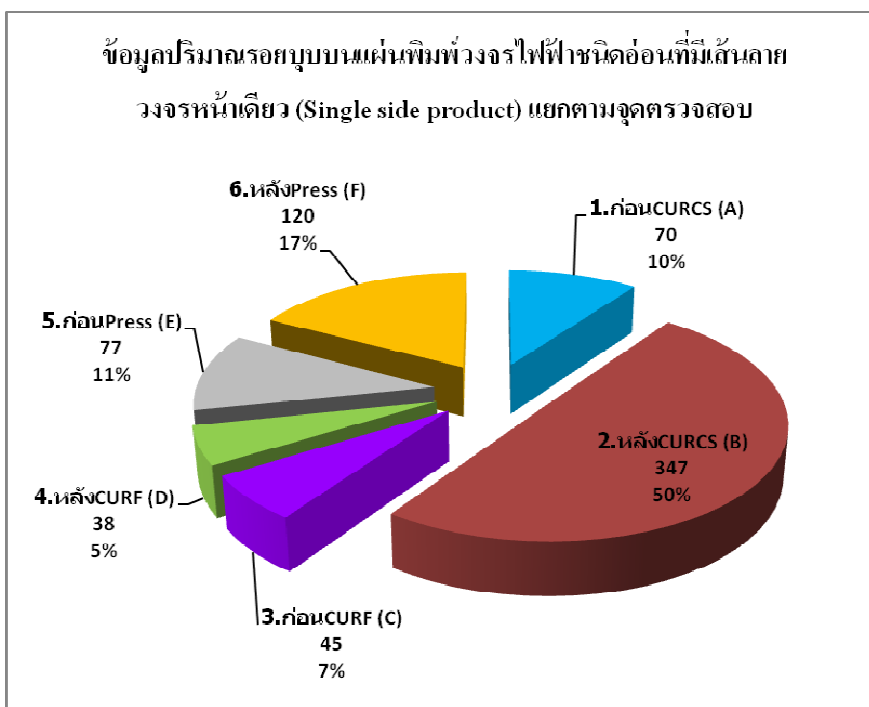
เนื่องด้วยต้องทำการตรวจสอบซ้ำหลายครั้ง ทางทีมงานจึงกำหนดจำนวนทดสอบ 10 ล็อต หรือ 480 ชิ้นงานแผ่นใหญ่ เท่ากับจำนวนทดสอบที่ 10 % ของปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 แต่จะเป็นการเก็บข้อมูลเพื่อระบุหาโอกาสในการเกิดรอยบวมบนชิ้นงานซึ่งจะทำการเก็บทุกตำแหน่งทุกพื้นที่บนชิ้นงานรวมถึงบริเวณนอกตัวผลิตภัณฑ์ (Scarp Area) และทำการติดตามตรวจสอบ และบันทึกข้อมูลในทุกจุดตรวจสอบด้วยพนักงานผู้มีความชำนาญและผ่านการฝึกอบรมแล้ว



รูปที่ 4-10 วิธีการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทรอยบวมในรูปของชิ้นงานแผ่นใหญ่และตัวอย่างการระบุสัญลักษณ์ในตำแหน่งที่พบรอยบวม

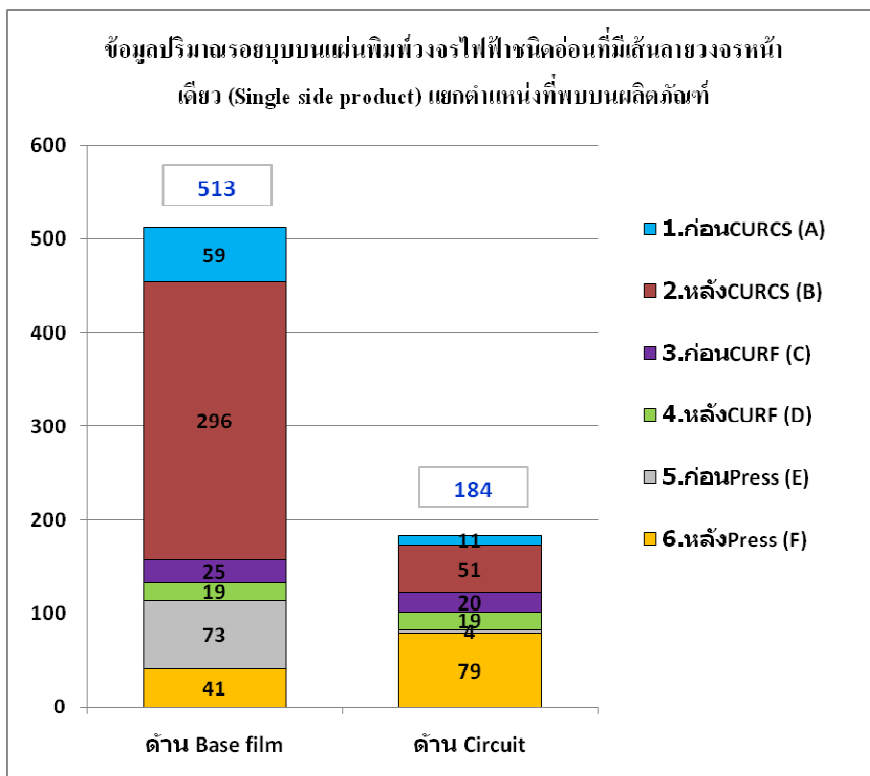
ตารางที่ 4-19 ผลการเก็บข้อมูลจำนวนรอยบวมบนชิ้นงาน MC-010 แยกตามจุดตรวจสอบ

จุดตรวจสอบ			กลุ่มของงานชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบ									
			ล๊อต ที่ 1	ล๊อต ที่ 2	ล๊อต ที่ 3	ล๊อต ที่ 4	ล๊อต ที่ 5	ล๊อต ที่ 6	ล๊อต ที่ 7	ล๊อต ที่ 8	ล๊อต ที่ 9	ล๊อต ที่ 10
A	1.ก่อน CURCS	ด้าน Base film	18	0	0	1	7	20	7	0	5	1
		ด้าน Circuit	0	0	0	2	2	0	2	0	3	2
		ผลรวม	18	0	0	3	9	20	9	0	8	3
B	2.หลัง CURCS	ด้าน Base film	45	32	29	42	18	16	30	37	36	11
		ด้าน Circuit	2	8	11	3	3	3	1	2	5	13
		ผลรวม	47	40	40	45	21	19	31	39	41	24
C	3.ก่อน CURF	ด้าน Base film	3	1	0	0	4	1	1	1	10	4
		ด้าน Circuit	5	3	0	0	1	0	0	2	9	0
		ผลรวม	8	4	0	0	5	1	1	3	19	4
D	4.หลัง CURF	ด้าน Base film	3	3	1	5	1	2	1	1	0	2
		ด้าน Circuit	5	4	2	2	0	3	3	0	0	0
		ผลรวม	8	7	3	7	1	5	4	1	0	2
E	5.ก่อน Press	ด้าน Base film	7	9	5	8	9	10	10	10	1	4
		ด้าน Circuit	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0
		ผลรวม	7	11	5	10	9	10	10	10	1	4
F	6.หลัง Press	ด้าน Base film	0	1	3	2	7	6	14	1	1	6
		ด้าน Circuit	11	6	14	11	7	11	2	9	8	0
		ผลรวม	11	7	17	13	14	17	16	10	9	6



รูปที่ 4-11 ข้อมูลปริมาณรอยบุบที่ตรวจพบบนวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว แยกตามจุดตรวจสอบ

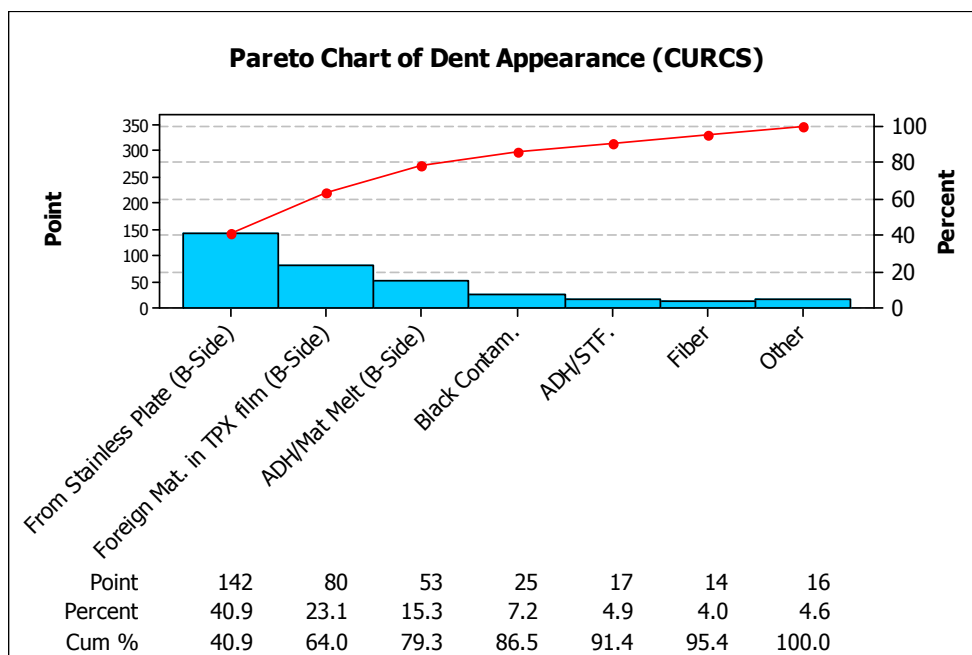
จากการศึกษากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 โดยผลการเก็บข้อมูลเพื่อระบุหาโอกาสในการเกิดรอยบุบบนชิ้นงานจากจำนวนทดสอบ 10 ล็อต หรือ 480 ชิ้นงานแผ่นใหญ่ โดยทำการตรวจสอบ ณ จุดตรวจสอบเฉพาะตามที่กำหนดไว้ทั้ง 6 จุดตรวจสอบ ได้ผลการเก็บข้อมูลตามตารางที่ 4-19 ซึ่งพบรอยบุบทั้งหมด 697 ตำแหน่ง โดยพบว่าจุดตรวจสอบที่ 2 ซึ่งเป็นการตรวจสอบหลังกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 1 หรือ CURCS นั้นเกิดรอยบุบบนวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ปริมาณมากที่สุดถึง 346 ตำแหน่ง คิดเป็น 50% ของปริมาณรอยบุบที่พบทั้งหมด รองลงมาคือจุดตรวจสอบที่ 6 ซึ่งเป็นการตรวจสอบหลังกระบวนการติด Stiffener ด้วยเครื่องกดอัด (Press Machine) โดยเกิดรอยบุบ 120 ตำแหน่ง คิดเป็น 17% ในขณะที่กระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 2 หรือ CURF นั้นเกิดรอยบุบบนวงจรพิมพ์ชนิดงอได้น้อยที่สุด โดยเกิดรอยบุบเพียง 38 ตำแหน่ง ซึ่งคิดเป็น 5% ของปริมาณรอยบุบที่พบทั้งหมดในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ แสดงดังรูปที่ 4-11



รูปที่ 4-12 ข้อมูลปริมาณรอยบุบบนวงจรมิพซันนิงอโต้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) แยกตำแหน่งที่พบบนผลิตภัณฑ์

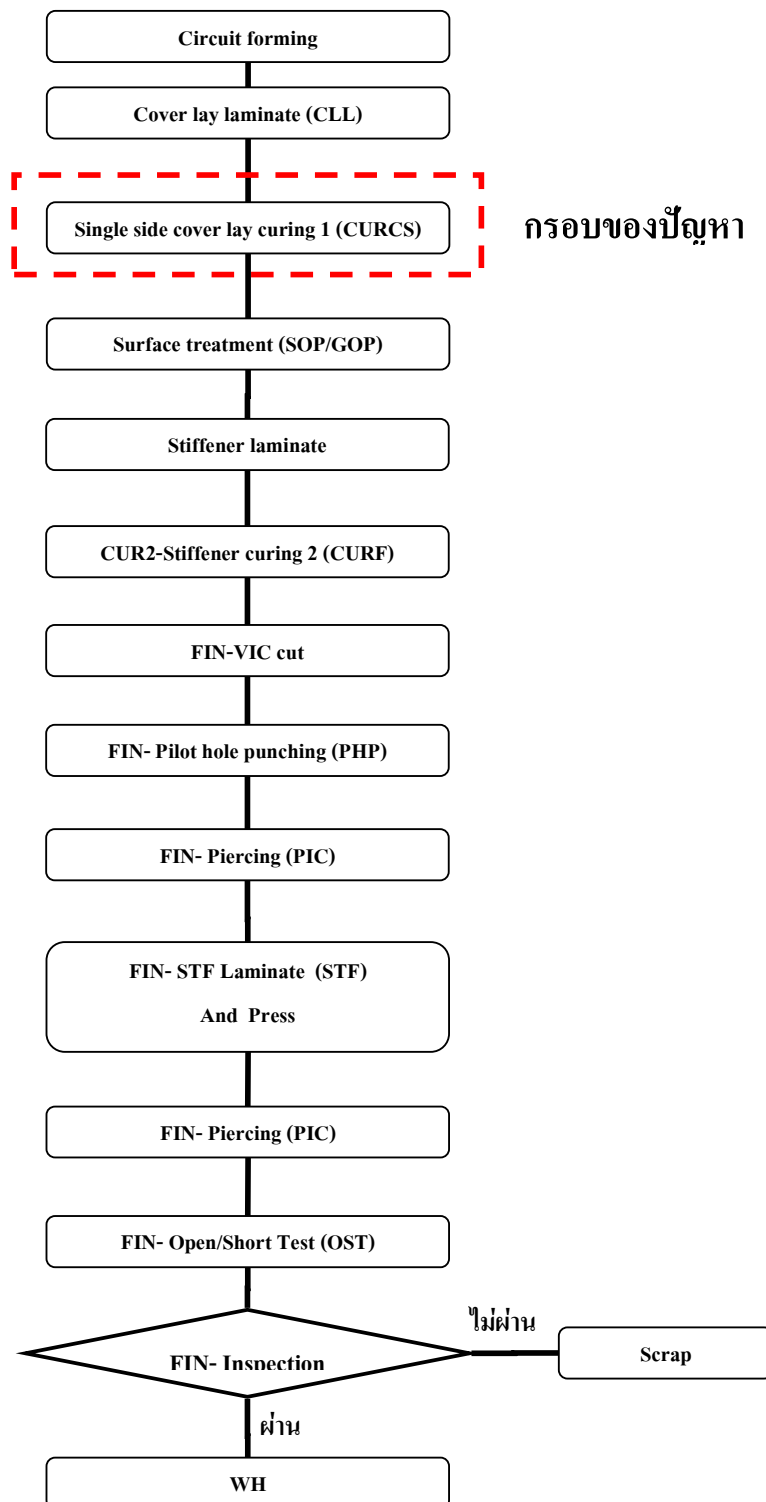
นอกจากนี้หากพิจารณาถึงตำแหน่งการเกิดรอยบุบบนวงจรมิพซันนิงอโต้ แยกตามตำแหน่งที่พบบนผลิตภัณฑ์ แสดงดังรูปที่ 4-12 จะพบว่าเกิดรอยบุบที่ตำแหน่งด้าน Base Film สูงถึง 513 ตำแหน่ง คิดเป็น 73.6 % ของปริมาณรอยบุบที่พบทั้งหมด และเกิดรอยบุบที่ตำแหน่งด้าน Circuit เพียง 184 ตำแหน่ง คิดเป็น 26.4% โดยส่วนใหญ่ตรวจพบที่จุดตรวจสอบที่ 6 ซึ่งเป็นรอยบุบที่เกิดจากกระบวนการติด Stiffener และถูกกดอัดด้วยเครื่องรีด (Roller Press) ซึ่งอยู่นอกเหนือขอบเขตของการวิจัยในครั้งนี้

ในการตรวจสอบที่จุดตรวจสอบที่ 2 ซึ่งรอยบุบมากที่สุด 346 ตำแหน่ง เป็นการตรวจสอบในขณะที่ทำการลอกผลิตภัณฑ์ออกจาก วัสดุช่วยกดอัดทำให้พบลักษณะอาการของรอยบุบและสาเหตุของรอยบุบที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 4-13 ซึ่งพบว่ามึรอยบุบ จากรอยกดของแผ่นเหล็กมากที่สุด 142 ตำแหน่ง คิดเป็น 40 % และรองลงมาเป็นรอยกดจากเม็ดนูนเม็ดนูนสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film 80 ตำแหน่ง คิดเป็น 23 %



ผังรูปที่ 4-13 แหล่งสาเหตุของการเกิดรอยบุบบนวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจร
หน้าเดียว (Single side product) ที่กระบวนการ CURCS

จากผลการศึกษาระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 สรุปได้ว่า ณ จุดตรวจสอบที่ 2 ซึ่งเป็นการตรวจสอบหลังกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 1 หรือ CURCS นั้นมีโอกาสในการทำให้เกิดรอยบุบบนวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ปริมาณ มากที่สุดถึง 346 ตำแหน่ง คิดเป็น 50% ของปริมาณ รอยบุบที่พบทั้งหมด ซึ่งเป็นรอยบุบจากกระบวนการอบคงรูปหรือ Dent (COV) และพบว่ามีโอกาส ที่จะเกิดรอยบุบที่ตำแหน่งด้าน Base Film สูงกว่าตำแหน่งด้าน Circuit ของวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ ดังนั้นสำหรับการศึกษาระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F จึงกำหนดกรอบของปัญหา ที่กระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 1 หรือ CURCS ดังรูปที่ 4-14



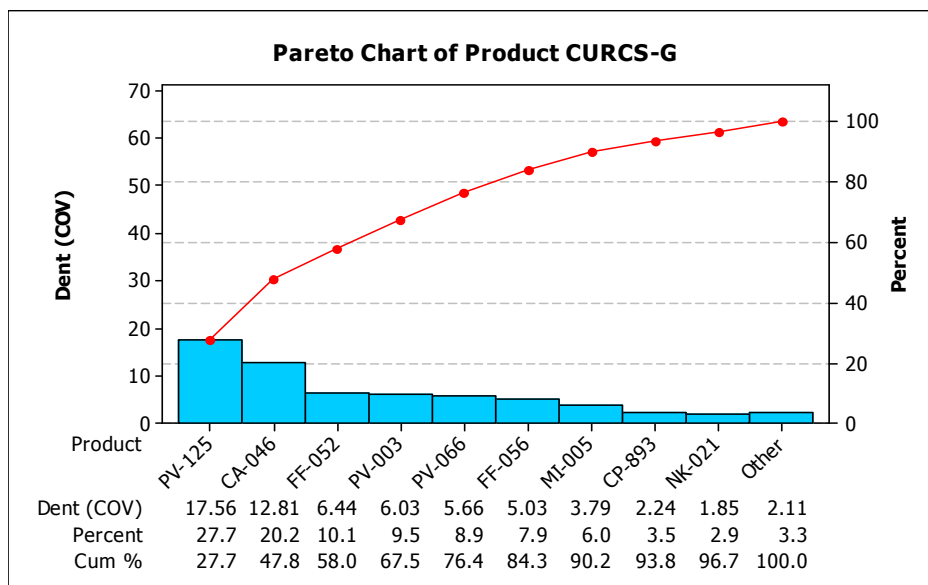
รูปที่ 4-14 แผนภาพกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ MC-010 และการกำหนดกรอบของปัญหา

2. กระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G

1. กลุ่ม CURCS-G คือกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่หลังจากผ่านการอบคงรูปครั้งที่ 1 (CUR1) เป็น CURCS แล้วต้องทำการเสริมความแข็งแรงด้วย Stiffener ประเภท GE (Glass Epoxy) และทำการอบคงรูปครั้งที่ 2 (CUR2) เป็นประเภท CURG (GE stiffener curing)

2. กลุ่ม CURCS-F-G คือกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่หลังจากผ่านการอบคงรูปครั้งที่ 1 (CUR1) เป็น CURCS แล้วต้องทำการเสริมความแข็งแรงด้วย Stiffener ประเภท Polyimide Film ทำการอบคงรูปครั้งที่ 2 (CUR2) เป็นประเภท CURF (Stiffener curing) และต้องทำการเสริมความแข็งแรงเพิ่มเป็นพิเศษในบางตำแหน่ง ด้วย Stiffener ประเภท GE (Glass Epoxy) โดยการอบคงรูปครั้งที่ 3 (CUR3) เป็นประเภท CURG (GE stiffener curing)

สำหรับผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G และ CURCS-F-G ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555 มีทั้งหมด 24 ผลิตภัณฑ์ ซึ่งแต่ละผลิตภัณฑ์จะใช้กระบวนการผลิตย่อยที่แตกต่างกันขึ้นกับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของลูกค้า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำหนดผลิตภัณฑ์กลุ่มตัวอย่างมาเป็นตัวแทนในการศึกษา โดยได้พิจารณาจากข้อมูลปริมาณการผลิต สัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555 พบว่า ผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 มีปริมาณการเกิดของข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) สูง เกิดของเสีย 17.56 แผ่น คิดเป็น 27.7 % ของปริมาณของเสียผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G รองลงมาเป็นผลิตภัณฑ์รุ่น CA-046 เกิดของเสีย 12.8 แผ่น คิดเป็น 20.2 % แสดงดังรูปที่ 4-15



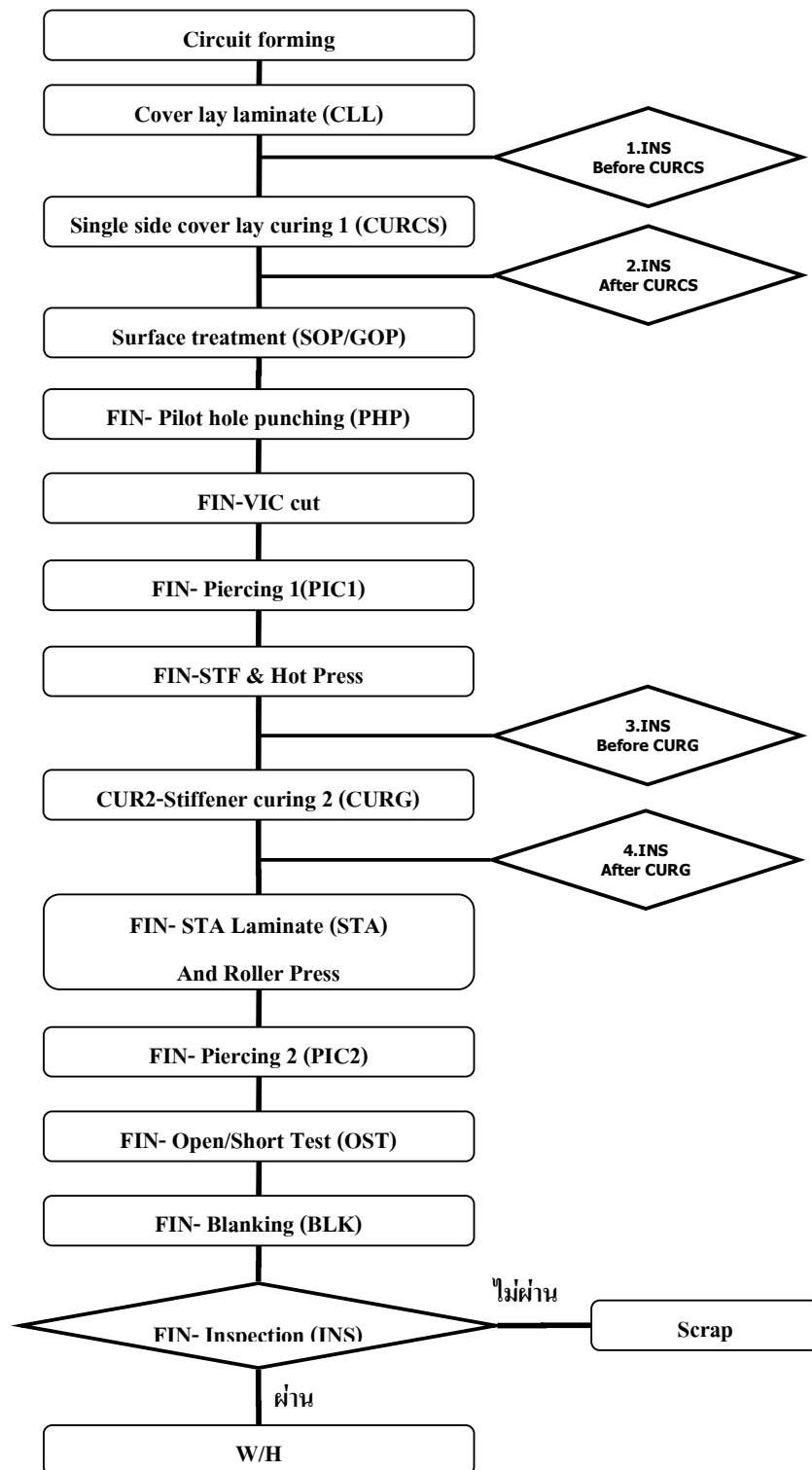
รูปที่ 4-15 ข้อมูลสัดส่วนปริมาณของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของของผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555

ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 มาเป็นตัวแทน เพื่อทำการศึกษาวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) สำหรับผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G ซึ่งในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555 มีปริมาณการผลิตทั้งหมด 5772.6 แผ่น เกิดของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) 17.56 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 0.304 % หรือ 3042.4 DPPM (Defect part per million) ดังตารางที่ 4-20

ตารางที่ 4-20 ข้อมูลปริมาณการผลิต สัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องประเภท Dent COV ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555 ของผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125

เดือน	จำนวนชิ้นงานทดสอบ (แผ่น)	จำนวนของเสีย (แผ่น)	สัดส่วนของเสีย (DPPM)
กรกฎาคม 2555	2777.6	8.4	3015.2
สิงหาคม 2555	2995.0	9.2	3067.6
รวมทั้งหมด	5772.6	17.6	3042.4

ข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ Dent COV คือ มีรอยบุบจากการกดอัดด้วยกระบวนการอบคงรูป แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์ต้องผ่านกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนซึ่งในแต่ละกระบวนการเมื่อมีการกระแทกหรือกดทับบนวงจรพิมพ์ไฟฟ้าล้วนมีโอกาสทำให้เกิดรอยบุบได้ ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจติดตาม และสามารถแยกแยะการเกิดและหาสาเหตุของรอยบุบได้ จึงทำการกำหนดจุดตรวจเฉพาะในการเก็บข้อมูลเพื่อให้ง่ายต่อการระบุสาเหตุและตีกรอบของปัญหา โดยกำหนดจุดตรวจโดยมุ่งเน้นที่กระบวนการที่มีการทำงานด้วยการกดอัดบนวงจรพิมพ์ไฟฟ้าเป็นหลัก อันได้แก่กระบวนการอบคงรูป (Curing process) และเครื่องกดอัดขนาดเล็ก (Press Machine)



รูปที่ 4-16 แผนภาพกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ PV-125 และการกำหนดจุดตรวจสอบในการเก็บข้อมูล

จากรูปที่ 4-16 ในการศึกษากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ PV-125 พบว่าต้องผ่านกระบวนการอบคงรูป (Curing process) ครั้งที่ 1 (CUR1) เพื่อให้ CL ติดกับ CCL ซึ่งซึ่งเรียกว่า CURCS (Single side cover lay curing) และต้องทำการเสริมความแข็งแรงด้วย Stiffener ประเภท GE (Glass Epoxy) และทำการอบคงรูปครั้งที่ 2 (CUR2) เป็นประเภท CURG (GE stiffener curing) โดยในการเก็บข้อมูลจะทำการตรวจสอบการเกิดรอยบวมในทุกตำแหน่งทุกพื้นที่บนชิ้นงาน รวมถึงบริเวณนอกตัวผลิตภัณฑ์ (Scarp Area) เพื่อระบุหาโอกาสในการเกิดรอยบวม และทำการระบุและทำสัญลักษณ์ในตำแหน่งรอยบวมเพื่อป้องกันการการบันทึกข้อมูลซ้ำซ้อน

สำหรับกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ PV-125 กำหนดจุดตรวจเฉพาะทั้งหมด 4 จุดตรวจสอบดังนี้

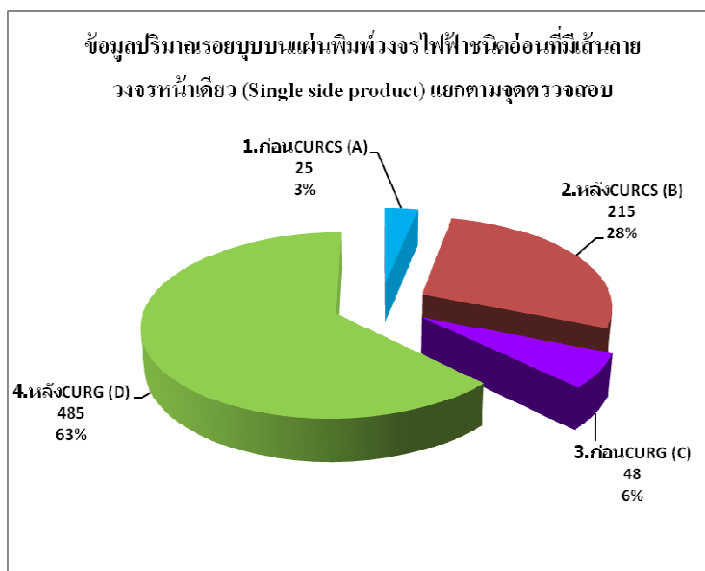
1. จุดตรวจสอบที่ 1 ทำการตรวจสอบก่อนกระบวนการอบคงรูป CURCS โดยทำการตรวจสอบ ในรูปชิ้นงานแผ่นใหญ่ก่อนตัดแบ่ง ระบุตำแหน่งที่พบและทำสัญลักษณ์ A
2. จุดตรวจสอบที่ 2 ทำการตรวจสอบหลังกระบวนการอบคงรูป CURCS โดยทำการตรวจสอบ ในรูปชิ้นงานแผ่นใหญ่ก่อนตัดแบ่ง ระบุตำแหน่งที่พบและทำสัญลักษณ์ B
3. จุดตรวจสอบที่ 3 ทำการตรวจสอบก่อนกระบวนการอบคงรูป CURCG โดยทำการตรวจสอบในรูปชิ้นงานแผ่นเล็ก ระบุตำแหน่งที่พบและทำสัญลักษณ์ C
4. จุดตรวจสอบที่ 4 ทำการตรวจสอบหลังกระบวนการอบคงรูป CURCG โดยทำการตรวจสอบในรูปชิ้นงานแผ่นเล็ก ระบุตำแหน่งที่พบและทำสัญลักษณ์ D

จากตารางที่ 4-21 ข้อมูลปริมาณการผลิต สัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องประเภท Dent COV ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555 ผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 มีปริมาณการผลิตทั้งหมด 5772.6 แผ่น เกิดของเสียประเภทรอยบวม (Dent COV) 17.56 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 0.304 % หรือ 3042.4 DPPM (Defect part per million) มีสัดส่วนของเสียอยู่ที่ $P = 0.00304$

โดยทางทีมงานจึงกำหนดจำนวนทดสอบ 10 ล็อต หรือ 480 ชิ้นงานแผ่นใหญ่เท่ากับจำนวนทดสอบที่ 16 % ของปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 แต่จะเป็นการเก็บข้อมูลเพื่อระบุหาโอกาสในการเกิดรอยบวมบนชิ้นงานซึ่งจะทำการเก็บทุกตำแหน่งทุกพื้นที่บนชิ้นงานรวมถึงบริเวณนอกตัวผลิตภัณฑ์ (Scarp Area) และทำการติดตามตรวจสอบและบันทึกข้อมูลในทุกจุดตรวจสอบด้วยพนักงานผู้มีความชำนาญและผ่านการฝึกอบรมแล้ว

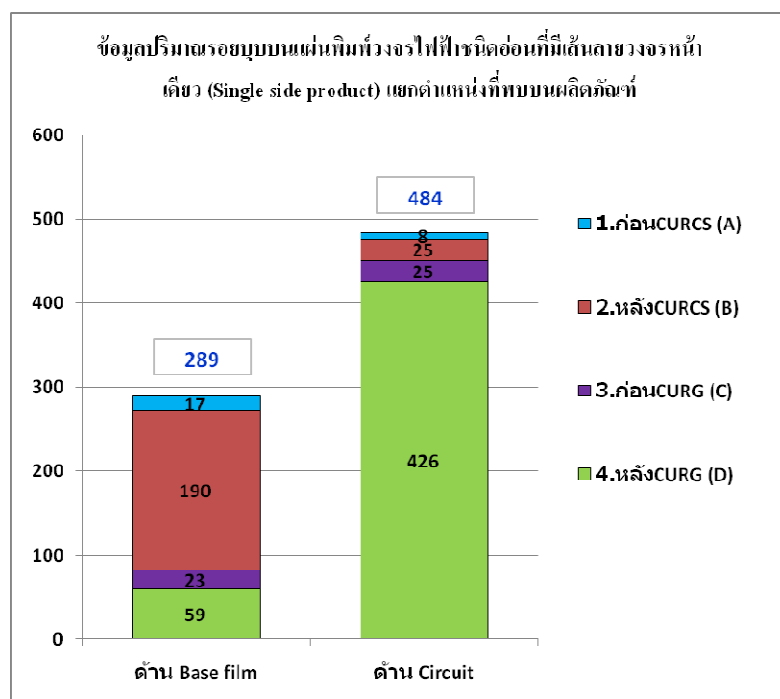
ตารางที่ 4-21 ผลการเก็บข้อมูลจำนวนรอยบุบบนชิ้นงาน PV-125 แยกตามจุดตรวจสอบ

จุดตรวจสอบ			กลุ่มของงานชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบ									
			ลึ่ด ที่ 1	ลึ่ด ที่ 2	ลึ่ด ที่ 3	ลึ่ด ที่ 4	ลึ่ด ที่ 5	ลึ่ด ที่ 6	ลึ่ด ที่ 7	ลึ่ด ที่ 8	ลึ่ด ที่ 9	ลึ่ด ที่ 10
A	1.ก่อน CURCS	ด้าน Base film	2	3	0	1	1	2	2	4	0	2
		ด้าน Circuit	0	1	1	2	0	1	1	0	2	0
		ผลรวม	2	4	1	3	1	3	3	4	2	2
B	2.หลัง CURCS	ด้าน Base film	15	21	16	22	18	23	24	21	13	17
		ด้าน Circuit	1	2	2	4	2	3	2	5	3	1
		ผลรวม	16	23	18	26	20	26	26	26	16	18
C	3.ก่อน CURG	ด้าน Base film	2	3	5	0	2	1	5	3	0	2
		ด้าน Circuit	3	0	3	4	3	2	2	3	1	4
		ผลรวม	5	3	8	4	5	3	7	6	1	6
D	4.หลัง CURG	ด้าน Base film	5	2	7	4	5	8	3	5	9	11
		ด้าน Circuit	37	35	51	45	57	45	42	35	47	32
		ผลรวม	42	37	58	49	62	53	45	40	56	43



รูปที่ 4-17 ข้อมูลปริมาณรอยบุบที่ตรวจพบบนวงจรมพิมพ์ชนิดอ่อนได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว แยกตามจุดตรวจสอบ

จากการศึกษากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 โดยผลการเก็บข้อมูลเพื่อระบุหาโอกาสในการเกิดรอยบุบบนชิ้นงานจากจำนวนทดสอบ 10 ล็อต หรือ 480 ชิ้นงานแผ่นใหญ่ โดยทำการตรวจสอบ ณ จุดตรวจสอบเฉพาะตามที่กำหนดไว้ทั้ง 4 จุดตรวจสอบ ได้ผลการเก็บข้อมูลตามตารางที่ 4-21 ซึ่งพบรอยบุบทั้งหมด 773 ตำแหน่ง โดยพบว่าจุดตรวจสอบที่ 4 ซึ่งเป็นการตรวจสอบหลังกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 2 หรือ CURG นั้นเกิดรอยบุบบนวงจรพิมพ์ชนิดอได้ปริมาณ มากที่สุดถึง 485 ตำแหน่ง คิดเป็น 63% ของปริมาณรอยบุบที่พบทั้งหมด รองลงมาคือจุดตรวจสอบที่ 2 ซึ่งเป็นการตรวจสอบหลังกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 1 หรือ CURCS โดยเกิดรอยบุบ 215 ตำแหน่ง คิดเป็น 28% ของปริมาณรอยบุบที่พบทั้งหมดในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ แสดงดังรูปที่ 4-17

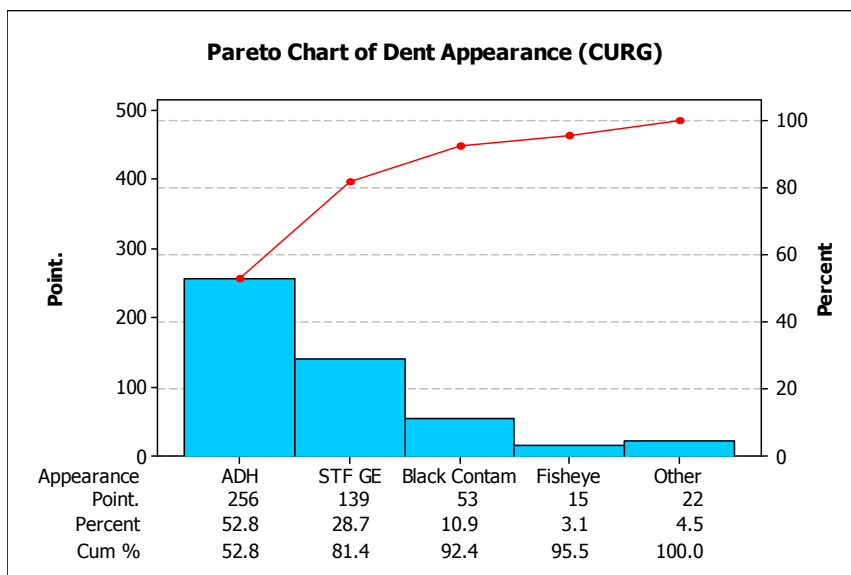


รูปที่ 4-18 ข้อมูลปริมาณรอยบุบบนวงจรพิมพ์ชนิดอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) แยกตำแหน่งที่พบบนผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้หากพิจารณาถึงตำแหน่งการเกิดรอยบุบบนวงจรพิมพ์ชนิดอได้ แยกตามตำแหน่งที่พบบนผลิตภัณฑ์ แสดงดังรูปที่ 4-18 จะพบว่าเกิดรอยบุบที่ตำแหน่งด้าน Circuit สูงถึง 484 ตำแหน่ง คิดเป็น 62.6 % ของปริมาณรอยบุบที่พบทั้งหมด และเกิดรอยบุบที่ตำแหน่งด้าน Base Film เพียง 289 ตำแหน่ง คิดเป็น 37.3% ของปริมาณรอยบุบที่พบทั้งหมด

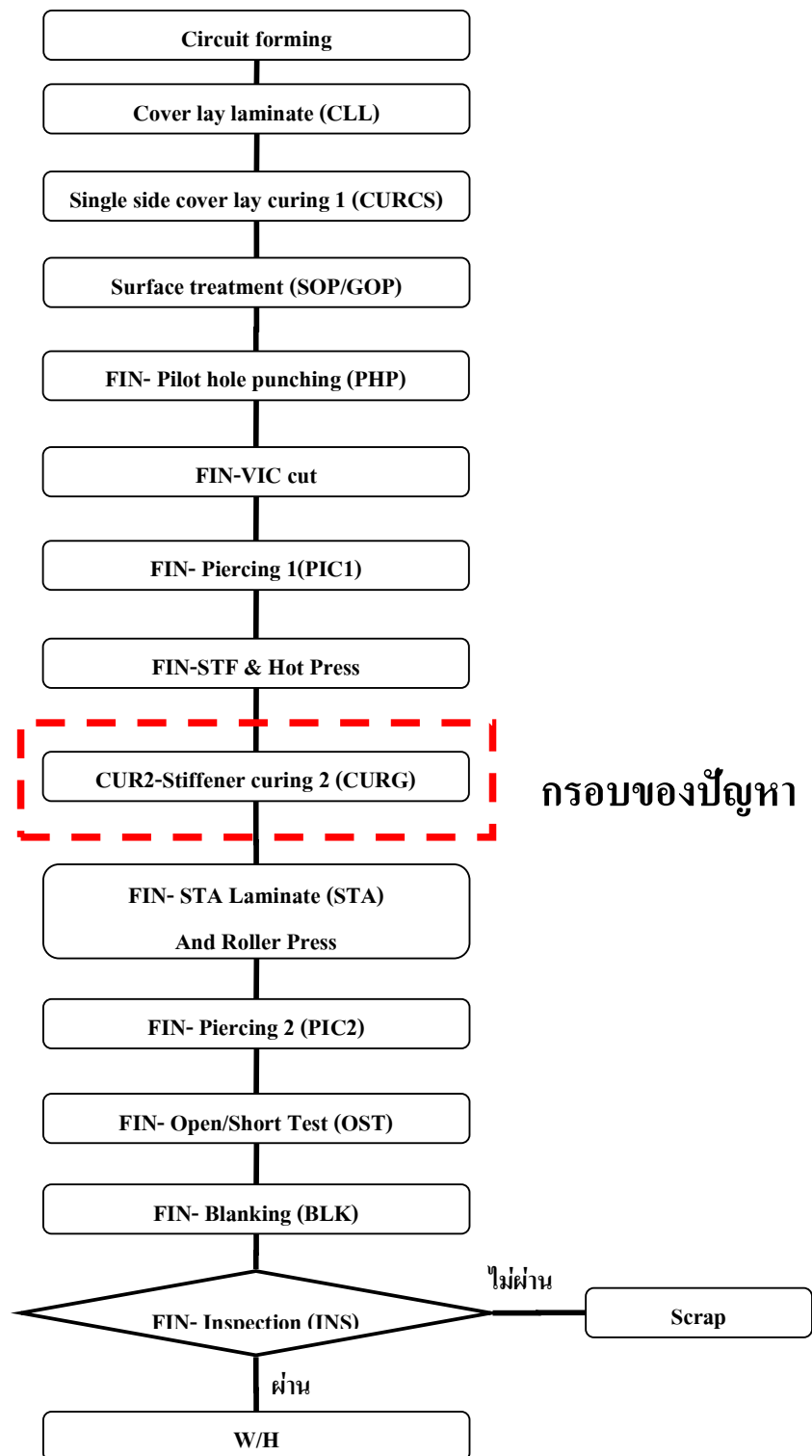
ในการตรวจสอบที่จุดตรวจสอบที่ 4 ซึ่งรอยบุบมากที่สุด 485 ตำแหน่ง เป็นการตรวจสอบในขณะที่ทำการลอกผลิตภัณฑ์ออกจาก วัสดุช่วยกดอัดทำให้พบลักษณะอาการของรอยบุบและ

สาเหตุของรอยบุบที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 4-19 ซึ่งพบว่ามียรอยบุบ จากระอยกคของจากเศษกาว(Adhesive) ที่ติดมาบนผลิตภัณฑ์ ติดมากที่สุด 256 ตำแหน่ง คิดเป็น 52.8 % และรองลงมาเป็นรอยกคจากเศษ Stiffener GE ที่ติดมาบนผลิตภัณฑ์ 139 ตำแหน่ง คิดเป็น 28.7 %



ดังรูปที่ 4-19 แหล่งสาเหตุของการเกิดรอยบุบบนวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจร หน้าเดียว (Single side product) ที่กระบวนการ CURCS-G

จากผลการศึกษาระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 สรุปได้ว่า ณ จุดตรวจสอบที่ 4 ซึ่งเป็นการตรวจสอบหลังกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 2 หรือ CURG นั้นมีโอกาสในการทำให้เกิดรอยบุบบนวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ปริมาณ มากที่สุดถึง 485 ตำแหน่ง คิดเป็น 63% ของปริมาณ รอยบุบที่พบทั้งหมด ซึ่งเป็นรอยบุบจากระบวนการอบคงรูปหรือ Dent (COV) และจากข้อมูล เบื้องต้นพบว่ามีโอกาสที่จะเกิดรอยบุบที่ตำแหน่งด้าน Circuit สูงกว่าตำแหน่งด้าน Base Film ของ วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ ดังนั้นสำหรับการศึกษาระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G จึง กำหนดกรอบของปัญหาที่กระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 2 หรือ CURG ดังรูปที่ 4-20



รูปที่ 4-20 แผนภาพกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ PV-125 และการกำหนดกรอบของปัญหา

4.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาจากแผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

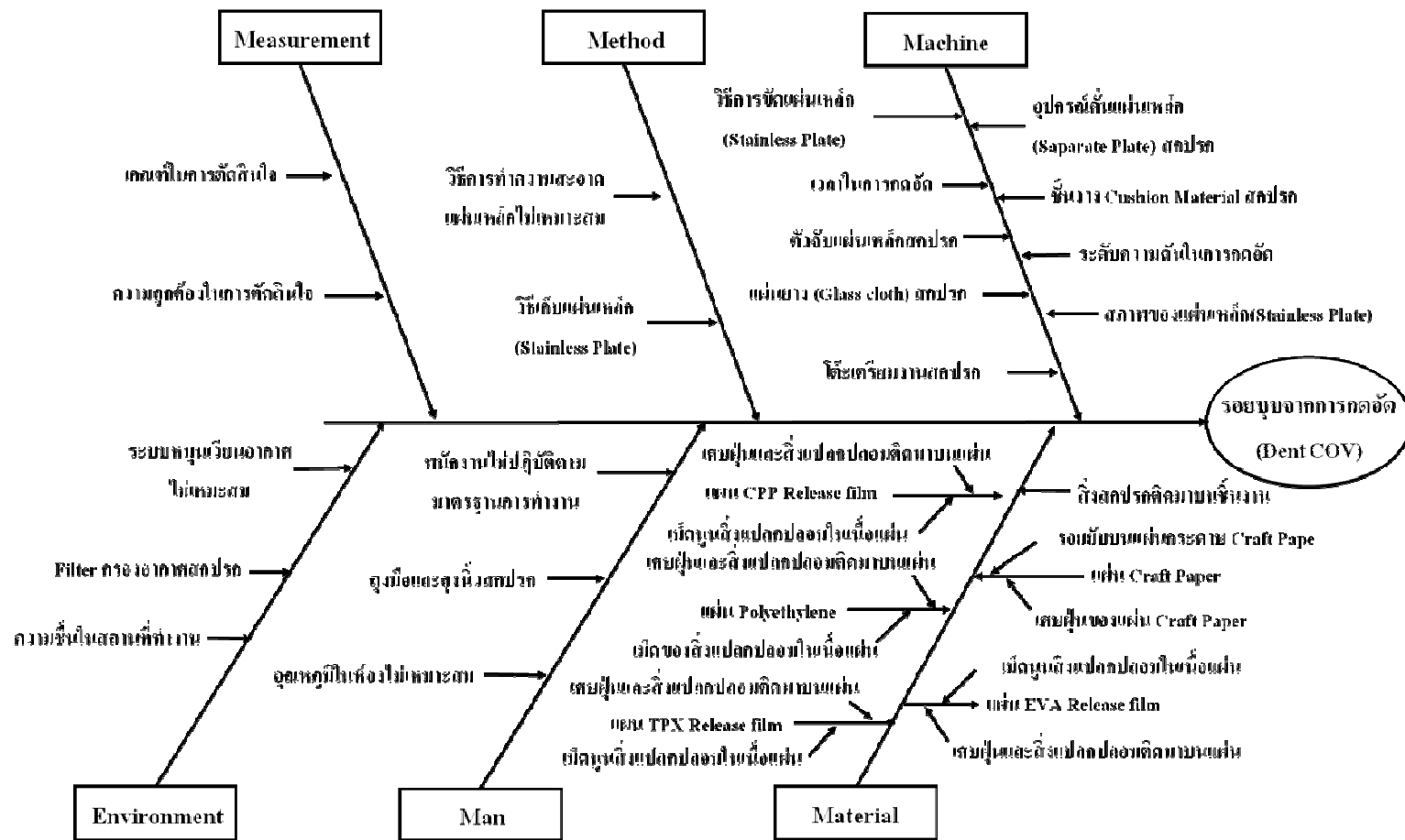
ทำการระดมความคิดเพื่อหาปัจจัยนำเข้า (Key Process Input Variable หรือ KPIV) หรือสาเหตุที่เป็นที่ทำให้เกิดรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) บนวงจรมพิมพ์ชนิดงอได้ โดยทีมงานที่ทำการคัดเลือกจากระยะนิยามปัญหา อันประกอบไปด้วย

- ก. ผู้จัดการแผนกผลิตส่วนกระบวนการเคลือบเส้นลายวงจร(Cover coat process)
- ข. วิศวกรอาวุโสประจำกระบวนการเคลือบเส้นลายวงจร (Cover coat process)
- ค. วิศวกรประจำกระบวนการอบคงรูป(Curing process)
- ง. หัวหน้าพนักงานฝ่ายผลิตกระบวนการอบคงรูป(Curing process)
- จ. รองหัวหน้าพนักงานฝ่ายผลิตกระบวนการอบคงรูปของแต่ละกะทำงาน
- ฉ. หัวหน้าพนักงานฝ่ายผลิตกระบวนการผลิตขั้นตอนสุดท้าย (Final process)
- ช. หัวหน้าพนักงานแผนกควบคุมคุณภาพในส่วนของกระบวนการผลิตขั้นตอนสุดท้าย
- ซ. ผู้ดำเนินงานวิจัย

ในการระดมความคิดเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดรอยบุบได้ดำเนินการดังนี้

1. ทำการศึกษาขั้นตอนของกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 1 หรือ CURCS และกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 2 หรือ CURG อย่างละเอียด โดยการเข้าไปดูที่หน้างานจริง และทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจสอบ

2. หลังจากดูที่หน้างานจริง และศึกษาข้อมูลการผลิตของกระบวนการอบคงรูปแล้ว ทำการประชุมเพื่อระบุปัจจัยที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่มีผลต่อการเกิดรอยบุบ จากการกดอัด (Dent COV) บนวงจรมพิมพ์ไฟฟ้า โดยประยุกต์ใช้แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ในการระดมความคิดเนื่องจากแผนภาพสาเหตุและผลอย่างอิสระ ดังรูปที่ 4-21



รูปที่ 4-21 แผนภาพสาเหตุและผล ในการระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้ของการเกิดรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV)

4.4 การวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix)

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดรอยบุบ จากการกดอัด (Dent COV) นั้นมีสาเหตุความเป็นไปได้จำนวนมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องค้นหาปัจจัยหลัก ซึ่งส่งปัญหารอยบุบ โดยนำปัญหามาให้คะแนนเพื่อหาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยใช้โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) ซึ่งจะเป็นทำการเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัย โดยการระดมความคิดเพื่อทำการตัดปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดรอยบุบ คัดเลือกเฉพาะปัจจัยที่คาดว่าจะสอดคล้องกับตัวแปรตอบสนองที่มีผลต่อการเกิดรอยบุบจริงๆ และทำการพิจารณาความสัมพันธ์ของสาเหตุการเกิดทั้งรอยบุบบนชิ้นงานด้าน Base film ซึ่งมีระดับน้ำหนักที่ 10 เนื่องจากเป็นปัญหาที่พบมากที่สุด และรอยบุบบนชิ้นงานด้าน Circuit ซึ่งมีระดับน้ำหนักที่ 7 โดยมีขั้นตอนดังนี้

- นำข้อมูลจากแผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ซึ่งได้จากการระดมความคิดของทางทีมงาน มาทำการวิเคราะห์โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) โดยมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล ดังตารางที่ 4-22

ตารางที่ 4-22 การให้คะแนนประเมินความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล

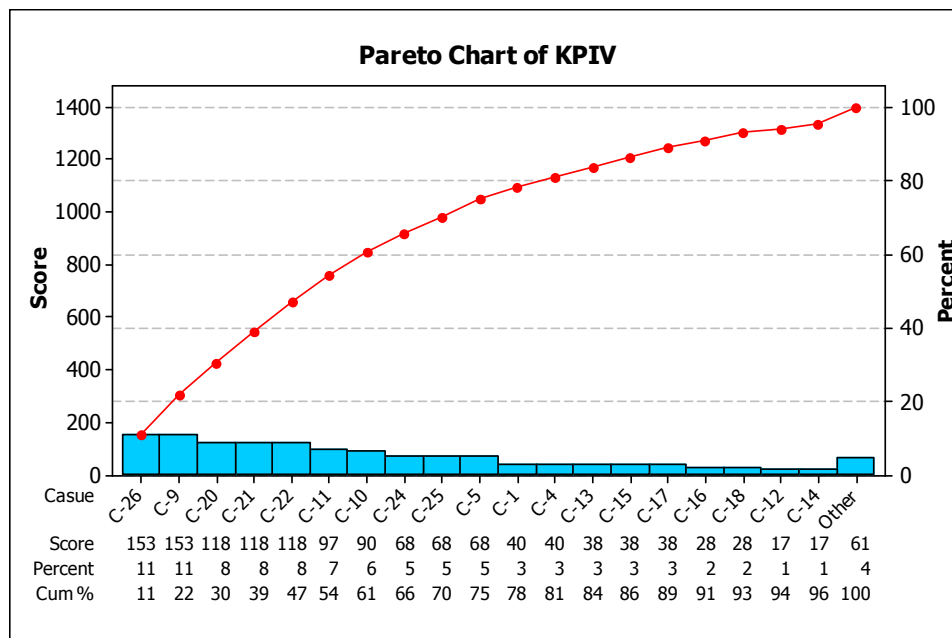
ระดับความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล	คะแนน
ระดับต่ำมาก : ไม่มีความสัมพันธ์ร่วมกับการเกิดปัญหานั้นๆเลย	0
ระดับต่ำ : ตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้านั้นมีผลน้อยมากและมีความสัมพันธ์ร่วมกับการเกิดปัญหานั้นๆน้อยมาก	1
ระดับปานกลาง : ตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้านั้นมีผลปานกลางและมีความสัมพันธ์ร่วมกับการเกิดปัญหานั้นๆ แต่ไม่มาก	4
ระดับสูง : ตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้านั้นมีผลโดยตรงและมีความสัมพันธ์ร่วมกับการเกิดปัญหานั้นๆมาก	9

- ให้สมาชิกในทีมทำการลงคะแนน โดยอ้างอิงเกณฑ์การให้คะแนนจากตารางที่ 4-16 โดยแต่ละคนจะให้คะแนนครบทุกปัจจัย
- ทำการรวบรวมคะแนนที่ได้ในแต่ละปัจจัย และทำการสรุปผลคะแนนในตารางแสดง

ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) ดังแสดงในตารางที่ 4-23 และทำการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยด้วยแผนภูมิพารโต ดังรูปที่ 4-22

ตารางที่ 4-23 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix)

ปัจจัย (Factors)	ลำดับที่		ระดับน้ำหนัก		รวมผลคะแนน				
			10	7	รอยบุบบน ชิ้นงานด้าน Base film	รอยบุบบน ชิ้นงานด้าน Circuit	รอยบุบบน ชิ้นงานด้าน Base film	รอยบุบบน ชิ้นงานด้าน Circuit	ผลรวม
Machine	1	C-1	สภาพของแผ่นเหล็ก(Stainless Plate)		4	0	40	0	40
	2	C-2	อุปกรณ์คั่นแผ่นเหล็กสกปรก		1	0	10	0	10
	3	C-3	โต๊ะเตรียมงานสกปรก		0	0	0	0	0
	4	C-4	ชั้นวางCushion Material สกปรก		4	0	40	0	40
	5	C-5	ตัวจับแผ่นเหล็กสกปรก		4	4	40	28	68
	6	C-6	แผ่นยาง(Glass cloth)สกปรก		0	0	0	0	0
	7	C-7	เวลาในการกดอัด		0	0	0	0	0
	8	C-8	ระดับความดันในการกดอัด		1	1	10	7	17
Material	9	C-9	สิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน		9	9	90	63	153
	10	C-10	มีค้อนสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่นTPX Release film		9	0	90	0	90
	11	C-11	เศษฝุ่นและสิ่งแปลกปลอมติดมาบนแผ่น TPX Release film		9	1	90	7	97
	12	C-12	มีค้อนสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่นCPP Release film		1	1	10	7	17
	13	C-13	เศษฝุ่นและสิ่งแปลกปลอมติดมาบนแผ่น CPP Release film		1	4	10	28	38
	14	C-14	มีค้อนสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น EVA Release film		1	1	10	7	17
	15	C-15	เศษฝุ่นและสิ่งแปลกปลอมติดมาบนแผ่น EVA Release film		1	4	10	28	38
	16	C-16	มีค้อนของสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น Polyethylene		0	4	0	28	28
	17	C-17	เศษฝุ่นและสิ่งแปลกปลอมติดมาบนแผ่น Polyethylene		1	4	10	28	38
	18	C-18	รอยยับบนแผ่นกระดาษ Craft Paper		0	4	0	28	28
19	C-19	เศษฝุ่นของแผ่น Craft Paper		1	1	10	7	17	
Method	20	C-20	วิธีการจัดแผ่นเหล็ก(Stainless Plate)		9	4	90	28	118
	21	C-21	วิธีเก็บแผ่นเหล็ก(Stainless Plate)		9	4	90	28	118
	22	C-22	วิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็กไม่เหมาะสม		9	4	90	28	118
Man	23	C-23	ถุงมือและถุงนิ้วสกปรก		1	1	10	7	17
	24	C-24	พนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการทำงาน		4	4	40	28	68
Environment	25	C-25	Filterกรองอากาศสกปรก		4	4	40	28	68
	26	C-26	ระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม		9	9	90	63	153
	27	C-27	ความชื้นในสถานที่ทำงาน		0	0	0	0	0
	28	C-28	อุณหภูมิในห้องไม่เหมาะสม		0	0	0	0	0
Measurement	29	C-29	เกณฑ์ในการตัดสินใจ		0	0	0	0	0
	30	C-30	ความถูกต้องในการตัดสินใจ		0	0	0	0	0



ผังรูปที่ 4-22 ระดับความสัมพันธ์ของปัจจัย

จากแผนภาพผังรูปที่ 4-22 พบว่าปัจจัยที่มีคะแนนความสัมพันธ์มากที่สุด มีอยู่ 12 ปัจจัย ดังตารางที่ 4-24

ตารางที่ 4-24 ปัจจัยนำเข้าที่มีคะแนนความสัมพันธ์มากที่สุด

ลำดับที่	รายการสาเหตุตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้า	ผลรวม	%สะสม
1	C-9 สิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน	153	11%
2	C-26 ระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม	153	22%
3	C-20 วิธีการขัดแผ่นเหล็ก(Stainless Plate)	118	30%
4	C-21 วิธีเก็บแผ่นเหล็ก(Stainless Plate)	118	39%
5	C-22 วิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็กไม่เหมาะสม	118	47%
6	C-11 เศษฝุ่นและสิ่งแปลกปลอมติดมาบนแผ่น TPX Release film	97	54%
7	C-10 เม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่นTPX Release film	90	61%
8	C-5 ตัวจับแผ่นเหล็กสกปรก	68	66%
9	C-24 พนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการทำงาน	68	70%
10	C-25 Filterกรองอากาศสกปรก	68	75%
11	C-1 สภาพของแผ่นเหล็ก(Stainless Plate)	40	78%
12	C-4 ชั้นวางCushion Material สกปรก	40	81%

4.5 การวิเคราะห์ปัญหาโดยการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis)

การวิเคราะห์ความขัดแย้งและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis) เป็นการประเมินความเสี่ยงโดยอาศัยการประมาณตัวเลขระดับความเสี่ยงหรือที่เรียกกันว่าค่า RPN (Risk priority number) ให้กับแต่ละปัญหาการคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณพารามิเตอร์ 3 ตัว อันได้แก่

1. S : Severity คือระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้น มีเกณฑ์การให้คะแนนคือ 1- 10 โดย
 - 1 คือ ความรุนแรงของผลกระทบน้อยที่สุดเมื่อเกิดปัญหานี้
 - 10 คือ ความรุนแรงของผลกระทบมากที่สุดเมื่อเกิดปัญหานี้
 2. O : Occurrence คือระดับความเสี่ยงของการเกิดปัญหา ความล้มเหลว หรือความผิดพลาด มีเกณฑ์การให้คะแนนคือ 1- 10 โดย
 - 1 คือ ความถี่ของการเกิดความล้มเหลว หรือความผิดพลาดน้อยที่สุด
 - 10 คือ ความถี่ของการเกิดความล้มเหลว หรือความผิดพลาดมากที่สุด
 3. D : Detection คือระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้น โดยพิจารณาจากความสามารถของระบบการควบคุมที่ใช้ในปัจจุบัน มีเกณฑ์การให้คะแนนคือ 1- 10 โดย
 - 1 คือ ความสามารถในการตรวจจับปัญหาที่ดีที่สุด
 - 10 คือ ความสามารถในการตรวจจับปัญหาที่แย่ที่สุด
- โดยคำนวณค่า RPN (Risk priority number) จากสมการ $RPN = S \times O \times D$

ผลการวิเคราะห์ความขัดแย้งและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis) ของปัจจัยที่มีคะแนนความล้มพันซ์มาก ทั้ง 12 ปัจจัย ดังตารางที่ 4-25

ตารางที่ 4-25 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis)

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) สำหรับปัญหาการเกิดรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV)

Items	Type	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	S E V	Potential Causes	O C C	Current Controls	D E T	R P N
1	Material	สิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน	เศษสิ่งสกปรกถูกกดทับบนชิ้นงาน	เกิดรอยบุบบนชิ้นงาน	6	เศษวัสดุเช่นคราบขาว Stiffener หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆตกค้างมาจาก process ก่อนหน้า	4	มีการสุ่มตรวจสอบ	9	216
2	Environment	ระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม	สะสมเป็นเม็ดฝุ่นในสถานที่ทำงาน	เกิดรอยบุบบนชิ้นงานด้าน Base film	4	เป็นห้องเปิดไม่มีการควบคุมปริมาณฝุ่นหรือตรวจสอบระบบหมุนเวียนอากาศ	10	ไม่มีการควบคุม	10	400
3	Method	วิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate)	ขัดไม่สะอาดเหลือเม็ดฝุ่นติดแน่นบนแผ่นเหล็ก	เกิดรอยบุบบนชิ้นงานด้าน Base film	6	วิธีการขัดไม่เหมาะสมทำให้เหลือเม็ดฝุ่นและเกิดคราบสกปรก	10	มีมาตรฐานการทำงานแต่ไม่ละเอียดเพียงพอ	8	480
4	Method	วิธีเก็บแผ่นเหล็ก (Stainless Plate)	เศษฝุ่นตกสะสมบนแผ่นเหล็ก	เกิดรอยบุบบนชิ้นงาน	6	ไม่มีวิธีการและสถานที่จัดเก็บที่เหมาะสม	8	มีการทำความสะอาดก่อนนำมาใช้งาน	4	192

ตารางที่ 4-25 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) (ต่อ)

การวิเคราะห์วิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) สำหรับปัญหาการเกิดรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV)

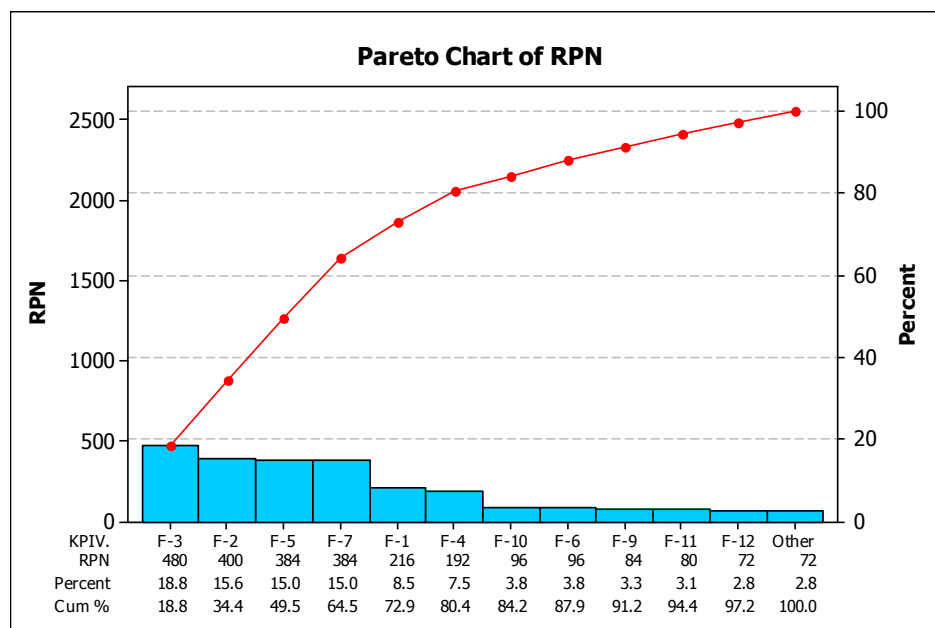
Items	Type	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	S E V	Potential Causes	O C C	Current Controls	D E T	R P N
5	Method	วิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็กไม่เหมาะสม	ฝุ่นและเศษวัสดุหลงเหลือติดแน่นบนแผ่นเหล็ก	เกิดรอยบุบบนชิ้นงานด้าน Base film	6	ขีดทำความสะอาดได้ไม่ทั่วแผ่นเหล็ก	8	มีการตรวจสอบด้วยสายตา	8	384
6	Material	เศษฝุ่นและสิ่งแปลกปลอมติดมาบนแผ่น TPX Release film	เศษสิ่งสกปรกกดทับบนชิ้นงาน	เกิดรอยบุบบนชิ้นงานด้าน Base film	6	เศษฝุ่นและสิ่งแปลกปลอมตกค้างมาจากกระบวนการของผู้ผลิต	2	ตรวจสอบด้วยสายตา	8	96
7	Material	เม็ดอนุสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film	เม็ดอนุสิ่งแปลกปลอมมีขนาดใหญ่และจำนวนมาก	เกิดรอยบุบบนชิ้นงานด้าน Base film	6	มีเศษฝุ่นหรือเม็ดพลาสติกที่ไม่ละลายเกิดเป็นตุ่มแข็งในเนื้อ TPX Release film	8	ตรวจสอบด้วยสายตา	8	384
8	Machine	ตัวจับแผ่นเหล็กสกปรก	เศษฝุ่นตกและติดแน่นบนแผ่นเหล็ก	เกิดรอยบุบบนชิ้นงานด้าน Base film	6	รอบเวลาและวิธีในการทำความสะอาดไม่เหมาะสม	3	มีการทำความสะอาดทุกครั้งก่อนเริ่มทำงาน	4	72

ตารางที่ 4-25 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) (ต่อ)

การวิเคราะห์วิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) สำหรับปัญหาการเกิดรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV)

Items	Type	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	S E V	Potential Causes	O C C	Current Controls	D E T	R P N
9	Man	พนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการทำงาน	แผ่นCushion Material พับหรือยับ	เกิดรอยบุบบนชิ้นงาน	6	พนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการทำงานหยิบจับ Material ในขณะจัดเรียงชิ้นงานผิดวิธี	2	มีการตรวจเช็คมาตรฐานการทำงานโดยหัวหน้างานทุกอาทิตย์	7	84
10	Environment	Filterกรองอากาศสกปรก	เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองในสถานที่ทำงาน	เกิดรอยบุบบนชิ้นงานด้าน Base film	4	รอบเวลาและวิธีในการทำความสะอาดไม่เหมาะสม	4	มีการทำความสะอาดตัวกรองอากาศทุก 2 เดือน	6	96
11	Machine	สภาพของแผ่นเหล็ก (Stainless Plate)	รอยขีดข่วนบนแผ่นเหล็ก	เกิดรอยบุบบนชิ้นงานด้าน Base film	5	แผ่นเหล็กตกจากตัวจับแผ่นเหล็ก	2	ตรวจสอบด้วยสายตา	8	80
12	Machine	ชั้นวางCushion Material สกปรก	เศษฝุ่นตกบนชิ้นงานและแผ่นเหล็ก	เกิดรอยบุบบนชิ้นงาน	6	รอบเวลาและวิธีในการทำความสะอาดไม่เหมาะสม	3	มีการทำความสะอาดทุกครั้งก่อนเริ่มทำงาน	4	72

จากผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) ในตารางที่ 4-25 นำผลคะแนน RPN มาวิเคราะห์ตามหลักการของพารेटโต เพื่อจัดเรียงลำดับตามความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ได้ผลการวิเคราะห์ ดังรูปที่ 4-23



ดังรูปที่ 4-23 เรียงลำดับตามความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) จากการวิเคราะห์ FMEA

จากแผนภาพดังรูปที่ 4-23 พบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) มีอยู่ 6 ปัจจัย ดังตารางที่ 4-26

ตารางที่ 4-26 ปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV)

ลำดับที่	ปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาการอยบุบ	ผลรวม RPN	% สะสม
1	F-3 วิธีการขัดแผ่นเหล็ก(Stainless Plate)	480	19%
2	F-2 ระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม	400	34%
3	F-5 วิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็กไม่เหมาะสม	384	49%
4	F-7 เม็ดนูนสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film	384	64%
5	F-1 สิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน	216	73%
6	F-4 วิธีเก็บแผ่นเหล็ก(Stainless Plate)	192	80%

4.6 สรุประยะเวลาการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)

4.6.1 การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis)

ในระยะเวลาการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหาในขั้นตอนแรก ได้ทำการวิเคราะห์ความถูกต้องและความแม่นยำของระบบการวัด (Gauge R&R) แบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) โดยทำการทดสอบพนักงานผู้ทำหน้าที่ตรวจสอบในกระบวนการผลิตจำนวน 3 คน ผลจากการศึกษาด้วยการตรวจสอบและวิเคราะห์จากทั้ง 3 เกณฑ์ อันได้แก่ระบบการตรวจสอบด้วยค่าดัชนีของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะเกณฑ์การยอมรับค่าสัมประสิทธิ์ Kappa และผลการวิเคราะห์พนักงานตรวจสอบด้วยค่าดัชนี (O_E), (I_{FA}) และ (I_{MISS}) พบว่าไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทั้ง 3 ดัชนี

จากผลของการวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบพบว่ายังขาดประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือ จึงได้เร่งดำเนินการปรับปรุงโดยสร้างความเข้าใจร่วมกันของส่วนงานที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับลักษณะของข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) และเกณฑ์การยอมรับและปฏิเสธอ้างอิงตามข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐานการตรวจสอบ (Inspection Standard Specification) และกำหนดจุดในการสังเกตเพื่อช่วยในการตัดสินใจให้กับพนักงาน จัดทำเอกสารแสดงชิ้นงานตัวอย่างและเกณฑ์ในการยอมรับ และปฏิเสธ (Limit sample) ของข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) และจัดการฝึกอบรมพนักงานตรวจสอบ และได้ทำการวิเคราะห์ผลของระบบการตรวจสอบใหม่อีกครั้ง หลังการปรับปรุงกระบวนการวัด กระบวนการตรวจสอบประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่น่าเชื่อถือ เนื่องจากพนักงานสามารถตรวจสอบได้อย่างถูกต้อง

4.6.2 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

ทำการศึกษากระบวนการผลิตและวิเคราะห์ข้อมูลด้วย แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p Chart) พบว่าในช่วงมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2555 กระบวนการผลิตมีความผันแปรค่อนข้างมาก โดยมีปริมาณการผลิตรวม 1,682,681.2 แผ่น มีปริมาณของเสียประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) จำนวน 1593.9 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 0.094 % หรือ 947.2 DPPM ดังนั้น $P = 0.000947$ และค่าคะแนนมาตรฐาน (Z Score) หรือค่า σ -Level โดยค่า $Z_{Long Term} (Z_{LT})$ เท่ากับ 3.106 คิดเป็น Ppk ได้ 1.04 และ $Z_{Short Term} (Z_{ST})$ เท่ากับ 4.606 คิดเป็น Cpk ได้ 1.54

หลังการปรับปรุงกระบวนการวัดพบว่าสัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) มีค่าความผันแปรลดลง และไม่มีค่าที่ตกขอบเขตควบคุม ในช่วงเดือนสิงหาคม มีปริมาณการผลิตรวม 281,871 แผ่น มีปริมาณของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) จำนวน 192 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 0.068 % หรือ 681.2 DPPM ดังนั้น $P = 0.0006812$ และ

ค่าคะแนนมาตรฐาน (Z Score) หรือค่า σ -Level โดยค่า $Z_{Long Term} (Z_{LT})$ เท่ากับ 3.203 คิดเป็น Ppk ได้ 1.04 (จาก $Ppk = Z_{LT} / 3$) และ $Z_{Short Term} (Z_{ST})$ เท่ากับ 4.606 (จาก $Z_{ST} = Z_{LT} + 1.5 \text{ Shift}$) คิดเป็น Cpk ได้ 1.54 (จาก $Cpk = Z_{ST} / 3$) โดยรวมแล้วส่งผลให้สัดส่วนของเสียลดลง 28 %

จากการศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบัน พบว่าข้อบกพร่องประเภทรอยบวม Dent COV คือมีรอยบวมจากการกดอัดด้วยกระบวนการอบคงรูป แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์ต้องผ่านกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนซึ่งในแต่ละกระบวนการเมื่อมีการกระแทกหรือกดทับบนวงจรพิมพ์ไฟฟ้าล้วนมีโอกาสทำให้เกิดรอยบวมได้เช่นกัน ซึ่งบางครั้งมีลักษณะคล้ายกันกับรอยบวม Dent COV แต่จะต่างกันที่ตำแหน่งที่เกิด ลักษณะและระดับความรุนแรงของรอยบวมนั้น ดังนั้นจึงทำการศึกษาเพื่อตีกรอบของปัญหา โดยมุ่งหาแหล่งของการเกิดและสาเหตุของรอยบวม ทำการกำหนดจุดตรวจโดยมุ่งเน้นที่กระบวนการที่มีการทำงานด้วยการกดอัดบนวงจรพิมพ์ไฟฟ้าเป็นหลัก อันได้แก่กระบวนการอบคงรูป (Curing process) และเครื่องกดอัดขนาดเล็ก (Press Machine)

ได้แบ่งทำการศึกษาใน 2 กลุ่มคือผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F และผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G โดยผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F ได้เลือกศึกษาผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 ซึ่งมีสัดส่วนของเสียสูงที่สุดจากการตั้งจุดตรวจสอบและเก็บข้อมูลพบว่า ณ จุดตรวจสอบที่ 2 ซึ่งเป็นการหลังกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 1 หรือ CURCS นั้นมีโอกาสในการทำให้เกิดรอยบวมบนวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ปริมาณมากที่สุดมากถึง 346 ตำแหน่ง คิดเป็น 50% ของปริมาณรอยบวมที่พบทั้งหมด และจากข้อมูลเบื้องต้นพบว่ามีโอกาสที่จะเกิดรอยบวมที่ตำแหน่งด้าน Base Film สูงกว่าตำแหน่งด้าน Circuit ของวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ ดังนั้นสำหรับการศึกษากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F จึงกำหนดกรอบของปัญหาที่กระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 1 หรือ CURCS

ส่วนผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G พิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 มาเป็นตัวแทนเพื่อทำการศึกษาผลการศึกษารูปได้ว่า ณ จุดตรวจสอบที่ 4 ซึ่งเป็นการตรวจสอบหลังกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 2 หรือ CURG นั้นมีโอกาสในการทำให้เกิดรอยบวมบนวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ปริมาณมากที่สุดถึง 485 ตำแหน่ง คิดเป็น 63% ของปริมาณรอยบวมที่พบทั้งหมด และจากข้อมูลเบื้องต้นพบว่ามีโอกาสที่จะเกิดรอยบวมที่ตำแหน่งด้าน Circuit สูงกว่าตำแหน่งด้าน Base Film ของวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ ดังนั้นสำหรับการศึกษากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G จึงกำหนดกรอบของปัญหาที่กระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 2 หรือ CURG

4.6.3 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

ทำการระดมความคิดเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผล (Key Process Input Variable หรือ KPIV) โดยใช้แผนภาพสาเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) จากนั้นนำปัจจัยต่างๆมาวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ Dent COV โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) ผลจากการใช้คะแนน พบว่ามี 12 ปัจจัยที่คะแนนรวมกันสูงถึง 80% และนำมาทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis หรือ FMEA) พบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) มีอยู่ 6 ปัจจัย เพื่อนำไปทดสอบและวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป คือ วิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) ระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม วิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็กไม่เหมาะสม เม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่นTPX Release film สิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน และวิธีเก็บแผ่นเหล็ก (Stainless Plate)

บทที่ 5

ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา(Analysis Phase)

ในขณะนี้เป็นการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย รวมทั้งแนวโน้มอิทธิพลของปัจจัยนำเข้าที่ทำการคัดเลือกมา เพื่อคัดเลือกปัจจัยและกำหนดแนวทางในการปรับปรุงต่อไป

หลังจากทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis หรือ FMEA) ทำให้ได้ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ทั้งหมดมี 6 ปัจจัย คือ

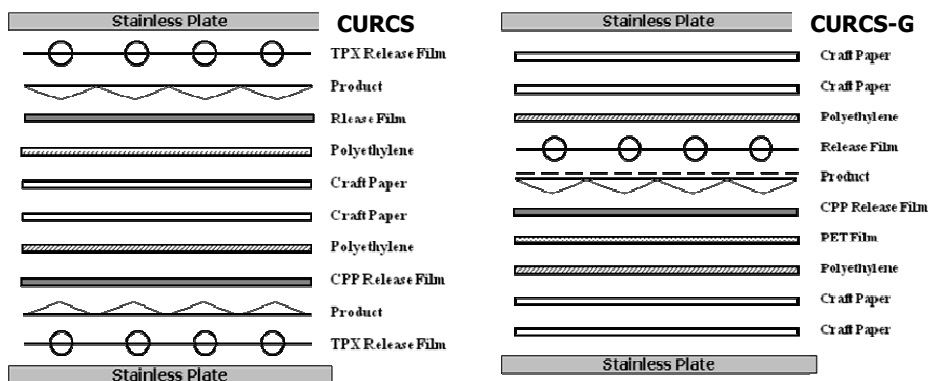
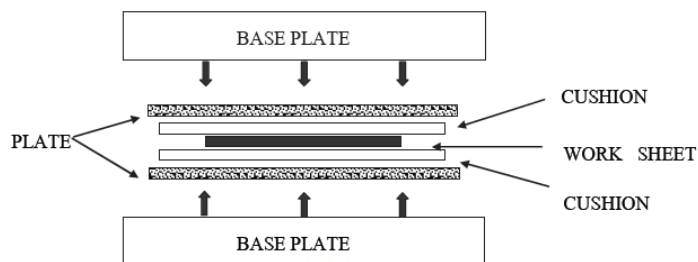
1. วิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate)
2. ระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม
3. วิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็กไม่เหมาะสม
4. เม็ดนูนสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film
5. สิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน
6. วิธีเก็บแผ่นเหล็ก (Stainless Plate)

5.1 การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า

5.1.1 วิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate)

แผ่นเหล็ก(Stainless Plate) ทำหน้าที่รับและกระจายความร้อน โดยได้รับความร้อนมาจาก Base Plate ของเครื่อง Hot Press Machine และกระจายความร้อนไปยังชิ้นงานซึ่งมีชิ้นงาน (Work sheet) อยู่ตรงกลาง ประกอบอยู่ด้านบนและด้านล่างด้วยวัสดุช่วยในการกดอัด (Cushion material) ในกระบวนการอบคงรูปต้องใช้แรงดันและความร้อนสูง แผ่นเหล็กจึงความร้อนสูงทำให้มีเศษวัสดุช่วยในการกดอัด (Cushion material) หรือเศษฝุ่นหลอมละลายติดฝังแน่นบนแผ่นเหล็ก จึงต้องนำแผ่นเหล็กไปทำการขัดผิวหน้าโดยด้วยกระดาษทราย ทุก 2 สัปดาห์ จากการศึกษาและเก็บข้อมูลในขั้นตอนก่อนหน้าทำให้ทราบว่าแผ่นเหล็กเป็นแหล่งของสาเหตุของการเกิดรอยบุบบนวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่กระบวนการ CURCS มากกว่า CURCS-G เนื่องจากในขั้นตอนของการเตรียมชิ้นงาน การอบคงรูปครั้งที่ 1 CURCS จะมีการเตรียมชั้นวัสดุช่วยในการกดอัด (Cushion Material)

แผ่นเหล็กที่อยู่ต่างกันกับ CURCS-G เพราะต้องการการกดอัดที่ต่างกัน โดยจากรูปที่ จะเห็นได้ว่า โครงสร้างของ CURCS แผ่นเหล็กจะอยู่ติดกับด้าน Base ของผลิตภัณฑ์ มีเพียงแผ่น TPX Release film คั่นกลางดังนั้นหากแผ่นเหล็กไม่สะอาดหรือมีสิ่งแปลกปลอมมาติดที่แผ่นเหล็กอาจจะทำให้เกิดรอยบุบที่แผ่นผลิตภัณฑ์ได้



ผังรูปที่ 5-1 โครงสร้างของวัสดุช่วยในการกดอัด (Cushion Material) วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ ที่กระบวนการ CURCS และ CURCS-G



ผังรูปที่ 5-2 การขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) ด้วยกระดาษทราย

5.1.2 ระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม

กระบวนการอบคงรูปเป็นกระบวนการที่มีความอ่อนไหวต่อเศษฝุ่นและสิ่งแปลกปลอม แต่สถานที่ทำงานเป็นกระบวนการทำงานให้ห้องระบบเปิดที่ไม่ได้มีการควบคุมปริมาณฝุ่นหรือการตรวจสอบด้านระบบหมุนเวียนอากาศภายในเลย

5.1.3 วิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็กไม่เหมาะสม

นอกจากแผ่นเหล็กจะต้องถูกขัดผิวหน้าด้วยกระดาษทรายทุก 2 สัปดาห์แล้วในระหว่างขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน พนักงานจะทำการ เช็ดแผ่นเหล็กด้วยผ้าชุบแอลกอฮอล์ แต่เนื่องจากแผ่นเหล็กมีขนาดใหญ่และด้วยความต้องเร่งรีบเตรียมงานให้ทันรอบการทำงานของเครื่องจักร ทำให้พนักงานไม่สามารถเช็ดแผ่นเหล็กให้สะอาดทั่วทั้งแผ่นเหล็กได้ ซึ่งเมื่อมีเศษสิ่งแปลกปลอมตกค้างและได้รับความร้อนจากแผ่นเหล็กจะหลอมละลายและติดแน่นบนแผ่นเหล็ก



ดั่งรูปที่ 5-3 ตัวอย่างของเศษสิ่งแปลกปลอมที่ติดบนแผ่นเหล็ก



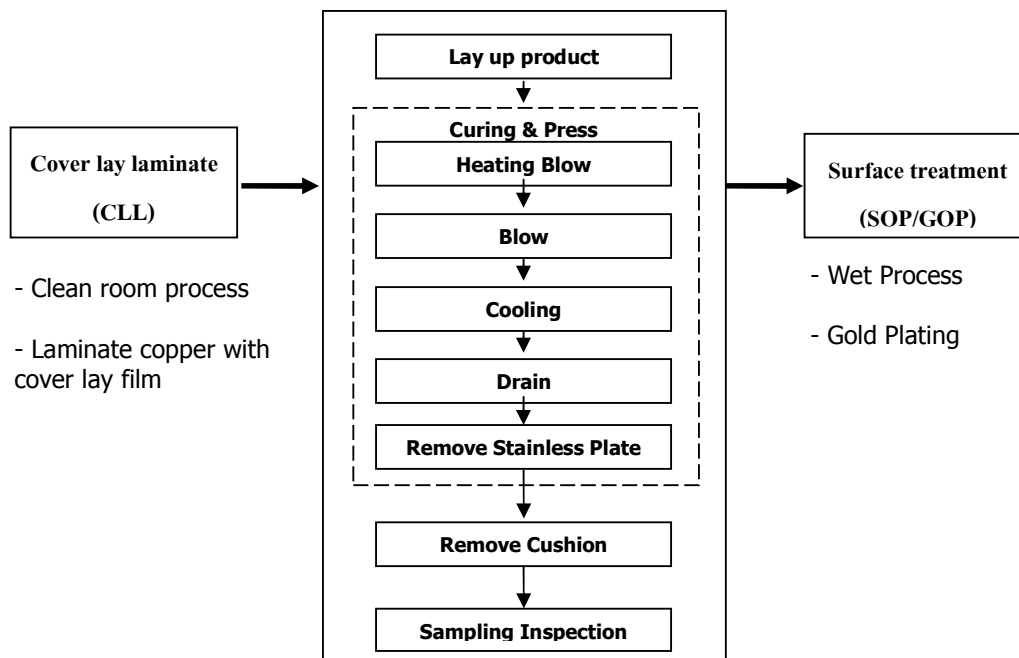
ดั่งรูปที่ 5-4 วิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก

5.1.4 เม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film

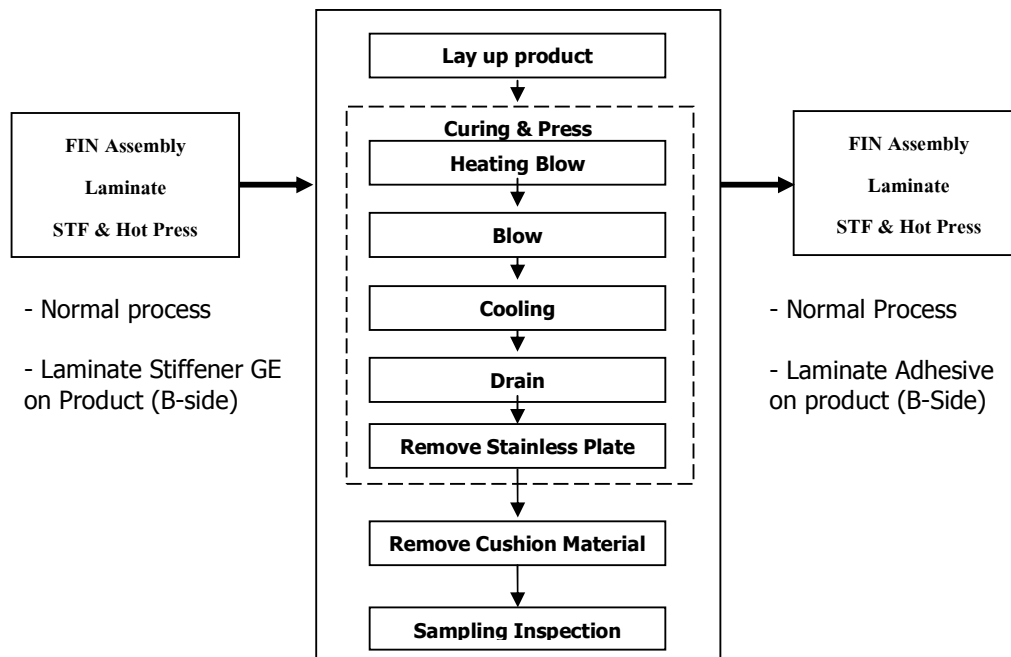
แผ่น TPX Release film เป็นวัสดุช่วยในการกดอัดที่สัมผัสกับโดยตรงกับด้าน Base film ของวงจรมิซนิกงอได้ โดยมีหน้าที่หลักเพื่อป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับแผ่นเหล็กโดยตรง ซึ่งเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film นั้นเกิดสารประกอบของแผ่น TPX Release film ที่หลอมละลายไม่สมบูรณ์หรือมีสิ่งแปลกปลอมปนฝังอยู่ในเนื้อของแผ่น TPX Release film (Fisheyes/Foreign matter) ซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิตของบริษัทผู้ผลิต มาตรฐานข้อกำหนดด้านคุณภาพของ TPX Release film คือ ใน 1 ม้วน (500 แผ่น) ต้องไม่มีเม็ดฝุ่นที่มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 1 มิลลิเมตร ($\varnothing \geq 1.0 \text{ mm} = 0 \text{ Pcs/roll}$) และเม็ดฝุ่นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.05-1.0 มิลลิเมตร ต้องมีได้ไม่เกิน 20 จุด ใน 1 ม้วน (500 แผ่น) ของ TPX Release film

5.1.5 สิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ต้องผ่านกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนซึ่งทำให้อาจมีสิ่งแปลกปลอมตกค้างบนชิ้นงาน เช่น คราบขาวหรือเศษวัสดุในแต่ละกระบวนการผลิตต่างๆ จากการศึกษาสภาพปัญหาและกระบวนการผลิตในขั้นตอนก่อนหน้า และได้ทำการกำหนดกรอบปัญหาที่จะทำการศึกษาที่ไว้ CURCS และ CURG โดยทั้ง 2 กระบวนการมีรายละเอียดการผลิตดังรูปที่ 5-5 และรูปที่ 5-6



รูปที่ 5-5 แผนภาพ SIPOC ของกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 1 CURCS



รูปที่ 5-6 แผนภาพ SIPOC ของกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 2 CURG

5.1.6 วิธีเก็บแผ่นเหล็ก (Stainless Plate)

หลังจากทำการขัดแผ่นเหล็ก(Stainless Plate) ด้วยกระดาษทรายเสร็จแล้วจะทำกรำลำเลียงนำไปเก็บไว้รอใช้งานประมาณ 2 สัปดาห์ แต่เนื่องจากแผ่นเหล็กมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก ซึ่งไม่สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย เพื่อให้สะดวกต่อการนำมาใช้งานจึงจำเป็นต้องอยู่ใกล้สถานที่ปฏิบัติงาน แต่ในบริเวณที่จัดเก็บเป็นบริเวณของห้องควบคุมเครื่องจักรซึ่งเต็มไปด้วยฝุ่นละอองจากการเผาไหม้ของระบบอบคงรูป Curing

5.2 การทดสอบสมมติฐาน

จากการวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าทางทีมงานจึงได้แบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ดังนี้

5.2.1 ปัจจัยที่มาจากภายในของกระบวนการอบคงรูปซึ่งมีทั้งหมด 4 ปัจจัย คือ

1. ปัจจัยเรื่องความสะอาดของแผ่นเหล็กทั้งปัจจัยด้านวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) และวิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate)ทำการพิจารณาโดยใช้การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) ในผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F ผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 ซึ่งในช่วงเดือนกรกฎาคม และสิงหาคม 2555 มีสัดส่วนของเสีย 0.233% หรือ 2330.4 DPPM (Defect part per million) ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน

โดยการทำงานของกระบวนการอบคงรูปจะใช้เวลานานและมีรูปแบบการทำงานเป็นวงรอบการผลิต โดยในการเตรียมชิ้นงาน 1 รอบการผลิตจะใช้ แผ่นเหล็กครั้งละ 1 ชุดทั้งหมดจำนวน 66 แผ่น และมีกำหนดรอบในการทำการจัดผิวหน้าโดยด้วยกระดาษทราย ทุก 2 สัปดาห์ ดังนั้นทางทีมได้ออกแบบการทดลอง โดยใช้ Chi-Square Test ดังนี้

1. เตรียมแผ่นเหล็ก 3 ชุด
 - แผ่นเหล็กที่กำลังใช้งานอยู่และใช้มาเป็นเวลา 2 สัปดาห์
 - แผ่นเหล็กที่ทำการขัดทำความสะอาดและเก็บไว้รอใช้งาน 2 สัปดาห์
 - แผ่นเหล็กที่เพิ่งขัดทำความสะอาดเสร็จ
2. เตรียมชิ้นงานทดสอบ 3 กลุ่ม โดยทำการตรวจสอบชิ้นงานก่อนทำการทดลองเพื่อแยกจำนวนข้อบกพร่องอื่น ๆ ที่อาจเกิดมาจากกระบวนการก่อนหน้า
3. นำชิ้นงานผ่านกระบวนการอบคงรูปที่เครื่องจักรเดียวกันและในรอบการผลิตต่อกันเพื่อให้มีสภาวะในการทำงานใกล้เคียงกัน
4. ทำการตรวจสอบหาข้อบกพร่องและจดบันทึก

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$$H_0 : P_1 = P_2 = P_3$$

$$H_1 : P_i \neq P_j \text{ มีอย่างน้อย 1 ค่า ที่มีความแตกต่าง}$$

เมื่อ

P_1 = สัดส่วนของเสียจากแผ่นเหล็กที่กำลังใช้งานอยู่และใช้งานมาเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์

P_2 = สัดส่วนของเสียจากแผ่นเหล็กที่ขัดทำความสะอาดและเก็บไว้รอใช้งาน 2 สัปดาห์

P_3 = สัดส่วนของเสียเนื่องมาจากแผ่นเหล็กที่เพิ่งขัดทำความสะอาดเสร็จ

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

ขนาดรุ่นการผลิตของผลิตภัณฑ์ MC-010 เท่ากับ 48 แผ่นใหญ่ หรือ 2400 ชิ้นเล็ก โดยในการเตรียมชิ้นงาน 1 รอบการผลิตของที่กระบวนการอบคงรูปจะได้ ครั้งละ 5 ลีต ต่อรอบการทำงานซึ่งเท่ากับ 12,000 ชิ้น และจากข้อมูลปริมาณการผลิตในตารางที่ 4-18 สัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องประเภท Dent COV ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555 ผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 มีสัดส่วนของเสีย 0.233% หรือ 2330.4 DPPM (Defect part per million) และมีสัดส่วนของเสียอยู่ที่ $P = 0.00233$ และกำหนดสัดส่วนของเสียเป้าหมายเพื่อทดสอบที่ความต่างลดลง 50% คือที่ $P = 0.001165$ และคำนวณจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ต้องใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้ดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในตรวจสอบรอยบุบ (Dent COV) ผลิตภัณฑ์ MC-101

Power and Sample Size			
Test for Two Proportions			
Testing comparison p = baseline p (versus not =)			
Calculating power for baseline p = 0.001165			
Alpha = 0.05			
Comparison p	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.00233	27009	0.9	0.900007
0.00233	20176	0.8	0.800016
0.00233	15866	0.7	0.700023
The sample size is for each group.			

จากการคำนวณจำนวนชิ้นงานทดสอบในตารางที่ 5-1 เพื่อให้มีจำนวนชิ้นงานทดสอบที่เพียงพอ ทางทีมงานจึงกำหนดจำนวนทดสอบที่ 2 รอบการทำงาน ต่อการทดลอง รวมทั้งหมดจำนวน 24000 ชิ้น ด้วยระดับความเชื่อมั่น 0.86

ผลการทดลอง

ตารางที่ 5-2 ผลการทดลองปัจจัยเรื่องความสะอาดของแผ่นเหล็กทั้งปัจจัยด้านวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) และวิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate)

ระดับความสะอาดของแผ่นเหล็ก	จำนวนชิ้นงานทดสอบ (ชิ้น)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	สัดส่วนของเสีย (DPPM)
แผ่นเหล็กที่กำล้างใช้งานและใช้งานมาเป็นเวลา 2 สัปดาห์	24000	62	2583.3
แผ่นเหล็กที่ขัดทำความสะอาดและเก็บไว้รอใช้งาน 2 สัปดาห์	24000	49	2041.7
แผ่นเหล็กที่เพิ่งขัดทำความสะอาดเสร็จ	24000	45	1875.0

ตารางที่ 5-3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานเรื่องความสะอาดของแผ่นเหล็กทั้งปัจจัยด้านวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) และวิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate)

Chi-Square Test: C1, C2, C3				
Expected counts are printed below observed counts				
Chi-Square contributions are printed below expected counts				
	C1	C2	C3	Total
1	62	49	45	156
	52.00	52.00	52.00	
	1.923	0.173	0.942	
2	23938	23951	23955	71844
	23948.00	23948.00	23948.00	
	0.004	0.000	0.002	
Total	24000	24000	24000	72000
Chi-Sq = 3.045, DF = 2, P-Value = 0.218				

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากข้อมูลในตารางที่ 5-2 และผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 5-3 พบว่าค่า P-Value = 0.218 สรุปได้ว่า ยอมรับ H_0 สัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ของปัจจัยเรื่องความสะอาดของแผ่นเหล็กไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยสัดส่วนของเสียจากแผ่นเหล็กที่ขัดทำความสะอาดและเก็บไว้รอใช้งาน 2 สัปดาห์ และสัดส่วนของเสียจากแผ่นเหล็กที่เพิ่งขัดทำความสะอาดเสร็จ ไม่ได้แตกต่างกับสัดส่วนของเสียที่เกิดจากจากแผ่นเหล็กที่กำลังใช้งานใช้มานานเป็นเวลา 2 สัปดาห์

แสดงว่าวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) และวิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate) ยังไม่เหมาะสมเพราะยังส่งผลให้เกิดสัดส่วนของเสียในระดับสูงที่ไม่ได้แตกต่างจากแผ่นเหล็กที่ใช้มาเป็นระยะเวลาาน ดังนั้นปัจจัยวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) และวิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate) ถือเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV)

2. ปัจจัยเกี่ยววิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก ใช้การทดสอบสมมติฐาน(Hypothesis Test) ในผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F ผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 ซึ่งในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555 มีสัดส่วนของเสีย 0.233% หรือ 2330.4 DPPM (Defect part per million)

ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน

ทางทีมได้ออกแบบการทดลอง โดยใช้ Hypothesis Test : Two Proportions Test ดังนี้

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทำความสะดวกแผ่นเหล็ก
 - อุปกรณ์ทำความสะอาดแผ่นเหล็กที่ใช้อยู่ในปัจจุบันอันได้แก่ ผ้าสำหรับทำความสะอาดผืนใหม่และแอลกอฮอล์
 - อุปกรณ์ทำความสะอาดแผ่นเหล็กที่ทางทีมงานได้ทดลองจัดทำขึ้นและแอลกอฮอล์
2. เตรียมชิ้นงานทดสอบ 2 กลุ่ม โดยทำการตรวจสอบชิ้นงานก่อนทำการทดลองเพื่อแยกจำนวนข้อบกพร่องอื่นๆที่อาจเกิดมาจากกระบวนการก่อนหน้า
3. นำชิ้นงานผ่านกระบวนการอบคงรูปที่เครื่องจักรเดียวกันแต่เนื่องจากปัจจัยเกี่ยวกับวิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็กจะขึ้นเวลาและการสะสมของปริมาณเศษฝุ่นหรือสิ่งสกปรกอื่นบนแผ่นเหล็กขณะปฏิบัติงานด้วย ดังนั้นจะทำการทดลองใช้อุปกรณ์แต่ละชุดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ตามรอบระยะของการเปลี่ยนแผ่นเหล็กเพื่อนำไปขัดทำความสะอาด
4. ทำการตรวจสอบหาข้อบกพร่องและจดบันทึก

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$$H_0 : P1 = P2$$

$$H_1 : P1 \neq P2$$

เมื่อ

$P1 =$ สัดส่วนของเสียเนื่องมาจากอุปกรณ์ทำความสะอาดแผ่นเหล็กที่ใช้ในปัจจุบัน

$P2 =$ สัดส่วนของเสียเนื่องมาจากอุปกรณ์ทำความสะอาดแผ่นเหล็กที่ทางทีมงานได้

ทดลองจัดทำขึ้น

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 เพื่อให้มีจำนวนชิ้นงานทดสอบที่ครอบคลุมตลอดทั้ง 2 สัปดาห์ ทางทีมงานจึงกำหนดจำนวนทดสอบที่ 4 รอบการทำงาน ต่อการทดลอง จำนวน 48000 ชิ้น ด้วยระดับความเชื่อมั่น 0.99 โดยทำการทดสอบ สัปดาห์ละ 2 รอบการทำงาน

ผลการทดลอง

ผลการทดลองปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน ของผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010

ตารางที่ 5-4 ตารางผลการทดลองปัจจัยวิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก ของผลิตภัณฑ์ MC-010

ประเภทของอุปกรณ์ทำความสะอาดแผ่นเหล็ก	จำนวน ชิ้นงาน ทดสอบ (ชิ้น)	จำนวน ของเสีย (ชิ้น)	สัดส่วน ของเสีย (DPPM)
อุปกรณ์ทำความสะอาดแผ่นเหล็กที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	48000	95	1979.2
อุปกรณ์ทำความสะอาดแผ่นเหล็กที่ได้ทดลองจัดทำขึ้น	48000	68	1416.7

ตารางที่ 5-5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานปัจจัยเกี่ยวกับวิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก ของผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010

Test and CI for Two Proportions			
Sample	X	N	Sample p
1	95	48000	0.001979
2	68	48000	0.001417
Difference = p (1) - p (2)			
Estimate for difference: 0.0005625			
95% CI for difference: (0.0000416394, 0.00108336)			
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 2.12 P-Value = 0.034			
Fisher's exact test: P-Value = 0.041			

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากข้อมูลในตารางที่ 5-4 และผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ในตารางที่ 5-5 พบว่าค่า P-Value = 0.041 สรุปได้ว่า ปฏิเสธ H_0 สัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ของปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน ของผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดย สัดส่วนของเสียจากอุปกรณ์ทำความสะอาดแผ่นเหล็กที่ได้ทดลองจัดทำขึ้น แตกต่างจากสัดส่วนของเสียจากอุปกรณ์ทำความสะอาดแผ่นเหล็กที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ดังนั้นปัจจัยปัจจัยเกี่ยวกับวิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อ
ปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV)

3. ปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน โดยใช้การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test)

จากแผนภาพ SIPOC ของกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 1 CURCS และแผนภาพ SIPOC
ของกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 2 CURG ดังรูปที่ และรูปที่ จะเห็นว่าทั้ง 2 กระบวนการมีปัจจัย
การผลิตที่แตกต่างกันดังนั้นทางทีมจึงออกแบบการทดลอง โดยทำการทดสอบในผลิตภัณฑ์กลุ่ม
CURCS-F ผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 และผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G ผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 ซึ่งในช่วง
เดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555 ผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 มีสัดส่วนของเสีย 0.304 % หรือ 3042.4
DPPM (Defect part per million)

ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน

ทางทีมได้ออกแบบการทดลอง โดยใช้ Hypothesis Test : Two Proportions Test ดังนี้

1. เตรียมชิ้นงานทดสอบผลิตภัณฑ์ละ 2 กลุ่ม
 - โดยกลุ่มที่ 1 ทำการตรวจสอบชิ้นงานก่อนทำการทดลองเพื่อแยกจำนวนข้อบกพร่อง
อื่นๆที่อาจเกิดมาจากกระบวนการก่อนหน้า
 - โดยกลุ่มที่ 2 ทำการตรวจสอบชิ้นงานก่อนทำการทดลองเพื่อแยกจำนวนข้อบกพร่อง
อื่นๆที่อาจเกิดมาจากกระบวนการก่อนหน้า และทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ด้านด้วย ลูกกลิ้งทำ
ความสะอาด
2. นำชิ้นงานผ่านกระบวนการอบคงรูปที่เครื่องจักรเดียวกันและในรอบการผลิตต่อกันเพื่อให้
มีสภาวะในการทำงานใกล้เคียงกัน
3. ทำการตรวจสอบหาข้อบกพร่องและจดบันทึก

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$$H_0 : P1 = P2$$

$$H_1 : P1 \neq P2$$

เมื่อ

$P1 =$ สัดส่วนของเสียเนื่องมาจากชิ้นงานในกระบวนการปกติ

$P2 =$ สัดส่วนของเสียเนื่องมาจากชิ้นงานที่เพิ่งทำความสะอาดทั้ง 2 ด้านด้วยลูกกลิ้งทำ

ความสะอาด

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

ในการทดสอบผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 เพื่อให้มีจำนวนชิ้นงานทดสอบที่เพียงพอทางทีมงานจึงกำหนดจำนวนทดสอบที่ 2 รอบการทำงานต่อการทดลอง รวมทั้งหมดจำนวน 24000 แผ่น ด้วยระดับความเชื่อมั่น 0.86

ส่วนผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 มีขนาดรุ่น เท่ากับ 48 แผ่นใหญ่ หรือ 1920 ชิ้นเล็กโดยในการเตรียมชิ้นงาน 1 รอบการผลิตของที่กระบวนการรอบรูปจะได้ ครั้งละ 5 ล็อต ต่อรอบการทำงาน ซึ่งเท่ากับ 9,600 ชิ้น และจากข้อมูลปริมาณการผลิตในตารางที่ 4-21 สัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555 ผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 มีสัดส่วนของเสีย 0.304 % หรือ 3042.4 DPPM (Defect part per million) มีสัดส่วนของเสียอยู่ที่ $P = 0.00304$ และกำหนดสัดส่วนของเสียเป้าหมายเพื่อทดสอบที่ความต่างลดลง 50% คือที่ $P = 0.001524$ และจากการคำนวณจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ต้องใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้ดังตารางที่ 5-6

ตารางที่ 5-6 จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในตรวจสอบรอยบุบ (Dent COV) ผลิตภัณฑ์ PV-125

Power and Sample Size			
Test for Two Proportions			
Testing comparison p = baseline p (versus not =)			
Calculating power for baseline p = 0.001524			
Alpha = 0.05			
Comparison p	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.00304	20817	0.9	0.900007
0.00304	15550	0.8	0.800002
0.00304	12229	0.7	0.700033
0.00304	9706	0.6	0.600028
The sample size is for each group.			

จากการคำนวณจำนวนชิ้นงานทดสอบในตารางที่ เพื่อให้มีจำนวนชิ้นงานทดสอบที่เพียงพอ ทางทีมงานจึงกำหนดจำนวนทดสอบผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 ที่ 2 รอบการทำงาน ต่อการทดลองในจำนวน 19200 ชิ้น ด้วยระดับความเชื่อมั่น 0.88

ผลการทดลอง

1. ผลการทดลองปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน ของผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010

ตารางที่ 5-7 ตารางผลการทดลองปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน ของผลิตภัณฑ์ MC-010

ระดับความสะอาดของผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010	จำนวนชิ้นงานทดสอบ (ชิ้น)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	สัดส่วนของเสีย (DPPM)
ชิ้นงานในกระบวนการปกติ	24000	56	2333.3
ชิ้นงานที่เพิ่งทำความสะอาดด้วยลูกกลิ้งทำความสะอาด	24000	41	1708.3

ตารางที่ 5-8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน ของผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010

Test and CI for Two Proportions			
Sample	X	N	Sample p
1	56	24000	0.002333
2	41	24000	0.001708
Difference = p (1) - p (2)			
Estimate for difference: 0.000625			
95% CI for difference: (-0.000178476, 0.00142848)			
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 1.52 P-Value = 0.127			
Fisher's exact test: P-Value = 0.154			

2. ผลการทดลองปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน ของผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125

ตารางที่ 5-9 ตารางผลการทดลองปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน ของผลิตภัณฑ์ PV-125

ระดับความสะอาดของผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125	จำนวนชิ้นงานทดสอบ (ชิ้น)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	สัดส่วนของเสีย (DPPM)
ชิ้นงานในกระบวนการปกติ	19200	71	3697.9
ชิ้นงานที่เพิ่งทำความสะอาดด้วยลูกกลิ้งทำความสะอาด	19200	46	2395.8

ตารางที่ 5-10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน ของผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125

Test and CI for Two Proportions			
Sample	X	N	Sample p
1	71	19200	0.003698
2	46	19200	0.002396
Difference = p (1) - p (2)			
Estimate for difference: 0.00130208			
95% CI for difference: (0.000199664, 0.00240450)			
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 2.31 P-Value = 0.021			
Fisher's exact test: P-Value = 0.026			

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากตารางที่ 5-7 และผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ในตารางที่ 5-8 พบว่าค่า P-Value = 0.154 สรุปได้ว่า ยอมรับ H_0 สัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน ของผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยสัดส่วนของเสียจากชิ้นงานที่เพิ่งทำความสะอาดด้วยลูกกลิ้งทำความสะอาด ไม่แตกต่างจากสัดส่วนของเสียจากชิ้นงานในกระบวนการปกติ

ส่วนผลการวิเคราะห์ทางสถิติของผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 จากข้อมูลในตารางที่ 5-9 และผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ในตารางที่ 5-10 พบว่าค่า P-Value = 0.026 สรุปได้ว่า ปฏิเสธ H_0 สัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ของปัจจัยเกี่ยวกับ สิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงานของผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยสัดส่วนของเสียจากชิ้นงานที่เพิ่งทำความสะอาดด้วยลูกกลิ้งทำความสะอาด แตกต่างจากสัดส่วนของเสียจากชิ้นงานในกระบวนการปกติ

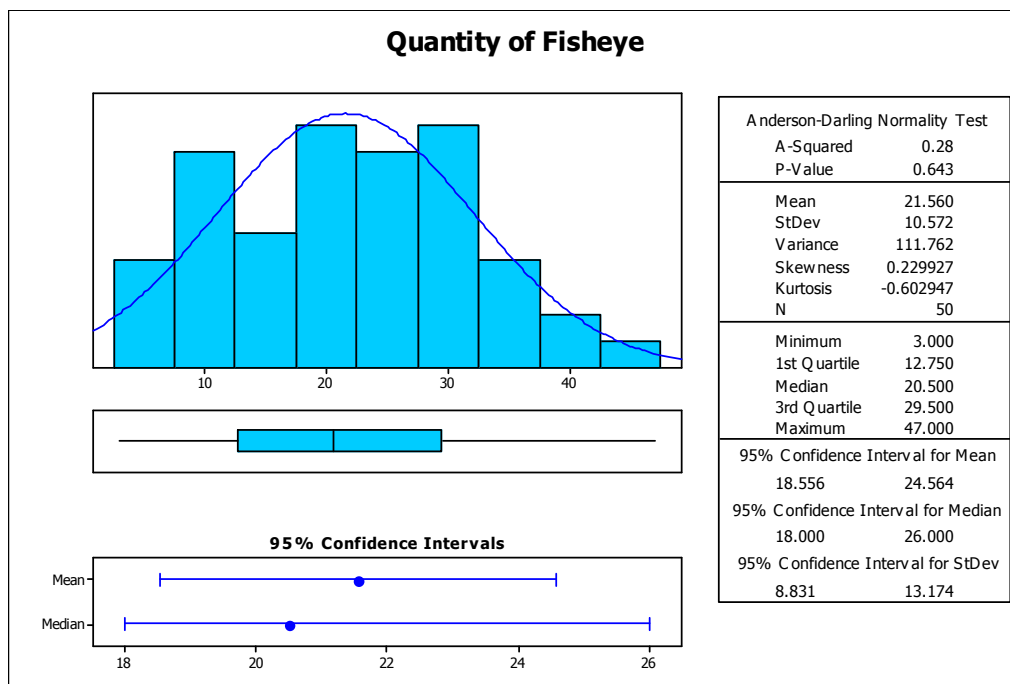
ดังนั้น สำหรับผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F รุ่น MC-010 ปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงานอาจมีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) แต่ไม่ได้เป็นปัจจัยสำคัญซึ่งอาจเนื่องด้วยผลิตภัณฑ์อันเป็นปัจจัยรับเข้าของกระบวนการ CURCS นั้นมาจากกระบวนการที่มีการควบคุมเกี่ยวกับฝุ่นหรือสิ่งสกปรกบนชิ้นงาน และในพื้นที่ปฏิบัติงานเป็นอย่างดี แต่สำหรับผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G รุ่น PV-125 ปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV)

5.2.2 ปัจจัยที่มาจากภายนอกของกระบวนการอบคงรูปซึ่งมีทั้งหมด 2 ปัจจัย คือ

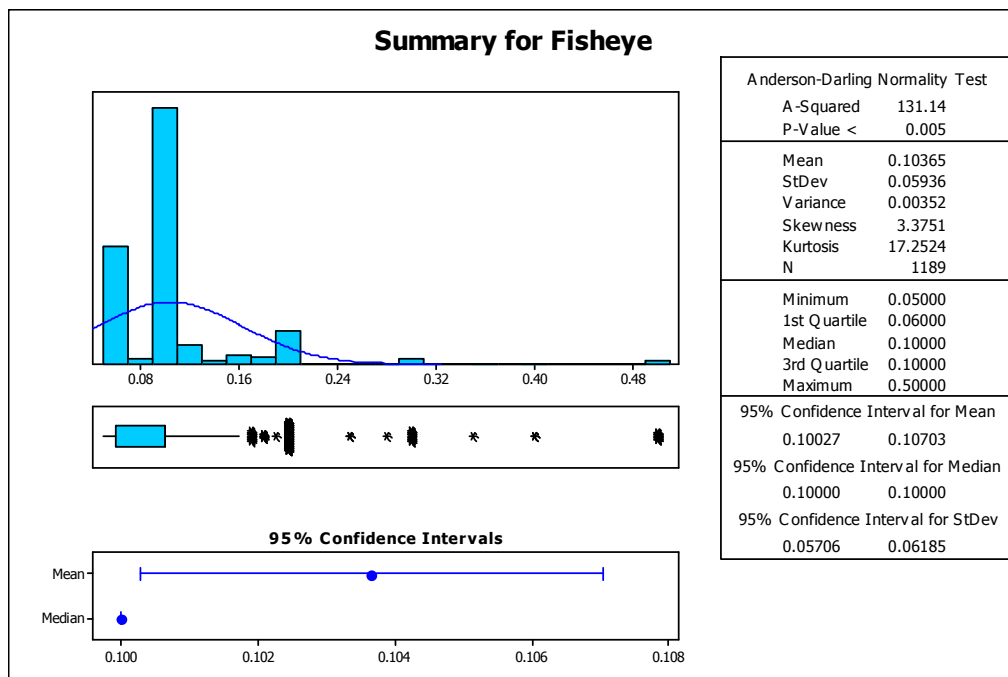
1. ปัจจัยเรื่องเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film ทำการพิจารณาโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

แผ่น TPX Release film เป็นวัสดุช่วยในการกดอัดที่สัมผัสกับโดยตรงกับด้าน Base film ของวงจรมพิมพ์ชนิดอโต้ โดยมีหน้าที่หลักเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดลักษณะสัมผัสกับแผ่นเหล็กโดยตรงซึ่งเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film นั้นเกิดสารประกอบของแผ่น TPX Release film ที่หลอมละลายไม่สมบูรณ์หรือมีสิ่งแปลกปลอมปนฝังอยู่ในเนื้อของแผ่น TPX Release film (Fisheyes/Foreign matter) ซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิตของบริษัทผู้ผลิต มาตรฐานข้อกำหนดด้านคุณภาพของ TPX Release film คือ ใน 1 ม้วน (500 แผ่น) ต้องไม่มีเม็ดฝุ่นที่มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 1 มิลลิเมตร ($\phi \geq 1.0 \text{ mm} = 0 \text{ Pcs/roll}$) และเม็ดฝุ่นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.05 - 1.0 มิลลิเมตร ต้องมีได้ไม่เกิน 20 จุดใน 1 ม้วน (500 แผ่น) ของ TPX Release film

จากการเก็บข้อมูลโดยการสุ่มตรวจสอบ TPX Release film จำนวน 50 แผ่น พบว่าโดยเฉลี่ยมีเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมอยู่จำนวน 21 จุดต่อแผ่น และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ยมีขนาดเท่ากับ = 0.1 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 5-7 และรูปที่ 5-8



รูปที่ 5-7 ข้อมูลแสดงจำนวนเฉลี่ยของเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film



รูปที่ 5-8 ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film

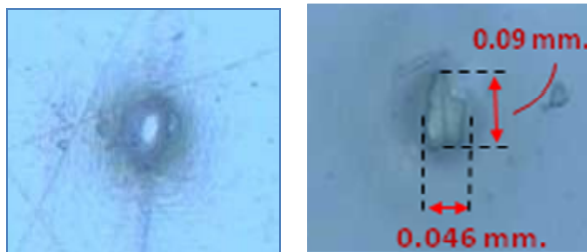
จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film มีจำนวนมาก โดยเฉลี่ยถึง 21 จุดต่อแผ่น แต่มีขนาดที่เล็กกว่าข้อกำหนดด้านคุณภาพซึ่ง โดยเฉลี่ยมีขนาดเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตรเท่านั้น และจากศึกษากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 โดยผลการเก็บข้อมูลเพื่อระบุหาโอกาสในการเกิดรอยบุบบนชิ้นงานจากจำนวนทดสอบ 10 ล็อต หรือ 480 ชิ้นงาน แผ่นใหญ่นั้น ผลจากการเก็บข้อมูลจำนวนรอยบุบบนชิ้นงาน MC-010 แยกตามจุดตรวจสอบพบว่า โดยพบว่าจุดตรวจสอบที่ 2 ซึ่งเป็นการตรวจสอบหลังกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 1 หรือ CURCS นั้นเกิดรอยบุบ มากที่สุดถึง 346 ตำแหน่ง คิดเป็น 50% ของปริมาณรอยบุบที่พบทั้งหมด พบว่ามีรอยกุดจากเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film 80 ตำแหน่ง คิดเป็น 23 % ของปริมาณรอยบุบของจุดตรวจสอบที่ 2 จะเห็นได้ว่าเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film แม้ว่าจะมีขนาดและจำนวนที่อยู่ในขอบเขตของข้อกำหนดด้านคุณภาพ แต่เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบได้สูงถึง 23 % ดังนั้นทางทีมผู้วิจัยจึงทำการศึกษาถึงขนาดเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film และผลกระทบของขนาดเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film กับโอกาสการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ

โดยในการพิจารณาว่าขนาดเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาหรือไม่นั้น ทางทีมงานได้ทำการออกแบบการทดลองและใช้การ

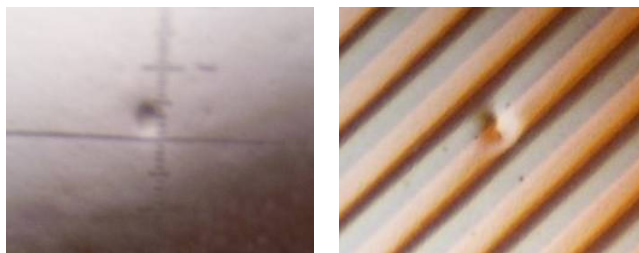
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดนูนสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film และโอกาสการเกิดสัดส่วนของเสียประเภทรอยบุบ (Dent COV) โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบ Logistic Regression

โดยมีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

1. เตรียมแผ่น TPX Release film โดยการทำการสุ่ม มาจำนวน 30 แผ่น
2. ทำการวัดขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดนูน และทำสัญลักษณ์บนแผ่น TPX Release film และนับจำนวนเม็ดนูนที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ
3. เตรียมชิ้นงานทดสอบโดยใช้เศษแผ่นทองแดง CCL (Copper clad laminates) ความหนา 0.018 และ 0.035 มิลลิเมตรซึ่งเท่ากับความหนาของวงจรพิมพ์ไฟฟ้า ความหนาละ 15 แผ่น
4. ทำการเตรียมและจัดเรียงชิ้นงาน(Work sheet) และนำงานเข้าสู่เครื่องอบคงรูป
5. ทำลอกชิ้นงานทดสอบและการตรวจสอบรอยบุบ ในตำแหน่งของเม็ดนูนบนแผ่น TPX Release film
6. นับจำนวนของรอยบุบที่เกิดขึ้นจากตำแหน่งเม็ดนูนสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film ที่ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ และคำนวณสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ
7. ทำการวิเคราะห์ผลด้วยการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) โดยโปรแกรม Minitab



รูปที่ 5-9 ตัวอย่างเม็ดนูนบนแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film



รูปที่ 5-10 ตัวอย่างรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ที่มีสาเหตุมาจากเม็ดนูนแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5-11

ตารางที่ 5-11 ผลการทดลองชิ้นงานทดสอบและการตรวจสอบรอยบุบ ในตำแหน่งของเม็ด
นูนบนแผ่น TPX Release film

ความหนา ของ ทองแดง	ขนาดของเส้น ผ่านศูนย์กลาง ของเม็ดนูน (มิลลิเมตร)	จำนวนของ เม็ดนูนที่พบ ในTPX	จำนวนที่ ทำให้เป็น ของเสีย	สัดส่วน จำนวนที่ทำให้ เป็นของเสีย (Probability)	ค่าพยากรณ์ จากสมการ (Probability)
18	0.05	186	7	0.037634	0.036096
	0.06	5	1	0.200000	0.061256
	0.08	1	1	1.000000	0.165372
	0.1	90	28	0.311111	0.375639
	0.11	7	7	1.000000	0.511808
	0.12	1	1	1.000000	0.646248
	0.15	1	1	1.000000	0.906244
	0.2	20	20	1.000000	0.993602
	0.3	4	4	1.000000	0.999975
	0.4	1	1	1.000000	1.000000
35	0.05	50	2	0.040000	0.111576
	0.1	59	11	0.186441	0.158782
	0.11	4	4	1.000000	0.169971
	0.2	31	8	0.258065	0.298915
	0.3	6	3	0.500000	0.490595
	0.4	1	1	1.000000	0.685082
	0.5	9	7	0.777778	0.830907

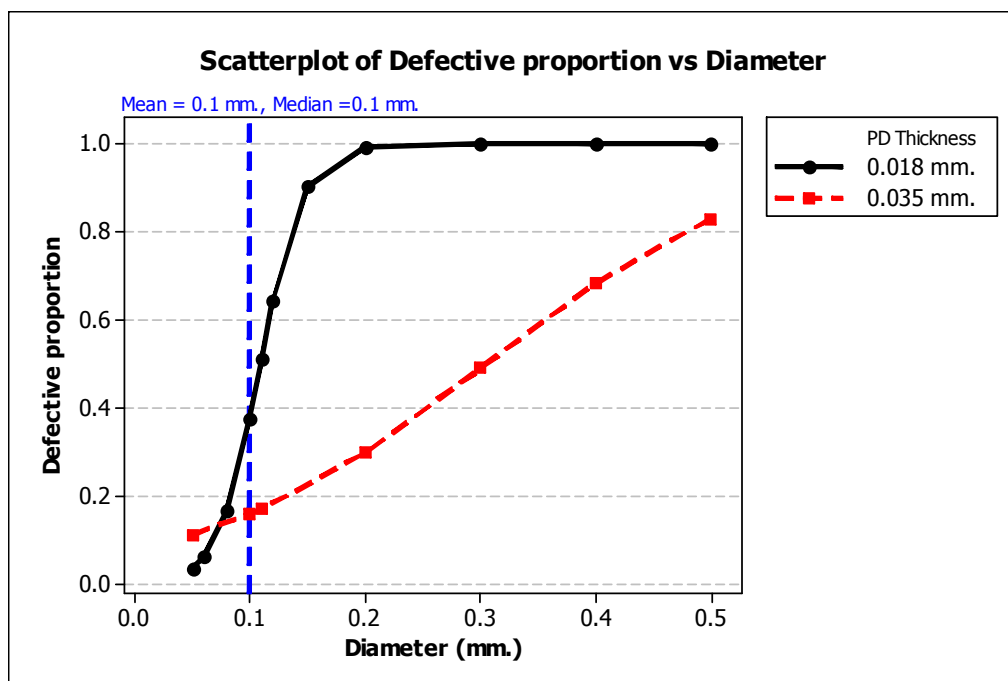
รูปที่ 5-11 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดนูนสิ่งแปลกปลอมใน
เนื้อแผ่น TPX Release film และโอกาสการเกิดสัดส่วนของเสียประเภทรอยบุบ Dent COV แยก
ตามความหนาของผลิตภัณฑ์และตารางที่ 5-12 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอย (Regression
Analysis) โดยโปรแกรม Minitab และได้สมการความสัมพันธ์คือ

$$p(\text{Defective}) = \frac{e^{(-6.06154+3.57938* \text{PD Thickness}+55.5344* \text{Diameter}-47.3859* \text{PD Thickness}*\text{Diameter})}}{1+ e^{(-6.06154+3.57938* \text{PD Thickness}+55.5344* \text{Diameter}-47.3859* \text{PD Thickness}*\text{Diameter})}}$$

โดยได้ค่าสัมประสิทธิ์พยากรณ์ เท่ากับ 0.996551

ตารางที่ 5-12 ผลการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) โดยโปรแกรม Minitab

Binary Logistic Regression: Reject., Fisheye Qty versus PD Thickness, Diameter							
Link Function: Logit							
Response Information							
Variable	Value	Count					
Reject.	Event	108					
	Non-event	369					
Fisheye Qty	Total	477					
Logistic Regression Table							
Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds Ratio		
Constant	-6.06154	0.746434	-8.12	0.000			
PD Thickness							
35	3.57938	0.827825	4.32	0.000	35.85		
Diameter	55.5344	8.03415	6.91	0.000	1.31306E+24		
PD Thickness*Diameter							
35	-47.3859	8.24760	-5.75	0.000	0.00		
95% CI							
Predictor	Lower	Upper					
Constant							
PD Thickness							
35		7.08	181.61				
Diameter	1.90371E+17	9.05660E+30					
PD Thickness*Diameter							
35		0.00	0.00				
Log-Likelihood = -169.561							
Test that all slopes are zero: G = 171.180, DF = 3, P-Value = 0.000							
Goodness-of-Fit Tests							
Method	Chi-Square	DF	P				
Pearson	39.1329	14	0.000				
Deviance	36.0595	14	0.001				
Hosmer-Lemeshow	4.3082	4	0.366				
Table of Observed and Expected Frequencies: (See Hosmer-Lemeshow Test for the Pearson Chi-Square Statistic)							
		Group					
Value	1	2	3	4	5	6	Total
Event							
Obs	7	3	11	41	44	2	108
Exp	6.7	5.9	9.4	43.9	40.1	2.0	
Non-event							
Obs	179	52	48	85	5	0	369
Exp	179.3	49.1	49.6	82.1	8.9	0.0	
Total	186	55	59	126	49	2	477
Measures of Association: (Between the Response Variable and Predicted Probabilities)							
Pairs	Number	Percent	Summary Measures				
Concordant	32096	80.5	Somers' D		0.71		
Discordant	3932	9.9	Goodman-Kruskal Gamma		0.78		
Ties	3824	9.6	Kendall's Tau-a		0.25		
Total	39852	100.0					



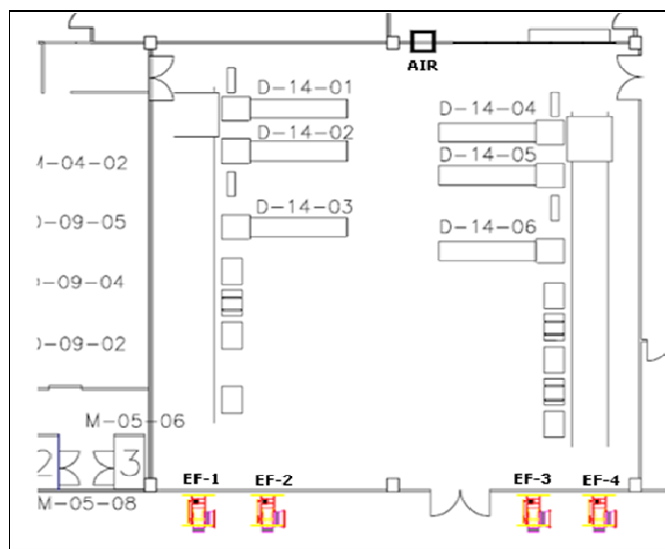
รูปที่ 5-11 ความสัมพันธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดอนุสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film และ โอกาสการเกิดสัดส่วนของเสียประเภทรอยบุบ Dent COV

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดอนุสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film และโอกาสการเกิดสัดส่วนของเสียประเภทรอยบุบ Dent COV แยกตามความหนาของผลิตภัณฑ์ในรูปที่ 5.11 และผลการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ในตารางที่ 5-12 แสดงว่า ขนาดเม็ดอนุสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film เป็นปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองซึ่งคือสัดส่วนของเกิดรอยบุบบนวงจรมิพม์ชนิดองได้ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยความระดับรุนแรงของปัจจัยขนาดเม็ดอนุสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film จะแปรผันตามความหนาของวงจรมิพม์ชนิดองได้ด้วย วงจรมิพม์ชนิดองได้ขึ้นที่ความหนา 0.018 มิลลิเมตร จะมีโอกาสในการเกิดของเสียมากกว่า ซึ่งจากรูปที่ 5-8 จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดอนุสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film อยู่ที่ 0.1 มิลลิเมตร นั้นมีโอกาสในการเกิดรอยบุบบนวงจรมิพม์ไฟฟ้าที่ความหนา 0.018 มิลลิเมตร สูงถึง 37.5% และมีโอกาส 15.8% ที่จะทำให้เกิดรอยบุบบนวงจรมิพม์ไฟฟ้าที่ความหนา 0.035 มิลลิเมตร ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วมีเม็ดอนุสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film อยู่มากถึง 21 จุดต่อแผ่น ดังรูปที่ 5-7

2. ปัจจัยเกี่ยวกับระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม

ระบบระบายอากาศที่ดีคือทำให้ห้องมีความดันบวก (Positive pressure) ซึ่งคือสถานะที่ความดันภายในห้องมากกว่าความดันภายนอกห้อง หรือมากกว่าความดันบรรยากาศ (atmospheric pressure) ทำให้มีอากาศไหลออกจากห้อง ความดันบวกเป็นสถานะที่ใช้ในห้องสะอาด (clean room) หรือห้องที่ควบคุมความสะอาด เช่น ห้องบรรจุ ห้องเตรียมวัตถุดิบ บริเวณพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงเพื่อป้องกันมิให้อนุภาค เช่น ฝุ่นละออง แบคทีเรีย ยีสต์ รา รวมทั้งสปอร์ของแบคทีเรีย (bacterial spore) และสปอร์ของรา เข้ามาภายในห้อง โดยอากาศที่เข้าไปอาจมีฝุ่นและเชื้อแบคทีเรีย จึงจำเป็นต้องมีการกรองฝุ่นด้วย ตัวกรอง(Filter) ก่อนนำอากาศที่ดีไปใช้งาน ห้องที่เป็นความดันบวก (Positive) นั้น หมายถึงภายในห้องจะต้องมีแรงดันของอากาศภายในห้องอยู่ตลอดเวลา ที่ระบายอากาศออกตามช่องที่กำหนดให้โดยการควบคุมแรงดัน ซึ่งคือ การถ่ายเทอากาศร้อนหรืออากาศเสียภายในห้องออกภายนอกห้อง และให้มีอากาศที่บริสุทธิ์กว่าเข้าไปแทนที่ (Fresh Air หรือ Outside Air) โดยอากาศจะต้องมีการถ่ายเทตลอดเวลา ซึ่งการถ่ายเทนี้จะคิดกันเป็นครั้ง ต่อชั่วโมง ซึ่งจะเรียกกันเป็น Air Change หรือคือระยะเวลาที่ใช้ในการถ่ายเทอากาศได้หมดห้อง การนำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้าสู่อาคารไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการสะสมของกลิ่น เชื้อโรค และสิ่งระคายเคืองต่างๆ ในอากาศที่หมุนเวียนภายในอาคาร

โดยห้องที่ต้องการควบคุมแบบ Negative pressure control คือการทำให้ห้องมีความดันน้อยกว่าความดันบรรยากาศ ใช้กับห้องที่ต้องการควบคุมการแพร่กระจาย กลิ่น เชื้อโรค (Pathogen) หรือ การปนเปื้อน (Contamination) เช่น ห้องสุชา หรือห้องควบคุมเชื้อโรคในโรงพยาบาล



รูปที่ 5-12 ผังกระบวนการและของจุดติดตั้งพัดลมระบายอากาศ (Exhaust Fan)

การตรวจสอบระบบระบายอากาศ แตกต่างกันในข้อมูลที่ตัวแปรที่ต้องการตรวจสอบ โดยทั่วไปจะการตรวจวัดในเชิงปริมาณ และในเชิงคุณภาพไปพร้อมกัน เช่น ตรวจวัดอัตราไหลเข้า ไหลออก ความเร็วอากาศภายในห้อง เพื่อนำมาคำนวณหาการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องแต่ละห้อง ตรวจสอบมลพิษภายในห้อง ความเข้มข้นของมลพิษภายใน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และนำข้อมูลมาเป็นดัชนีเพื่อกำหนดการแลกเปลี่ยนอากาศภายในอาคารได้

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการตรวจวัดระบบระบายอากาศ ด้วยการตรวจวัดเชิงปริมาณของอากาศ (Air Quantity) ด้วยเครื่องวัดความเร็วลม (Velocity Meter) เพื่อคำนวณหาอัตรา การ ไหลของอากาศ โดยปริมาตร (volumetric flow rate) ซึ่งหมายถึงปริมาตรหรือปริมาณอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่งในหนึ่ง หน่วยเวลา โดยอัตราการไหลของอากาศสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยของอากาศและพื้นที่หน้าตัดของจุดที่อากาศ เคลื่อนที่ผ่านซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (5-1)

$$Q = AV \quad (5-1)$$

เมื่อ Q = อัตรา การ ไหล ของ อากาศ (ลบ.ฟุต/นาที)
 A = พื้นที่ หน้า ตัด ของ จุด ที่ อากาศ เคลื่อนที่ ผ่าน (ตร.ฟุต)
 V = ปริมาตร อากาศ (ฟุต/นาที)

ทำการตรวจวัดหาความเร็วของอากาศบริเวณแหล่งกำเนิด และความเร็วอากาศที่ผ่านเข้ามาภายในระบบระบายอากาศที่บริเวณปากท่อระบายอากาศโดยตรง ตรวจวัดอัตราไหลเข้าหรืออัตราการถ่ายเทอากาศของอากาศดี (Fresh Air หรือ Outside Air) ตรวจวัดอัตราไหลออกหรืออัตราการถ่ายเทอากาศของอากาศเสียจากพัดลมระบายอากาศ (Exhaust Fan) ตรวจวัดความเร็วอากาศภายในห้อง คำนวณหาการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้อง เพื่อระบุหาสถานะของระบบหมุนเวียนอากาศภายในกระบวนการอบคงรูป โดยนำค่าที่ตรวจวัดได้มาใช้ในการคำนวณตามสมการที่ 5-1 โดยผลการตรวจวัดและการคำนวณระบบหมุนเวียนอากาศภายในกระบวนการอบคงรูปที่พัดลมระบายอากาศ (Exhaust Fan) ทั้ง 4 จุดแสดงดังตารางที่ 5-13

ตารางที่ 5-13 แสดงค่าการตรวจวัดระบบหมุนเวียนอากาศภายในกระบวนการอบคงรูปที่พัลลมระบายอากาศ (Exhaust Fan)

หมายเลขเครื่อง (Machine Code)		EF-1	EF-2	EF-3	EF-4
ขนาดของท่อ (Duct Size)	(mm)	200X400	200X400	200X400	200X400
พื้นที่หน้าตัดของท่อ (Duct Area)	(m ²)	0.08	0.08	0.08	0.08
อัตราการไหลของอากาศ (Velocity)	(m/s)	8.95	5.37	4.64	5.02
ปริมาตรของอากาศ (Air volume)	(m ³ /min)	42.96	25.776	22.272	24.096
	(m ³ /hr)	2577.6	1546.6	1336.3	1445.8
รวมปริมาตรของการระบายอากาศ (Air volume)	(m ³ /hr)	6906.24			
ขนาดห้อง (Room volume)	(m ³)	972			
อัตราการถ่ายเทอากาศของพัลลม ระบายอากาศ (Air change)	(as exhaust)	7.105			

การตรวจสอบระบบหมุนเวียนอากาศของกระบวนการอบคงรูปในปัจจุบันดังรูปที่ 5-12 พบว่าห้องมีพัลลมระบายอากาศ (Exhaust Fan) 4 จุด มีปริมาตรของการระบายอากาศรวมเท่ากับ 6906.24 m³/hr มีอัตราการถ่ายเทอากาศ(Air change)ของพัลลมระบายอากาศ (Exhaust Fan) เท่ากับ 7.1 เท่า ดังตารางที่ 5-13 แต่ไม่มีปริมาตรของอากาศดี (Fresh Air หรือ Outside Air) ที่ต้องเข้าไปแทนที่เสีย อัตราการถ่ายเทอากาศ(Air change) ของของอากาศดีเท่ากับ 0 ทำให้สถานะห้องเป็นความดันลบ (Negative Pressure) ซึ่งห้องที่เป็นความดันลบ นอกจากจะทำให้เป็นที่รองรับฝุ่นละออง เชื้อโรค และสารเคมีแล้ว ยังทำให้ห้องมีความชื้นสูงและสิ้นเปลืองพลังงานอีกด้วย

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าจากการตรวจวัดกระบวนการอบคงรูปมีระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสมโดยพบว่า มีเฉพาะพัลลมระบายอากาศ (Exhaust Fan) ทำให้ห้องมีสถานะความดันลบ ซึ่งทำให้มีฝุ่นละอองไหลเข้าในกระบวนการผลิตมาก และมีการหมุนเวียนอากาศภายในโดยผ่านตัวกรอง (Filter) ของเครื่องปรับอากาศเท่านั้น โดยเป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการออกแบบระบบหมุนเวียนอากาศของกระบวนการ

5.3 สรุประยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

ในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเป็นการอธิบายถึงปัจจัย และการทดสอบสมมติฐาน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย รวมทั้งแนวโน้มอิทธิพลของปัจจัยนำเข้าซึ่งมีทั้งหมดอยู่ 6 คือ วิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) ระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม วิธีการทำความสะอาด แผ่นเหล็กไม่เหมาะสม เม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film สิ่งสกปรกติดมาบน ชิ้นงาน และวิธีเก็บแผ่นเหล็ก (Stainless Plate)

โดยจากการศึกษาทางทีมได้แบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. ปัจจัยที่มาจากภายในของกระบวนการอบคงรูป ซึ่งสามารถทำการศึกษาและออกแบบการทดลองโดยใช้การทดสอบสมมติฐาน(Hypothesis Test) พบว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 การพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยเรื่องความสะอาดของแผ่นเหล็กทั้งปัจจัยด้านวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) และวิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate) ปัจจัยเกี่ยวกับวิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ส่วนปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน เป็นปัจจัยที่ขึ้นกับชนิดและลักษณะกระบวนการของตัวผลิตภัณฑ์ด้วย โดยพบว่าเป็นปัจจัยที่ไม่มีผลต่อสัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ของ ผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 กระบวนการCURCS-F แต่เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อ สัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ของผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 กระบวนการ CURCS-G

2. ปัจจัยที่มาจากภายนอกของกระบวนการอบคงรูป ซึ่งทางทีมได้พยายามทำการศึกษา ความสัมพันธ์และแนวโน้มอิทธิพลของปัจจัย อันได้แก่ การพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยเรื่องเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ผลพบว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 พบว่าขนาดเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film เป็นปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนของเกิดรอยบุบบนวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ โดยความเข้มข้นของปัจจัยขนาดเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film จะแปรผันตามความหนาของวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ด้วย และทำการพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม ซึ่งจากการตรวจสอบ พบว่าห้องมีเฉพาะพัดลมระบายอากาศ (Exhaust Fan) แต่ไม่มี ปริมาตรของอากาศดี (Fresh Air หรือ Outside Air) ที่ต้องเข้าไปแทนที่เลย ทำให้สถานะห้องเป็น ความดันลบ (Negative Pressure) ทำให้มีฝุ่นละอองไหลเข้าไปในกระบวนการผลิตมาก โดยเป็นความ ผิดพลาดที่เกิดจากการออกแบบระบบหมุนเวียนอากาศของกระบวนการ

บทที่ 6

ระยะการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ (Improve Phase)

ระยะนี้เป็นขั้นตอนในการแก้ไขปัญหา โดยนำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์และทดสอบปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่อง ประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ที่ได้จากในระยะเวลาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหามาดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการ

6.1. ปัจจัยนำเข้า

จากการศึกษาในระยะเวลาวิเคราะห์สาเหตุของทางทีมได้แบ่งปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) 2 กลุ่มคือ

1. ปัจจัยที่มาจากภายในของกระบวนการอบคงรูปซึ่งมีทั้งหมด 4 ปัจจัย คือ
 - 1.1. วิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate)
 - 1.2. วิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate)
 - 1.3. วิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก
 - 1.4. สิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน
2. ปัจจัยที่มาจากภายนอกของกระบวนการอบคงรูป ซึ่งทางทีมได้พยายามทำการศึกษาค้นคว้าหาความสัมพันธ์และแนวโน้มอิทธิพลของปัจจัย อันได้แก่
 - 2.1. เม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film
 - 2.2. ระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม

6.2 การแก้ไขปัญหาลำดับนำเข้าที่มาจากภายในของกระบวนการอบคงรูป

6.2.1 วิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate)

แผ่นเหล็ก(Stainless Plate) เป็นวัสดุสำคัญของกระบวนการอบคงรูปเนื่องจากทำหน้าที่รับและกระจายความร้อน จากเครื่อง Hot Press Machine ให้กระจายความร้อนไปยังชิ้นงาน (Work sheet) โดยแผ่นเหล็กต้องประกบอยู่ด้านบนและด้านล่างของชิ้นงาน ซึ่งปัญหาความสะอาดของแผ่นเหล็กจะส่งผลกระทบต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) โดยเฉพาะกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 1 หรือ CURCS เนื่องด้วยโครงสร้างการเรียงชิ้นงานของ

CURCS แผ่นเหล็กจะอยู่ใกล้ ด้าน Base film ของตัวผลิตภัณฑ์ซึ่งทำให้เกิดรอยบุบจากการกดอัดของแผ่นเหล็กที่มีสิ่งสกปรกติดอยู่



รูปที่ 6-1 แสดงตัวอย่างสิ่งสกปรกที่ติดบนแผ่นเหล็กก่อนทำการขัดแผ่นเหล็ก



รูปที่ 6-2 แสดงตัวอย่างรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ที่มีสาเหตุมาสิ่งสกปรกบนแผ่นเหล็ก

สภาพปัจจุบัน






จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงว่าวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) และวิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate) ยังไม่เหมาะสมเพราะยังส่งผลให้เกิดสัดส่วนของเสียในระดับสูงที่ไม่ได้แตกต่างจากแผ่นเหล็กที่ใช้มาเป็นระยะเวลานาน

แผ่นเหล็ก (Stainless Plate) มีรอบเวลาการทำความสะอาดทุก 2 สัปดาห์ ด้วยการขัดกระดาษทรายขัดหยาบ เช็ดทำความสะอาดด้วยผ้าและลูกกลิ้งทำความสะอาดก่อนส่งกลับไปเก็บยังกระบวนการอบคงรูป ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 6-1 โดยหลังจากการขัดด้วยกระดาษทรายจะยังคงมีคราบของ เศษผงจากการขัดแผ่นเหล็กดังรูปที่ 6-3



รูปที่ 6-3 แสดงคราบและเศษผงจากการขัดแผ่นเหล็กด้วยกระดาษทราย





ตารางที่ 6-1 แสดงขั้นตอนและวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) แบบแห้ง (Dry Polishing)

ขั้นตอน	คำอธิบายกระบวนการ	รูปกระบวนการ	ปัญหา
1	ขัดด้วยกระดาษทรายชนิดหยาบ		<ol style="list-style-type: none"> 1. สิ่งตกค้างฝังแน่น 2. พนักงานต้องออกแรงในการขัดมาก 3. เศษผงขัดฟุ้งกระจาย
2	เช็ดคราบผงกระดาษทรายด้วยผ้า		<ol style="list-style-type: none"> 1. ผ้าไม่สามารถทำความสะอาดฝุ่นผงกระดาษทรายได้หมด
3	ตรวจสอบและแก้ไขจุดที่ยังตกค้าง		<ol style="list-style-type: none"> 1. สิ่งตกค้างผ่านความร้อนและแรงกดทำให้ฝังแน่นขัดออกยาก 2. การขัดซ่อมทำให้แผ่นเหล็กเป็นรอย
4	ทำความสะอาดครั้งสุดท้ายด้วยลูกกลิ้งทำความสะอาด		<ol style="list-style-type: none"> 1. ไม่สามารถทำความสะอาดฝุ่นผงกระดาษทรายได้หมด 2. เศษกวและจากพลาสติกจากลูกกลิ้งทำความสะอาดติดแผ่นเหล็ก
5	เตรียมนำไปจัดเก็บ		<ol style="list-style-type: none"> 1. ฝุ่นละอองและสิ่งสกปรก 2. อาจเลื่อนไถลในระหว่างขนส่ง

ขั้นตอนการแก้ไข

เปลี่ยนวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) โดยทำการขัดแผ่นเหล็กแบบใช้น้ำ

ตารางที่ 6-2 แสดงขั้นตอนและวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) แบบใช้น้ำ(Wet Polishing)

ขั้นตอน	คำอธิบายกระบวนการ	รูปกระบวนการ	แนวทางการแก้ปัญหา
1	ขัดด้วยกระดาษทรายชนิดหยาบและน้ำ		1. ใช้น้ำช่วยในการขัดช่วยลดแรงเสียดทาน 2. น้ำช่วยให้สิ่งสกปรกค้างอ่อนตัวลงและขัดออกได้ง่าย
2	ล้างด้วยน้ำ		1. ล้างผงกระดาษทรายด้วยน้ำ
3	ตรวจสอบและทำความสะอาดครั้งสุดท้าย		1. ไม่มีพบสิ่งสกปรก
4	เตรียมนำไปจัดเก็บ		1. คลุมด้วยแผ่นพลาสติกป้องกันฝุ่นละอองและกันการเลื้อนไถล

6.2.2 วิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate)

สภาพปัจจุบัน

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงว่าวิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate) ยังไม่เหมาะสมเพราะยังส่งผลให้เกิดสัดส่วนของเสียในระดับสูงที่ไม่ได้แตกต่างจากแผ่นเหล็กที่ใช้มาเป็นระยะเวลานาน

แผ่นเหล็ก (Stainless Plate) มีรอบเวลาการทำความสะอาดทุก 2 สัปดาห์ และหลังจากขัดด้วยกระดาษทรายเสร็จแล้ว จะทำการลำเลียงนำไปเก็บไว้รอใช้งานตามรอบการเปลี่ยนแผ่นเหล็กเข้าเครื่องกดอัดซึ่งมีระยะเวลาในการจัดเก็บประมาณ 2 สัปดาห์ โดยก่อนใช้จะทำการตรวจสอบด้วยสายตาและเช็ดทำความสะอาดด้วยผ้าอีกครั้ง

แผ่นเหล็กมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก ซึ่งไม่สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย เพื่อให้สะดวกต่อการนำมาใช้งานจึงจำเป็นต้องอยู่ใกล้สถานที่ปฏิบัติงาน แต่ในบริเวณที่จัดเก็บเป็นบริเวณของห้องควบคุมเครื่องจักรซึ่งเต็มไปด้วยฝุ่นละอองจากการเผาไหม้ของกระบวนการอบคงรูป

ปัญหา

1. พื้นที่ในการจัดเก็บมีฝุ่นมาก
2. แผ่นเหล็กมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากซึ่งไม่สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย



รูปที่ 6-4 วิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate) ก่อนการปรับปรุง



รูปที่ 6-5 วิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate) หลังการปรับปรุง

แนวทางการแก้ไข

ทำการออกแบบโต๊ะใส่แผ่นเหล็กหลังการขัด และอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นมาสะสมบนแผ่นเหล็ก และออกแบบให้สะดวกต่อการใช้งาน เคลื่อนย้ายด้วยรถยกได้สะดวกแผ่นเหล็กไม่เลื่อนไถล และมีระดับความสูงของโต๊ะที่สะดวกต่อการปฏิบัติงาน

หลังการปรับปรุงเรื่องเกี่ยวกับความสะอาดของแผ่นเหล็กทั้งเปลี่ยนวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) โดยทำการขัดแผ่นเหล็กแบบใช้น้ำ (Wet Polishing) และเปลี่ยนวิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate) โดยจัดทำโต๊ะใส่แผ่นเหล็กหลังการขัด และอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นมาสะสมบนแผ่นเหล็กทางทีมได้ออกแบบการทดลอง โดยใช้ Hypothesis Test : Two Proportions Test ดังนี้

1. เตรียมแผ่นเหล็กที่ทำการขัดและจัดเก็บตามขั้นตอนหลังการปรับปรุง
2. เตรียมชิ้นงานทดสอบผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 ตามการคำนวณจำนวนสิ่งตัวอย่างในตารางที่ 5-1 จึงกำหนดจำนวนทดสอบที่ 2 รอบการทำงาน จำนวน 24000 ชิ้น ด้วยระดับความเชื่อมั่น 0.86
3. โดยทำการตรวจสอบชิ้นงานก่อนทำการทดลองเพื่อแยกจำนวนข้อบกพร่องอื่นๆที่อาจเกิดมาจากกระบวนการก่อนหน้า
4. นำชิ้นงานผ่านกระบวนการอบคงรูป
5. ทำการตรวจสอบหาข้อบกพร่องและจดบันทึก

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$$H_0 : P1 = P2$$

$$H_1 : P1 \neq P2$$

เมื่อ

P1 = สัดส่วนของเสียก่อนการปรับปรุง (จากแผ่นเหล็กที่ขัดแบบแห้ง และเก็บไว้อใช้งาน 2 สัปดาห์) ตามวิธีการก่อนการปรับปรุง โดยใช้ผลการทดสอบ จากตารางที่ 5-2

P2 = สัดส่วนของเสียหลังการปรับปรุง (จากแผ่นเหล็กที่ขัดแบบใช้น้ำและเก็บไว้อใช้งาน 2 สัปดาห์) ตามวิธีการหลังการปรับปรุง

ผลการทดลอง

ตารางที่ 6-3 ผลการทดลองปัจจัยเรื่องความสะอาดของแผ่นเหล็กก่อนและหลังการปรับปรุง

วิธีทำความสะอาดแผ่นเหล็ก	จำนวนชิ้นงานทดสอบ(ชิ้น)	จำนวนของเสีย(ชิ้น)	สัดส่วนของเสีย(DPPM)
ก่อนการปรับปรุง (ขัดทำความสะอาดแบบแห้งและเก็บไว้อใช้งาน 2 สัปดาห์)	24000	49	2041.7
หลังการปรับปรุง (ขัดทำความสะอาดแบบใช้น้ำและเก็บด้วยโต๊ะใส่แผ่นเหล็กไว้อใช้งาน 2 สัปดาห์)	24000	28	1166.7

ตารางที่ 6-4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานเรื่องความสะอาดของแผ่นเหล็กหลังการปรับปรุง

Test and CI for Two Proportions			
Sample	X	N	Sample p
1	49	24000	0.002042
2	28	24000	0.001167
Difference = p (1) - p (2)			
Estimate for difference: 0.000875			
95% CI for difference: (0.000159009, 0.00159099)			
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 2.40			
P-Value = 0.017			
Fisher's exact test: P-Value = 0.022			

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากตารางที่ 6-3 และผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ในตารางที่ 6-4 พบว่า P-Value = 0.022 สรุปได้ว่า ปฏิเสธ H_0 สัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ก่อนและหลังการ

ปรับปรุงของผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยสัดส่วนของเสียจากวิธีจัดแบบใช้น้ำและวิธีเก็บด้วยโต๊ะใส่แผ่นเหล็กมีความแตกต่างจากสัดส่วนของเสียจากวิธีการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

6.2.3 วิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก

สภาพปัจจุบัน

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ สรุปได้ว่าสัดส่วนของเสียจากอุปกรณ์ทำความสะอาดแผ่นเหล็กที่ได้ทดลองจัดทำขึ้น แตกต่างจากสัดส่วนของเสียจากอุปกรณ์ทำความสะอาดแผ่นเหล็กที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน แสดงว่าวิธีทำความสะอาดแผ่นเหล็กยังไม่เหมาะสม

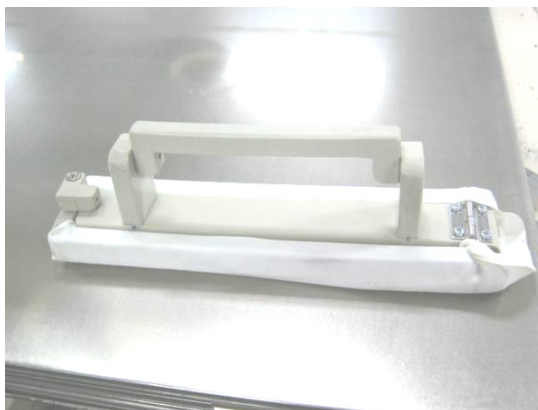
ในระหว่างขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน พนักงานจะทำการ เช็ดแผ่นเหล็กด้วยผ้าชุบแอลกอฮอล์ แต่เนื่องจากแผ่นเหล็กมีขนาดใหญ่และด้วยความต้องเร่งรีบทำให้พนักงานไม่สามารถ เช็ดแผ่นเหล็กให้สะอาดทั่วทั้งแผ่นเหล็กได้ ซึ่งเมื่อมีเศษสิ่งแปลกปลอมตกค้างและได้รับความร้อนจากแผ่นเหล็กจะหลอมละลายและติดแน่นบนแผ่นเหล็ก

ปัญหา

1. ด้วยความรีบเร่งในการทำงานทำให้พนักงานไม่สามารถเช็ดได้ทั่วทั้งแผ่น
2. มีพื้นที่สัมผัสของระหว่างผ้าและแผ่นเหล็กน้อยเกินไปทำให้แผ่นเหล็กบางพื้นที่ไม่ได้ถูกเช็ดทำความสะอาด

แนวทางการแก้ไข

เพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างผ้าและแผ่นเหล็ก โดยทำอุปกรณ์ช่วยยึดผ้าแทนการจับด้วยมือพนักงาน โดยตรง ซึ่งเป็นการป้องกันเศษสิ่งสกปรกจากผ้าที่ใช้ทำความสะอาดกลับมาติดที่มือของพนักงาน ดังรูปที่ 6-6



รูปที่ 6-6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความสะอาดแผ่นเหล็กหลังการปรับปรุง

6.2.4 สิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน

สภาพปัจจุบัน

สิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน เป็นปัจจัยที่ขึ้นกับชนิดและลักษณะกระบวนการของตัวผลิตภัณฑ์ด้วย โดยจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงานมีผลต่อสัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) กระบวนการ CURCS-G ของผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 ซึ่งจากการเก็บข้อมูลในระหว่างการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) ได้ทำการแยกลักษณะแหล่งสาเหตุของการเกิดรอยบุบบนวงจรพิมพ์ชนิดอโต้ ที่กระบวนการ CURCS-G แสดงดังรูปที่ 4-19 ซึ่งพบรอยบุบจากรอยกดของจากเศษกาว (Adhesive) ที่ติดมาบนผลิตภัณฑ์ มากที่สุด 256 ตำแหน่ง คิดเป็น 52.8 % และรองลงมาเป็นรอยกดจากเศษ Stiffener GE ที่ติดมาบนผลิตภัณฑ์ 139 ตำแหน่ง คิดเป็น 28.7 %



รูปที่ 6-7 ตัวอย่างของสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน






ปัญหา

จากข้อมูลพบว่าสิ่งสกปรกที่ติดบนชิ้นงานส่วนใหญ่เป็นเศษกาวและเศษของวัสดุเสริมความแข็งแรงอันได้แก่เศษ Stiffener PI และ Stiffener GE ซึ่งเกิดจากการทำงานในกระบวนการก่อนหน้า แต่จะเกิดเป็นข้อบกพร่องประเภทรอยบุบเมื่อทำการกดอัดที่กระบวนการอบคงรูป






แนวทางการแก้ไข :

1. ประสานความร่วมมือกับกระบวนการก่อนหน้า เพื่อให้เกิดการรับรู้และตระหนักถึงปัญหา ร่วมกัน ทำความเข้าใจร่วมกันเกี่ยวกับปัญหาข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) ที่เกิดจากสิ่งสกปรกที่ติดบนชิ้นงาน
2. ทำการศึกษาและแก้ปัญหา ร่วมกันเพื่อหาแนวทางในการลดสิ่งสกปรกที่ติดบนชิ้นงานจากกระบวนการติด Stiffener GE

ตารางที่ 6-5 แสดงขั้นตอนของกระบวนการติด Stiffener GE ก่อนการปรับปรุง

ขั้นตอน	คำอธิบายกระบวนการ	รูปกระบวนการ	ปัญหา
1	ทำความสะอาด Jig ด้วยผ้าชุบแอลกอฮอล์		
2	ติด Stiffener GE บน Jig		
3	ตรวจสอบหาสิ่งแปลกปลอมที่ฝังในเนื้อกาว		1.มีสิ่งแปลกปลอมเช่นเศษฝุ่นหรือเศษGE จากขั้นตอนการตัดฝังในเนื้อกาว
4	ทำความสะอาดเศษสิ่งแปลกปลอมโดยใช้แปรงปิด	 	1.ปิดด้วยแปรงทำให้เศษ GE ที่บริเวณขอบของ GE ยิ่งหลุดออกมากขึ้น และฟุ้งกระจายในพื้นที่ทำงาน 2.เศษ GE และเนื้อกาว หลุดติดขนแปรงและบนชิ้นงาน

ตารางที่ 6-5 ขั้นตอนของกระบวนการติด Stiffener GE ก่อนการปรับปรุง(ต่อ)

ขั้นตอน	คำอธิบาย กระบวนการ	รูปกระบวนการ	ปัญหา
5	ทำความสะอาด Stiffener GE ด้วยลูกกลิ้งทำ ความสะอาด		1. ระดับ Pin ของ Jig สูง ลูกกลิ้งทำความสะอาด สัมผัส ไม่ถึงตัวชิ้นงาน จึงไม่สามารถ ทำความสะอาดเศษ GE และเนื้อ กาว ที่หลุดติดบน Jig และ ชิ้นงาน ได้หมด
6	นำชิ้นงานวาง บน Jig		
7	นำ Jig เข้าเครื่อง กดอัดด้วยความ ร้อนและแรงดัน ขนาดเล็ก(Hot Press Machine)		1. เศษ GE และเนื้อกาว ที่เหลือ ติดบน Jig และชิ้นงาน ติดบน แผ่น silicone ช่วยกดอัด
3	ทำความสะอาด ชิ้นงานด้วย ลูกกลิ้งทำความ สะอาด		1. ทำความสะอาดเฉพาะด้าน Circuit
8	ตรวจสอบ ชิ้นงาน		

ประสานความร่วมมือกับกระบวนการก่อนหน้าจัดการประชุมร่วมกัน และทำการวิเคราะห์และ
แก้ปัญหาหน้างานโดยใช้หลักการ 5GEN คือ

- GENBA สถานที่จริง
- GENBUTSU ของจริง
- GENJITSU สถานการณ์จริงหรือข้อมูลจริง
- GENRI หลักการทางทฤษฎีหรือกฎความเป็นจริง
- GENSOKU ระเบียบกฎเกณฑ์หรือหลักการปฏิบัติจริง

และทำการระดมความคิดโดยใช้ Why-Why Analysis ในการวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทาง
ในการแก้ปัญหาเสกาวและเศษ STF GE ติดบนชิ้นงานที่กระบวนการติด Stiffener GE แสดงดัง
รูปที่ 6-7 โดยสรุปแนวทางการแก้ปัญหาได้ 4 แนวทางคือ

1. เปลี่ยนวิธีการทำความสะอาด STF GE โดยใช้ลูกกลิ้งทำความสะอาด
2. ลดความสูง Pin Jig ใช้ระบบ Vacuum ช่วยจับยึด
3. เพิ่มการทำความสะอาดชิ้นงานด้าน Base film ด้วยลูกกลิ้ง
4. เพิ่มรอบการทำความสะอาด Silicone ก่อนเริ่มงานทุกล็อต








รูปที่ 6-8 ตัวอย่างของชุด Vacuum แบบง่ายในการช่วยจับยึดชิ้นงาน






รูปที่ 6-9 แผนภาพการวิเคราะห์ Why-why analysis ในการระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุของปัญหาเศษกาวและเศษSTF GE ติดบนชิ้นงาน

ตารางที่ 6-6 ขั้นตอนของกระบวนการติด Stiffener GE หลังการปรับปรุง

ขั้นตอน	คำอธิบายกระบวนการ	รูปกระบวนการ	แนวทางการแก้ปัญหา
1	ทำความสะอาด Jig ด้วยผ้าชุบแอลกอฮอล์		
2	ติด Stiffener GE บน Jig		
3	ตรวจสอบหาสิ่งแปลกปลอมที่ฝังในเนื้อถาว		
4	ทำความสะอาดเศษสิ่งแปลกปลอมด้วยลูกกลิ้งทำความสะอาด		<ol style="list-style-type: none"> 1. ใช้ลูกกลิ้งทำความสะอาดแทนการใช้แปรงขัด 2. ลดความสูง Pin Jig ลง 3. ใช้ชุด Vacuum แบบง่ายในการช่วยจับยึดชิ้นงาน
5	นำชิ้นงานวางบน Jig		

ตารางที่ 6-6 ขั้นตอนของกระบวนการติด Stiffener GE (ต่อ)

ขั้นตอน	คำอธิบายกระบวนการ	รูปกระบวนการ	ปัญหา
6	นำ Jig เข้าเครื่องกดอัดด้วยความร้อนและแรงดันขนาดเล็ก(Hot Press Machine)		1. ทำความสะอาด silicone ด้วยผ้าชุบแอลกอฮอล์ก่อนเริ่มงานทุกครั้ง
7	ทำความสะอาดชิ้นงานด้วยลูกกลิ้งทำความสะอาด		1. ทำความสะอาดชิ้นงานทั้ง 2 ด้านด้วยลูกกลิ้งทำความสะอาด
8	ตรวจสอบชิ้นงาน		

หลังการปรับปรุงเรื่องเกี่ยวกับกระบวนการติด Stiffener GE ทางทีมได้ออกแบบการทดลอง โดยใช้ Hypothesis Test : Two Proportions Test ดังนี้

1. เตรียมชิ้นงานทดสอบผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 โดยใช้จำนวนสิ่งตัวอย่างตามการคำนวณในตารางที่ 5-6 จึงกำหนดจำนวนทดสอบที่ 2 รอบการทำงาน จำนวน 19200 ชิ้น ด้วยระดับความเชื่อมั่น 0.88
2. โดยทำการตรวจสอบชิ้นงานก่อนทำการทดลองเพื่อแยกจำนวนข้อบกพร่องอื่นๆที่อาจเกิดมาจากกระบวนการก่อนหน้า
3. นำชิ้นงานผ่านกระบวนการอบคงรูป
4. ทำการตรวจสอบหาข้อบกพร่องและจดบันทึก

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$$H_0 : P1 = P2$$

$$H_1 : P1 \neq P2$$

เมื่อ

$P1$ = สัดส่วนของเสียก่อนการปรับปรุงกระบวนการตัด Stiffener GE โดยใช้ผลการทดสอบ จากตารางที่ 5-9

$P2$ = สัดส่วนของเสียหลังการปรับปรุงกระบวนการตัด Stiffener GE

ผลการทดลอง

ตารางที่ 6-7 ผลการทดลองการปรับปรุงกระบวนการตัด Stiffener GE

ระดับความสะอาดของผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125	จำนวนชิ้นงานทดสอบ(ชิ้น)	จำนวนของเสีย(ชิ้น)	สัดส่วนของเสีย(DPPM)
ชิ้นงานในกระบวนการก่อนการปรับปรุงกระบวนการตัด Stiffener GE	19200	71	3697.9
ชิ้นงานในกระบวนการหลังการปรับปรุงกระบวนการตัด Stiffener GE	19200	21	1093.8

ตารางที่ 6-8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานเรื่องการปรับปรุงกระบวนการตัด Stiffener GE

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	71	19200	0.003698
2	21	19200	0.001094

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: 0.00260417

95% CI for difference: (0.00162656, 0.00358178)

Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 5.22

P-Value = 0.000

Fisher's exact test: P-Value = 0.000

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากตารางที่ 6-7 และผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ในตารางที่ 6-8 พบว่า P-Value น้อยกว่า 0.05 สรุปได้ว่า ปฏิเสธ H_0 สัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) การปรับปรุงกระบวนการติด Stiffener GE มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยสัดส่วนของเสียหลังการปรับปรุงมีความแตกต่างจากสัดส่วนของเสียจากวิธีการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

6.3 การแก้ไขปัญหาปัจจัยนำเข้าที่มาจากภายนอกของกระบวนการอบคงรูป

ซึ่งทางทีม ได้พยายามทำการศึกษาความสัมพันธ์และแนวโน้มอิทธิพลของปัจจัย อันได้แก่

6.3.1 เม็ดนูนสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film

เนื่องด้วยเม็ดนูนสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film นั้นเกิดสารประกอบของแผ่น TPX Release film ที่หลอมละลายไม่สมบูรณ์ หรือมีสิ่งแปลกปลอมปนฝังอยู่ในเนื้อของแผ่น TPX Release film (Fisheyes/Foreign matter) ซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิตของบริษัทผู้ผลิตแล้วอยู่นอกเหนือ มาตรฐานข้อกำหนดด้านคุณภาพของ TPX Release film ตามที่ตกลงไว้คือ ใน 1 ม้วน (500 แผ่น) ต้องไม่มีเม็ดนูนที่มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 1 มิลลิเมตร ($\varnothing \geq 1.0 \text{ mm} = 0 \text{ Pcs/roll}$) และเม็ดนูนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.05 - 1.0 มิลลิเมตร ต้องมีได้ไม่เกิน 20 จุดใน 1 ม้วน (500 แผ่น) ของ TPX Release film

แต่จากการศึกษาพบว่าโดยเฉลี่ยแล้วมีเม็ดนูนสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film อยู่มากถึง 21 จุดต่อแผ่นและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดนูนสิ่งแปลกปลอม ในเนื้อแผ่น TPX Release film อยู่ที่ 0.1 มิลลิเมตรซึ่ง โอกาสในการทำให้เกิดรอยบุบบนวงจรพิมพ์ไฟฟ้าที่ความหนา 0.018 มิลลิเมตร สูงถึง 37.5% และมีโอกาส 15.8% ที่จะทำให้เกิดรอยบุบบนวงจรพิมพ์ไฟฟ้าที่ความหนา 0.035 มิลลิเมตร ซึ่งได้แจ้งข้อมูลให้กับทางบริษัทผู้ผลิตรับทราบถึงปัญหาและผลกระทบ โดยทางบริษัทผู้ผลิตได้ให้ความร่วมมือที่ดีในการจะพยายามควบคุมกระบวนการเพื่อป้องกันให้เกิดปัญหาเรื่องเม็ดนูนสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film ให้น้อยที่สุด

6.3.2 ระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม

จากการตรวจวัดกระบวนการอบคงรูปมีระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสมโดยพบว่า มีเฉพาะพัดลมระบายอากาศ (Exhaust Fan) ทำให้ห้องมีสถานะความดันลบ ซึ่งทำให้มีฝุ่นละอองไหลเข้าในกระบวนการผลิตมาก และมีการหมุนเวียนอากาศภายในโดยผ่านตัวกรอง (Filter) ของ

เครื่องปรับอากาศเท่านั้น โดยเป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการออกแบบระบบหมุนเวียนอากาศของกระบวนการ

แต่เนื่องจากในการปรับปรุงระบบหมุนเวียนอากาศต้องใช้งบประมาณและการศึกษาผลกระทบที่ละเอียดอีกมากซึ่งยังไม่สามารถดำเนินการปรับปรุงได้ในครั้งนี้ ดังนั้นทางทีมงานและผู้เกี่ยวข้องคือแผนกวิศวกรรมโรงงานซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบเกี่ยวกับผังโรงงาน และระบบหมุนเวียนอากาศ จะดำเนินการเฉพาะในส่วนที่สามารถดำเนินการได้ก่อนคือการจัดการและดูแลเกี่ยวกับระบบการหมุนเวียนอากาศภายในโดยผ่านตัวกรอง (Filter) ของเครื่องปรับอากาศ

สภาพปัจจุบัน

ทางทีมตรวจพบว่าระบบการหมุนเวียนอากาศภายในโดยผ่านตัวกรอง (Filter) ของเครื่องปรับอากาศทำงานหนักและอากาศไม่ถ่ายเท อุณหภูมิภายในห้องสูงประมาณ 32 องศา และตัวกรองอากาศ (Filter) ด้านล่างของเครื่องปรับอากาศ มีเศษฝุ่นติดอยู่จำนวนมาก

แนวทางการแก้ไข

1. ปรับรอบเวลาการทำความสะอาดตัวกรองอากาศ (Filter) ด้านล่างของเครื่องปรับอากาศ จาก 1 เดือนต่อครั้งเป็นสัปดาห์ละ 2 ครั้ง
2. ปรับรอบเวลาการทำความสะอาดตัวกรองอากาศ (Filter) ด้านบนของเครื่องปรับอากาศ จาก 3 เดือนต่อครั้งเป็นเดือนละ 1 ครั้ง
3. ทำความสะอาดตัวคอยล์ของเครื่องปรับอากาศ ทุก 6 เดือน



รูปที่ 6-10 ฝุ่นที่ตัวกรองอากาศ (Filter) ด้านล่างของเครื่องปรับอากาศ

6.4 สรุประยะการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ (Improve Phase)

ระยะนี้ได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ โดยนำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์และทดสอบปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีผลต่อปัญหา การเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Deat COV) มาดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. ปัจจัยที่มาจากภายในของกระบวนการอบคงรูปซึ่งมีทั้งหมด 4 ปัจจัย คือ
 1. เปลี่ยนวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) เป็นการขัดโดยใช้น้ำ
 2. เปลี่ยนวิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate) โดยใช้โต๊ะใส่แผ่นเหล็กและอุปกรณ์ป้องกันฝุ่น
 3. เปลี่ยนวิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก เป็นการใช้อุปกรณ์ทำความสะอาดแผ่นเหล็ก
 4. ปรับปรุงแก้ปัญหาสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงานในกระบวนการติด Stiffener GE โดยสรุปแนวทางการแก้ปัญหาได้ 4 แนวทางคือ
 - เปลี่ยนวิธีการทำความสะอาด STF GE โดยใช้ลูกกลิ้งทำความสะอาด
 - ลดความสูง Pin Jig ใช้ระบบ Vacuum ช่วยจับยึด
 - เพิ่มการทำความสะอาดชิ้นงานด้าน Base film ด้วยลูกกลิ้ง
 - เพิ่มรอบการทำความสะอาดแผ่น Silicone ก่อนเริ่มงานทุกล็อต
2. ปัจจัยที่มาจากภายนอกของกระบวนการอบคงรูป ซึ่งทางทีมได้พยายามทำการศึกษาความสัมพันธ์และแนวโน้มอิทธิพลของปัจจัย อันได้แก่
 - 1.1. เมื่ค้อนสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film ซึ่งไม่สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้โดยทีมงานเอง แต่ได้ดำเนินการศึกษาความสัมพันธ์ของปัญหาและแจ้งให้ผู้ที่เกี่ยวข้องรับทราบถึงผลกระทบเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการปรับปรุงในคราวต่อไป
 - 1.2. ระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม ทางทีมตรวจพบว่าระบบหมุนเวียนอากาศมีความผิดปกติ และได้ดำเนินแจ้งผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการปรับปรุงในคราวต่อไป แต่ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาในคราวนี้ โดยส่วนที่ทางทีมงานสามารถดำเนินการเพื่อบรรเทาปัญหาได้ในขณะนี้ คือการจัดการและดูแลเกี่ยวกับระบบการหมุนเวียนอากาศภายในโดยผ่านตัวกรอง (Filter) ของเครื่องปรับอากาศโดย
 - ปรับรอบเวลาการทำความสะอาดตัวกรองอากาศ (Filter) ด้านล่างของเครื่องปรับอากาศ จาก 1 เดือนต่อครั้งเป็นสัปดาห์ละ 2 ครั้ง
 - ปรับรอบเวลาการทำความสะอาดตัวกรองอากาศ (Filter) ด้านบนของเครื่องปรับอากาศ จาก 3 เดือนต่อครั้งเป็นเดือนละ 1 ครั้ง
 - ทำความสะอาดตัวคอยล์ของเครื่องปรับอากาศ ทุก 6 เดือน

บทที่ 7

ระยะควบคุมกระบวนการผลิต (Control Phase)

ระยะนี้เป็นการควบคุมกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการซิกซ์ซิกมา เมื่อสามารถระบุปัญหาหรือสาเหตุของปัญหาและแนวทางแก้ไขได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การนำแนวทางทางแก้ไขไปปฏิบัติ และเน้นการป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดซ้ำอีก ในขั้นนี้จึงเป็นการตรวจสอบและเฝ้าติดตามกระบวนการ รวมถึงวางมาตรการในการควบคุมปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) โดยจัดทำแผนควบคุม (Control Plan) เพื่อเป็นมาตรฐานในการทำงาน

7.1 แผนการควบคุมวิธีการทำงานและแผนทำความสะอาดของแผ่นเหล็ก

จากปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มาจากภายในของกระบวนการอบคงรูปซึ่งได้ดำเนินการปรับปรุงสามารถแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

1. วิธีการทำงานและความสะอาดของอุปกรณ์ เนื่องจากแผ่นเหล็กเป็นอุปกรณ์หลักของกระบวนการที่มีผลกระทบต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) จึงควรต้องมีมาตรการควบคุมดูแลด้านความสะอาดของแผ่นเหล็ก โดยได้ดำเนินการปรับปรุงดังนี้
 - วิธีการขัดแผ่นเหล็กแบบใช้น้ำ
 - วิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัดโดยใช้โต๊ะใส่แผ่นเหล็กและอุปกรณ์ป้องกันฝุ่น
 - วิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก โดยใช้อุปกรณ์ทำความสะอาดแผ่นเหล็ก
2. วิธีการกระบวนการติด Stiffener GE เพื่อควบคุมการเกิดสิ่งสกปรกติดบนชิ้นงานอันนำมาซึ่งการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) โดยได้ดำเนินการปรับปรุงดังนี้
 - เปลี่ยนวิธีการทำความสะอาด STF GE โดยใช้ลูกกลิ้งทำความสะอาด
 - ลดความสูง Pin Jig ใช้ระบบ Vacuum ช่วยจับยึด
 - เพิ่มการทำความสะอาดชิ้นงานด้าน Base film ด้วยลูกกลิ้ง
 - เพิ่มรอบการทำความสะอาดแผ่น Silicone ก่อนเริ่มงานทุกล็อต
3. การจัดการและดูแลเกี่ยวกับระบบการหมุนเวียนอากาศภายในโดยผ่านตัวกรอง (Filter) ของเครื่องปรับอากาศโดยได้ดำเนินการปรับปรุง
 - ปรับรอบเวลาการทำความสะอาดตัวกรองอากาศ (Filter) ด้านล่างของ

เครื่องปรับอากาศ จาก 1 เดือนต่อครั้งเป็นสัปดาห์ละ 2 ครั้ง

- ปรับรอบเวลาการทำความสะอาดตัวกรองอากาศ (Filter) ด้านบนของเครื่องปรับอากาศ จาก 3 เดือนต่อครั้งเป็นเดือนละ 1 ครั้ง
- ทำความสะอาดตัวคอยล์ของเครื่องปรับอากาศ ทุก 6 เดือน

7.2 การตรวจสอบและเฝ้าติดตามผลการปรับปรุงกระบวนการ

7.2.1 การตรวจติดตามโดยใช้แผนภูมิควบคุม

การตรวจสอบลักษณะของข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) บนผลิตภัณฑ์วงจรพิมพ์ชนิดงอได้ของโรงงานกรณีศึกษาเป็นการตรวจสอบข้อบกพร่องที่ปรากฏให้เห็นภายนอก (Appearance defect) ซึ่งใช้การตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection) โดยใช้จางขยาย (Magnifier) ซึ่งมีกำลังขยาย 3 หรือ 5 เท่าเป็นเครื่องมือช่วยในการตรวจสอบ โดยข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ (Dent COV) มีจุดตรวจสอบใน 2 ส่วนคือ

1. การสุ่มตรวจสอบ (Sampling Inspection) โดยพนักงานตรวจสอบที่ท้ายกระบวนการอบวงจร ก่อนส่งกระบวนการถัดไป ซึ่งจะทำการสุ่มตรวจสอบทันทีหลังทำการลอกชิ้นงานหรือวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ออกจากชุดของวัสดุช่วยในการกดอัด (Remove Cushion Material) โดยจะทำการตรวจสอบด้วยสายตาและใช้จางขยาย (Magnifier) ซึ่งมีกำลังขยาย 3 หรือ 5 เท่าเป็นเครื่องมือช่วยในการตรวจสอบ ทำการสุ่มตรวจสอบทั้งหมดจำนวน 6 แผ่นต่อล็อต เพื่อเป็นการดักจับและแจ้งกลับปัญหาคุณภาพอย่างรวดเร็ว (Quality Feedback)

2. การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน 100 % โดยพนักงานตรวจสอบที่กระบวนการตรวจสอบขั้นตอนสุดท้าย (Final Inspection Process) โดยจะทำการตรวจสอบด้วยสายตาและใช้จางขยาย (Magnifier) ซึ่งมีกำลังขยาย 3 หรือ 5 เท่าเป็นเครื่องมือช่วยในการตรวจสอบ

เนื่องจากข้อมูลเป็นจำนวนของเสีย (Defectives) หรือสัดส่วนของเสีย ดังนั้นแผนภูมิที่ประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตคือแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย หรือที่เรียกว่า p-chart โดยจะใช้ในการควบคุมของเสีย ในกระบวนการผลิตที่โดยทำการตรวจสอบชิ้นงาน 100 % และทำการเก็บค่าสัดส่วนของเสียในแต่ละวัน และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab

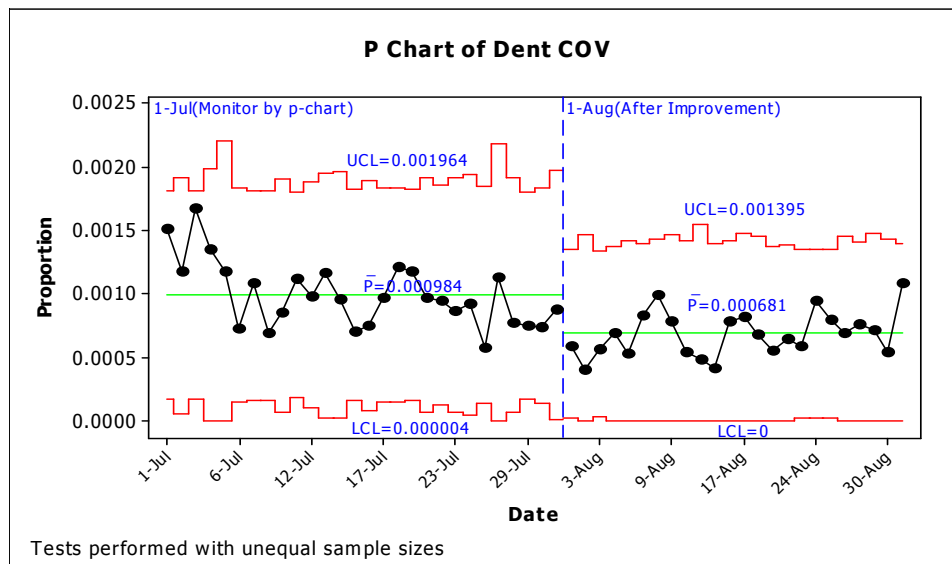
ทั้งนี้ได้เริ่มใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2555 โดยได้เริ่มต้นนำข้อมูลสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นแต่ละวัน มาทำการวิเคราะห์ด้วย แผนภูมิ p ดังรูปที่ 7-1 จากแผนภูมิ p จะพบว่าสัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) มีค่าความผันแปรสูง โดยหลังปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบในช่วงเดือนสิงหาคม 2555 พบว่ามีค่าความผันแปรลดลงซึ่งโดยรวมแล้วส่งผลให้สัดส่วนของเสียลดลง 28 %

ตารางที่ 7-1 แผนควบคุม(Control Plan) มาตรฐานในการทำความสะอาดในกระบวนการอบคงรูป

CLEANING STANDARD								
Ref. No.		Rev.	Effective Date	Issued by		Confirmed by	Approved by	
CS-06-01-001				(Supervisor up)		(SEC.Manager)	(DIV.Manager)	
หัวข้อ	4MIE	รายการ	อุปกรณ์	วิธีการ	ความถี่	มาตรฐานการตัดสินใจ	การทำความสะอาด อุปกรณ์ที่ใช้	ผู้รับผิดชอบ
1	Machine	โต๊ะเตรียมงาน	ผ้าและแอลกอฮอล์	เช็ดในทิศทางเดียวกัน	ทุก 2 ชม.	สะอาดปราศจากคราบขาวสก๊อตเทปเศษทองแดง, ฝุ่น, เศษ CL , เศษ STF, คราบสารเคมี , Fiber	ใช้แล้วทิ้ง	พนักงานประจำเครื่อง
2	Machine	ตัวจับแผ่นเหล็ก	ผ้าและแอลกอฮอล์	เช็ดทำความสะอาดจาก บนลงล่าง	ทุกวันก่อนเริ่ม งาน.	สะอาดปราศจากคราบขาวสก๊อตเทปเศษฝุ่น, คราบ สารเคมี , Fiber	ใช้แล้วทิ้ง	พนักงานประจำเครื่อง
3	Machine	แผ่นเหล็ก	ผ้าและอุปกรณ์ใน การทำความสะอาด	ทำความสะอาดให้ทั่วแผ่น	ทุกlayer	สะอาดปราศจากคราบขาวสก๊อตเทปเศษทองแดง, ฝุ่น, เศษ CL , เศษ STF, คราบสารเคมี , Fiber	เปลี่ยนผ้าทุกวัน	พนักงานประจำเครื่อง
4	Machine	แผ่นเหล็ก	ผ้าและอุปกรณ์ใน การทำความสะอาด	ทำความสะอาดให้ทั่วแผ่น	ทุก Layer	สะอาดปราศจากคราบขาวสก๊อตเทปเศษทองแดง, ฝุ่น, เศษ CL , เศษ STF, คราบสารเคมี , Fiber	เปลี่ยนผ้าทุกวัน	พนักงานประจำเครื่อง
5	Machine	แผ่นเหล็ก	กระดาษทรายและ น้ำ	ขัดแบบใช้น้ำด้วย กระดาษทรายให้ทั่วแผ่น เหล็ก	ทุก 2 สัปดาห์	สะอาดปราศจากเศษสิ่งสกปรกตกค้างบนแผ่นเหล็ก	ใช้แล้วทิ้ง	พนักงานขัดแผ่นเหล็ก

ตารางที่ 7-1 แผนควบคุม(Control Plan) มาตรฐานในการทำความสะอาดในกระบวนการอบคงรูป (ต่อ)

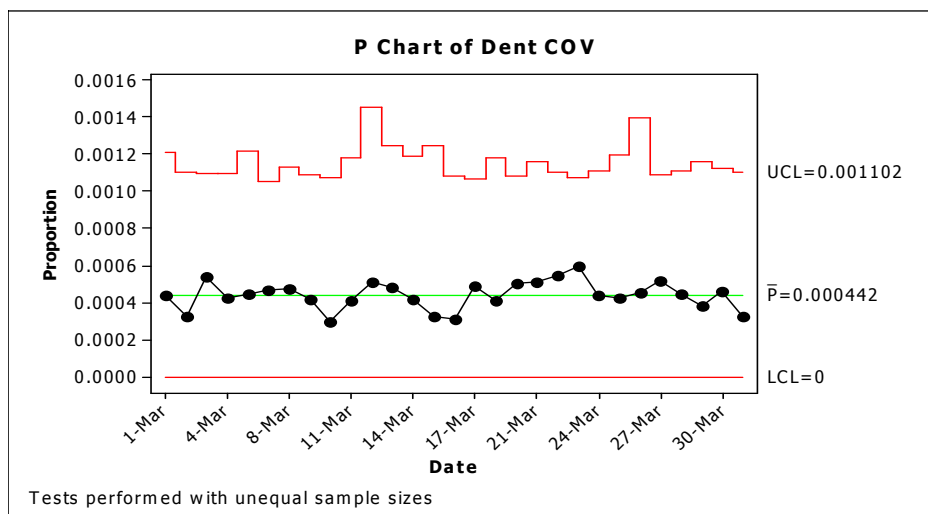
CLEANING STANDARD								
Ref. No.		Rev.	Effective Date	Issued by		Confirmed by	Approved by	
CS-06-01-001				(Supervisor up)		(SEC.Manager)	(DIV.Manager)	
หัวข้อ	4MIE	รายการ	อุปกรณ์	วิธีการ	ความถี่	มาตรฐานการตัดสินใจ	การทำความสะอาด อุปกรณ์ที่ใช้	ผู้รับผิดชอบ
6	Machine	แผ่นเหล็ก	ผ้าและแอลกอฮอล์	เช็ดให้ทั่วแผ่นก่อนทำการ เปลี่ยนแผ่นเหล็ก	ทุก 2 สัปดาห์	สะอาดปราศจากเศษสิ่งสกปรกตกค้างบนแผ่นเหล็ก	ใช้แล้วทิ้ง	หัวหน้างานระดับต้น
7	Machine	ลูกกลิ้งส่งแผ่นเหล็ก	ผ้าและแอลกอฮอล์	เช็ดทำความสะอาดจาก บนลงล่าง	ทุกวันก่อนเริ่ม งาน.	สะอาดปราศจากคราบขาวสก๊อตเทปเศษฝุ่น, คราบ สารเคมี , Fiber	ใช้แล้วทิ้ง	พนักงานประจำเครื่อง
8	Environment	พื้นที่ทำงาน	เครื่องดูดฝุ่น	จากซ้ายไปขวาให้ทั่ว พื้นที่ทำงาน	ทุกวันก่อนเริ่ม งาน.	สะอาด ไม่มีฝุ่น	เปลี่ยนถุงเก็บฝุ่น ทุกอาทิตย์	หัวหน้างานระดับต้น
9	Environment	ตัวกรองอากาศ ด้านล่าง	น้ำและสายยาง	ถอดออกไปล้างน้ำ โดย ใช้สายยางฉีด	2 ครั้งต่อสัปดาห์	สะอาด ไม่มีฝุ่น	-	หัวหน้างานระดับต้น
10	Environment	ตัวกรองอากาศ ด้านบน	เครื่องดูดฝุ่น	ถอดออกไปล้างน้ำ โดย ใช้สายยางฉีด	ทุกวันก่อนเริ่ม งาน.	สะอาด ไม่มีฝุ่น	เปลี่ยนถุงเก็บฝุ่น ทุกอาทิตย์	พนักงานแผนก วิศวกรรมโรงงาน
11	Environment	คอยล์ของ เครื่องปรับอากาศ	น้ำและสายยาง	ถอดออกไปล้างน้ำ โดย ใช้สายยางฉีด	ทุก 6 เดือน	อุณหภูมิต้องไม่เกิน 25 องศา	-	พนักงานแผนก วิศวกรรมโรงงาน



รูปที่ 7-1 แผนภูมิ p ข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2555

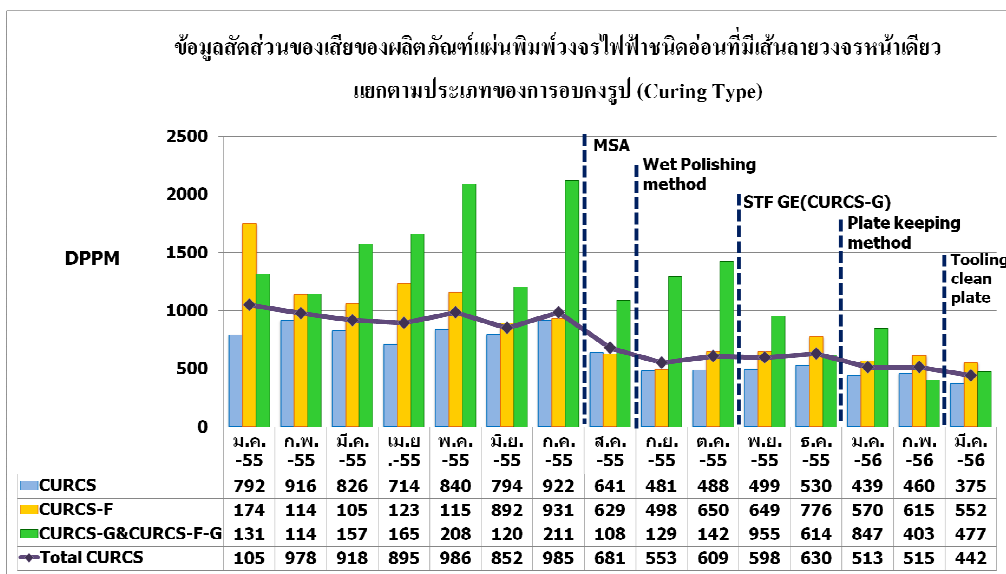
7.3 ข้อมูลหลังการปรับปรุงการผลิต

การศึกษาถึงของเสียที่เกิดขึ้นหลังทำการปรับปรุงด้วย เพื่อลดปริมาณของเสียประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ในกระบวนการอบคงรูป (Curing process) ได้ดำเนินการตามวิธีการ ซิกซ์ ซิกม่าทั้ง 5 ระยะ แล้วได้นำข้อมูลสัดส่วนของเสียในเดือนมีนาคมมาทำการวิเคราะห์ด้วย แผนภูมิ p ได้ดังรูปที่ 7-2 จะเห็นได้ว่าสัดส่วนของเสียมีแนวโน้มลดลงและอยู่ภายใต้เส้นควบคุม โดยในเดือนมีนาคม มีสัดส่วนของเสียอยู่ที่ 442 DPPM

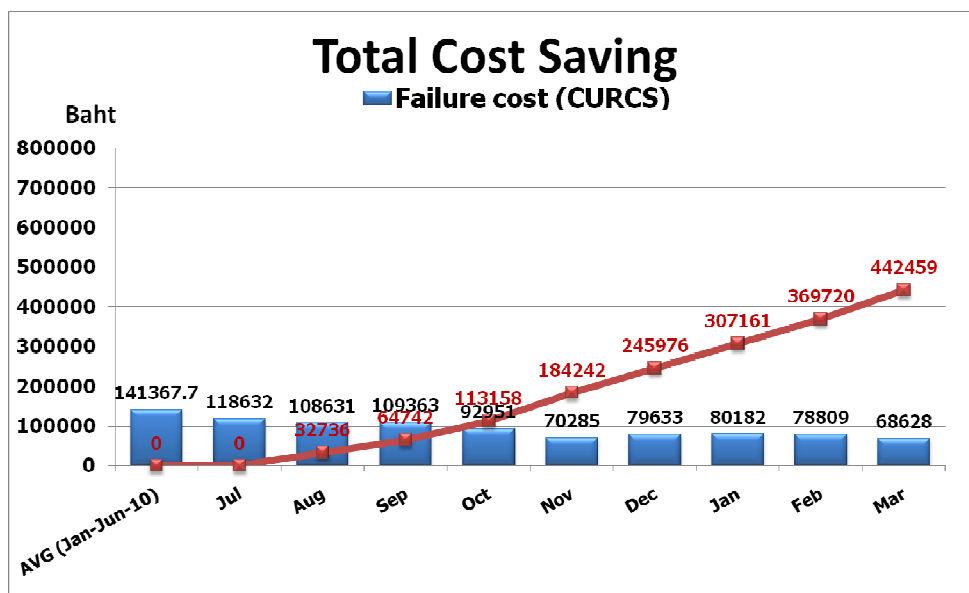


รูปที่ 7-2 แผนภูมิ p ข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ในช่วงเดือนมีนาคม 2555

จากการรวบรวมข้อมูลสัดส่วนของเสียบกพร่องประเภท Dent (COV) ตั้งแต่ช่วงมกราคม 2555 ถึงเดือนมีนาคม 2556 แสดงดังรูปที่ 7-3 จะเห็นว่า สัดส่วนของเสียมีแนวโน้มลดลงตาม การดำเนินกิจกรรมในแต่ละขั้นตอน และสามารถนำมาคำนวณมูลค่าความสูญเสียที่สามารถลดลง ได้ดังรูปที่ 7-4



รูปที่ 7-3 ข้อมูลสัดส่วนของเสียบกพร่องประเภท Dent (COV) ตั้งแต่ช่วงมกราคม 2555 ถึงเดือนมีนาคม 2556



รูปที่ 7-4 ข้อมูลแสดงมูลค่าของความสูญเสียที่สามารถลดลงได้

จากการประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า เพื่อปรับปรุงกระบวนการอบคงรูปวงจรมิพม์ชนิด
งอได้ประกอบเพื่อการลดของเสียประเภทรอยบุบ โดยดำเนินการตามขั้นตอน DMAIC เพื่อ
วิเคราะห์หาระดับปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสม พบว่าสามารถลดสัดส่วนของเสียจาก 0.094 % หรือ
947.2 DPPM ลดลงเหลือ 0.0442% หรือ 442 DPPM หรือ $P = 0.000442$ และค่าคะแนนมาตรฐาน
(Z Score) หรือค่า σ -Level โดยค่า Z Long Term (Z_{LT}) เท่ากับ 3.325คิดเป็น Ppk ได้ 1.108 และ Z
Short Term (Z_{ST}) เท่ากับ 4.825 คิดเป็น Cpk ได้ 1.608 โดยสัดส่วนของเสียลดลง 53.3 % คิดเป็น
มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ 666,529 บาทต่อปี

บทที่ 8

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

8.1 บทนำ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อลดของเสียที่เป็นรอยบุบในกระบวนการอบคงรูปวงจรมพิมพ์ชนิดงอได้ โดยประยุกต์ใช้แนวทางซิกซิกม่า ด้วยวิธีการ DMAIC ซึ่งจากการผลการศึกษพบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณของเสียประเภท Dent เท่ากับ 947.2 DPPM มีมูลค่าความสูญเสียรวม 848,206.4 บาท ซึ่งสาเหตุหลักของปัญหา มาจากความสกปรกของอุปกรณ์และวัตถุดิบที่ใช้ ในกระบวนการอบคงรูป และสายการผลิตมีเป้าหมายจะลดอัตราของเสียลงเหลือ 500 DPPM ซึ่งในการดำเนินการวิจัยนี้ได้ใช้ขั้นตอนตามแนวทางของ ซิกซ์ ซิกม่า ในการปรับปรุงการผลิตโดยเริ่มจากการนิยามปัญหา (Define) ได้ทำการศึกษาระบวนการและสภาพปัญหา ในระยะการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure) ได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัด และความสามารถของกระบวนการ จากนั้นทำการระดมสมอง เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อลดของเสียที่เป็นรอยบุบ ทำการระดมความคิดเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผล (Key Process Input Variable หรือ KPIV) โดยใช้แผนภาพสาเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) และใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis หรือ FMEA) ในระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze) ได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปัญหารอยบุบด้วยการทดสอบทางสถิติ ในระยะการปรับปรุงกระบวนการ (Improve) ได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการโดยอาศัยผลจากการวิเคราะห์และทดสอบปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีผลต่อปัญหารอยบุบจากการกดอัดมากที่สุด และระยะการควบคุมกระบวนการผลิต (Control) จัดทำแผนควบคุมเป็นมาตรฐานในการทำงาน

โดยหลังจากการปรับปรุงพบว่าจำนวนของเสียลดลงจาก 947.2 DPPM มาอยู่ที่ 442 DPPM หรือสัดส่วนของเสียลดลง 53.3 % และลดต้นทุนของเสียลงได้ 666,529 บาทต่อปีโดยบทสรุปของแต่ละขั้นตอนเป็นดังหัวข้อ 8.2-8.6

8.2 บทสรุประยะนิยามปัญหา

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์วงจรมพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) ในช่วงเดือน มกราคมถึงมิถุนายน 2555 พบว่าปริมาณการผลิตรวม

1,682,681.2 แผ่น มีปริมาณของเสียประเภท Dent COV สูงที่สุด โดยมีของเสีย 1593.9 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 0.094 % หรือ 947.2 DPPM มีมูลค่าความสูญเสียรวม 848206.4 บาทโดยเมื่อศึกษากระบวนการผลิตกันซ์ของวงจรมีพินชนิดงอได้ที่มีเส้นลายนวกรหน้าเดียว (Single side product) พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มของผลิตภัณฑ์ตามประเภทของการอบคงรูป (Curing Type) ได้เป็น 4 กลุ่มหลัก ซึ่งผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS (Single side cover lay curing) ปริมาณการผลิตสูงที่สุดคือ 1,152,398 แผ่น คิดเป็น 68.5% มีของเสีย 940.4 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 0.081% หรือ 816 DPPM รองลงมาเป็นผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F มีปริมาณการผลิต 451,896 แผ่น มีของเสีย 536.2 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 1186.5 DPPM คิดเป็น 33.6% ของปริมาณของเสีย ส่วนผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G และผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F-G มีปริมาณการผลิตรวมกัน 78,387 แผ่น มีของเสียรวม 117 แผ่น คิดเป็น 7.4 % ของปริมาณของเสียทั้งหมดของการผลิตวงจรมีพินชนิดงอได้ ที่มีเส้นลายนวกรหน้าเดียว (Single side product) คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 1496.4 DPPM

โดยหากพิจารณาที่กระบวนการผลิตกันซ์ของวงจรมีพินชนิดงอได้ที่มีเส้นลายนวกรหน้าเดียว (Single side product) จะเห็นได้ว่าทุกกลุ่มผลิตภัณฑ์จะผ่านกระบวนการอบคงรูป (Curing process) ครั้งที่ 1 (CUR1) เพื่อให้ CL ติดกับ CCL ซึ่งซึ่งเรียกว่า CURCS (Single side cover lay curing) เหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันที่การเข้าทำการอบคงรูปครั้งที่ 2 (CUR2) ตามชนิดของ Stiffener ประเภท GE (Glass Epoxy) หรือประเภท Polyimide Film

ระยษณียำนปัญหานี้ได้ทำการจัดตั้งทีมงาน และทำการศึกษากะบวนการผลิตผลิตภัณฑ์วงจรมีพินชนิดงอได้ที่มีเส้นลายนวกรหน้าเดียว (Single side product) และสภาพปัญหาในปัจจุบัน และได้กำหนดปัญหาที่จะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางการแก้ไข คือข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ในกระบวนการอบคงรูป (Curing process) ซึ่งมีสัดส่วนของเสีย 0.094 % หรือ 947.2 DPPM โดยจะทำการศึกษาใน 2 กลุ่มผลิตภัณฑ์ คือผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F และผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G

8.3 บทสรุประยะการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)

ทำการการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) โดยทำการคัดเลือกชิ้นงานตัวอย่างในกระบวนการผลิต 30 ชิ้น ผู้ทำหน้าที่ตรวจสอบในกระบวนการผลิตจำนวน 3 คน (Appraiser) พบว่าไม่ผ่านเกณฑ์ รวมถึงเกณฑ์การยอมรับค่าสัมประสิทธิ์ Kappa (Kappa Statistics หรือ Kappa and Kendall's coefficient) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.40 - .075 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดที่ 0.75 ขึ้นไป ผลจากการทดสอบแสดงดังตาราง ซึ่งแสดงว่า พนักงานสามารถตรวจสอบได้ผลที่สอดคล้องกันปานกลาง

ตารางที่ 8-1 สรุปผลการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis)

Decisions	Operator Effectiveness Index : O_E	False Alarm Index : I_{FA}	Index of a Miss : I_{MISS}
AIAG's criteria	≥ 0.9 or 90%	≤ 0.05 or 5%	≤ 0.02 or 2%
Appraiser 1	80%	6.67%	13.33%
Appraiser 2	63.33%	33.33%	6.67%
Appraiser 3	76.67%	13.3%	26.67%

สรุปได้ว่ากระบวนการวัดหรือกระบวนการตรวจสอบชิ้นงานยังขาดประสิทธิภาพดังนั้นจึงทำการปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบชิ้นงานด้วยการ จัดทำ Limit sample และทำการฝึกอบรมพนักงานตรวจสอบให้มีความเข้าใจ ตามมาตรฐานการตรวจสอบ (Inspection Standard Specification) แล้วทำการประเมินผลกระบวนการวัดใหม่อีกครั้ง พบว่า ผ่านเกณฑ์ที่ 100% ทั้ง 3 Appraiser

ทำการศึกษากระบวนการผลิตและวิเคราะห์ข้อมูลด้วย แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p Chart) พบว่าในช่วงมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2555 กระบวนการผลิตมีความผันแปรค่อนข้างมาก โดยมีปริมาณการผลิตรวม 1,682,681.2 แผ่น มีปริมาณของเสียประเภท Dent COV จำนวน 1593.9 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 0.094 % หรือ 947.2 DPPM ดังนั้น $P = 0.000947$ และค่าคะแนนมาตรฐาน (Z Score) หรือค่า σ -Level โดยค่า Z Long Term (ZLT) เท่ากับ 3.106 คิดเป็น Ppk ได้ 1.04 และ Z Short Term (ZST) เท่ากับ 4.606 คิดเป็น Cpk ได้ 1.54

หลังการปรับปรุงกระบวนการวัดพบว่าสัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) มีค่าความผันแปรลดลง และไม่มีค่าที่ตกขอบเขตควบคุม ในช่วงเดือนสิงหาคม มีปริมาณการผลิตรวม 281,871 แผ่น มีปริมาณของเสียประเภท Dent COV จำนวน 192 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 0.068 % หรือ 681.2 DPPM ดังนั้น $P = 0.0006812$ และค่าคะแนนมาตรฐาน (Z Score) หรือค่า σ -Level โดยค่า Z Long Term (Z_{LT}) เท่ากับ 3.203 คิดเป็น Ppk ได้ 1.04 (จาก $Ppk = Z_{LT}/3$) และ Z Short Term (Z_{ST}) เท่ากับ 4.606 (จาก $Z_{ST} = Z_{LT} + 1.5 \text{ Shift}$) คิดเป็น Cpk ได้ 1.54 (จาก $Cpk = Z_{ST}/3$) โดยรวมแล้วส่งผลให้สัดส่วนของเสียลดลง 28 %

จากการศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบัน พบว่าข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ Dent COV คือมีรอยบุบจากการกดอัดด้วยกระบวนการอบคงรูป แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์ต้องผ่านกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนซึ่งในแต่ละกระบวนการเมื่อมีการกระแทกหรือกดทับบนวงจรพิมพ์ไฟฟ้าล้วนมีโอกาสทำให้เกิดรอยบุบได้เช่นกัน ซึ่งบางครั้งมีลักษณะคล้ายกันกับรอยบุบ Dent COV แต่จะ

ต่างกันที่ตำแหน่งที่เกิด ลักษณะและระดับความรุนแรงของรอยบูนนั้น ดังนั้นจึงทำการศึกษาเพื่อตีกรอบของปัญหา โดยมุ่งหาแหล่งของการเกิดและสาเหตุของรอยบูน ทำการกำหนดจุดตรวจโดยมุ่งเน้นที่กระบวนการที่มีการทำงานด้วยการกดอัดบนวงจรพิมพ์ไฟฟ้าเป็นหลัก อันได้แก่กระบวนการอบคงรูป (Curing process) และเครื่องกดอัดขนาดเล็ก (Press Machine)

ได้แบ่งทำการศึกษาใน 2 กลุ่มคือผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F และผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G โดยผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F ได้เลือกศึกษาผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 ซึ่งมีสัดส่วนของเสียสูงที่สุดจากการตั้งจุดตรวจสอบและเก็บข้อมูลพบว่า ณ จุดตรวจสอบที่ 2 ซึ่งเป็นการหลังกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 1 หรือ CURCS นั้นมีโอกาสในการทำให้เกิดรอยบูนบนวงจรพิมพ์ชนิดอได้ปริมาณมากที่สุดมากถึง 346 ตำแหน่ง คิดเป็น 50% ของปริมาณรอยบูนที่พบทั้งหมด และจากข้อมูลเบื้องต้นพบว่ามีโอกาสที่จะเกิดรอยบูนที่ตำแหน่งด้าน Base Film สูงกว่าตำแหน่งด้าน Circuit ของวงจรพิมพ์ชนิดอได้ ดังนั้นสำหรับการศึกษาระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-F จึงกำหนดกรอบของปัญหาที่กระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 1 หรือ CURCS

ส่วนผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G พิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 มาเป็นตัวแทนเพื่อทำการศึกษาผลการศึกษารูปได้ว่า ณ จุดตรวจสอบที่ 4 ซึ่งเป็นการตรวจสอบหลังกระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 2 หรือ CURG นั้นมีโอกาสในการทำให้เกิดรอยบูนบนวงจรพิมพ์ชนิดอได้ปริมาณมากที่สุดถึง 485 ตำแหน่ง คิดเป็น 63% ของปริมาณรอยบูนที่พบทั้งหมด และจากข้อมูลเบื้องต้นพบว่ามีโอกาสที่จะเกิดรอยบูนที่ตำแหน่งด้าน Circuit สูงกว่าตำแหน่งด้าน Base Film ของวงจรพิมพ์ชนิดอได้ ดังนั้นสำหรับการศึกษาระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์กลุ่ม CURCS-G จึงกำหนดกรอบของปัญหาที่กระบวนการอบคงรูปครั้งที่ 2 หรือ CURG

ทำการระดมความคิดเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผล (Key Process Input Variable หรือ KPIV) โดยใช้แผนภาพสาเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) จากนั้นนำปัจจัยต่างๆมาวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบูน Dent COV โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) ผลจากการใช้คะแนน พบว่ามี 12 ปัจจัยที่คะแนนรวมกันสูงถึง 80% และนำมาทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis หรือ FMEA) พบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบูนจากการกดอัด (Dent COV) มีอยู่ 6 ปัจจัย เพื่อนำไปทดสอบและวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป คือ วิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) ระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม วิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็กไม่เหมาะสม เม็ดนูนสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่นTPX Release film สิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน และวิธีเก็บแผ่นเหล็ก (Stainless Plate)

8.4 บทสรุประยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

ในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเป็นการอธิบายถึงปัจจัยและการทดสอบสมมติฐานเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย รวมทั้งแนวโน้มอิทธิพลของปัจจัยนำเข้าซึ่งมีทั้งหมดอยู่ 6 คือ วิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) ระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม วิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็กไม่เหมาะสม เม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film สิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน และวิธีเก็บแผ่นเหล็ก (Stainless Plate)

โดยจากการศึกษาทางทีมได้แบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. ปัจจัยที่มาจากภายในของกระบวนการรอบคองรูปซึ่งสามารถทำการศึกษา และออกแบบการทดลองโดยใช้การทดสอบสมมติฐาน(Hypothesis Test) พบว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 การพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยเรื่องความสะอาดของแผ่นเหล็กทั้งปัจจัยด้านวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) และวิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate) ปัจจัยเกี่ยวกับวิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปัญหา การเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) ส่วนปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงาน เป็นปัจจัยที่ขึ้นกับชนิดและลักษณะกระบวนการของตัวผลิตภัณฑ์ด้วย โดยพบว่าเป็นปัจจัยที่ไม่มีผลต่อสัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ของผลิตภัณฑ์รุ่น MC-010 กระบวนการCURCS-F แต่เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) ของผลิตภัณฑ์รุ่น PV-125 กระบวนการ CURCS-G

2. ปัจจัยที่มาจากภายนอกของกระบวนการรอบคองรูป ซึ่งทางทีมได้พยายามทำการศึกษาความสัมพันธ์และแนวโน้มอิทธิพลของปัจจัย อันได้แก่ การพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยเรื่องเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ผลพบว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 พบว่าขนาดเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film เป็นปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนของเกิดรอยบุบบนวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ โดยความเข้มข้นแรงของปัจจัยขนาดเม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film จะแปรผันตามความหนาของวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ด้วย และทำการพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม ซึ่งจากการตรวจสอบ พบว่าห้องมีเฉพาะพัดลมระบายอากาศ (Exhaust Fan) แต่ไม่มีปริมาณของอากาศดี (Fresh Air หรือ Outside Air) ที่ต้องเข้าไปแทนที่เลย ทำให้สถานะห้องเป็นความดันลบ (Negative Pressure) ทำให้มีฝุ่นละอองไหลเข้าไปในกระบวนการผลิตมาก โดยเป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการออกแบบระบบหมุนเวียนอากาศของกระบวนการ

8.5 บทสรุประยะ สรุประยะการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ (Improve Phase)

ระยะนี้ได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ โดยนำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์และทดสอบปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ ที่มีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) มาดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ ปัจจัยที่มาจากภายในของกระบวนการอบคงรูปซึ่งมีทั้งหมด 4 ปัจจัย คือ

1. เปลี่ยนวิธีการขัดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) เป็นการขัดโดยใช้สน้ำ
2. เปลี่ยนวิธีเก็บแผ่นเหล็กหลังการขัด (Stainless Plate) โดยใช้โต๊ะใส่แผ่นเหล็กและอุปกรณ์ป้องกันฝุ่น
3. เปลี่ยนวิธีการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก เป็นการใช้อุปกรณ์ทำความสะอาดแผ่นเหล็ก
4. ปรับปรุงแก้ปัญหาสิ่งสกปรกติดมาบนชิ้นงานในกระบวนการติด Stiffener GE โดยสรุปแนวทางการแก้ปัญหาได้ 4 แนวทางคือ
 - เปลี่ยนวิธีการทำความสะอาด STF GE โดยใช้ลูกกลิ้งทำความสะอาด
 - ลดความสูง Pin Jig ใช้ระบบ Vacuum ช่วยจับยึด
 - เพิ่มการทำความสะอาดชิ้นงานด้าน Base film ด้วยลูกกลิ้ง
 - เพิ่มรอบการทำความสะอาดแผ่น Silicone ก่อนเริ่มงานทุกล็อต

ปัจจัยที่มาจากภายนอกของกระบวนการอบคงรูป ซึ่งทางทีมได้พยายามทำการศึกษาความสัมพันธ์และแนวโน้มอิทธิพลของปัจจัย อันได้แก่ เม็ดฝุ่นสิ่งแปลกปลอมในเนื้อแผ่น TPX Release film ซึ่งไม่สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้โดยทีมงานเอง แต่ได้ดำเนินการศึกษาความสัมพันธ์ของปัญหาและแจ้งให้ผู้ที่เกี่ยวข้องรับทราบถึงผลกระทบเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการปรับปรุงในคราวต่อไป และระบบหมุนเวียนอากาศไม่เหมาะสม ทางทีมตรวจพบว่าระบบระบบหมุนเวียนอากาศมีความผิดปกติ และได้ดำเนินแจ้งผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการปรับปรุงในคราวต่อไป แต่ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาในคราวนี้ โดยส่วนที่ทางทีมงานสามารถดำเนินการเพื่อบรรเทาปัญหาได้ในขณะนี้คือการจัดการและดูแลเกี่ยวกับระบบการหมุนเวียนอากาศภายใน โดยผ่านตัวกรอง (Filter) ของเครื่องปรับอากาศโดยปรับรอบเวลาการทำความสะอาดตัวกรองอากาศ (Filter) ด้านล่างและด้านบนและการทำความสะอาดคอยล์ของเครื่องปรับอากาศ

8.6 ระยะเวลาควบคุมกระบวนการผลิต (Control Phase)

ระยะนี้ขึ้นตอนสุดท้ายของกระบวนการซิกซ์ ซิกม่า เมื่อสามารถระบุปัญหาหรือสาเหตุของปัญหาและแนวทางแก้ไขได้แล้ว ขั้นต่อไปคือ การนำแนวทางทางแก้ไขไปปฏิบัติ และเน้นการป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดซ้ำอีก ในขั้นนี้จึงเป็นการตรวจสอบและเฝ้าติดตามกระบวนการ รวมถึงวางมาตรการในการควบคุมปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีผลต่อปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยบุบจากการกดอัด (Dent COV) โดยจัดทำแผนควบคุม(Control Plan) เพื่อเป็นมาตรฐานในการทำงาน

หลังจากเฝ้าติดตามผลการปรับปรุงกระบวนการทั้งนี้ได้เริ่มใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2555 โดยได้เริ่มต้นนำข้อมูลสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นแต่ละวัน มาทำการวิเคราะห์ด้วย แผนภูมิ p จะพบว่าสัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภท Dent (COV) มีค่าความผันแปรสูง โดยหลังปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบในช่วงเดือนสิงหาคม 2555 พบว่ามีค่าความผันแปรลดลงซึ่งโดยรวมแล้วส่งผลให้สัดส่วนของเสียลดลง 28 % และหลังจากจากการประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า เพื่อปรับปรุงกระบวนการอบคงรูปร่างจรมพิมพ์ชนิดอได้ประกอบเพื่อการลดของเสียประเภทรอยบุบ โดยดำเนินการตามขั้นตอน DMAIC เพื่อวิเคราะห์หาระดับปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสม พบว่าสามารถลดสัดส่วนของเสียจาก 0.094 % หรือ 947.2 DPPM ลดลงเหลือ 0.0442% หรือ 442 DPPM หรือ $P = 0.000442$ และค่าคะแนนมาตรฐาน (Z Score) หรือค่า σ -Level โดยค่า Z Long Term (Z_{LT}) เท่ากับ 3.325 คิดเป็น Ppk ได้ 1.108 และ Z Short Term (Z_{ST}) เท่ากับ 4.825 คิดเป็น Cpk ได้ 1.608 โดยสัดส่วนของเสียลดลง 53.3 % คิดเป็นมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ 666,529 บาทต่อปี

8.7 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย

1. เนื่องจากตัวแปรตอบสนองของผลงานวิจัยคือของเสียจากรอยบุบ ซึ่งเป็นข้อมูลจำนวนนับ จึงมีวิธีในการประยุกต์ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลน้อย จึงไม่มีความหลากหลายในการวิเคราะห์ และยังจำเป็นต้องใช้จำนวนสิ่งตัวอย่างในการทดลองมากอีกด้วย
2. เนื่องจากข้อบกพร่องประเภทรอยบุบ Dent COV คือมีรอยบุบจากการกดอัดด้วยกระบวนการอบคงรูป แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์ต้องผ่านกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนซึ่งในแต่ละกระบวนการเมื่อมีการกระแทกหรือกดทับบนวงจรพิมพ์ไฟฟ้าล้วนมีโอกาสทำให้เกิดรอยบุบได้ ซึ่งบางครั้งมีลักษณะคล้ายกันกับรอยบุบ Dent COV แต่จะต่างกันที่ตำแหน่งที่เกิด ลักษณะและระดับความรุนแรงของรอยบุบ จึงทำให้เกิดความยุ่งยากในการแยกแยะการเกิดและหาสาเหตุของรอยบุบ
3. ระยะเวลาในการผลิต เนื่องจากกระบวนการผลิตมีขั้นตอนในการทำงานเป็นจำนวนมาก

จึงมีข้อจำกัดในเรื่องระยะเวลาในการตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งการตรวจสอบคุณภาพจะต้องตรวจสอบก่อนและหลังการผลิตอีกด้วย

4. เนื่องจากจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองมีจำนวนมาก จึงต้องใช้จำนวนพนักงานในการตรวจสอบเป็นจำนวนมาก

8.8 ข้อเสนอแนะ

1. วิธีการในการปรับปรุงกระบวนการประกอบในงานวิจัยนี้สามารถประยุกต์สำหรับสายการผลิตอื่นๆ ที่มีกระบวนการและเครื่องมือในการปฏิบัติงานแบบเดียวกันได้

2. โรงงานกรณีศึกษาในการสุ่มตรวจสอบ (Sampling Inspection) โดยพนักงานตรวจสอบที่ท้ายกระบวนการอบคงรูป ก่อนส่งกระบวนการถัดไป ในปัจจุบันเป็นการเก็บข้อมูลและสรุปจำนวนที่พบเท่านั้น ควรประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุม (u chart) ด้วยเช่นกัน

3. ควรจะมีมาตรฐานการควบคุมระบบหมุนเวียนอากาศ ได้แก่ ท่อระบายอากาศ ท่ออากาศดี ระบบตัวกรองอากาศ และอัตราการหมุนเวียนอากาศ

4. ควรมีเครื่องตรวจสอบคุณภาพอัตโนมัติ (Automate Optical Inspection) แทนการตรวจสอบด้วยสายตา เพื่อความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว ในการตรวจจับปัญหาและหยุดการผลิตของเสียได้ทันเวลา

5. ควรมีการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบก่อนทำการผลิต เพื่อลดปัจจัยที่ก่อให้เกิดของเสีย

6. ควรมีเครื่องจักรในการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก (Stainless Plate) เพื่อทำความสะอาดแผ่นเหล็กได้ทั่วถึง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) [ประมวลผลด้วย MINITAB]. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2546.
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม. เล่มที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2539.
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม. เล่มที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2542.
- ควานาซ, อาร์; นิแมน, อาร์; และเพนดิ, พี. เส้นทางสู่ Six Sigma. แปลโดย ฝ่ายวิชาการ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ท็อป, 2548.
- ทิวา แสนสม. การลดของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกขงรถยนต์โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.
- ธิดาเดียว มยุรีสุวรรณ. สถิติสำหรับวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2544.
- ธีรพร แสนพรหม. การลดแม่แบบแก้วเสียในกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.
- นภัสดวงศ์ โรจนโรวรรณ. การควบคุมคุณภาพ. เอกสารการสอนภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เบรย์ โฟล์ทรี, ฟอว์เรส ดับบลิว; คิวเพิลโล, เจมส์ เอ็ม; และ เมวดาวส์, เบคกี. Six Sigma เพื่อความเป็นเลิศในองค์กร. แปลโดย ญัฐพันธ์ เขจรนันท์ และคณะ. กรุงเทพมหานคร: เอ็กซ์เปอร์เน็ท, 2545.
- ปารเมศ ชูติมา. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- ฝ่ายวิชาการ. เส้นทางสู่ Six Sigma. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ท็อป, 2548.
- พรรัตน์ จตุพรพรณษา. การศึกษากระบวนการปมเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตของแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดอ่อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

- เพนดิ, พีต; และ ฮอลฟ์, ลาร์รี่. Six Sigma กลยุทธ์การสร้างผลกำไรขององค์กรระดับโลก. แปลโดย วิทยา สุหฤตดำรงและก้องเดชา บ้านมะหิงษ์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ท็อป, 2545.
- ภัทรา อายุวัฒน์. การลดของเสียที่เกิดจากค่าการรับน้ำหนักกดของชุดหัวอ่านสำเร็จไม่ได้ตามข้อกำหนดในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- วชิรพงษ์ สาลีสิงห์. ปฏิบัติกระบวนการทำงานด้วยเทคนิค Six Sigma ฉบับ Champion และ Black Belt. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, 2548.
- วรภัทร์ ภูเจริญ, กาญจนา สร้อยระย้า และ ธนกฤต จรัสรุ่งสวัสดิ์. เข้าใจ Six Sigma. พิมพ์ครั้งที่ 1-3. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2546.
- วันรัตน์ จันทร์ทกิจ. 17 เครื่องมือนักคิด Problem Solving Devices. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, 2547.
- ศิริวดี เอื้ออรุณโชติ. การลดการปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนสำหรับคอมพิวเตอร์ โดยการประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ภาษาอังกฤษ

- Automotive Industry Action Group (AIAG), Potential failure mode and effects analysis Reference manual, 3rd ed., 2001.
- Breyfogle, F.W. III. Implementing six sigma: Smarter solutions using statistical methods. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- Bunce, M. M., Wang, L., and Bidanda, B. Leveraging Six Sigma with industrial engineering tools in crateless retort production. International Journal of Production Research, 46:23(December 2008) : 6701-6719.
- Li, M. H. C., Refaie, A. A., and Yang, C. Y. DMAIC Approach to Improve the Capability of SMT Solder Printing Process. Journal of IEEE Transactions on Electronics Packaging manufacturing, 31:2 (April 2008) : 126-133.

- Napassavong, R., and Angsumalin, S. Development of Efficient Washing System for Reduction Of Oil Contamination on Machining Parts. Journal of Advanced Materials Research, 156-157(2011) : 1545-1554.
- Pyzdek, T., and Keller, P. The Six sigma handbook : a complete guide for green belts, black belts, and managers at all level. 3rd ed. : McGraw-Hill Books, 2009.
- Raisinghani, M. S. Six Sigma: concepts, tools, and applications. Journal of Industrial Management & Data Systems, 104 (2005) : 491-505.
- Sameer, K., and Micheal, S. Reflective practice using DMAIC Six Sigma to systematically improve shop floor production quality and costs. Journal of Productivity and Performance Management, 58: 3 (2009): 254-273.
- Sleeper, A. D. Design for Six Sigma statistics: 59 tools for diagnosing and solving problems in DFSS initiatives. New York: McGraw-Hill, 2006.
- Safwat, T., and Ezzat, A. Applying Six Sigma techniques in Plastic Injection Molding Industry. Journal of Proceeding of the 2008 IEEE, (2008) : 2041-2045
- Trecon. Six Sigma Black Belt Training Materials, 2010

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างตารางเก็บข้อมูลและตัวอย่างสรุปผลการดำเนินงาน

ตารางที่ ก-2 ตัวอย่างสรุปผลการดำเนินงานที่ 1

Six Sigma Project Minute Meeting				
<u>Topic :</u> Dent COV defective reduction project				
<u>Date :</u> 12/2/2012				
<u>Place :</u> B1				
<u>Time :</u> 13.30-16.00				
<u>Minute no :</u> #11				
<u>Member to attended :</u>				
PRD :				
PEN :				
Adviser :				
Black Belt :				
<u>Report by :</u>				
<u>Main Topic :</u>				
1.Wet Polishing Method				
2.Unpack Material Method				
3.SUS plate keeping area & tooling				
4.Q-condition				
NO.	Item	Action	PIC	Due date
1	Wet Polishing Method	1.1 Tooling (โต๊ะวาง กระจกน้ำ) ที่ใช้ในการขัดแบบเปียก		12/8/2012
		มีอะไรที่ต้องการเพิ่มเติมบ้าง ราคาค่าใช้จ่ายเท่าไร		
		1.2 Method (Set wet polishing method)		12/13/2012
		เก็บข้อมูลเรื่อง contamination หลังวันที่ 13/12/10 และ เรื่องวิธีการเก็บข้อมูล		
		1.3 Condition control ต้องควบคุมในส่วนใดบ้าง		
		1.4 Lay out สถานที่ในการขัด		
2	Unpack Material Method	2.1 Tooling สามารถใช้เครื่องมือช่วยในการ unpack		12/13/2012
		ได้หรือไม่		
		2.2 Method (Set unpack method)		
3	SUS plate keeping area & tooling	3.1 Tooling ที่เก็บ SUS plate ที่จะใช้แทนพลาสติกห่อ		12/15/2012
		หน้าตาข้างในเป็นแบบไหน Tooling ที่ใช้ช่วยในการ clean		
		มีประสิทธิภาพแค่ไหน ต้องปรับปรุงยังไง		
		3.2 Method วิธีในการ clean วิธีในการเก็บ เก็บอย่างไร		12/13/2012
		และ clean ลักษณะใด		
		3.3 Lay out สถานที่ในการจัดเก็บ มัดคือให้เก็บที่ line D,F		12/7/2012
		ไปก่อนรอจัด lay out line C ใหม่ก่อน		
4	Q-condition	4.1 Daily clean clean เครื่อง Remover clean ด้านบน		12/16/2012
		ของเครื่องไล่จากด้านใกล้กับ stocker ออกมาด้านนอก		
		ไล่ลงมาจากบนลงล่าง และ clean พื้นที่การทำงาน		
		ไล่จากด้านใกล้กับ stocker ออกมาด้านนอก		
		clean โดยใช้ Wet task ชุบ Alcohol จากนั้นทำการ		
		กวาดพื้นห้อง curing ให้สะอาด		
		4.2 Weekly clean clean cover remover และ		
		clean roller ของโต๊ะเตรียม Mat ด้วยเครื่องดูดฝุ่น		
		4.3 Clean SUS plate & operation clean add tooling &		
		revise work instruction, Handling keep standard		

ตารางที่ ก-3 ตัวอย่างสรุปผลการดำเนินงานที่ 2

Six Sigma Project Minute Meeting			
<p>Topic : Dent COV defective reduction project Date : 1/11/2012 Place : B3 Factory B Time : 13:30-15:00 Minute no : # 13 Member to attended : PRD : PEN : Adviser : Black Belt : Report by : Main Topic : 1. แจ้งเรื่อง Data Trend Dent Cov. 2. Reduce dent CUR2 (CURF & CURG) 3. Monitor P/D 2 lot เพื่อหา Root cause 4. FAA at Final process</p>			
Topic & Detail	Action	PIC	Due date
<p>1. แจ้งเรื่อง Data Trend Dent Cov. จากข้อมูล Reject Dent COV ที่ออกจาก Final process โดยเดือน NOV พบว่า Product single side ซึ่ง Input CUR 1 ที่ line B เป็น CURCS มี Reject ลดลง อยู่ที่ 579 PPM ซึ่งยากที่จะลดลงไปให้ได้มากกว่านี้แล้วด้วยที่ว่ามียุติปัจจัยที่ไม่สามารถแก้ไขได้โดย P/C เช่น Dent ที่เกิดขึ้นจาก Material TPX Fish eye , Environment เป็นต้นประเภทการ Cur แบ่งเป็น 4 ประเภทคือ</p> <ol style="list-style-type: none"> CUR1 -CURCS only ประมาณ 257 PPM CUR1 -CURCS & CUR2- CURF ประมาณ 226 PPM CUR1 -CURCS & CUR2- CURG ประมาณ 94 PPM CUR1 -CURBS & CUR2- CURCW ประมาณ 3 PPM 			
<p>2. จ้างทำการเลือกในส่วนของ Cur2 เป็น Step ต่อไปในการลด Dent</p>	<p>โดย Product CUR2 ที่ เป็น Top 3 และมี Wip คือ PV-125, CP-082 และ MC-010 เลือก PVC-125S-0B เป็นตัวแทนที่จะ Monitor ปัญหา</p>		
<p>3. Monitor P/D 2 lot เพื่อหา Root cause จากการ Monitor defect dent COV (16.3) ของงานทั้ง 2 lot พบว่า dent เกิดหลัง CURG สูงถึง 67 % เป็น defect ด้าน F-side 71% โดยจากการตรวจสอบก่อน remove cushion พบว่ารอย dent ที่เกิด 28% มาจากเศษ GE และ 52% พบว่าเกิดจากคราบลักษณะคล้ายกาวติดอยู่ที่ cushion หรือ P/D</p>	<p>ทำการ Monitor P/D PVC-125S-0B dent level reject on scrap & FPC area 4 Step</p> <ol style="list-style-type: none"> Check before CURSCS mark " A " Check after CURCS mark " B " Check before CURG mark " C " Check after CURG mark " D " 		
<p>4. FAA at Final process FAA (Find out Abnormal Activity)</p> <ol style="list-style-type: none"> OP 1 ขณะลอก Release paper B-side OP 2 ขณะทำการปิดด้วยแรงทำให้เศษกาวและเศษ B-side & F-side และกระจายอยู่ที่บริเวณ OP 3 วิธีการใช้ Handy roller ไม่มีการ clean กับ Adhesive paper ก่อนทำการสัมผัสกับ Product อีกครั้งหลังจากทำการ clean ไปแล้ว B-side OP 3 มี Contamination จากการปิดของ OP 2 ดัดที่มี และนำไปสู่ตัว Product B-side & F-side OP 3 การใช้ Handy roller ไม่สามารถ clean ลงไปได้ทั้ง JIG B-side OP 3 การใช้ Template มีการสัมผัสกับ Product โดยตรงอาจเป็นการนำ Contamination มาติดกับ Product F-side Silicone ที่เครื่อง Hot press สัมผัสกับ Product มี period ในการ clean หรือ การเปลี่ยนอย่างไวด้าน F-side OP 4 Nishiban tape อาจหลุดมาติดบน Product ด้าน F-side OP 4 Template inspect สัมผัสกับ Product ทั้ง F-side และ B-side OP 4 ขณะ clean JIG อาจมีการหลุดลอกของ JIG ทำให้เกิด Contamination ได้ B-side & F-side Reuse paper มี Contamination และ กาวต่างๆติดและ ไปติดที่ Product B-side & F-side 	<ol style="list-style-type: none"> เปลี่ยนวิธีการในการ Clean ซิลิโคนรับเบอร์ จาก Clean ในเครื่องเป็นถอดออกมา Clean เพื่อให้สะดวกและสะอาดในการ Clean ปรัน Period Clean ยังเป็น 1 lot / ครั้ง เปลี่ยนอุปกรณ์การ Clean P/D ด้าน B-side จาก Sticky roll เป็น Roller สีฟ้า เพิ่มการ Clean P/D ที่ด้าน F-side 		

ภาคผนวก ข

ข้อมูลสำคัญของเสียและการคำนวณมูลค่าความสูญเสีย

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลสัดส่วนของเสียในเดือนมกราคม 2556 ถึงเดือนมีนาคม 2556

Date	Input(Pcs)	Dent COV (Pcs)	DPPM
2-Jan	5552	2	360
3-Jan	5661	4	707
4-Jan	8781	4	456
5-Jan	7592	4	527
6-Jan	8648	3	347
7-Jan	6677	4	599
8-Jan	5363	3	559
9-Jan	4976	2	402
10-Jan	9542	5	524
11-Jan	8824	5	567
12-Jan	8025	5	623
13-Jan	9592	5	521
14-Jan	7448	4	537
15-Jan	9207	5	543
16-Jan	9034	4	443
17-Jan	8116	3	370
18-Jan	10640	5	470
19-Jan	10114	8	791
20-Jan	10081	5	496
21-Jan	8344	5	599
22-Jan	10102	6	594
23-Jan	5263	3	570
24-Jan	10336	5	484
25-Jan	8757	3	343
26-Jan	7821	4	511
27-Jan	10622	6	565
28-Jan	8018	4	499
29-Jan	10911	4	367
30-Jan	5640	3	532
31-Jan	10394	6	577

Date	Input(Pcs)	Dent COV (Pcs)	DPPM
4-Feb	11811	6	508
6-Feb	5867	4	682
7-Feb	11339	5	441
9-Feb	12940	6	464
10-Feb	12814	6	468
11-Feb	11321	7	618
12-Feb	14087	6	426
13-Feb	13362	7	524
14-Feb	11072	6	542
15-Feb	6485	3	463
16-Feb	12502	8	640
17-Feb	10390	7	674
18-Feb	12776	6	470
19-Feb	12722	7	550
21-Feb	6552	4	611
22-Feb	11748	6	511
23-Feb	11528	5	434
24-Feb	11946	6	502
25-Feb	10826	5	462
26-Feb	10739	5	466
28-Feb	8864	4	451

Date	Input(Pcs)	Dent COV (Pcs)	DPPM
1-Mar	6824	3	440
2-Mar	9234	3	325
3-Mar	9252	4	432
4-Mar	9348	4	428
5-Mar	6682	3	449
7-Mar	10732	5	466
8-Mar	8397	4	476
9-Mar	9554	3	314
10-Mar	9969	4	401
11-Mar	7345	3	408
12-Mar	3938	2	508
13-Mar	6188	3	485
14-Mar	7173	3	418
15-Mar	6173	2	324
16-Mar	9676	2	207
17-Mar	10247	5	488
18-Mar	7276	3	412
19-Mar	9854	5	507
21-Mar	7790	4	513
22-Mar	9200	5	543
23-Mar	10027	6	598
24-Mar	9019	4	444
25-Mar	7040	3	426
26-Mar	4401	3	682
27-Mar	9658	5	518
28-Mar	8973	4	446
29-Mar	7807	3	384
30-Mar	8614	4	464
31-Mar	9165	4	436

ตารางที่ ข-2 การคำนวณมูลค่าความสูญเสีย

Cost saving calculate

Failure cost of each product =

Reject Dent COV Quantity X Total cost of each product

Such as

Product : AAA-010

Total Product cost of = 30 baht/pcs

* Refer data from Accounting Department

Total Dent COV reject = 200 pcs/month

Failure cost = 6000 baht/month

and then summary failure cost separate by CUR Type

CUR Type	AVG (Jan-Jun-10)	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr
S	30456	23123	17812	22471	8499	9528	6725	11423	14634	10803	10964
S=>F	677	213	573	494	599	1436	1084	2934	1859	630	809
S=>G	19	0	7	34	0	0	0	43	0	0	0
CW	2432	4193	3953	1064	1588	1193	4603	1964	1314	0	0
CW=>F	27	0	0	106	106	0	0	106	0	0	0
CW=>G	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CS	82601	65885	54247	51937	41545	25897	33669	34295	31155	27068	36181
CS=>F	49126	39025	35600	41127	36121	33159	39976	37413	44002	36762	28524
CS=>G	8133	13721	17812	16152	15187	11229	5989	8475	3652	4799	5811
CS=>S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CS=>F=>G	1507	0	972	146	97	0	0	0	0	0	0
BS=>CW	5	0	40	0	0	0	0	0	0	10	0
BS=>S	0	10	0	0	0	15	0	0	0	0	0
BS=>F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BS=>CW=>F	585	85	545	137	435	343	0	137	0	0	0
Others(PRN)	39	116	68	37	17	45	14	0	0	290	15
0	175647	146373	131629	133707	104195	82845	92060	96790	96616	80361	82304

Base line

Failure cost separate by CUR Type	AVG (Jan-Jun-10)	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr
CUR Single Side (CURCS)	141367.7	118632	108631	109363	92951	70285	79633	80182	78809	68628	70516
CUR Base (CURBS)	590.1	96	585	137	435	358	0	137	0	10	0
CUR Double Side (CURCW)	2498.1	4193	3953	1170	1694	1193	4603	2070	1314	0	0
CUR Sametime (CURS)	31152.6	23336	18392	23000	9099	10965	7809	14401	16493	11433	11773
Other (PRN)	38.9	116	68	37	17	45	14	0	0	290	15
Total CUR	175647.4	146373	131629	133707	104195	82845	92060	96790	96616	80361	82304
Cost Saving : CURCS (Base line - Actual)	141367.7	0	32736	32005	48417	71083	61734	61185	62558	72739	70852
Accumulate Cost Saving	0	0	32736	64742	113158	184242	245976	307161	369720	442459	513311

ภาคผนวก ค
คำย่อที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ ก-1 คำย่อที่ใช้ในงานวิจัย

ลำดับ	คำย่อ	ชื่อเต็ม	คำอธิบาย
1	ADH	Adhesive	เป็นกาวที่ใช้เพื่อติดอุปกรณ์กับผลิตภัณฑ์
2	ANOVA	Analysis of variance	การวิเคราะห์ความแปรปรวน
3	CCL	Copper clad laminates	แผ่นทองแดง
4	CL	Cover lay film	วัสดุคิบบที่ใช้เคลือบเส้นลายวงจร
5	COPQ	Cost of Poor Quality	ต้นทุนของความด้อยคุณภาพ
6	CTQs	Critical to quality	จุดวิกฤตต่อคุณภาพ
7	CUR	Curing	การอบคงรูปวงจรพิมพ์ชนิดงอได้
8	CURBS	Base film curing	การอบคงรูปวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว แต่สามารถนำไฟฟ้า 2 ด้าน (Double access product) เพื่อให้ CL ซึ่งใช้ทำหน้าที่แทน Base film ให้ติดกับ CCL
9	CURCS	Single side cover lay curing	การอบคงรูปสำหรับวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจรหน้าเดียว (Single side product) เพื่อให้ CL ติดกับ CCL
10	CURCS-F	Stiffener curing	การอบคงรูปสำหรับวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่ต้องการเสริมความแข็งแรงด้วย Stiffener อันได้แก่ SUS Plate, Aluminum, Polyimide Film, PET Film
11	CURCS-G	GE stiffener curing	การอบคงรูปสำหรับวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่ต้องการเสริมความแข็งแรงด้วย Stiffener ประเภท GE (Glass Epoxy)
12	CURCW	Double side cover lay curing	การอบคงรูปสำหรับวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่มีเส้นลายวงจร 2 ด้าน (Double side product) เพื่อให้ CL ติดกับ CCL
13	CURG	GE stiffener curing	การอบคงรูปสำหรับวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่ต้องการเสริมความแข็งแรงด้วย Stiffener ประเภท GE (Glass Epoxy)

ตารางที่ ก-1 คำย่อที่ใช้ในงานวิจัย (ต่อ)

ลำดับ	คำย่อ	ชื่อเต็ม	คำอธิบาย
14	CURS	Sametime curing	การอบคงรูปสำหรับวงจรพิมพ์ชนิดงอได้ที่ต้องการให้ CL ติดกับ CCL และ Stiffener ด้วย ซึ่งคือการทำ Cover lay curing พร้อมกับ Stiffener curing
15	Dent COV	Dent Cover Coat	ข้อบกพร่องประเภทรอยบุบด้วยกระบวนการอบคงรูป
16	DOE	Design of Experimen	เทคนิคการออกแบบทดลอง
17	DPPM	Defect part per million	สัดส่วนของเสียในล้านส่วน
18	FMEA	Failure Mode & Effect Analysis	การวิเคราะห์ความขัดแย้งและผลกระทบ
19	FPC	Flexible Printed Circuits	วงจรพิมพ์ชนิดงอได้
20	Gage R&R	Gauge Repeatability and Reproducibility	การประเมินผลค่ารีพีทะบิลิตี้และรีโพรดิวซิ บิลิตี้ของระบบการวัด
21	GE	Glass Epoxy	วัสดุเสริมความแข็งแรงประเภทGlass Epoxy
22	I_{FA}	False Alarm Index	ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธความผิดพลาด
23	I_{MISS}	Miss Rate Index	ดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับความผิดพลาด
24	Kappa	Kappa and Kendall's coefficient	การวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบด้วย สัมประสิทธิ์ Kappa เป็นลักษณะของการ ทดสอบความมีประสิทธิผลของพนักงานผู้ทำ การวัดทีละคู่ โดยจะอาศัยแนวความคิดของ การทดสอบสมมติฐานจากตารางไขว้ และจะ พิจารณาจากผลการทดสอบที่ให้ผลเหมือนกัน ของพนักงานทั้งสองคน
25	KPIVs	Key Process Input Variable	ปัจจัยตัวแปรหลักที่จะนำเข้าสู่กระบวนการ ผลิต

ตารางที่ ก-1 คำย่อที่ใช้ในงานวิจัย (ต่อ)

ลำดับ	คำย่อ	ชื่อเต็ม	คำอธิบาย
26	KPOVs	Key Process Output Variable	ผลลัพธ์ที่สนใจของกระบวนการ
27	MSA	Measurement System Analysis	การวิเคราะห์ระบบการวัด
28	O _E	Operator Effectiveness Index	ดัชนีความมีประสิทธิภาพ
29	P-Chart	Proportion Defective Control Chart	แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย
30	PE	Polyethylene	วัสดุโพลีเมอร์ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบาง ทำหน้าที่ช่วยบีบรัดให้วัสดุเสริมความแข็งแรงติดแน่นกับเส้นลายวงจร
31	RPN	Risk priority number	การประมาณตัวเลขระดับความเสี่ยง
32	SIPOC	Suppliers Inputs Process Output Customer	แผนภาพกระบวนการระดับสูง
33	STF	Stiffener	วัสดุเสริมความแข็งแรง
34	SUS Plate	stainless steel plate	แผ่นเหล็ก
35	TPM	Total Productive Maintenance	การบำรุงรักษาวิผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม
36	TQM	Total Quality Management	การบริหารคุณภาพโดยรวม
37	σ	Sigma	ตัวอักษรกรีก ซึ่งหมายถึงความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ (Standard Deviation) เพื่อใช้วัดความแปรปรวนเฉลี่ยที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยมาตรฐาน ค่าระดับของ Sigma ที่สูง แสดงให้เห็นถึงคุณภาพที่ดีกว่า

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพัชรี อัจหาญ เกิดเมื่อวันที่ 27 กันยายน 2525 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในปีการศึกษา 2548 ภายหลังการศึกษาได้เข้าทำงานที่บริษัทฟูจิรุระ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด ในตำแหน่งวิศวกรปรับปรุงกระบวนการผลิต และได้ศึกษาต่อ ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552