การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีของการผลิตวงจรไฟฟ้ารวม

นางสาววิลันดา เริงโรจน์สรากุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
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.

QUALITY IMPROVEMENT OF ELECTRO-PLATING PROCESS IN INTEGRATED CIRCUITS MANUFACTURING

Miss Wilunda Roengrojsrakul

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 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีของการผลิตวงจรไฟฟ้ารวม
โดย	นางสาววิลันดา เริงโรจน์สรากุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……. ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

……... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์)

……. กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล)

……. กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา)

วิลันดา เริงโรจน์สรากุล: การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีของการผลิตวงจรไฟฟ้ารวม. (QUALITY IMPROVEMENT OF ELECTRO-PLATING PROCESS IN INTEGRATED CIRCUITS MANUFACTURING)
อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ประเสริฐ อัครประถมพงศ์, 220 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีของการผลิตวงจรไฟฟ้ารวม โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อลดปริมาณของเสีย และปรับปรุงมาตรฐานในการควบคุมกระบวนการให้มีประสิทธิภาพ จากการศึกษาพบว่าของเสียหลักที่เกิดขึ้นในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ได้แก่ ของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ชิ้นงานมีค่าความหนาไม่ได้ตามที่กำหนด และของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test โดยการศึกษาวิจัยเริ่มต้นจากการศึกษากระบวนการและระดมสมองเพื่อระบุปัจจัยทางคุณภาพของกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี มีการประยุกต์ใช้ผังก้างปลา การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (FMEA) และการทบทวนการศึกษาออกแบบการทดลอง (DOE) โดยผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาพบว่าสาเหตุหลักในการเกิดข้อบกพร่องทางคุณภาพส่วนมาก เกิดจากสิ่งปนเปื้อนในสารเคมี การกำหนดขั้นตอนการทำงานของพนักงานและการตรวจสอบบำรุงรักษาเครื่องจักรไม่เหมาะสม และการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการผลิตไม่เหมาะสมกับลักษณะของชิ้นงาน จึงได้มีการกำหนดแนวทางการแก้ไข ซึ่งหลังดำเนินการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการพบว่า (1) สัดส่วนร้อยละของล็อตที่ตรวจพบปัญหาของเสียประเภทเศษโลหะส่วนเกิน ลดลงจากเดิม 46% เป็น 5% (2) สัดส่วนร้อยละของล็อตที่ตรวจพบปัญหาชิ้นงานที่มีค่าความหนาชั้นดีบุกไม่ได้ตามที่กำหนด ลดลงจากเดิม 0.3% เป็น 0.05% (3) ไม่เกิดของเสียประเภทที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test นอกจากนี้ จากผลการปรับปรุงมาตรฐานการควบคุมกระบวนการ เช่น การปรับปรุงการใช้ระบบการควบคุมกระบวนการทางสถิติ และการปรับปรุงมาตรฐานขั้นตอนการทำงาน ทำให้สามารถควบคุมของเสียดังกล่าวให้อยู่ในอัตราที่ยอมรับได้อย่างต่อเนื่อง

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....
ปีการศึกษา 2554

5171511521: MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEY WORDS: QUALITY IMPROVEMENT, DEFECT REDUCTION, FMEA, RISK
WILUNDA ROENGROJSRAKUL: QUALITY IMPROVEMENT OF ELECTRO-PLATING PROCESS IN INTEGRATED CIRCUITS MANUFACTURING
ADVISOR: ASST.PROF. PRASERT AKKHARAPRATHOMPHONG, 220 pp.

This research is intended to study the Electro-Plating process in order to reduce defects and improve process control by using Fish bone diagram and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) technique. From process and defective part study, it was found out that the major defects are Excessive Tin plating, Out of spec Tin plating thickness and Solderability failure. The research is started from studying the process and brain storming to look for quality factors by using Fish bone diagram, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Design Of Experiment (DOE). The results of problem analysis show that the main root causes of defects are contamination in chemical substances and improper work instructions. Also, inaccurate parameters setting in production is identified as another major cause which the improvement action are established to solve the problem. The other advantages of this action are that the factory has the guide line of chemical process control and key risk indicators are identified to prevent the problem. The results after improvement are concluded as (1) The percentage of reject lot of Excessive Tin plating is reduced from 46% to 5% (2) The percentage of reject lot of Out of spec Tin plating thickness is reduced from 0.3% to 0.05% (3) Solderability failure is eliminated. Moreover, the defects can be controlled within acceptable level continuously due to the Statistical Process Control (SPC) and working instruction are continuously improved and standardized.

Department: Industrial Engineering Student's Signature .....
Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature .....
Academic year 2011 .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์ ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และสละเวลาในการให้คำปรึกษา แนะนำ รวมทั้งตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆของเนื้อหาการวิจัย ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อผู้วิจัยตลอดระยะเวลาในการดำเนินงาน และขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก และรองศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่สละเวลามาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำ รวมทั้งข้อคิดเห็นอื่นๆ ซึ่งช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่ได้ให้ทั้งความรู้ คำแนะนำและประสบการณ์ในด้านต่างๆ แก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ขอขอบคุณ คุณศุภชัย ผ่านเจริญถาวร คุณนิชานันท์ ล้ำลักษณะไพบูลย์ คุณวรญา เบญจวสุกุล คุณวินัย อินทร์สัน และคุณมานพ วิทยถาวร ที่ให้การสนับสนุนข้อมูล ข้อแนะนำ และความคิดเห็นในหลายๆด้าน ซึ่งเป็นประโยชน์ ที่ผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้และอ้างอิงถึงในงานวิจัยฉบับนี้

ขอขอบคุณหัวหน้างาน พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ที่โรงงานกรณีศึกษาทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ และช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดจนเป็นกำลังใจให้ตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย

ในท้ายที่สุด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา น้องสาว และบุคคลในครอบครัว ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ ที่ให้การอุปการะด้านการศึกษา ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจสำคัญ ที่ทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ในที่สุด

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย……		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....		จ
กิตติกรรมประกาศ.....		ฉ
สารบัญ.....		ช
สารบัญตาราง……		ฌ
สารบัญภาพ……..		ฎ
บทที่		
1	บทนำ…….	1
	1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา……	2
	1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา……	4
	1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย……	12
	1.4 ขอบเขตของการวิจัย……	13
	1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ……..	13
	1.6 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยดำเนินงาน……	13
2	ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……	16
	2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง……	16
	2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……..	44
3	การศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงาน……	59
	3.1 ประวัติความเป็นมาของโรงงาน……	59
	3.2 ประเภทของผลิตภัณฑ์และลักษณะการนำไปใช้งาน……..	59
	3.3 ขั้นตอนการผลิตสำหรับกลุ่มผลิตภัณฑ์ประเภท Quad Flat Non lead (QFN) และ Dual Flat Non lead (DFN)……	62
	3.4 กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี……	64
	3.5 การตรวจสอบทางคุณภาพและข้อกำหนดทางคุณภาพ ……..	69
	3.6 ขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี……	72
4	การศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง……	74
	4.1 การจัดตั้งทีมงาน……	74

บทที่ หน้า

4.2 ข้อมูลของเสียที่พบในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี..... 76
4.3 การวิเคราะห์กระบวนการ..... 80
4.4 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยผังก้างปลา..... 84
4.5 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) 96
5 แนวทางการปรับปรุงแก้ไข..... 120
5.1 แนวทางในการแก้ไขปัญหาการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน 123
5.2 แนวทางในการแก้ไขปัญหาค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด... 140
5.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน..... 150
5.4 ความเสี่ยงและผลกระทบจากแนวทางการแก้ไข..... 154
6 การดำเนินการปรับปรุงและผลการปรับปรุง..... 157
6.1 การดำเนินการปรับปรุง..... 157
6.2 ผลการปรับปรุง..... 190
7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 205
7.1 สรุปผลการวิจัย..... 205
7.2 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย..... 210
7.3 ข้อเสนอแนะ..... 211
รายการอ้างอิง..... 214
ภาคผนวก..... 218
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 220

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลสาเหตุเบื้องต้นของปัญหาข้อบกพร่องทางคุณภาพที่บันทึกโดยพนักงาน….. 7
ตารางที่ 1.2 ค่า CpK ของค่าความหนาของชั้นดีบุกในปี พ.ศ. 2552……..... 9
ตารางที่ 1.3 ค่า CpK ของค่าความหนาของชั้นดีบุกในปี พ.ศ. 2553……..... 9
ตารางที่ 2.1 ตารางแนะแนวทางการประเมินค่าความรุนแรงสำหรับ PFMEA ……..... 30
ตารางที่ 2.2 ตารางแนะแนวทางการประเมินค่าการเกิดข้อบกพร่องสำหรับ PFMEA…….. 31
ตารางที่ 2.3 ตารางแนะแนวทางการประเมินค่าการตรวจจับสำหรับ PFMEA…… 32
ตารางที่ 4.1 ค่า CpK ของค่าความหนาของชั้นดีบุกในปี พ.ศ. 2552……..... 79
ตารางที่ 4.2 ค่า CpK ของค่าความหนาของชั้นดีบุกในปี พ.ศ. 2553……..... 79
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลสาเหตุเบื้องต้นของปัญหาข้อบกพร่องทางคุณภาพที่บันทึกโดยพนักงาน….. 81
ตารางที่ 4.4 แนวทางการประเมินค่าความรุนแรง (Severity, S)…….. 98
ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินค่าความรุนแรง (Severity, S)…….. 99
ตารางที่ 4.6 แนวทางการประเมินค่าความถี่ในการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence, O)……. 100
ตารางที่ 4.7 ค่าความถี่ในการเกิดของสาเหตุในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกิน..... 102
ตารางที่ 4.8 ค่าความถี่ในการเกิดของสาเหตุในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด…… 103
ตารางที่ 4.9 ค่าความถี่ในการเกิดของสาเหตุในการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน…….. 104
ตารางที่ 4.10 แนวทางการประเมินค่าการตรวจจับ (Detection, D)…… 105
ตารางที่ 4.11 ค่าการตรวจจับข้อบกพร่องในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกิน… 107
ตารางที่ 4.12 ค่าการตรวจจับข้อบกพร่องในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด……. 108
ตารางที่ 4.13 ค่าการตรวจจับข้อบกพร่องในการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน……... 109
ตารางที่ 4.14 ค่า RPN ของสาเหตุในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน…….. 111
ตารางที่ 4.15 ค่า RPN ของสาเหตุในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด… 112
ตารางที่ 4.16 ค่า RPN ของสาเหตุในการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน…….. 113
ตารางที่ 4.17 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ ของคะแนน RPN ของสาเหตุในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน…….. 116

หน้า

ตารางที่ 4.18 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ ของคะแนน RPN ของสาเหตุในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด..... 117
ตารางที่ 4.19 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ ของคะแนน RPN ของสาเหตุในการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน..... 118
ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองวัดสารปนเปื้อนด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบ ICP 125
ตารางที่ 5.2 ประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมี Belt stripper เทียบกับกำลังการผลิต..... 129
ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองเพิ่มความเข้มข้นของสารเคมี Belt stripper..... 131
ตารางที่ 5.4 ปัจจัยรองที่มีผลกระทบต่อค่าความหนาของชั้นดีบุกและค่าควบคุม..... 142
ตารางที่ 5.5 ระดับของปัจจัยที่สนใจสำหรับ QFN 7X7 48..... 144
ตารางที่ 5.6 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในชุดการทดลองสำหรับ QFN 7X7 48L 144
ตารางที่ 5.7 ผลการทดสอบ Solderability test 145
ตารางที่ 5.8 ผลการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ (100% Visual Inspection)..... 145
ตารางที่ 5.9 ค่าความหนาของชั้นดีบุก..... 145
ตารางที่ 5.10 ค่าความหนาของชั้นดีบุกเปรียบเทียบสำหรับ QFN 7X7 48L ลีดเฟรมสต็อค XX1, XX2 และ XX3 149
ตารางที่ 6.1 ค่าความหนาของชั้นดีบุกเปรียบเทียบสำหรับ QFN 7X7 48L ลีดเฟรมสต็อค XX1, XX2 และ XX3..... 172
ตารางที่ 6.2 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในชุดการทดลองสำหรับ QFN 7X7 48L ลีดเฟรมสต็อค XX1... 173
ตารางที่ 6.3 การเปรียบเทียบค่าความหนาของชั้นดีบุกของลีดเฟรมสต็อค XX1 ก่อนและหลังทำ DOE ใหม่..... 174
ตารางที่ 6.4 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในชุดการทดลองสำหรับ QFN 7X7 48L ลีดเฟรมสต็อค XX2... 175
ตารางที่ 6.5 การเปรียบเทียบค่าความหนาของชั้นดีบุกของลีดเฟรมสต็อค XX2 ก่อนและหลังทำ DOE ใหม่..... 176
ตารางที่ 6.6 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในชุดการทดลองสำหรับ QFN 7X7 48L ลีดเฟรมสต็อค XX3.... 177
ตารางที่ 6.7 การเปรียบเทียบค่าความหนาของชั้นดีบุกของลีดเฟรมสต็อค XX3 ก่อนและหลังทำ DOE ใหม่..... 177
ตารางที่ 6.8 ค่าความถี่ในการเกิดของสาเหตุในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกินหลังการปรับปรุง..... 192

หน้า

ตารางที่ 6.9 ค่าความถี่ในการเกิดของสาเหตุในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนดหลังการปรับปรุง..... 193
ตารางที่ 6.10 ค่าความถี่ในการเกิดของสาเหตุในการทดสอบ Solderability ไม่ผ่านหลังการปรับปรุง…….. 194
ตารางที่ 6.11 ค่าการตรวจจับในการเกิดของสาเหตุในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกินหลังการปรับปรุง……..…….. 195
ตารางที่ 6.12 ค่าการตรวจจับในการเกิดของสาเหตุในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนดหลังการปรับปรุง……...……. 196
ตารางที่ 6.13 ตารางแสดงค่าการตรวจจับในการเกิดของสาเหตุในการทดสอบ Solderability ไม่ผ่านหลังการปรับปรุง..... 196
ตารางที่ 6.14 ค่า CpK ของค่าความหนาของชั้นดีบุกในปี พ.ศ. 2552…….. 204
ตารางที่ 6.15 ค่า CpK ของค่าความหนาของชั้นดีบุกในปี พ.ศ. 2553……..…….... 204
ตารางที่ 6.16 ค่า CpK ของค่าความหนาของชั้นดีบุกในปี พ.ศ. 2554……..…….... 204
ตารางที่ 7.1 มาตรฐานในการควบคุมกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุง…….. 208
ตารางที่ 7.2 ดัชนีชี้วัดความเสี่ยงหลังการปรับปรุง…… 209

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 ผังโครงสร้างองค์กรของโรงงานกรณีศึกษา…….. 2
ภาพที่ 1.2 สัดส่วนของเสียที่เกิดจากกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี.....……. 5
ภาพที่ 1.3 สัดส่วนร้อยละของล็อตที่มีเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน…… 5
ภาพที่ 1.4 สัดส่วนร้อยละของล็อตที่มีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด…….. 10
ภาพที่ 2.1 ปัจจัยร่วมในการทดลอง ก) ปัจจัยร่วมไม่มีผล ข) ปัจจัยร่วมมีผล…… 25
ภาพที่ 2.2 Treatment Combination ใน 2^k Factorial Designs …… 26
ภาพที่ 2.3 หลักการพาเรโต (Pareto principle) หรือกฎ 80/20……..... 35
ภาพที่ 3.1 ผลิตภัณฑ์ประเภท PDIP ……..……... 60
ภาพที่ 3.2 ผลิตภัณฑ์ประเภท SMD…… 60
ภาพที่ 3.3 ผลิตภัณฑ์ประเภท QFN/DFN ……...……..……..…… 60
ภาพที่ 3.4 โครงสร้างและองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้ารวม……..…….. 60
ภาพที่ 3.5 วงจรไฟฟ้ารวมที่ประกอบบนแผงวงจรไฟฟ้า..... 61
ภาพที่ 3.6 ผังการผลิตมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภท QFN/DFN …… 64
ภาพที่ 3.7 เครื่องจักรในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีในการผลิตวงจรไฟฟ้ารวม..... 66
ภาพที่ 3.8 ระบบสายพานภายในเครื่องจักรในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี…….. 66
ภาพที่ 3.9 ผังกระบวนการทางเคมีในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี..... 67
ภาพที่ 3.10 การวัดค่าความหนาด้วยเทคนิค X-Ray และภาพตัดขวางแสดงความหนาของ
ชั้นดีบุก…… 70
ภาพที่ 3.11 เครื่องอบไอน้ำ (Steam aging chamber)…….…… 71
ภาพที่ 3.12 เครื่องทดสอบความสามารถในการยึดเกาะกับสารเชื่อมวงจรไฟฟ้าหรือเครื่อง
ทดสอบ Solderability…… 72
ภาพที่ 3.13 ผังขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี…… 73
ภาพที่ 4.1 ของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน…….. 77
ภาพที่ 4.2 ของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test ……..……. 77
ภาพที่ 4.3 สัดส่วนของเสียที่เกิดจากกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี…… 77
ภาพที่ 4.4 สัดส่วนร้อยละของล็อตที่มีเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน…… 78
ภาพที่ 4.5 สัดส่วนร้อยละของล็อตที่มีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด…….. 79

หน้า

ภาพที่ 4.6 สาเหตุเบื้องต้นในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน…….…… 82
ภาพที่ 4.7 สาเหตุเบื้องต้นในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด…….. 82
ภาพที่ 4.8 สาเหตุเบื้องต้นในการเกิดการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน…… 83
ภาพที่ 4.9 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน……. 88
ภาพที่ 4.10 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุในการเกิดปัญหาค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด…..…… 91
ภาพที่ 4.11 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุในการเกิดปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน….. 95
ภาพที่ 4.12 การกระจายตัวของค่า RPN ของสาเหตุในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน…… 114
ภาพที่ 4.13 การกระจายตัวของค่า RPN ของสาเหตุในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด……..…… 114
ภาพที่ 4.14 การกระจายตัวของค่า RPN ของสาเหตุในการเกิดปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน……..…… 115
ภาพที่ 5.1 ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) แบบ Offline filter……..... 132
ภาพที่ 5.2 ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) แบบ Inline filter……..…… 133
ภาพที่ 5.3 ชิ้นงานที่มีคราบกาวตกค้างจากกระบวนการผลิตส่วนหน้า…… 135
ภาพที่ 5.4 กราฟแสดงประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมี Deflash เทียบกับกำลังการผลิต. 136
ภาพที่ 5.5 ชิ้นงานที่มีเศษทองแดงที่แตกออกบนพื้นผิวลีดเฟรมจากกระบวนการผลิตส่วนหน้า..... 138
ภาพที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกัดสนิมทองแดงบนชิ้นงานเทียบกับปริมาณปนเปื้อนทองแดงในสารเคมี Activation (ข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตสารเคมี) 139
ภาพที่ 5.7 ตัวอย่างการทำ DOE สำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี…… 141
ภาพที่ 5.8 การวิเคราะห์ Analysis of variance (ANOVA)…….. 146
ภาพที่ 5.9 Profile plot แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าความหนาชั้นดีบุก (ตัวแปรตอบสนอง) เทียบกับระดับของปัจจัยที่สนใจ……... 147
ภาพที่ 5.10 ตัวอย่างของการออกแบบขนาดและพื้นที่ที่ต้องทำการเคลือบดีบุกที่แตกต่างกับในกลุ่มผลิตภัณฑ์ประเภท QFN 7X7 48L …… 148
ภาพที่ 5.11 การวิเคราะห์ปัญหาอุณหภูมิของเครื่อง Solder test ไม่ได้ตามที่กำหนด ด้วยวิธี Why-Why Analysis ……. 153

หน้า

ภาพที่ 6.1 ค่าสารปนเปื้อนทองแดงและเหล็กในสารเคมี Deflash 160
ภาพที่ 6.2 ค่าสารปนเปื้อนทองแดงและเหล็กในสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating)..... 161
ภาพที่ 6.3 ค่าปริมาณทองแดง (Copper, Cu) ในสารเคมี Activation 164
ภาพที่ 6.4 เครื่องนับจำนวนชิ้นงานที่ผ่านเข้าไปในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี..... 165
ภาพที่ 6.5 ค่าความเข้มข้นสารเคมี Belt stripper ใหม่ที่กำหนดให้ใช้งาน..... 166
ภาพที่ 6.6 ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ก) ระบบเดิม Offline Filter ข) ระบบใหม่ Inline Filter..... 168
ภาพที่ 6.7 สารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ก) ก่อนการปรับปรุง ข) หลังการปรับปรุง..... 168
ภาพที่ 6.8 Check list สำหรับตรวจสอบและบำรุงรักษาตัวจ่ายไฟรายเดือน..... 169
ภาพที่ 6.9 ตัวอย่างของการออกแบบขนาดและพื้นที่ที่ต้องทำการเคลือบดีบุกที่แตกต่างกับในกลุ่มผลิตภัณฑ์ประเภท QFN 7X7 48L 171
ภาพที่ 6.10 ค่าควบคุมของ SPC chart สำหรับข้อมูลค่าความหนาของชั้นดีบุกก่อนการปรับปรุง..... 179
ภาพที่ 6.11 ค่าควบคุมของ SPC chart สำหรับข้อมูลค่าความหนาของชั้นดีบุกหลังการปรับปรุง..... 179
ภาพที่ 6.12 Check list สำหรับตรวจสอบและบำรุงรักษาลูกลอยรายเดือน..... 181
ภาพที่ 6.13 ขั้นตอนการวิเคราะห์ดีบุกในสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ฉบับแก้ไขใหม่..... 182
ภาพที่ 6.14 ขั้นตอนการดึงดีบุกออกจากชิ้นงาน ฉบับแก้ไขใหม่..... 184
ภาพที่ 6.15 รูปตัวอย่างสำหรับพนักงานใช้ตรวจสภาพชิ้นงานหลังการดึงดีบุกออกจากชิ้นงาน..... 185
ภาพที่ 6.16 Check list สำหรับตรวจสอบและบำรุงรักษาหัวสเปรย์น้ำรายสัปดาห์..... 186
ภาพที่ 6.17 การกำหนดความถี่ใหม่ในการตรวจสอบและบำรุงรักษาสายวัดและควบคุมอุณหภูมิ..... 188
ภาพที่ 6.18 วิธีการวัดอุณหภูมิของเครื่อง Solder Test ด้วย Digital thermometer 189
ภาพที่ 6.19 การใช้ SPC ในการควบคุมค่าความหนาของชั้นดีบุกตามขนาดผลิตภัณฑ์..... 200
ภาพที่ 6.20 ตัวอย่าง SPC chart สำหรับกลุ่มผลิตภัณฑ์ขนาดกลาง (ขนาดใหญ่กว่า 3x3 มม.แต่เล็กกว่า 7x7 มม.)..... 201
ภาพที่ 6.21 แนวโน้ม%LRR ของเสียที่มีเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือโลหะส่วนเกินก่อนและหลังการปรับปรุง..... 202

หน้า

ภาพที่ 6.22 แนวโน้ม %LRR ของเสียที่มีค่าความหนาชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนดก่อนและหลังการปรับปรุง..... 203
ภาพที่ 7.1 แนวโน้ม%LRR ของเสียที่มีเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือโลหะส่วนเกินก่อนและหลังการปรับปรุง..... 206
ภาพที่ 7.2 แนวโน้ม %LRR ของเสียที่มีค่าความหนาชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนดก่อนและหลังการปรับปรุง..... 207

บทที่ 1

บทนำ

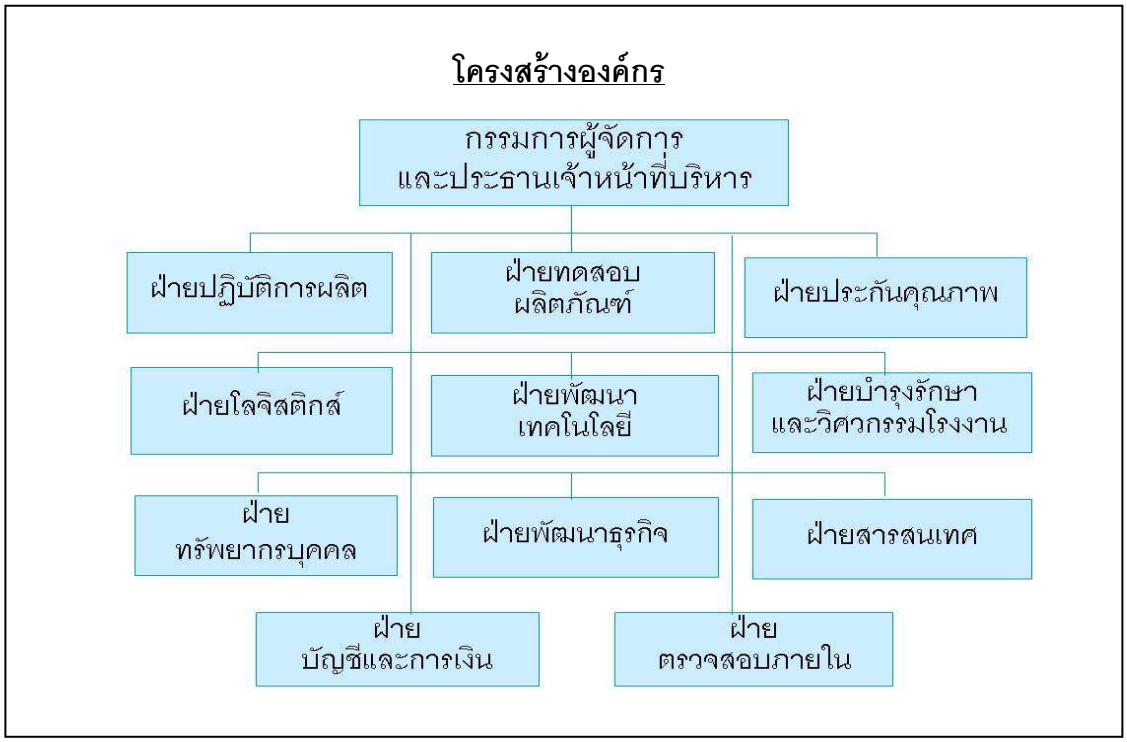
ในสภาพเศรษฐกิจปัจจุบันมีการแข่งขันกันทางธุรกิจค่อนข้างสูง การจะดำรงไว้ซึ่งธุรกิจที่สามารถผลิตสินค้าที่ตอบสนองความต้องการของตลาดเพียงอย่างเดียวนั้นคงไม่เพียงพอ สินค้าที่นำเสนอให้กับลูกค้าจะต้องมีความหลากหลาย มีคุณภาพที่ดีและราคาเหมาะสมที่จะดึงดูดให้ลูกค้ามาสนใจในตัวสินค้าที่บริษัทผลิตได้ การบริหารการผลิต และการจัดการทางด้านคุณภาพจัดเป็นมาตรการสำคัญที่ช่วยยกระดับความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์และทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นเป็นที่ต้องการของตลาด ในขณะเดียวกัน เมื่อกลุ่มผู้ประกอบการพยายามในการพัฒนาด้านผลิตภัณฑ์เพื่อแข่งขันกันในตลาดนั้น การปรับปรุงกระบวนการผลิตและการลดของเสียที่เกิดขึ้นจึงเป็นกลยุทธ์สำคัญในการช่วยลดต้นทุนต่อหน่วยที่ใช้ในการผลิต เพิ่มผลิตภาพและผลกำไรของบริษัทให้มากขึ้นได้

อุตสาหกรรมทางด้านวงจรไฟฟ้ากึ่งตัวนำ (Semiconductors) จัดว่าเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการแข่งขันกันทางธุรกิจค่อนข้างสูงและมีการพัฒนาด้านผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องตามความก้าวหน้าอย่างไม่มีขีดจำกัดของเทคโนโลยี การผลิตวงจรไฟฟ้ารวม (Integrated Circuits, IC) เป็นตัวอย่างที่ดีตัวอย่างหนึ่งในกลุ่มอุตสาหกรรมประเภทนี้ เนื่องจากมีผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กมีรายละเอียดย่อยๆมาก และมีการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มผลิตภัณฑ์สูง จึงเหมาะที่จะนำมาศึกษากระบวนการผลิต เพื่อนำไปสู่แนวทางการบริหารการจัดการและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กระบวนการผลิตที่มีความแปรปรวนภายในแต่ละขั้นตอนการผลิตสูงที่สุดในการผลิตวงจรไฟฟ้ารวมนั้นได้แก่ กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี (Electro-Plating Process) เนื่องจากมีการใช้สารเคมีเป็นหลักในกระบวนการผลิตซึ่งมีความแปรปรวนสูง ควบคุมได้ยาก มีปัจจัยต่างๆในการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของตัวผลิตภัณฑ์ และมีโอกาสสร้างของเสียที่เกิดจากการผลิตได้มากที่สุดกระบวนการหนึ่ง ดังนั้นการปรับปรุงการผลิตและลดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตนี้จึงมีความน่าสนใจและท้าทายในการทำการศึกษา โดยนำหลักการและเทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการมาประยุกต์ใช้ เพื่อนำไปสู่แนวทางการปรับปรุงแก้ไขและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษา ได้แก่ บริษัทรับจ้างผลิต (Subcontractor) และทำการทดสอบวงจรไฟฟ้ารวม (Integrated Circuit / IC) ที่ส่งขายผลิตภัณฑ์ให้ลูกค้าต่างประเทศตามความต้องการและข้อกำหนดของลูกค้า ตั้งอยู่ที่ กรุงเทพฯ มีเนื้อที่ทั้งหมด 17 ไร่ 119 ตารางวา ปัจจุบันมีพนักงานประจำประมาณ 3,000 คน ลักษณะการทำงานแบ่งเป็นเวลาการทำงานของสำนักงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน และฝ่ายการผลิตการทำงานเป็นกะ โดยทำงาน 2 กะต่อวัน มีกำลังการผลิตสูงสุดประมาณ 20 ล้านตัวต่อวัน มีโครงสร้างองค์กรดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 ผังโครงสร้างองค์กรของโรงงานกรณีศึกษา

โดยวงจรไฟฟ้ารวม (IC - Integrated Circuits) ของโรงงานตัวอย่าง สามารถแบ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ตามโครงสร้างของชิ้นงานและลักษณะการนำไปใช้งาน ดังนี้

ก. Plastic Dual In Line (PDIP)

ข. Surface Mounted Device (SMD)

ค. Quad Flat Non lead (QFN) และ Dual Flat Non lead (DFN)

ขั้นตอนการผลิตมาตรฐานสำหรับวงจรไฟฟ้ารวม จะเริ่มต้นตั้งแต่กระบวนการการรับแผ่นซิลิกอนหรือ wafer จากลูกค้าจนเสร็จสิ้นกระบวนการประกอบวงจรไฟฟ้ารวม รวมถึงการบรรจุภัณฑ์และตรวจสอบขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้า ดังรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนการผลิตดังต่อไปนี้

ก. Wafer Transfer In : การรับวงจรไฟฟ้าขนาดเล็กที่ส่งมาจากลูกค้า

ข. Wafer Grinding : การเจียรให้วงจรไฟฟ้าขนาดเล็กที่รับมามีขนาดบางลงตามที่ต้องการ ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์และข้อกำหนดของลูกค้า

ค. Wafer Saw : การตัดวงจรไฟฟ้าขนาดเล็กเป็นสี่เหลี่ยมเล็กๆ มีขนาดพอดีกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเรียกสี่เหลี่ยมเล็กๆที่ตัดแล้วว่าได (Die)

ง. Lead Frame Cleaning : การนำลีดเฟรมมาผ่านสารเคมีเพื่อทำความสะอาดและเคลือบผิวให้พร้อมต่อการเชื่อมต่อกับวงจรไฟฟ้า

จ. Die Attach : การติดไดลงบนลีดเฟรมด้วยวัสดุเชื่อมต่อ เช่น อีพอกซี่ (Epoxy)

ฉ. Wire Bonding : การเชื่อมลวดทองจากตำแน่งของไดลงบนพื้นที่ที่มีเงินเคลือบอยู่บนลีดเฟรม

ช. Plastic Molding : การฉีดพลาสติกสีดำลงไปคลุมส่วนที่เป็นไดและลวดทองไว้ เพื่อเสริมความแข็งแรงและเปิดไว้เฉพาะส่วนขาไอซีด้านนอกที่ต้องนำไปเชื่อมลงบนแผงวงจรไฟฟ้าในกระบวนการประกอบ

ซ. Package Cure : การอบให้พลาสติกสีดำคงตัวและแข็งแรงมากขึ้น

ฌ. Laser Marking : การยิงเลเซอร์ลงบนพลาสติกสีดำเพื่อแสดงโลโก้และรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้ากำหนด

ญ. Strip Plating : การเคลือบขาของไอซีที่เป็นทองแดงด้วยดีบุกโดยใช้กระบวนการทางไฟฟ้าเคมี (Electro-Plating)

ฎ. Cutting / Singulation : การตัดลีดเฟรมที่ผ่านกระบวนการผลิตทั้งหมดแล้วออกเป็นตัวไอซี

ฏ. Test (Option) : การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของไอซี (ขึ้นกับลูกค้ากำหนด)

ฐ. Final Visual Inspection (FVI) : การตรวจสอบลักษณะภายนอกของไอซี

ฑ. Packing : การบรรจุไอซีลงในบรรจุภัณฑ์ตามที่ลูกค้ากำหนดมา

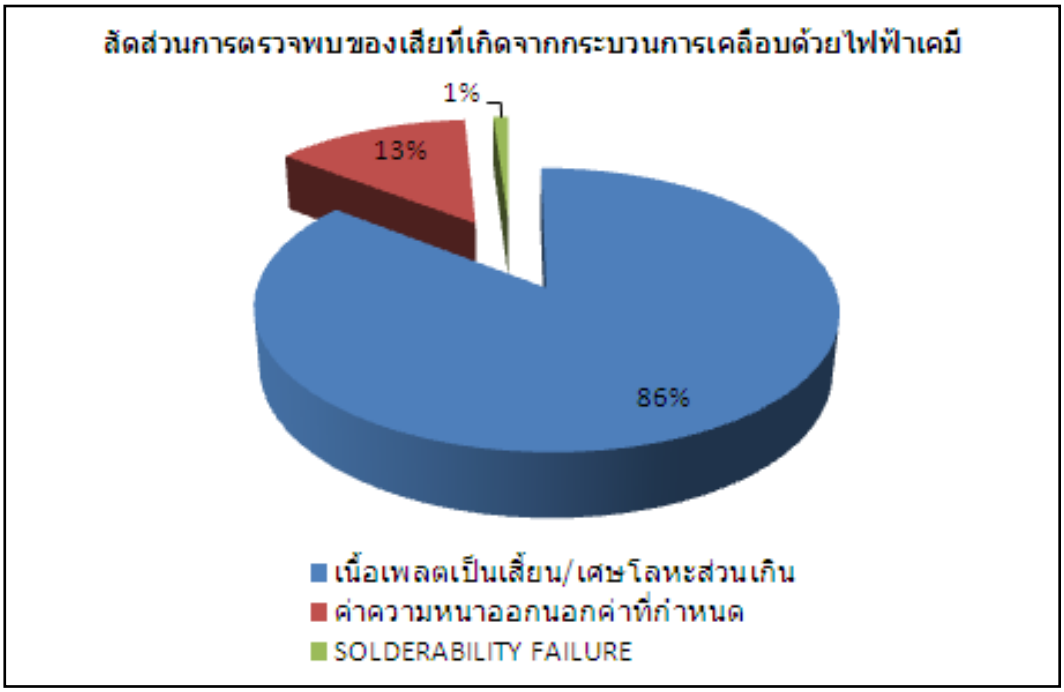
ฒ. Final Outgoing Inspection (FOI) : การตรวจการบรรจุและตรวจสอบรายละเอียดภายนอกทั้งหมดก่อนส่งมอบให้ลูกค้า

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากการศึกษาเก็บข้อมูลโรงงานตัวอย่างพบว่า ในส่วนของกระบวนการผลิตทั้งหมด มีกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีเป็นกระบวนการผลิตที่มีขั้นตอนการดำเนินการผลิตที่ซับซ้อนและมีความแปรปรวนสูงกว่ากระบวนการผลิตอื่นที่ใช้เพียงเครื่องจักรในการผลิตเท่านั้น แนวทางการควบคุมการผลิตที่ใช้มาตรฐานเดียวกันในทุกๆกระบวนการจึงไม่มีความเหมาะสมเพียงพอที่จะทำให้การผลิตดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ และได้ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อกำหนดที่ลูกค้าต้องการสำหรับกระบวนการผลิตทางเคมี ผลกระทบจากความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ได้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามมา

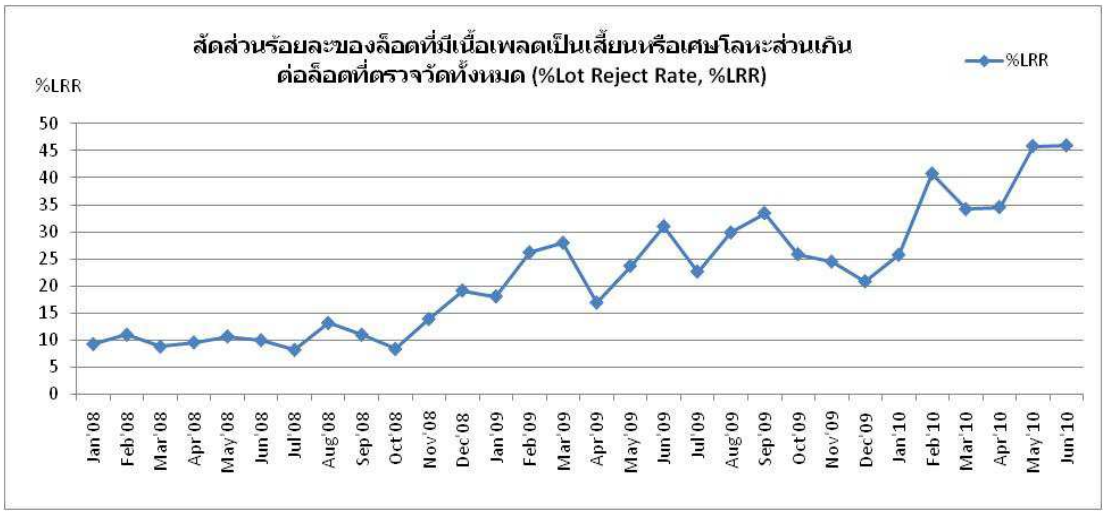
ชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบดีบุกด้วยกระบวนการทางไฟฟ้าเคมีแล้ว จะต้องผ่านการตรวจสอบทางคุณภาพ 3 ขั้นตอนด้วยกัน ได้แก่ การตรวจสอบทางกายภาพด้วยสายตาโดยใช้กล้องกำลังขยายต่ำ 10-40 เท่า การทดสอบ Solderability Test เพื่อตรวจสอบว่าขาของชิ้นงานหลังการเคลือบด้วยดีบุกแล้วสามารถเชื่อมและยึดติดกับโซลเดอร์ได้ดีตามที่ต้องการ และการตรวจวัดความหนาของชั้นดีบุกด้วยเทคนิค X-Ray Fluorescence

จากการศึกษาข้อมูลการเกิดของเสียที่ตรวจพบที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ในกระบวนการผลิตระหว่างปี พ.ศ. 2551 - เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 มีจำนวนทั้งสิ้น 675 ล็อต แบ่งเป็นของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน จำนวน 578 ล็อต ของเสียที่มีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด จำนวน 90 ล็อต และของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability test จำนวน 7 ล็อต คิดเป็นสัดส่วนร้อยละของเสียแต่ละประเภทเทียบกับของเสียทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 1.2 ได้แก่ ของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกินมากที่สุด 86% ของเสียที่มีค่าความหนาไม่ได้ตามที่กำหนด 13% และของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test 1% ตามลำดับ



ภาพที่ 1.2 สัดส่วนของเสียที่เกิดจากกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี

และเนื่องจากในการดำเนินการผลิตในปัจจุบันนี้ ไม่มีการกำหนดตัวชี้วัดความสามารถของกระบวนการผลิตที่ชัดเจนและการควบคุมกระบวนการผลิตที่เป็นมาตรฐาน เหมาะสมกับลักษณะการดำเนินการของกระบวนการทางเคมี ทำให้ในแต่ละเดือนจึงมีปริมาณของเสียเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ดังภาพที่ 1.3



ภาพที่ 1.3 สัดส่วนร้อยละของล็อตที่มีเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน

จากกราฟในภาพที่ 1.3 พบว่าของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ในช่วงปี พ.ศ. 2551-2553 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยปี พ.ศ. 2551 สัดส่วนล็อตที่ตรวจพบของเสียมากที่สุดคือ 19.11% ปี พ.ศ. 2552 สัดส่วนล็อตที่ตรวจพบของเสียมากที่สุดคือ 33.42% และปี พ.ศ. 2553 สัดส่วนล็อตที่ตรวจพบของเสียมากที่สุดคือ 45.81% ตามลำดับ ของเสียที่ตรวจพบบางประเภทสามารถทำการ rework ได้ด้วยการใช้สารเคมีละลายผิวเคลือบออกและนำชิ้นงานไปเข้ากระบวนการเคลือบซ้ำใหม่อีกครั้ง และประเภทที่ไม่สามารถทำการ rework ได้ต้องหักของเสียออกงานล็อตนั้นๆและทำการ scrap ทิ้ง

ผลกระทบที่ตามมาจากปริมาณของเสียที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นส่งผลให้ในแต่ละเดือนมีต้นทุนที่ไม่จำเป็นเกิดขึ้นเนื่องจากขั้นตอนการ rework ชิ้นงาน ซึ่งเพิ่มต้นทุนในด้านปริมาณสารเคมีที่ถูกใช้ไปมากขึ้นในขั้นตอนการเคลือบผิวซ้ำ ต้นทุนด้านแรงงานคนที่เสียไปในการทำงานซ้ำในขณะที่จำนวนชิ้นงานที่ได้เท่าเดิม รวมถึงค่าน้ำ ค่าไฟต่างๆที่ใช้ขณะทำการ rework ซึ่งไม่ได้ช่วยให้ผลผลิตที่ได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีของเสียบางประเภทที่ไม่สามารถทำการ rework ได้ซึ่งต้อง scrap ทิ้งทำให้สูญเสียผลผลิตที่ได้ไปและต้องมีต้นทุนที่เพิ่มขึ้นเพื่อผลิตชิ้นงานใหม่มาทดแทน ซึ่งต้นทุนที่เพิ่มขึ้นของงานส่วนที่ต้อง scrap ทิ้งนั้นสูงกว่าต้นทุนส่วนที่เพิ่มจากการ rework มาก เนื่องจากต้องทำการผลิตชิ้นงานใหม่ทั้งหมดตั้งแต่กระบวนการผลิตแรก ดังนั้นต้นทุนด้านวัตถุดิบและแรงงานจึงสูงขึ้นมากตามไปด้วย ในขณะเดียวกัน เมื่อมีการตรวจพบของเสียในสายการผลิตนอกจากแผนการดำเนินการกับผลิตภัณฑ์ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตจะต้องถูกหยุดเพื่อทำการตรวจสอบหาสาเหตุที่เกี่ยวข้องและดำเนินการแก้ไข ซึ่งหากไม่มีการระบุแนวทางการดำเนินการที่ชัดเจนเพียงพอ ก็จะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาที่ไม่ถูกวิธี ส่งผลให้เกิดของเสียเพิ่มมากขึ้นได้

นอกจากนี้การเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องยังส่งผลกระทบถึงการวางแผนการผลิตในระยะยาว โดยเฉพาะการเตรียมการสั่งซื้อวัตถุดิบในแต่ละเดือนให้เพียงพอต่อการผลิตนั้น ทำได้ยากยิ่งขึ้นเนื่องจากความไม่แน่นอนในการผลิตเอง ซึ่งการแก้ไขปัญหาที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันนั้นเป็นการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า เช่นการปรับแต่งเครื่อง การปรับพารามิเตอร์บางตัวโดยเทคนิเชี่ยนที่ทำการคุมเครื่องอยู่ เท่านั้น ไม่ได้มีการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาอย่างแท้จริง ทำให้ต้นเหตุที่แท้จริงของปัญหาไม่ได้รับการแก้ไขและยังคงส่งผลให้มีของเสียเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

จากปัญหาข้อบกพร่องทางด้านคุณภาพที่ได้กล่าวมาข้างต้นและข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ในอดีตโดยพนักงานเมื่อพบปัญหาข้อบกพร่องในสายการผลิต สามารถนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุหลักในการเกิดข้อบกพร่องดังกล่าว สามารถนำมาแบ่งประเภทสาเหตุเบื้องต้นในการเกิดข้อบกพร่องทั้ง 3 ประเภทดังกล่าวได้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลสาเหตุเบื้องต้นของปัญหาข้อบกพร่องทางคุณภาพที่บันทึกโดยพนักงาน

ประเภทของเสีย	สาเหตุ	Man	Machine	Method	Material	Environment	จำนวนครั้งที่พบ (บันทึกโดยพนักงาน) (พ.ศ. 2551-2553)
เนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือโลหะส่วนเกิน	ความเข้มข้นของสารเคมีออกนอกช่วงที่กำหนด				X		7
	มีสารปนเปื้อนในสารเคมี				X		128
	สารเคมีที่ใช้เคลือบที่ตะกอนมากเกินไป				X		54
	ค่ากระแสไฟฟ้าในส่วนการเคลือบดีบุกสูงเกินไป		X				76
	ความเร็วสายพานไม่เหมาะสม						48
	ชิ้นงานมีความสกปรกมาจากกระบวนการผลิต				X		90
	สารเคมีหมดอายุ เสื่อมสภาพ				X		4
	กระบวนการล้างชิ้นงานไม่มีประสิทธิภาพดีพอ			X			22
	หัวลมเป่าเกิดการอุดตัน		X				16
	การทำความสะอาดสายพานไม่ดีพอ			X			62
ค่าความหนาออกนอกช่วงที่กำหนด	ค่ากระแสไฟฟ้าในส่วนการเคลือบดีบุกไม่เหมาะสม		X				43
	ความเข้มข้นของสารเคมีออกนอกช่วงที่กำหนด				X		2
	ระดับสารเคมีไม่เหมาะสม		X				14
	ความเร็วสายพานไม่เหมาะสม		X				27
	ปริมาณดีบุกรูปครึ่งวงกลมน้อยเกินไป				X		3
	เครื่อง X-Ray วัดค่าได้ไม่ถูกต้อง			X			1
การทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน	มีสิ่งปนเปื้อนบนพื้นผิวที่ผ่านการเคลือบ				X		2
	กระบวนการล้างชิ้นงานไม่มีประสิทธิภาพดีพอ			X			2
	ความเข้มข้นของสารเคมีไม่เหมาะสม				X		5
	มีสารปนเปื้อนในสารเคมี				X		4
	ค่าความหนาของชั้นดีบุกต่ำเกินไป				X		1
	มีสิ่งปนเปื้อนในการทดสอบ Solderability			X			1
	สภาวะในการทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม			X			4

จากข้อมูลเบื้องต้นที่ถูกบันทึกไว้ในอดีตโดยพนักงานเมื่อพบปัญหาข้อบกพร่องในสายการผลิต สามารถสรุปปัจจัยต่างๆ ที่มีสามารถเกิดผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีได้ดังนี้

ก) ปัจจัยทางด้านสารเคมี

เนื่องจากสารเคมีเป็นวัตถุดิบหลักในกระบวนการผลิตนี้ จึงต้องมีการกำหนดการควบคุมความเข้มข้นของสารเคมีให้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ โดยจะมีการตรวจวัดค่าความเข้มข้นสารเคมีอย่างน้อย 1 ครั้งต่อกะ และสุ่มวัดซ้ำช่วงกลางกะ สำหรับสารเคมีบางประเภทที่มีการศึกษาแล้วพบว่ามีความสำคัญและมีความแปรปรวนสูงกว่าสารเคมีตัวอื่นๆ ได้แก่ สารเคมี Deflash, Electroclean, Activation และ ปริมาณดีบุกในสารเคมีที่ใช้ในการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี (วัดความเข้มข้น 2 ครั้งต่อกะ) ซึ่งจากข้อมูลในอดีตพบว่าหากมีการผลิตในสภาวะปกติและเครื่องจักรทำงานได้ตามปกติ สารเคมีที่มักตรวจพบว่ามีค่าความเข้มข้นออกนอกช่วงที่กำหนดไว้ ได้แก่ Activation โดยเฉลี่ยมีค่าความเข้มข้นออกนอกช่วงที่กำหนดไว้ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ นอกจากนี้สิ่งเจือปนในสารเคมี ก็เป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ เช่นโลหะที่ปนเปื้อนในสารเคมีที่ใช้ในการเคลือบ จะทำให้เกิดรูปร่างที่ผิดปกติของชั้นดีบุกที่ไปเคลือบชิ้นงานและอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อ solderability ของชิ้นงาน หรือโลหะทองแดงที่ปนเปื้อนในสารเคมี Activation จะทำให้เสื่อมประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมีในการทำความสะอาดคราบ oxide ต่างๆโดยเฉพาะ Copper oxide บนพื้นผิวของลีดเฟรม เป็นต้น

ข) ปัจจัยทางด้านพารามิเตอร์ที่ใช้ในการผลิต

พารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ได้แก่ ความเร็วของสายพานและค่ากระแสไฟฟ้าในส่วนที่มีการเคลือบดีบุก ซึ่งจะมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของชิ้นงาน ทุกครั้งก่อนมีการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ วิศวกรจะต้องทำการออกแบบการทดลอง (Design of experiment, DOE) เพื่อหาช่วงที่เหมาะสมและศึกษาผลกระทบของพารามิเตอร์นั้นๆต่อคุณภาพชิ้นงาน โดยพารามิเตอร์ที่ถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรหลักในการทำ DOE ได้แก่ ความเร็วของสายพานและค่ากระแสไฟฟ้า นอกจากนั้น จะมีพารามิเตอร์รองที่ถูกกำหนดค่าไว้แล้วโดยที่ไม่ต้องเปลี่ยนค่าไปมาในการทำ DOE (Fixed parameters) ได้แก่ ค่าความสูงของที่บังกระแสไฟฟ้า (Shield Height), กระแสไฟฟ้าใน Deflash และ กระแสไฟฟ้าใน Electroclean เมื่อวิศวกรสามารถศึกษาและหาช่วง

ที่เหมาะสมได้แล้ว จึงจะทำการบันทึกไว้ในเครื่องเพื่อให้พนักงานได้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ในการผลิตต่อไป ผลกระทบที่เห็นได้ชัดจากพารามิเตอร์เหล่านี้ ได้แก่ ค่าความหนาของชั้นดีบุกที่แปรตามโดยตรงต่อค่าความเร็วของสายพานและค่ากระแสไฟฟ้า

โดยจากข้อมูลการวัดประสิทธิภาพการทำงานของกระบวนการดังที่แสดงในตารางที่ 1.2 และ 1.3 พบว่าค่า CpK โดยเฉลี่ยรวมของค่าความหนาของชั้นดีบุก สามารถได้ค่าตามเป้าหมาย คือมีค่าสูงกว่า 1.67 แต่ก็ยังมีค่า CpK ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ย่อยบางกลุ่มที่มีค่าน้อยกว่าเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ ซึ่งเป็นผลมาจากความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในการผลิต นอกจากนี้ในแต่ละเดือนยังมีการตรวจพบชิ้นงานบางล็อตที่มีค่าค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด ดังแสดงสัดส่วนล็อตที่ตรวจพบข้อบกพร่องและแนวโน้มในการเกิดของเสียที่มีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด ในภาพที่ 1.4

ตารางที่ 1.2 ค่า CpK ของค่าความหนาของชั้นดีบุกในปี พ.ศ. 2552

เดือน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
Avg. Cpk	2.45	2.65	2.25	1.78	1.77	1.89	1.82	1.94	1.96	1.97	2.09	2.12
Min. Cpk	1.86	1.79	1.71	1.69	1.72	1.67	1.68	1.61	1.60	1.58	1.78	1.77

ตารางที่ 1.3 ค่า CpK ของค่าความหนาของชั้นดีบุกในปี พ.ศ. 2553

เดือน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม
Avg. Cpk	2.18	2.15	2.17	2.12	2.25	2.50	1.91	1.96
Min. Cpk	1.75	1.89	1.74	1.48	1.82	1.75	1.67	1.76

ภาพที่ 1.4 สัดส่วนร้อยละของล็อตที่มีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด

ซึ่งจากข้อมูลที่บันทึกไว้ในระบบพบว่า สาเหตุหลักส่วนหนึ่งเกิดจากค่าพารามิเตอร์เช่นค่ากระแสไฟฟ้า หรือค่าความเร็วสายพายที่ใช้ในการผลิตงานไม่ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ ซึ่งควรมีการวิเคราะห์ลึกลงไปเพื่อหารากเหง้าของปัญหาที่แท้จริง เช่น เกิดจากขีดความสามารถของเครื่องจักรเอง หรือการปฏิบัติงานที่ไม่ถูกต้องของพนักงาน เป็นต้น รองลงมาได้แก่ปัญหาที่เกิดจากเครื่องจักรเช่น ส่วนที่ต่อกระแสไฟฟ้าไปยังส่วนที่มีการเคลือบดีบุกสกปรกทำให้จ่ายกระแสได้ไม่เต็มที่ตามที่ตั้งค่าไว้ หรือ ค่าความสูงของที่บังกระแสไฟฟ้า (Shield Height) ไม่ได้ระดับที่เหมาะสม เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสาเหตุย่อยอื่นๆที่เป็นไปได้เช่น ค่าสารเคมีออกนอกช่วงที่ควบคุม น้ำล้นเข้าไปเจือจางสารเคมี ซึ่งได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อก่อนหน้า เป็นต้น

ค) ปัจจัยทางด้านเครื่องจักร

แม้ว่าในกระบวนการเคลือบด้วยเคมี จะใช้สารเคมีเป็นวัตถุดิบหลักของกระบวนการก็ตาม แต่การดำเนินการผลิตยังคงต้องอาศัยการทำงานของเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพที่ดีพอด้วย จากปัจจัยทางด้านสารเคมีและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการผลิตดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อก่อนหน้า จะถูกควบคุมด้วยเครื่องจักรเป็นส่วนใหญ่ เช่น การควบคุมอุณหภูมิของสารเคมีบางชนิด การควบคุมระดับสารเคมีด้วยการทำงานของปั๊มและตัววัดระดับ การควบคุมความเข้ากันได้ของเนื้อสารเคมีด้วยระบบการหมุนเวียนสาร (Circulation) การควบคุมความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าโดยการจ่ายกระแสและตัวกั้นบังกระแสไฟฟ้าให้เข้มข้นเฉพาะบริเวณที่ต้องการ การควบคุมการเคลื่อนที่และความเร็วสายพาน เป็นต้น โดยปัจจุบันได้มีการกำหนดให้มีการทำความสะอาดเครื่อง 1 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยการสูบสารเคมีออก และสูบน้ำเข้าไปล้างเครื่อง มีการตรวจสอบชิ้นส่วนของ

เครื่องจักรและเปลี่ยนใหม่กรณีพบว่าชำรุดหรือหมดอายุการใช้งาน และมีการปรับตั้งค่าให้อยู่ในค่าเริ่มต้นที่กำหนดไว้พร้อมใช้งาน นอกจากนี้ยังต้องมีการตรวจสอบเครื่องจักรทุกๆต้นกะก่อนเริ่มการผลิตตามที่ใบตรวจสอบระบุไว้ อย่างไรก็ตาม หากเครื่องจักรไม่ได้รับการดูแล บำรุงรักษาที่ดีพอ หรือมีการปรับแต่งเครื่องจักรที่ไม่เหมาะสม เช่นตัวจ่ายกระแสไฟฟ้าขัดข้อง หัวสเปรย์สารเคมีหรือน้ำล้างอุดตัน สายพานสึกหรอทำให้เกิดชิ้นงานติดขัดหรือหล่นในเครื่อง เป็นต้น ก็จะก่อให้เกิดการทำงานที่ผิดปกติและก่อให้เกิดข้อบกพร่องทางคุณภาพได้

ง) ปัจจัยทางด้านการปฏิบัติงานของพนักงาน

พนักงานในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีหน้าที่ คือ ทำการตรวจสอบเครื่องให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน การเลือกพารามิเตอร์ให้เหมาะกับขนาดของชิ้นงานตามที่วิศวกรกำหนดไว้ การป้อนชิ้นงานเข้าเครื่องในส่วน Loading การใส่ดัมมี่ลีดเฟรมเข้าเครื่องเพื่อเป็นตัวคั่นและแยกงานแต่ละล็อตออกจากกัน การนำชิ้นงานออกจากเครื่องและตรวจนับจำนวน รวมถึงการแก้ปัญหาเฉพาะหน้ากรณีชิ้นงานติดอยู่ภายในเครื่อง เครื่องแจม หรือ พบปัญหาอื่นๆขณะดำเนินการผลิตอยู่ ซึ่งจากข้อมูลในอดีตพบว่าปัญหาที่เกิดจากการปฏิบัติงานของพนักงานได้แก่พนักงานไม่เลือกค่าพารามิเตอร์ตามที่วิศวกรกำหนดไว้ พนักงานไม่ได้ทำการตรวจสอบสภาพเครื่อง หรือตรวจสอบไม่ครบตามที่ระบุในใบตรวจสอบ และพนักงานไม่ได้ดำเนินการแก้ไขเครื่องจักรและจัดการกับชิ้นงานอย่างถูกวิธีเมื่อพบปัญหาระหว่างที่ดำเนินการผลิตอยู่ เป็นต้น

จ) ปัจจัยทางด้านการวิเคราะห์และทดสอบของพนักงานตรวจสอบคุณภาพหรือ QC

การควบคุมคุณภาพของกระบวนการเคลือบด้วยเคมีนั้น ดำเนินการด้วย QC ที่ปฏิบัติงานอยู่ในห้องปฏิบัติการทางเคมีในสายการผลิต หน้าที่ของ QC ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของสารเคมี การวัดค่าความหนาของชั้นดีบุกบนชิ้นงานหลังผ่านการเคลือบแล้ว การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานใต้กล้องกำลังขยาย 10-40 เท่าและการทดสอบ Solderability ซึ่งการดำเนินงานในแต่ละส่วนต้องอาศัยความชำนาญ ความละเอียดรอบคอบ ความถูกต้อง แม่นยำและเที่ยงตรงสูง ในการวิเคราะห์ ทดสอบและคำนวณผล นอกจากนี้ยังต้องมีความถูกต้อง แม่นยำและเที่ยงตรง ของเครื่องมือวัดที่ใช้ด้วย เช่น เครื่อง X-Ray เครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิในการทดสอบ Solderability เครื่องวัดค่า pH และอุณหภูมิของสารเคมี รวมทั้งเครื่องมือที่ใช้ ชั่ง ตวง วัดในการเตรียมและผสมสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้น ซึ่งเครื่องมือวัดต่างๆได้ถูกกำหนดให้มีการทำการสอบเทียบมาตรฐาน (Calibration) และการทำ MSA (Measurement

system analysis) ก่อนนำมาใช้งาน อย่างไรก็ตาม หากมีความผิดพลาด คลาดเคลื่อนของเครื่องมือหรือการวิเคราะห์ของ QC หรือมีความผิดปกติที่ทำให้ไม่สามารถวัดค่าความเข้มข้นสารเคมี ค่าความหนา หรือ การทดสอบต่างๆได้ตามช่วงเวลาที่กำหนด ก็จะก่อให้เกิดการปรับแต่งกระบวนการ หรือการดำเนินการแก้ไขที่ไม่ถูกต้อง และเกิดผลกระทบต่อข้อบกพร่องทางคุณภาพตามมา

จากข้อมูลปัญหาด้านต่างๆที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าปัญหาทางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นปัญหาหลักในกระบวนการผลิตนี้ ที่มีสาเหตุหลักเกี่ยวข้องกับปัจจัยการผลิตในหลายๆด้าน ซึ่งในปัจจุบันยังไม่ได้มีการแก้ไขปัญหาจากรากเหง้าของปัญหาที่แท้จริง ทำให้ปริมาณของเสียยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และส่งผลกระทบต่อเนื่องให้เกิดปัญหาในด้านอื่นๆตามมา ทั้งในเรื่องของต้นทุนทางด้านวัตถุดิบหลักในการผลิตชิ้นงานเพิ่ม ค่าใช้จ่ายในการ rework ชิ้นงานที่พบปัญหา เวลาสูญเปล่าในการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดผลผลิตเพิ่มขึ้น รวมถึงการสูญเสียความน่าเชื่อถือต่อลูกค้าเมื่อมีของเสียหลุดไปถึงมือลูกค้าหรือไม่สามารถส่งมอบผลิตภัณฑ์ได้ทันเวลาเป็นต้น ในขณะเดียวกัน หากพบปัญหาแล้วมีการดำเนินการแก้ไขในสายการผลิตไม่ถูกวิธี ไม่ตรงกับสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น เครื่องจักรก็จะมีประสิทธิภาพในการทำงานลดลง และไม่สามารถใช้งานเครื่องจักรได้เต็มขีดความสามารถที่ตั้งไว้ เนื่องจากสาเหตุที่แท้จริงของปัญหายังไม่ได้รับการแก้ไข ก็จะส่งผลเสียให้เกิดของเสียมากขึ้น และกระบวนการผลิตไม่สามารถดำเนินการได้บรรลุตามเป้าหมายโดยภาพรวม

ดังนั้นการนำหลักการและเทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์แก้ไขปัญหา ปรับปรุงและควบคุมกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อลดของเสียลงให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ การผลิตดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ สร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้า และเป็นประโยชน์ในการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องสำหรับกลุ่มผู้ประกอบการและผู้อื่นที่สนใจต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษาและวิจัย

1) เพื่อลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ได้แก่ ของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกิน ชิ้นงานที่มีค่าความหนาไม่ได้ตามที่กำหนด และของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test โดยวัดสัดส่วนของเสีย เป็นสัดส่วนร้อยละของจำนวนล็อตที่ตรวจพบของเสียต่อจำนวนล็อตที่ตรวจวัดทั้งหมด (% Lot reject Rate, %LRR)

2) เพื่อปรับปรุงมาตรฐานในการควบคุมกระบวนการให้มีประสิทธิภาพและเกิดของเสียอยู่ภายในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1) นำเสนอแนวทางในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา แนวทางการปรับปรุง และควบคุมสำหรับกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีประเภทการเคลือบด้วยดีบุกบริสุทธ์สำหรับกลุ่มผลิตภัณฑ์ประเภท QFN/DFN
2) การดำเนินการวิจัย จะครอบคลุมกิจกรรมทั้งหมดในขั้นตอนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีทั้งในส่วนการผลิต การควบคุมคุณภาพ การทำงานและการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยเลือกดำเนินการวิจัยที่เครื่อง Meco#4 เป็นเครื่องจักรต้นแบบ เนื่องจากมีการผลิตในปริมาณมากเต็มขีดความสามารถในการรองรับของเครื่องจักร
3) กำหนดแบบแผนที่เหมาะสมในการควบคุมกระบวนกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีนำไปประยุกต์ใช้จริงและติดตามผลของแนวทางที่ได้นำเสนอไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ลดของเสียในสายการผลิต ทำให้กระบวนการผลิตดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
2) มีการแก้ไขชิ้นงานที่มีข้อบกพร่อง (Rework) การหยุดของเครื่องจักร และจำนวนล็อตที่ไม่สามารถผลิตและส่งให้ลูกค้าได้ทันตามระยะเวลาที่กำหนดลดลง
3) มีการกำหนดตัวชี้วัดและควบคุมกระบวนการที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี
4) เป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพและมาตรฐานการทำงานสำหรับกระบวนการผลิตส่วนอื่นๆต่อไป

1.6 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1) ขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define Phase)
   1.1 ศึกษากระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่าง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และระบุปัญหา
   1.2 ศึกษาทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3 จัดการประชุมภายในโรงงานเพื่อกำหนดเป้าหมายของการวิจัยและระบุค่าที่ยอมรับได้

2) ขั้นตอนการวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา (Collect and Measure Phase)

2.1 ศึกษากระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี การตรวจสอบทางคุณภาพและข้อกำหนดทางคุณภาพ

2.2 สำรวจสภาพปัญหาในสายการผลิตจริง เก็บข้อมูลจากพนักงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ และรวบรวมข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ในระบบฐานข้อมูลต่างๆ

3) ขั้นตอนการหาสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

3.1 ทำการระดมสมอง(Brainstorming) จากบุคลากรทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของแต่ละปัญหา โดยการประยุกต์ใช้ เครื่องมือทางคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools) เช่น ผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) หรือผังก้างปลา (Fishbone Diagram) การวิเคราะห์แขนงข้อบกพร่อง (Fault Tree Analysis, FTA) ระบบการบริหารความเสี่ยง และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)

3.2 นำสาเหตุที่เป็นไปได้มาจัดลำดับความสำคัญและแบ่งเป็นหมวดหมู่ โดยประยุกต์ใช้ แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) ระบุปัจจัยเสี่ยงเกี่ยวข้อง

3.3 ระบุปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพที่กำหนด และกำหนดระดับความรุนแรงของแต่ละปัจจัย

4) ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve Phase)

4.1 ดำเนินการทดลองของแต่ละปัจจัยเพื่อหาสภาวะในการดำเนินกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

4.2 ระบุแนวทางการแก้ไขปัญหา ปรับปรุง และควบคุมกระบวนการ

4.3 ประเมินความเป็นไปได้ในการดำเนินการ ระบุทรัพยากรและงบประมาณที่เกี่ยวข้องเพื่อนำเสนอต่อผู้บริหาร ในกรณีที่การดำเนินการแก้ไขปรับปรุงต้องมีการลงทุนเพิ่มเติม

4.4 กำหนดแผนการควบคุมกระบวนการผลิต ปัจจัยการผลิตในสภาวะที่เหมาะสม และระบุ Key Risk Indicator(s) (ตัวควบคุม หรือตัวเตือนภัย) สำหรับใช้ในกระบวนการผลิต

4.5 ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจริงในพื้นที่การผลิต

5) ขั้นตอนการตรวจติดตามผลและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Control Phase)

5.1 ทำการเก็บข้อมูลพร้อมการตรวจสอบผลการดำเนินการปรับปรุง

5.2 วัดค่าเปรียบเทียบก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุงในกระบวนการผลิต

5.3 ปรับปรุงและจัดทำวิธีการดำเนินการผลิตและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมจากที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเพื่อเป็นมาตรฐานในการดำเนินการผลิตต่อไป

6) สรุปผลการดำเนินการวิจัยและจัดทำรายงาน

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการที่จะทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาด้านคุณภาพนั้น ผู้ศึกษาวิจัยได้ทำการศึกษาในส่วนของทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและบรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยตามที่กำหนดไว้ ซึ่งในการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อลดของเสียและปรับปรุงมาตรฐานของกระบวนการผลิต โดยประยุกต์ใช้เครื่องมือทางคุณภาพ เช่น ผังก้างปลา หรือแผนภูมิพาเรโต เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) การศึกษาออกแบบการทดลอง (Design Of Experiment, DOE) การกำหนดตัวชี้วัด และการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการ รวมไปถึงการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งพิจารณาในส่วนของกระบวนการศึกษาวิจัยที่เหมาะสมและใกล้เคียงกับแนวทางที่กำหนดไว้ รวมถึงศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาของอุตสาหกรรมที่มีความใกล้เคียงกัน เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการศึกษาวิจัยต่อไป

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 เครื่องมือทางคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools)

ในปี ค.ศ. 1946 JUSE หรือ Union of Japanese Scientists and Engineers ได้ถูกก่อตั้งขึ้นพร้อม ๆ กับการจัดตั้งกลุ่ม Quality Control Research Group ขึ้นเพื่อค้นคว้าให้การศึกษาและเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจในเรื่องระบบการควบคุมคุณภาพทั่วทั้งประเทศ โดยมีจุดหมายเพื่อลบภาพพจน์สินค้าคุณภาพต่ำ ราคาถูก ออกจากสินค้าที่ "Made in Japan" และเพิ่มพลังการส่งออกไปพร้อม ๆ กัน (หทัยวงศ์ งามวุฒิวงศ์, 2552)

หลังจากนั้นมาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งก็คือ Japanese Industrial Standards (JIS) marking system ได้ถูกกำหนดเป็นกฎหมายในปี ค.ศ. 1950 พร้อม ๆ กับการเชื้อเชิญ Dr. W. E. Deming มาเปิดสัมมนาทาง QC ให้แก่ผู้บริหารระดับต่าง ๆ และวิศวกรในประเทศ นับเป็นการจุดประกายของการตระหนักถึงการพัฒนาคุณภาพ อันตามมาด้วยการก่อตั้งรางวัล Deming Prize อันมีชื่อเสียง เพื่อมอบให้แก่โรงงานซึ่งมีความก้าวหน้าในการพัฒนาคุณภาพดีเด่นของประเทศ

ต่อมาในปี ค.ศ. 1954 Dr. J. M. Juran ได้ถูกเชิญมายังประเทศญี่ปุ่น เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจแก่ผู้บริหารระดับสูงภายในองค์กรในการนำเทคนิคเหล่านี้มาใช้งาน โดยได้รับความร่วมมือจากพนักงานทุก ๆ คน นับเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาและรวบรวมเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพรวม 7 ชนิด ที่เรียกว่า QC 7 Tools มาใช้ สำหรับเครื่องมือทั้ง 7 ชนิด สามารถแจกแจงได้ดังนี้

ก) ผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) หรือผังก้างปลา (Fishbone Diagram) บางครั้งเรียกว่า Ishikawa Diagram ซึ่งเรียกตามชื่อของ Dr.Kaoru Ishikawa ผู้ซึ่งเริ่มนำผังนี้มาใช้ในปี ค.ศ. 1953 เป็นผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะ ทางคุณภาพกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นแนวทางที่มีโครงสร้างในการหาสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา โดยปกติแล้วจะนิยมใช้สำหรับการบันทึกข้อมูลระหว่างการระดมสมอง (Brainstorming) แผนผังจะแสดงถึงความสัมพันธ์ของเหตุ (Cause) ที่ทำให้คุณภาพเปลี่ยนแปลงกับผลที่เกิด (Effect) โดยจะแสดงผลของปัญหาที่ปลายแผนภูมิ และแสดงสาเหตุของปัญหาเป็นแขนงเหมือนก้างปลา

ข) แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) เป็นวิธีที่การมุ่งเน้นความสนใจไปยังบริเวณที่เกิดปัญหาสำคัญที่สุด แนวคิดของ Pareto (มาจากชื่อของนักเศรษฐศาสตร์ชาวอิตาลีในช่วงศตวรรษที่ท่ 18 นามว่า Vilfredo Pareto) กล่าวว่าโดยปกติแล้วปัจจัยเพียงไม่กี่ตัวจะมีผลกระทบต่อสิ่งที่เกิดขึ้น แนวคิดนี้แบ่งแยกกรณีตามลำดับความสำคัญและให้ความสนใจสิ่งที่ที่สำคัญที่สุด มักจะหมายถึงกฎ 80-20 ซึ่งหมายถึงร้อยละ 80 ของปัญหามาจากร้อยละ 20 ของสิ่งนั้น เช่น ร้อยละ 80 ของตำหนิในสินค้ามาจากร้อยละ 20 ของเหตุที่ทำให้เกิดตำหนิ แผนภูมิพาเรโต เป็นแผนภูมิที่แสดงสาเหตุข้อบกพร่องตามลำดับกับความสำคัญ และจะแสดงเส้นสะสมไว้ด้วย โดยใช้กราฟแท่งของข้อมูลชนิดต่างๆ ที่มาเรียงกันโดยใช้กราฟแท่งของข้อมูลที่มีค่าสูงสุดอยู่ทางซ้าย และเรียงตามลำดับมาทางขวามือตามค่าที่ลดลง เพื่อใช้เปรียบเทียบลำดับความสำคัญหรือปริมาณของปัญหาระหว่างข้อมูลชนิดต่างๆ

ค) กราฟ (Graphs) คือภาพลายเส้น แท่ง วงกลม หรือจุด เพื่อใช้แสดงค่าของข้อมูลว่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล หรือแสดงองค์ประกอบต่าง ๆ ใช้ เมื่อต้องการนำเสนอข้อมูลและวิเคราะห์ผลของข้อมูลดังกล่าว เพื่อทำให้ง่ายและรวดเร็วต่อการทำความเข้าใจ

ง) แผ่นตรวจสอบ (Check sheet) คือแบบฟอร์มที่มีการออกแบบช่องว่างต่าง ๆ ไว้เพื่อใช้บันทึกข้อมูลได้ง่าย และสะดวก เป็นเครื่องมือแบบง่ายที่นิยมใช้ในการระบุปัญหา มีการแบ่งข้อมูลออกเป็นประเภทต่างๆ โดยการออกแบบ Check Sheet นั้นจะขึ้นอยู่กับว่าผู้ใช้ต้องการทราบอะไรจากข้อมูลที่ต้องการรวบรวมมา และในการออกแบบทุกครั้งต้องมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน

จ) ฮีสโตแกรม (Histogram) เป็นกราฟแท่งที่ใช้สรุปการอนุมาน (Inference) ข้อมูล เพื่อที่จะใช้สรุปสถานภาพของกลุ่มข้อมูลนั้น โดยแกนตั้งจะเป็นตัวเลขแสดง “ความถี่” และมีแกนนอนเป็นข้อมูลของคุณสมบัติของสิ่งที่เราสนใจ โดยเรียงลำดับจากน้อย ใช้ดูความแปรปรวนของกระบวนการ โดยการสังเกตรูปร่างของฮิสโตแกรมที่สร้างขึ้นจากข้อมูลที่ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่าง แสดงการกระจายความถี่ของเหตุการณ์หนึ่งในช่วงเวลาหนึ่ง โดยจะดูว่าการกระจายความถี่มีลักษณะสมมาตรหรือไม่ ช่วงความถี่มีเท่าใด และมีอะไรผิดปกติหรือไม่

ฉ) ผังการกระจาย (Scatter Diagram) คือผังที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของสองตัวแปร ความสัมพันธ์นี้อาจบอกแหล่งที่มาของปัญหาได้ ยิ่งสองตัวแปรมีความสัมพันธ์กันมากเพียงใด การกระจายของจุดจะน้อยลงจนมีลักษณะใกล้เคียงเป็นเส้น (โค้งหรือตรงก็ได้) หากความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรนี้มีน้อยจุดกระจายออกอย่างไม่เป็นรูปแบบ

ช) แผนภูมิควบคุม (Control Chart) คือแผนภูมิที่มีการเขียนขอบเขตที่ยอมรับได้ของคุณลักษณะตามข้อกำหนดทางเทคนิค (Specification) เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการควบคุมกระบวนการผลิต โดยการติดตามและตรวจจับข้อมูลที่ออกนอกขอบเขต (Control limit) ใช้ในการตรวจสอบดูว่ากระบวนการมีการผันแปรแบบพิเศษหรือไม่ ซึ่งช่วยให้สืบหาต้นเหตุของการผันแปรแบบพิเศษได้ โดยแผนภูมิควบคุมสามารถกำหนดเป้าหมายหรือมาตรฐานในการดำเนินงานได้ชัดเจน ช่วยในการดำเนินงานให้บรรลุตามเป้าหมาย และใช้ในการปรับปรุงเป้าหมาย

นับว่าในปัจจุบันนี้แนวความคิดของการควบคุมคุณภาพ ได้ถูกเผยแพร่และนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางทั่วโลกในหลากหลายองค์กร ทุกระดับชั้นไม่ว่าจะเป็นหัวหน้างาน หรือคนงานระดับปฏิบัติการ ชายหรือหญิง พนักงานประจำหรือลูกจ้างชั่วคราว โดยมิจุดประสงค์เดียวกันเพื่อนำมาซึ่งคุณภาพของสินค้า และบริการอันเป็นที่พึงพอใจของลูกค้า (Customer satisfaction-CS) ซึ่งมิใช่ความพึงพอใจขององค์กร (Company satisfaction) แต่เพียงอย่างเดียว

2.1.2 **ระบบการบริหารความเสี่ยง** (Risk management System)

ระบบบริหารความเสี่ยง (Risk Management System) (จินต์จิรา อเนกบุณย์, 2552) หมายถึง กระบวนการที่จัดทำขึ้นอย่างเป็นระบบ เพื่อลดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น เนื่องจากไม่บรรลุวัตถุประสงค์ที่ ตั้งไว้ ให้อยู่ในระบบที่ยอมรับได้ โดยระบบบริหารความเสี่ยงประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดวัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน (Objectives Establishment)

ในการดำเนินงานใดๆ ก็ตาม หากไม่มีวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานแล้ว ย่อมจะไม่สามารถดำเนินงานได้ การกำหนดวัตถุประสงค์ของการดำเนินงานนั้น เพื่อให้เข้าใจถึงสภาพการดำเนินงานขององค์กร สามารถระบุและกำหนดขอบเขตของสิ่งที่ส่งผลกระทบต่อองค์กร และเพื่อจัดทำระบบบริหารความเสี่ยง ทั้งที่มีจากปัจจัยภายในและภายนอกองค์กรเช่น ปรัชญา (Philosophy), วัฒนธรรมองค์กร (Culture), กลยุทธ์ (Strategy) , วิสัยทัสน์ (Vision), ภารกิจ (Mission), ค่านิยม (Value), การดำเนินงาน (Operation), การเงิน (Finance), สภาวะการแข่งขัน (Competitive Condition), การเมือง (Politics), ภาพลักษณ์ (Characteristic), และกฎหมาย (Legality) เป็นต้น และความสัมพันธ์กับผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียที่สำคัญกับองค์กร เช่น ผู้ถือหุ้น (Shareholder), ลูกค้า (Customers), พนักงาน (Officer), คู่ค้าทางธุรกิจ, รัฐบาล (Government), และสังคม (Society) เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะช่วยให้องค์กรสามารถกำหนดวัตถุประสงค์การดำเนินงานได้อย่างชัดเจน และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 2 การระบุความเสี่ยง (Risk Identification)

การระบุความเสี่ยง คือ การระบุและการจัดเก็บประเด็นความเสี่ยงตามสาเหตุที่ทำให้ความเสี่ยงนั้นเกิดขึ้น ซึ่งความเสี่ยงของการปฏิบัติงานมีสาเหตุเกิดขึ้นได้จากปัจจัยท้งภายในและภายนอกองค์กร มีผลกระทบต่อวัตถุประสงค์ เป้าหมาย หรือผลการปฏิบัตงานของกิจการ ซึ่ง ขั้นตอนในการะบุความเสี่ยง สามารถดำเนินการได้ดังนี้

1) พิจารณาว่ากิจกรรมใด หรือกระบวนการใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์แต่ละข้อ
2) พิจารณาว่าในแต่ละกิจกรรมหรือกระบวนนั้นมีปัจจัยหรือเหตุการณ์ใดบ้าง ที่จะก่อให้เกิดความเสี่ยง โดยจะส่งผลให้หน่วยงานไม่สามารถดำเนินการณ์ตามกิจกรรมนั้นๆได้ ให้พิจารณาถึงความเป็นไปได้ทุกๆรูปแบบ หรือพิจารณาความเสี่ยงทุกประเภทให้ครอบคลุมมากที่สุด
3) ระบุ Risk Identification ที่ได้สำหรับเป็นหัวข้อในการวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินและการจัดลำดับความเสี่ยง (Risk Assessment and Prioritize)

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และประเมินค่าความเสี่ยงแต่ละจุด แล้วจึงทำการจัดลำดับความเสี่ยงโดยใช้ Risk Model ช่วยในการประเมิน ซึ่งประกอบไปด้วยปัจจัยที่สำคัญ 2 ปัจจัยใหญ่ๆ ดังนี้

Severity of Effect (S) หมายถึง การประเมินความรุนแรงของผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากความเสี่ยงนั้นๆ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากตัวอย่างต่อไปนี้

1) Number of Effected External Customer : จำนวนลูกค้าภายนอกที่จะได้รับผลกระทบจากความผิดพลาดของเหตุการณ์ในความเสี่ยงที่ระบุ
2) Acceptance of Customer to Failure : ระดับการยอมรับของลูกค้าภายนอก ที่มีผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากความเสี่ยงนั้นๆ
3) Acceptance of Internal Customer to Failure : ระดับการยอมรับของพนักงานในกระบวนการ หรือกระบวนการถัดไปต่อผลกระทบจากความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น
4) Error Amount of Money : จำนวนเงินที่องค์กรต้องสูญเสีย เนื่องจากความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น เช่น รายได้ที่ต้องสูญเสียไป หรือค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้น

Occurrence Evaluation (O) หมายถึง การประเมินโอกาสในการเกิดความเสี่ยง ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากหลายจุด ตัวอย่างเช่น จำนวนรายการของงานที่พิดพลาดต่อจำนวนงานทั้งหมด หรือ ความถี่ของโอกาสที่จะสามารถเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าระบบมีความน่าเชื่อถือและความถูกต้องมากน้อยเพียงใด

Detection (D) : การประเมินความสามารถในการตรวจสอบ พบความผิดพลาดนั้นก่อนจะถึงมือลูกค้าซึ่งขึ้นอยู่กับกิจกรรมควบคุม หรือการตรวจสอบผลการทำงานของหน่วยงาน

ในการประเมินความเสี่ยงนั้น อาจกระทำได้หลายรูปแบบหลายลักษณะ มีการกำหนดหัวข้อน้ำหนัก และเกณฑ์การให้คะแนนต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละองค์กรที่จะนำไปปรับใช้ให้ตรงกับความต้องการและเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ขององค์กร เช่น องค์กรที่ให้ความสำคัญในเรื่องค่าใช้จ่าย อาจจะใช้เกณฑ์การะประเมินแตกต่างกับองค์กรที่ให้ความสำคัญเรื่องการรักษาลูกค้า เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 การจัดการความเสี่ยง (Risk Management)

การจัดการความเสี่ยงเป็นการหาวิธีที่เหมาะสมเพื่อจัดการต่อความเสี่ยงเป็นการหาวิธีที่เหมาะสมเพื่อจัดการต่อความเสี่ยงในแต่ละจุด กลยุทธ์การจัดการความเสี่ยงนั้น สามารถจำแนกเป็น 4 แบบ (4T's Strategies) ดังนี้

1) Take – การยอมรับความเสี่ยง (Risk Acceptance) คือ การยอมรับให้มีความเสี่ยงนั้นๆ ปรากฏอยู่ เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการจัดการหรือสร้างระบบการควบคุม มีมูลค่าสูงกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ไขความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นอย่างไรก็ตามเราควรมีมาตรการในการจัดการ

เพื่อให้สามารถติดตามและดูแลความเสี่ยงนั้นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การกำหนดระดับของผลกระทบของความเสี่ยงที่ยอมรับได้ กำหนดปัจจัยเป้าหมายและวิธีการตรวจสอบความเสี่ยงหลักสำคัญ พัฒนาแผนการตั้งรับหรือแผนจัดการความเสี่ยง เป็นต้น

2) Treat – การลด/ควบคุมความเสี่ยง (Risk Reduction / Control) คือ การออกแบบระบบควบคุมภายใน การแก้ไขปรับปรุงในด้านองค์กร (Organization), ทิศทางขององค์กร (Direction), การปฏิบัติงาน (Operation), และการติดตามตรวจสอบ (Monitoring) เพื่อป้องกันหรือจำกัดผลกระทบและโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหาย

3) Terminate – การหลีกเลี่ยงความเสี่ยง (Risk Avoidance) เป็นการหลีกเลี่ยง หยุด หรือ เปลี่ยนแปลงกิจกรรมที่เป็นความเสี่ยง เช่น การหยุดทำกิจกรรม (Cease Activity) การปรับเปลี่ยนรูปแบบการดำเนินการหรือระบบต่างๆ (Redesign Business Process/System), การลดขนาดการดำเนินการ (Reduce Scale), การเปลี่ยนหรือปรับวัตถุประสงค์การทำงาน (Change or Recalibrate Objective)

4) Transfer – การกระจาย/โอนความเสี่ยง (Risk Sharing/Spreading) คือ การกระจายความเสี่ยงในสินทรัพย์ หรือกระบวนการต่างๆ เพื่อลดความสูญเสีย เช่น การทำประกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น ได้แก่ การประกันภัย การจ้างบุคคลภายนอก (Outsource) ซึ่งเป็นการถ่ายโอนความเสี่ยงไปยังบริษัทประกัน และบริษัทภายนอก การทำสำเนาเอกสารหลายๆชุด และการกระจายที่เก็บทรัพย์สินค่า เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 5 การติดตามผล (Monitoring)

ผู้รับผิดชอบด้านการบริหารความเสี่ยงจะทำหน้าที่ติดตามและประเมินผลการจัดการความเสี่ยงอย่างสม่ำเสมอ โดยทำการทบทวนปัจจัยเสี่ยงและนโยบายที่เกี่ยวข้องที่อาจเปลี่ยนแปลงไป เพื่อทบทวนว่าระดับความเสี่ยงที่เหลืออยู่ อยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่ และทำการสรุปผลติดตามเป็นลายลักษณ์อักษร พร้อมทั้งส่งรายงานผลให้ฝ่ายบริหารรับทราบ ในกรณีที่มีการปรับปรุงเพิ่มเติมมาตรการความเสี่ยง ควรแจ้งให้ผู้บริหารที่รับผิดชอบทราบทุกครั้ง และในกรณีที่พบว่าระดับความเสี่ยงเพิ่มสูงขึ้น ควรมีการเสนอแผนจัดการความเสี่ยงและรายงานให้ผู้บริหารเพื่อพิจารณาทันที

2.1.3 **การออกแบบการทดลอง** (Design of experiments, DOE)

การออกแบบการทดลอง หรือ Design of Experiment (DOE) (อุรคินทร์ พลนิกร, 2550) เป็นเครื่องมือคุณภาพชนิดหนึ่งซึ่งจะมีทำการทดลองตามรูปแบบที่ได้ถูกออกแบบไว้เพื่อหา

ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ แล้วสร้างเป็นสมการทางสถิติซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบประมาณการระหว่างตัวแปรอิสระ หรือแฟคเตอร์ (Factors) ของกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งแล้วดูผลที่เกิดกับตัวแปรตอบสนอง (Response) ของกระบวนการนั้น ในทางปฏิบัติทางอุตสาหกรรม การทดลองที่ได้รับการออกแบบมาจะมีการทำงานอย่างเป็นระบบในการสืบค้นใน ตัวแปรในกระบวนการ (Process variable) หรือตัวแปรของผลิตภัณฑ์ (Product variable) หลังจากที่ทำการกำหนดเงื่อนไขของกระบวนการ หรือองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จึงจะสามารถทำการปรับปรุงเพื่อเพิ่มความสามารถ ความน่าเชื่อถือ คุณภาพ และประสิทธิภาพในการดำเนินการผลิต

ในกระบวนการหนึ่งๆอาจจะมีปัจจัยมากมาย บางตัวไม่อาจควบคุมได้และถึงแม้จะเป็นเหตุให้เกิดผลกระทบต่อกระบวนการก็ตาม แต่ต้องปล่อยให้มันเปลี่ยนไปตามธรรมชาติของมัน ในการออกแบบการทดลองจะเรียกตัวแปรเหล่านี้ว่า ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factor) แต่ตัวแปรบางตัวมีผลกระทบต่อกระบวนการและต้องถูกควบคุมให้เปลี่ยนแปลงอยู่ในตำแหน่งและช่วงใดช่วงหนึ่งที่มีผลเสียต่อกระบวนการน้อยที่สุด เรียกตัวแปรเหล่านี้ว่า ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factor) ซึ่งหมายถึงปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการผลิต หรือ Key Process Input Variable (KPIV) ในขณะเดียวกันจะต้องมีการวัดประสิทธิภาพหรือความเป็นไปของกระบวนการโดยการวัดด้วยตัวชี้วัด เช่นเดียวกัน กระบวนการหนึ่งๆอาจจะวัดด้วยตัวชี้วัดเพียงตัวเดียว หรือมากกว่า 1 ตัวก็เป็นได้ วิธีวัดก็มีได้ทั้งวัดด้วยเครื่องมือวัดซึ่งจะได้ค่าเป็นค่าต่อเนื่อง (Continuous Data) หรือเรียกว่าตัวแปรเชิงปริมาณ (Quantitative Variable) ถ้าวัดได้ด้วยการนับ การสังเกต จะได้ค่าเป็นค่าไม่ต่อเนื่อง (Discrete Data) หรือเรียกว่าตัวแปรเชิงคุณภาพ (Qualitative Variable) แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นให้เลือกวัดเฉพาะตัวแปรที่บ่งบอกหรือสื่อถึงประสิทธิภาพหรือผลที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้ดีที่สุดหรือมากที่สุด ที่เรียกตัวแปรที่ถูกคัดเลือกแล้วนี้ว่า Key Process Output Variable (KPOV)

เนื่องด้วยทรัพยากรมีจำนวนจำกัด ดังนั้นการทดลองแต่ละครั้งจะต้องให้สาระข้อมูลที่สำคัญที่สุด ซึ่งการทดลองที่มีการวางแผนที่ดีจะทำให้ได้สาระข้อมูลที่สำคัญและมีคุณภาพมากกว่าการทดลองที่เกิดขึ้นจากงานที่ไม่ได้รับการวางแผนมาก่อน และโดยเฉพาะการทดลองตามแผนที่วางไว้จะสามารถวิเคราะห์เกี่ยวกับอิทธิพลของปัจจัยที่ต้องการศึกษาได้ดีกว่าด้วย ตัวอย่างเช่น ถ้ามีสมมติฐานว่าอิทธิพลของ Interaction ระหว่างปัจจัยสองตัวมีนัยสำคัญ ก็ควรที่จะทำการออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ของอิทธิพล interaction ด้วย ซึ่งอิทธิพล interaction จะเกิดขึ้นเมื่อปัจจัยตัวหนึ่งมีผลต่อปัจจัยอีกตัวหนึ่งที่ระดับต่างๆกันไป การออกแบบการทดลอง

เพื่อวิเคราะห์ได้ว่าปัจจัยใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่ต้องทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยอย่างน้อย 2 ระดับ แล้วทำการทดลองจากนั้นจึงวิเคราะห์ผลการทดลอง

ก) วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง

เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) คือ การพิสูจน์ถึงข้อเท็จจริงหรือความเชื่อจากประสบการณ์หรือทฤษฎีบางอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการผลิต ค้นหา ข้อเท็จจริง (Exploration) คือการศึกษาถึงอิทธิพลของเงื่อนไขใหม่ที่มีผลต่อกระบวนการ

ข) คำจำกัดความ (Definition)

อิทธิพลหรือผล (Effect) หมายถึง ผลของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม

ปัจจัย (Factor) หมายถึง สิ่งที่คิดว่ามีอิทธิพลต่อผลการทดลองของคุณสมบัติในตัวผลิตภัณฑ์

ระดับของปัจจัย (Level of Factor) หมายถึง สภาวะต่าง ๆ ของปัจจัยหนึ่ง ๆ ที่ทำการกำหนดในการทดลอง

ปัจจัยรบกวน (Noise factor) หมายถึงปัจจัยที่ก่อเกิดผลกระทบ

ค) หลักในการออกแบบการทดลอง

การทำแบบสุ่ม (Randomization) คือ การให้โอกาสในการเก็บข้อมูลของข้อมูลแต่ละตัวเท่า ๆ กัน เพื่อกระจายผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ให้กับทุกระดับที่ศึกษาให้เท่า ๆ กัน

การทำซ้ำ (Replication) คือ การทำการทดลองซ้ำในแต่ละข้อมูล เพื่อกำจัดเอาผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ออก

การบล็อก (Blocking) คือ การจัดกลุ่มทำการเก็บข้อมูลเป็นช่วง เพื่อลดผลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ แต่ไม่จำเป็นที่จะต้องมีการทำเสมอไป

ง) ลำดับขั้นการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง

การนิยามปัญหา เป็นการระบุว่าความต้องการในการผลิตคืออะไร และต้องการรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้จะเกี่ยวโยงไปถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองการเลือกปัจจัยที่มีผลและระดับปัจจัยเป็นการใช้หลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์ที่เคยปฏิบัติมาในการผลิตเพื่อระบุว่ามีปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และในแต่ละปัจจัยนั้นควรจะมีช่วงในการทดลองเป็นอย่างไร เพื่อระบุระดับของปัจจัยในการทดลองสุดท้ายคือระบุว่าระดับที่ใช้เป็น แบบใดในรูปแบบต่อไปนี้ ได้แก่ แบบกำหนด (Fixed levels) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอน แบบสุ่ม (Random Levels) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถ

ควบคุม หรือ กำหนดค่าของปัจจัยได้แน่นอน และ แบบผสม (Mixed Levels) หมายถึง การผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดได้และแบบสุ่ม

การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) ในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้ทำการทดลอง จะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาและการวัดค่านั้นจะต้องแม่นยำรวมทั้งความถูกต้องของเครื่องวัดด้วย

การเลือกแบบทดลองจะต้องพิจารณาถึงจำนวนข้อมูลที่ทำซ้ำในการทดลองความเหมาะสมข้อจำกัดในการสุ่ม (Randomization) และการบล็อก (Blocking) ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยงและต้นทุนที่ใช้ในการทดลองสำหรับการเลือกปัจจัย

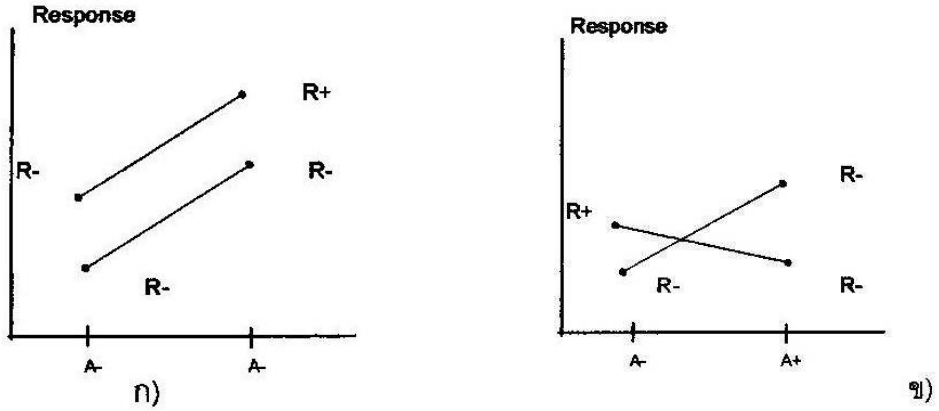
การทำการทดลอง ในขณะทำการทดลอง จะต้องปฏิบัติตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้นั่นคือ ต้องมีการสุ่ม การทำซ้ำ ข้อควรระวังในขณะทำการทดลอง คือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัดและความสม่ำเสมอในการทดลองเพื่อให้ความผิดพลาด (Error) ที่ออกมามีน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูล ในการวิเคราะห์ข้อมูล จะใช้ความรู้ทางสถิติมาวิเคราะห์และสรุปผลรวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้นก่อนที่จะตีความข้อมูล วิธีทางสถิติไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยใดมีผล (Effect) เท่าใดได้แน่นอน แต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ภายใต้ความเชื่อมั่นเป็นเปอร์เซ็นต์ ในการสรุปผลและข้อเสนอแนะเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วจะต้องสรุปผลการวิเคราะห์ ซึ่งอาจแสดงในรูปกราฟ ตาราง แผนภูมิ ฯลฯ

จ) แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Design)

การทดลองแบบแฟกทอเรียล เป็นการศึกษาผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตองสนองในทุก ๆ ระดับของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ (Treatment Combination) ที่มีจำนวน 2 ปัจจัยขึ้นไปโดยทุก ๆ ระดับของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของปัจจัยนำเข้าทุกตัวจะได้รับการศึกษาไปพร้อม ๆ กัน

ผลกระทบจากปัจจัยนำเข้า จะนิยามด้วยการตรวจสอบค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนองที่ศึกษาที่เกิดขึ้นโดยการเปลี่ยนระดับของปัจจัยนำเข้านี้เรียกว่า “อิทธิพล (Main Effect)” ส่วนอิทธิพลร่วม (Interaction) จะหมายถึงค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนองในระดับของปัจจัยนำเข้าตัวหนึ่งจะมีค่าไม่เท่ากันในระดับต่าง ๆ ของปัจจัยนำเข้าตัวอื่น ๆ ซึ่งแสดงได้โดยพิจารณาจากแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรตอบสนองในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ปัจจัยร่วมในการทดลอง ก) ปัจจัยร่วมไม่มีผล ข) ปัจจัยร่วมมีผล

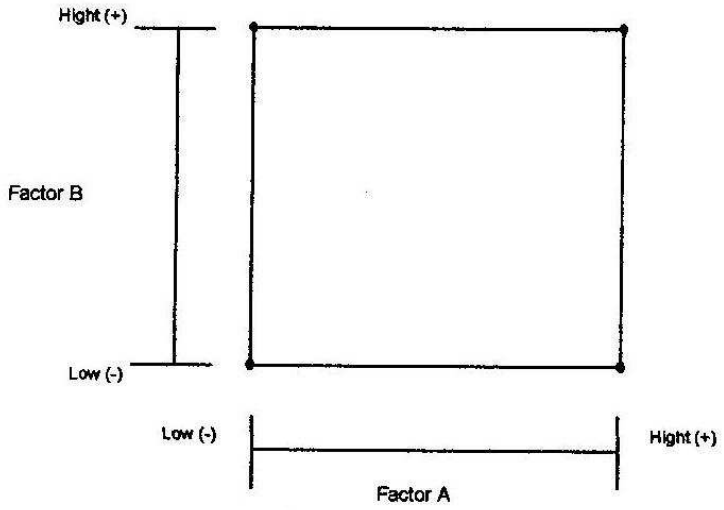
ประโยชน์ของการทดลองแบบแฟกทอเรียล ได้แก่ ในกรณีที่ต้องการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยนำเข้าจำนวนหลายตัวจะใช้จำนวนสิ่งตัวอย่างในการทดลองจำนวนที่น้อยกว่าการทดลองที่ละ 1 ปัจจัย (One-factor-at-a-time) ใช้เวลาการทดลองที่น้อยกว่า เนื่องจากเป็นการศึกษาปัจจัยหลายตัวพร้อม ๆ กัน และผลสรุปจากการทดลองแบบแฟกทอเรียล สามารถที่จะสรุปผลได้ครอบคลุมมากกว่า เนื่องจากสามารถพิจารณาในส่วนของอิทธิพลร่วม ระหว่างปัจจัยในการทดลองด้วย

รูปแบบต่าง ๆ ของการทดลองการทดลองแบบแฟกทอเรียล มีดังนี้

1) General Full Factorial Designs : จะกำหนดค่าของปัจจัยนำเข้าในระดับต่าง ๆ ที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดลองและทำการทดลองในทุก ๆ ระดับของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

2) Fractional Factorial Designs : เป็นสับเซตของการทดลอง General Full Factorial Design คือ จะลดจำนวนของการทดลอง โดยพิจารณาเลือกจำนวนการทดลองจาก Treatment Combination ในผลกระทบที่ระดับสูงของตัวแปรซึ่งเรียกว่า “Generator”

3) 2^k Factorial Designs : เป็นการทดลองแบบแฟกทอเรียลแบบหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นแบบ Full Factorial หรือเป็นแบบ Fractional Factorial Designs โดยในแต่ละปัจจัยนำเข้าจะกำหนดค่าเพียง 2 ระดับในการทดลอง และทำการทดลองในทุก ๆ ระดับของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญเพื่อการศึกษาถึงพฤติกรรมของตัวแปรตอบสนองในการวิจัย



ภาพที่ 2.2 Treatment Combination ใน 2^k Factorial Designs

ใช้กับการทดลองที่มีปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัย ซึ่งเป็นการทดลองที่มีหลายปัจจัย (Multiple Factor Experiment) และเนื่องจากปัจจัยมากกว่า 1 ปัจจัย ดังนั้น นอกจากจะเกิดอิทธิพลของปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่น่าสนใจแล้ว ยังเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction Effect) ได้อีกด้วย โดยอิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction Effect) คือ ผลที่เกิดขึ้นจากปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปแล้วที่ผลทำให้อิทธิพล (Effect)ของอีกปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงด้วยดังตัวอย่างการเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม หรือ ปฏิสัมพันธ์ ซึ่งไม่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วมแสดงดัง (1) และเมื่อมีอิทธิพลของปัจจัยร่วมแสดงดัง (2) โดย A และ B คือปัจจัย 2 ปัจจัย เหตุที่ใช้ เนื่องจากการออกแบบ 2^k แฟกทอเรียล เหมาะสมกับรูปแบบ (Model) ที่มีความเป็นเส้นตรง (Linearity) จึงจะมีความถูกต้องในการตีความข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นหากว่าอิทธิพลของปัจจัยต่อตัวแปรตอบสนองมีความเป็นเส้นตรง (Linearity) ไม่ดีแล้วจะหันมาใช้แบบ 3^k แฟกทอเรียล แทนจะเหมาะสมกว่า

แผนการทดลองแบบแฟรกชั่นนอลแฟกทอเรียล (Fractional Factorial Designs) เป็นการประยุกค์จากการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Designs) โดยการออกแบบการทดลองแบบแฟรกชั่นนอลแฟกทอเรียล จะใช้กับการทดลองหลายปัจจัยที่มีปัจจัยเป็นจำนวนมากจึงต้องทำการตัดปัจจัยบางตัวออกโดยอาศัยหลักการคอนฟาวด์ (Confound)

การคอนฟาวด์ (Confound) เป็นเทคนิคที่ใช้ช่วยในการออกแบบทำให้ขนาดของบล็อกเล็กลงจากเดิม ซึ่งในการออกแบบนี้จะเกิดผลทำให้สารสนเทศเกี่ยวกับอิทธิพลทรีตเมนต์ (Treatment Effect) รวมปะปนอยู่กับอิทธิพลของบล็อก (Block Effect) เสมอ การเลือกอิทธิพล

ของทรีตเมนต์ที่จะทำให้คอนฟาวด์ (Confound Effect) จะเลือกจากความรู้ในกระบวนการผลิต เป็นตัวกำหนดโดยเลือก ทรีตเมนต์ ที่คาดว่าจะมีผลน้อยต่อตัวผลิตภัณฑ์

การประมาณการทดสอบเอฟ (Approximate F-test) ในการทดลองแบบแฟกทอเรียลที่มีปัจจัย 3 ปัจจัยหรือมากกว่า ซึ่งจะเป็นรูปแบบกำหนดรูปแบบอื่น ๆ และการออกแบบที่ซับซ้อน บ่อยครั้ง พบว่าไม่สามารถทดสอบทางสถิติได้อย่างถูกต้องในบางอิทธิพลของทรีตเมนต์ ซึ่งการแก้ไขหนทางหนึ่งที่เป็นไปได้คือการตั้งสมมุติฐานว่าในบางปฏิสัมพันธ์บางอิทธิพลสามารถที่จะละเลยได้

2.1.4 **การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)**

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis หรือ FMEA) (เขมิกา วันทอง, 2546) เป็นวิธีการในการประเมินระบบ การออกแบบ กระบวนการผลิตหรือการบริการ โดยเป็นแนวทางในการป้องกัน (Prevention approach) ที่ใช้สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตโดยพิจารณาความเป็นไปได้ในการเกิดข้อบกพร่อง และทำการวิเคราะห์หาข้อขัดข้องที่เป็นไปได้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต ค้นหาสาเหตุและผลกระทบจากข้อบกพร่องนั้น ๆ กำหนดวิธีการตรวจสอบและบ่งชี้ข้อบกพร่อง ประเมินโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง ความรุนแรงอันเกิดจากลักษณะบกพร่อง โอกาสการตรวจพบลักษณะบกพร่องและทำการกำหนดวิธีป้องกันการเกิดขึ้นอีกของข้อบกพร่องนั้น ๆ

ก) การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิต (Process Failure Mode and Effects Analysis, PFMEA)

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิต ต่างจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบกล่าวคือจะทำการวิเคราะห์ผลกระทบของข้อบกพร่องอันเนื่องมาจาก เครื่องมือ เครื่องจักร กระบวนการประกอบและขั้นตอนการผลิตของบริษัทในการผลิตสินค้า การวิเคราะห์จะกระทำภายใต้สมมติฐานที่ว่า ชิ้นส่วนทุกชิ้นได้รับการออกแบบมาอย่างถูกต้อง ไม่มีปัญหาข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์

ข) เป้าหมายของ FMEA ของกระบวนการผลิต

วิศวกรผู้ออกแบบกระบวนการผลิตจะรับรู้ปัญหาที่แฝงอยู่ มีการป้องกันไว้ล่วงหน้าเพื่อป้องกันการขัดข้องของผลิตภัณฑ์ในตลาดและลูกค้า ดังนั้น ผู้ออกแบบกระบวนการผลิตจะรู้ว่า

ลักษณะการชำรุดของกระบวนการผลิตมีผลกระทบต่อความบกพร่องของผลิตภัณฑ์อย่างไรและใช้ FMEA ในกระบวนการผลิต

ค) องค์ประกอบสำคัญของแบบฟอร์ม PFMEA

1. หมายเลข PFMEA
2. ชื่อผลิตภัณฑ์ใช้ชี้บ่งประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ทำการวิเคราะห์
3. จัดทำโดย ให้ใส่ชื่อกลุ่มของผู้รับผิดชอบโครงงานในการจำทำ PFMEA นั้น
4. หมายเลขผลิตภัณฑ์ให้ใส่หมายเลขรุ่นหรือรหัสกลุ่มของผลิตภัณฑ์
5. วันที่ป้อน ให้ระบุวันที่เริ่มต้นเกี่ยวข้องกับ PFMEAนั้น ซึ่งไม่ควรช้ากว่าวันที่ดำเนินการออกแบบตามกำหนดการ
6. วันที่ของ PFMEA ให้ระบุวันที่ที่จัดทำต้นฉบับ PFMEAนั้นรวมทั้งวันที่ที่ได้รับการทบทวนครั้งล่าสุดด้วย
7. คณะผู้ทำงานหลัก ให้ลงชื่อบุคคลและแผนกซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบและมีอำนาจหน้าที่ในการชี้บ่งและหรือดำเนินภารกิจนั้น ๆ
8. กระบวนการ / หน้าที่ของกระบวนการ ให้กรอกรายละเอียดง่าย ๆ เกี่ยวกับกระบวนการหรือการปฏิบัติงานที่ทำการวิเคราะห์ (เช่น การกลึงรูปร่าง, การเจาะ, การเคาะ เป็นต้น) ชี้บ่งจุดประสงค์ของกระบวนการหรือการปฏิบัติงานที่ทำการวิเคราะห์ในลักษณะซึ่งกระชับที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในกรณีที่กระบวนการเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานหลายอย่าง ซึ่งมีข้อบกพร่องด้านศักยภาพที่แตกต่างกันอาจมีความจำเป็นต้องลำดับการปฏิบัติงานแยกออกจากกันตามแต่ละกระบวนการ
9. ลักษณะข้อบกพร่อง ข้อบกพร่องด้านศักยภาพ ได้รับการจำกัดความไว้ในลักษณะซึ่งกระบวนการสามารถล้มเหลวทางศักยภาพได้ ในการสอดคล้องกับข้อกำหนดในกระบวนการหรือความมุ่งหมายในการออกแบบ สิ่งนี้เป็นรายละเอียดของความไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของการปฏิบัติงานที่เจาะจงไว้นั้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่ง ร่วมกับสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องด้านศักยภาพในการปฏิบัติงานในอันดับต่อ ๆ ไป หรือเป็นผลกระทบหนึ่งซึ่งเข้าร่วมกับข้อบกพร่องในการปฏิบัติงานอันดับก่อนหน้านี้ อย่างไรก็ดีในการจัดทำ FMEA ควรมีการตั้งสมมติฐานว่าชิ้นส่วน / วัตถุดิบที่เข้ามามีความถูกต้อง ลำดับข้อบกพร่องด้านศักยภาพแต่ละข้อ สำหรับการปฏิบัติงานที่เจาะจงในลักษณะที่เป็นส่วนประกอบ ระบบย่อย ระบบหรือลักษณะของกระบวนการ และให้ตั้งสมมติฐานว่าข้อบกพร่องอาจเกิดขึ้นได้แต่อาจไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นเสมอ

10. ผลกระทบด้านศักยภาพของข้อบกพร่อง ข้อบกพร่องด้านศักยภาพ ได้รับการจำกัดความไว้ในลักษณะ ผลกระทบของข้อบกพร่องตามลูกค้า ซึ่งลูกค้าในที่นี้อาจหมายถึงการปฏิบัติงานอันดับต่อไป การปฏิบัติงานหรือสถานที่ที่ตามมาต่อ ๆ ไป ผู้จัดจำหน่ายและ/ หรือผู้เป็นเจ้าของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเมื่อประเมินผลการกระทบด้านศักยภาพของข้อบกพร่องต้องพิจารณาถึงลูกค้าเหล่านี้

11. ภาวะรุนแรง (Severity) ได้แก่ การประเมินสภาพความเลวร้ายของผลกระทบของข้อบกพร่องที่มีต่อลูกค้า ภาวะรุนแรงนั้นใช้เฉพาะกับผลกระทบเท่านั้น หากลูกค้าที่ได้รับผลกระทบจากข้อบกพร่อง ได้แต่ โรงงานประกอบหรือผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ การประเมินภาวะรุนแรงอาจอยู่นอกเหนือจากความรู้และประสบการณ์ของคณะผู้ทำงาน / วิศวกรในกระบวนการซึ่งอยู่ในอันดับถัดไป ในกรณีดังกล่าว ควรให้คำแนะนำปรึกษาต่อการออกแบบ PFMEA วิศวกรการออกแบบและ/ หรือวิศวกรกระบวนการในโรงงานผลิตหรือโรงงานประกอบถัดไป ภาวะรุนแรงที่กล่าวถึงนี้ควรได้รับการประมาณไว้เป็นสเกลตั้งแต่ 1 ถึง 10 (Chrysler LCC, Ford Motor Company, General Motors Corporation, 2008)

ตารางที่ 2.1 ตารางแนะแนวทางการประเมินค่าความรุนแรงสำหรับ PFMEA

ผลกระทบ	ความรุนแรงของผลกระทบ		คะแนนค่าความรุนแรง
อันตรายโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	ข้อบกพร่องที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและ/หรือ กฎหมาย/ข้อบังคับของรัฐบาล	ข้อบกพร่องที่เป็นไปได้มีผลกระทบต่อระบบการทำงาน/ความปลอดภัยหรือความเสียหายเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์/ชิ้นส่วน หรือก่อให้เกิดสภาวะความไม่ปลอดภัยในการใช้งาน หรือ ต่อลูกค้าและ/หรือเกี่ยวข้องกับการไม่เป็นไปตามกฎหมาย/ข้อบังคับของรัฐบาล โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	10
อันตรายโดยมีการเตือนล่วงหน้า	ข้อบกพร่องที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและ/หรือ กฎหมาย/ข้อบังคับของรัฐบาล	ข้อบกพร่องที่เป็นไปได้มีผลกระทบต่อระบบการทำงาน/ความปลอดภัย หรือความเสียหายเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์/ชิ้นส่วน หรือก่อให้เกิดสภาวะความไม่ปลอดภัยในการใช้งาน หรือ ต่อลูกค้าและ/หรือเกี่ยวข้องกับการไม่เป็นไปตามกฎหมาย/ข้อบังคับของรัฐบาล โดยมีการเตือนล่วงหน้า	9
สูงมาก	สูญเสียหรือเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานหลัก	ผลิตภัณฑ์สูญเสียหน้าที่การทำงานหลักไม่สามารถไม่สามารถใช้งานได้ แต่ไม่มีผลกระทบต่อด้านความปลอดภัยของระบบการทำงาน	8
สูง	สูญเสียหรือเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานหลัก	ผลิตภัณฑ์ มีความเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานหลักแต่ยัง สามารถใช้งานได้ แต่ประสิทธิภาพลดลง ก่อให้เกิดความไม่พึงพอใจของลูกค้า	7
ผลกระทบปานกลาง	สูญเสียหรือเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานรอง	ผลิตภัณฑ์สูญเสียหน้าที่การทำงานรองแต่ยังสามารถใช้งานได้แต่ลูกค้าพบว่าไม่สะดวกในการใช้งาน ฟังก์ชั่นด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน หรืออาจก่อให้เกิดการร้องเรียนจากลูกค้า ลูกค้าไม่พอใจ	6
ผลกระทบต่ำ	สูญเสียหรือเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานรอง	ผลิตภัณฑ์มีความเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานรองแต่ยังสามารถใช้งานได้ แต่ฟังก์ชั่นการทำงานรองและ ฟังก์ชั่นด้านความสะดวกสบายในการใช้งานมีประสิทธิภาพลดลง หรืออาจก่อให้เกิดการร้องเรียนจากลูกค้า ลูกค้าไม่พอใจ	5
ผลกระทบต่ำมาก	ทำให้เกิดความรำคาญ	รูปลักษณ์ภายนอกไม่เป็นไปตามข้อกำหนด(อาจเกี่ยวข้องกับขนาด/มิติ/รูปร่าง เสียงของผลิตภัณฑ์) และข้อบกพร่องสามารถ ถูกสังเกตโดยลูกค้าส่วนใหญ่ (>75%)	4
ผลกระทบเล็กน้อย	ทำให้เกิดความรำคาญ	รูปลักษณ์ภายนอกไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (อาจเกี่ยวข้องกับขนาด/มิติ/รูปร่างของผลิตภัณฑ์) และข้อบกพร่องสามารถถูกสังเกตโดยลูกค้าปานกลาง (ประมาณ 50%)	3
ผลกระทบเล็กน้อยมาก	ทำให้เกิดความรำคาญ	รูปลักษณ์ภายนอกไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (อาจเกี่ยวข้องกับขนาด/มิติ/รูปร่างของผลิตภัณฑ์) และข้อบกพร่องสามารถถูกสังเกตได้โดยลูกค้าทั่วไปบางครั้ง (<25%)	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ	1

12. สาเหตุด้านศักยภาพ กลไกของข้อบกพร่อง สาเหตุด้านศักยภาพของข้อบกพร่องได้รับการจำกัดความเชิงอธิบายว่า ข้อบกพร่องเกิดขึ้นได้อย่างไร โดยอธิบายในลักษณะที่เป็นสิ่งซึ่งสามารถแก้ไขหรือควบคุมได้ลำดับรายการสาเหตุทุกประการที่อาจเป็นไปได้และ หรือกลไกของข้อบกพร่องด้านศักยภาพไว้อย่างสั้น ๆ และได้ใจความสำหรับข้อบกพร่องแต่ละข้อที่สามารถกำหนดได้

13. การเกิดขึ้น (Occurrence) ได้แก่ การคาดการณ์ว่าสาเหตุ กลไกของข้อบกพร่องที่เจาะจงไว้จะเกิดขึ้นถี่มากน้อยแต่ไหน ตัวเลขการจัดอันดับแนวโน้มการเกิดขึ้นนี้ เป็นการบอกความหมายมากกว่าบอกค่าการประมาณแนวโน้มการเกิดขึ้นของสาเหตุ กลไกของข้อขัดข้องให้กำหนดเป็น 1 ถึง 10 (Chrysler LCC, Ford Motor Company, General Motors Corporation, 2008)

ตารางที่ 2.2 ตารางแนะแนวทางการประเมินค่าการเกิดข้อบกพร่องสำหรับ PFMEA

ระดับความถี่	คะแนน	ความถี่ในการเกิดข้อบกพร่อง (จำนวนครั้งที่เกิดต่อผลิตภัณฑ์/ระบบ)	
สูงมาก	10	>/=100 ในพันส่วน (100,000 DPM)	>/= 1 ใน 10
สูง	9	50 ในพันส่วน (50,000 DPM)	1 ใน 20
สูง	8	20 ในพันส่วน (20,000 DPM)	1 ใน 50
สูง	7	10 ในพันส่วน (10,000 DPM)	1 ใน 100
ปานกลาง	6	2 ในพันส่วน (2,000 DPM)	1 ใน 500
ปานกลาง	5	0.5 ในพันส่วน (500 DPM)	1 ใน 2,000
ปานกลาง	4	0.1 ในพันส่วน (100 DPM)	1 ใน 10,000
ต่ำ	3	0.01 ในพันส่วน (10 DPM)	1 ใน 100,000
ต่ำ	2	</= 0.001 ในพันส่วน (1 DPM)	1 ใน 1,000,000
ต่ำมาก	1	ข้อบกพร่องสามารถถูกกำจัดได้โดยการควบคุมเชิงป้องกัน	ข้อบกพร่องสามารถถูกกำจัดได้โดยการควบคุมเชิงป้องกัน

14. การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน การควบคุมกระบวนปัจจุบัน ได้แก่รายละเอียดของการควบคุม ซึ่งเป็นการป้องกันไม่ให้มีความเป็นไปได้ที่ข้อบกพร่องจะเกิดเพิ่มขึ้น หรือเป็นการตรวจพบว่าข้อบกพร่องอาจจะเกิดขึ้น หรือไม่ การควบคุมเหล่านี้สามารถเป็นการควบคุมกระบวนการ อาทิ กำหนดการพิสูจน์ข้อผิดพลาด หรือการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC) หรือ

สามารถเป็นการประเมินกระบวนการล่วงหน้าก็ได้ การประเมินอาจเกิดขึ้น ณ การปฏิบัติงานด้านวัตถุ หรือ ณ การปฏิบัติงานที่ตามต่อ ๆ มาซึ่งอาจตรวจพบข้อบกพร่องด้านวัตถุได้

15. การตรวจพบ (Detection) ได้แก่การประเมินความสามารถของการควบคุมกระบวนการในปัจจุบันที่ได้เสนอไว้ (ลำดับไว้ในช่องก่อนหน้านี้) ซึ่งจะตรวจพบข้อบกพร่องได้ก่อนที่ชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบจุถูกทิ้งไว้ในสถานที่ผลิตหรือประกอบ (Chrysler LCC, Ford Motor Company, General Motors Corporation, 2008)

ตารางที่ 2.3 ตารางแนะแนวทางการประเมินค่าการตรวจจับสำหรับ PFMEA

ความสามารถในการตรวจจับ	โอกาสในการตรวจจับ	โอกาสของการตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการผลิต	ค่าการตรวจจับ
เกือบจะเป็นไปไม่ได้	ไม่มีโอกาสในการตรวจจับเลย	- ไม่มีการควบคุมปัจจุบันของกระบวนการผลิต : ไม่สามารถตรวจจับหรือไม่ถูกวิเคราะห์เลย ของเสียจะไปเจอเมื่อลูกค้านำไปใช้งาน	10
ตรวจจับแทบจะไม่ได้	ไม่สามารถตรวจจับได้ไม่ว่าที่ใด	- ข้อบกพร่องและ/หรือ ข้อผิดพลาด (สาเหตุ) ไม่สามารถตรวจจับได้โดยง่าย (เช่น การสุ่มตรวจ) หรือของเสียจะไปตรวจจับได้ที่ IQC หรือการทดสอบความคงทนของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้า	9
ตรวจจับได้น้อย	ปัญหาถูกตรวจจับได้หลังกระบวนการผลิต	- การตรวจจับข้อบกพร่องโดยพนักงานเกิดขึ้นหลังกระบวนการผลิตนั้น ๆ หรือ ที่กระบวนการผลิตท้ายสุด โดยการตรวจโดยสายตา หรือฟังเสียง เป็นต้น	8
ตรวจจับได้ต่ำมาก	ปัญหาถูกตรวจจับได้ที่กระบวนการผลิต	- การตรวจจับข้อบกพร่องโดยพนักงานเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยการตรวจโดยสายตา หรือฟังเสียง - หรือตรวจจับหลังกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยใช้เครื่องมือนับ เช่น Go/No Go gauge การทดสอบทางไฟฟ้า เป็นต้น	7
ตรวจจับได้ต่ำ	ปัญหาถูกตรวจจับได้หลังกระบวนการผลิต	- การตรวจจับข้อบกพร่องโดยพนักงานเกิดขึ้นหลังกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยใช้เครื่องมือวัด - หรือ การตรวจจับในกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยพนักงานโดยใช้เครื่องมือนับ เช่น Go/No Go gauge เป็นต้น	6
ตรวจจับได้ปานกลาง	ปัญหาถูกตรวจจับได้ที่กระบวนการผลิต	- การตรวจจับข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาด (สาเหตุ) โดยพนักงานในกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยใช้เครื่องมือวัด - การควบคุมอัตโนมัติในสายการผลิตนั้น ๆ ซึ่งจะตรวจจับของเสียและบอกเตือนพนักงานได้ (เช่น แสง, สัญญาณ เป็นต้น) - มีการตรวจวัดโดยเครื่องมืออตอนเซ็ตอัพและการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ก่อนเริ่มทำการผลิต (สำหรับการเซ็ตอัพที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุเท่านั้น)	5
ตรวจจับได้ปานกลางค่อนมาทางสูง	ปัญหาถูกตรวจจับได้หลังกระบวนการผลิต	- การตรวจจับข้อบกพร่องหลังกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยการควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะตรวจจับของเสียได้ และสกัดไม่ให้ของเสียถูกนำไปผลิตต่อในกระบวนการผลิตถัดไป	4
ตรวจจับได้สูง	ปัญหาถูกตรวจจับได้ที่กระบวนการผลิต	- การตรวจจับข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยการควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะตรวจจับของเสียได้ และสกัดแบบอัตโนมัติในกระบวนการผลิตนั้น ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้ของเสียถูกนำไปผลิตต่อในกระบวนการผลิตถัดไป	3
ตรวจจับได้สูงมาก	ข้อผิดพลาดสามารถตรวจจับได้และ/หรือ ปัญหาถูกป้องกันได้	- การตรวจจับข้อผิดพลาด (สาเหตุ) ในกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยการควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะตรวจจับข้อผิดพลาดและป้องกันการไม่ให้เกิดการผลิตของเสีย	2
ตรวจจับได้สูงมาก/เกือบจะแน่นอน	การตรวจจับไม่จำเป็น เพราะมีการป้องกันข้อผิดพลาดแล้ว	- การตรวจจับข้อผิดพลาด (สาเหตุ) เป็นผลมาจากการออกแบบอุปกรณ์/เครื่องมือ, การออกแบบเครื่องจักร หรือการออกแบบชิ้นส่วน ทำให้ของเสียไม่สามารถถูกผลิตออกมาได้ เพราะเครื่องจักร/อุปกรณ์/เครื่องมือ/ชิ้นส่วน ได้ถูกออกแบบให้ป้องกันการผิดพลาดแล้วโดยการออกแบบกระบวนการผลิต/ผลิตภัณฑ์แล้ว	1

16. ตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ตัวเลขความเสี่ยงชี้นำได้แก่ ผลผลิตของการจัดอันดับภาวะรุนแรง (S) การเกิดขึ้น (O) และการตรวจพบ (D) โดย RPN = (S) x (O) x (D) ในฐานะผลผลิตของ S x O x D ตัวเลขความเสี่ยงชี้นำเป็นมาตรการด้านความเสี่ยงการออกแบบ จึงควรมีการนำค่านี้ไปใช้ในการจัดลำดับความสำคัญสาเหตุข้อบกพร่องที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ (เช่น การจัดลำดับความสำคัญแบบพาเรโต) สำหรับค่า RPN ที่มีค่าสูงเกินกว่าค่าที่กำหนด คณะผู้ทำงานต้องใช้ความพยายามเพื่อลดการคำนวณความเสี่ยง โดยอาศัยกิจกรรมเชิงแก้ไข

17. ปฏิบัติการเสนอแนะ เมื่อข้อบกพร่องได้รับการจัดลำดับโดย RPN จะต้องกำหนดแนวทางการปฏิบัติการเชิงแก้ไข และควรได้รับการดำเนินการสำหรับวัสดุวิกฤตและส่วนที่ถูกจัดให้อยู่ในอันดับสูงสุด

18. วันที่กำหนดให้แก้ไขเสร็จสิ้นตามเป้าหมายและความรับผิดชอบ (สำหรับปฏิบัติการที่มีการเสนอแนะ) ให้ระบุชื่อหน่วยงานที่เป็นผู้รับผิดชอบ รวมถึงกำหนดวันที่ที่เสร็จสิ้น

19. ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ หลังจากปฏิบัติการได้รับการนำไปปฏิบัติตามแล้ว ให้ระบุรายละเอียดโดยย่อของปฏิบัติการที่ดำเนินการจริง

20. ผลด้าน RPN หลังจากปฏิบัติการเชิงแก้ไขได้รับการบ่งชี้แล้ว ให้ประมาณและบันทึกผลด้านภาวะรุนแรงการเกิดขึ้นและการจัดอันดับการตรวจสอบ จากนั้นคำนวณและบันทึกผลด้าน RPN หากไม่มีปฏิบัติการใดได้รับการดำเนินการให้เว้นว่างไว้ในช่อง RPN ในช่องผลการปฏิบัติรวมทั้งช่องการจัดอันดับที่เกี่ยวข้องกับผลด้าน RPN ทั้งหมด ควรได้รับการทบทวนอีกและถ้าหากปฏิบัติการในอันดับต่อ ๆ ไป ได้รับการพิจารณาว่าจำเป็นให้ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นที่ 17 ถึง 20

ง) ประโยชน์ของการ วิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

1. ช่วยในการตัดสินใจหาทางเลือกที่เป็นไปได้ ของการออกแบบและกระบวนการในการผลิต ผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาเลือกค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้

2. ใช้ในการวางแผนปฏิบัติการคุณภาพ เพื่อระบุความเสี่ยงในแต่ละแผนและช่วยในการเตรียมการค้นหาวิธีในการหลีกเลี่ยงปัญหาต่างๆ

3. มีประโยชน์สำหรับกรณีที่มีการออกแบบสินค้า หรือกระบวนการผลิตใหม่ๆ โดยช่วยชี้บ่งและระบุข้อหลีกเลี่ยงข้อบกพร่องอันมีโอกาสเกิดขึ้นได้จากการออกแบบและกระบวนการผลิต

4. ช่วยลดจุดอันตรายและช่วยในการวางแผน ค้นหาวิธีการในการตรวจสอบคุณภาพเพื่อยืนยันว่ากระบวนการผลิตมีความน่าเชื่อถือและสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ดีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด

5. ช่วยในการกำหนดข้อจำกัดในการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เครื่องมือและเครื่องจักรต่างๆที่ใช้ในกระบวนการผลิต

6. ช่วยในการชี้จุดหรือบริเวณที่มีปัญหาในกระบวนการผลิต ซึ่งในการปฏิบัติงานจะต้องใช้ความระมัดระวังและให้ความสนใจเป็นพิเศษ

7. นำเสนอวิธีการในการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลัง สำหรับปฏิบัติการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการผลิต

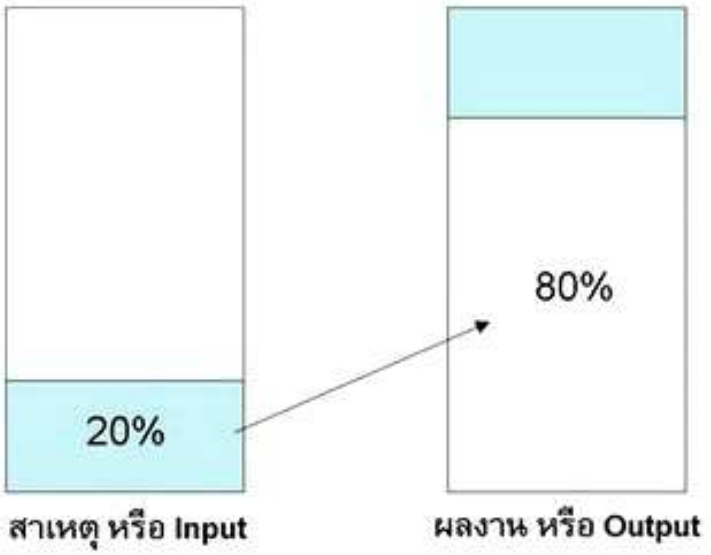
8. เป็นเครื่องมือที่ช่วยส่งเสริมการทำงานเป็นทีม

9. ช่วยในการรวบรวมข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการวางแผนกำหนดคุณลักษณะของกระบวนการ

2.1.5 หลักการพาเรโต (Pareto principle) หรือกฎ 80/20

ผู้ที่ค้นคว้าปรากฏการณ์นี้คนแรกของโลกคือนักเศรษฐศาสตร์ชาวอิตาเลียนชื่อ Vilfredo Pareto (1849 – 1923) เมื่อกว่า 100 ปีมาแล้ว (วรัญญู สุจิวรพันธ์พงศ์, 2552) ซึ่ง Pareto ได้สังเกตความสัมพันธ์ระหว่างรายได้และความมั่งคั่งกับสัดส่วนประชากรของประเทศอิตาลีในศตวรรษที่ 19 พบว่าร้อยละ 80 ของรายได้และความมั่งคั่งของประเทศทั้งหมดมาจากประชากรร้อยละ 20 ของประเทศ และ Pareto ยังแสดงข้อมูลในหลายช่วงเวลาของอิตาลีและประเทศอื่นๆ ในขณะนั้นว่าเป็นไปในลักษณะเดียวกัน Pareto จึงตั้งชื่อปรากฏการณ์นี้ว่า Pareto Principle หรือกฎ 80/20 โดยยังมีปรากฏการณ์อื่นที่คล้ายกับสิ่งที่ Pareto ค้นพบ เช่น Sir Isaac Pitman ผู้ประดิษฐ์การเขียนชอร์ตแฮนด์ พบว่ามีคำศัพท์เพียง 700 คำในภาษาอังกฤษที่ใช้กันอยู่ถึงสองในสามของการสื่อสารพูดคุยในชีวิตประจำวัน และ 700 คำเป็นรากศัพท์ของคำในภาษาอังกฤษทั้งหมดกว่าร้อยละ 80 หรือเรามักจะสังเกตได้ว่าในคลังสินค้าต่างๆ มูลค่าสินค้าที่เคลื่อนย้ายออกบ่อย 20% แรก จะมีมูลค่ารวมกันถึง 80% ของมูลค่าสินค้าทั้งหมดในคลังสินค้า

โดยหลักการพาเรโต (Pareto principle) หรือกฎ 80/20 เป็นการอ้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสองชุด เช่น ระหว่างรายได้และความมั่งคั่งกับสัดส่วนประชากร หรือระหว่างการใช้คำจำนวนหนึ่งกับการใช้คำในภาษาอังกฤษทั้งหมด ภาพที่ 2.3 แสดงถึงกฎ 80/20 ซึ่งเชื่อว่าเป็นตัวเลขมหัศจรรย์ ซึ่งเกิดขึ้นบ่อยที่สุดในความไม่สมดุลของสิ่งต่างๆ ในโลก



ภาพที่ 2.3 หลักการพาเรโต (Pareto principle) หรือกฎ 80/20

ต่อมามีนักวิชาการหลายคนได้นำกฎของ Pareto มาประยุกต์ และเรียกว่า กฎของการออกแรงน้อยที่สุด (Principle of Least Effort) โดย George K. Zipf นักสังคมวิทยาแห่งมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด ในปี 1949 และต่อมาได้นำแนวคิดนี้ไปใช้กันอย่างแพร่หลายในการค้นหาข้อมูลในห้องสมุด นอกจากนั้นวิศวกรอเมริกันชื่อ Joseph Juran ผลักดันให้เกิดสิ่งที่เรียกว่า Quality Revolution ระหว่าง 1950 – 1990 โดยเริ่มกระบวนการพัฒนาคุณภาพสินค้าให้ญี่ปุ่น ในปี 1953 ต่อมาได้พัฒนากลายเป็นแนวคิดของ Total Quality Control และ Six Sigma ในเวลาต่อมา บริษัทใหญ่ๆ ในสหรัฐอเมริกาหลายแห่งได้นำเอาข้อสังเกตของความไม่สมดุล หรือกฎ 80/20 นี้ มาประยุกต์ในกลยุทธ์ด้านธุรกิจ เช่น บริษัทจะทราบว่ายอดขาย กำไร หรือการใช้งาน มิได้มาจากสาเหตุส่วนใหญ่ (จำนวนสินค้า จำนวนคน กลยุทธ์) อย่างเท่าเทียม แต่มาจากสาเหตุส่วนน้อยที่มีคุณภาพ จึงทำให้บริษัทมุ่งเน้นไปที่การหาประโยชน์จากส่วนน้อยนั้น และพยายามขยายส่วนของสาเหตุที่ยังไม่เป็นประโยชน์ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น หรือ ในปี 1963 บริษัท IBM สำรวจพบว่าร้อยละ 80 ของเวลาและทรัพยากรในการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งหมดจะเป็นการใช้งานจากโค้ดของ Operating System เพียงร้อยละ 20 เท่านั้น ดังนั้น IBM จึงได้ปรับปรุงซอฟต์แวร์ให้ใช้ประโยชน์จากส่วนร้อยละ 20 นี้ให้มากขึ้น ทำให้ส่วนนี้สามารถถูกใช้งานได้อย่างสะดวกและง่ายขึ้นดังนั้นจึงทำให้คอมพิวเตอร์ของ IBM ในยุคนั้นทำงานเร็ว และมีประสิทธิภาพกว่าคู่แข่ง

อย่างไรก็ตามในความเป็นจริง ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นไม่จำเป็นต้องเป็น 80/20 เสมอไป บางครั้งอาจจะเป็น 80/30 หรือ 80/10 หรือ 75/10 ก็ได้ ซึ่งตัวเลขไม่จำเป็นต้องบวกกันให้ได้ 100 เพราะเลขที่ใช้เป็นคนละชุดของข้อมูลกัน กล่าวโดยรวมๆ คือกฎนี้จะตรงกันข้ามกับลักษณะ 50/50 หรือกฎความสมดุล ที่บอกว่าร้อยละ 50 ของ Inputs ก่อให้เกิดร้อยละ 50 ของ Outputs หรือผลงานที่เกิดขึ้น ซึ่งก็สามารถอธิบายปรากฏการณ์นี้ในโลกแห่งความเป็นจริง เช่น การทำงานในชีวิตประจำวันของเรา ผลงานที่ปรากฏส่วนใหญ่ จะเป็นการทำงานที่เกิดขึ้นในการใช้เวลาส่วนน้อยในแต่ละวัน หรือเวลาทำงานทั้งหมดของเรามิได้มีผลต่อความก้าวหน้าในงานของเรา ดังนั้นเราต้องทราบว่าเวลาที่สำคัญส่วนน้อยที่เป็นประโยชน์มากนั้นอยู่ตรงไหน และจะใช้มันให้มีประสิทธิภาพได้อย่างไรหรือเราอาจจะประหลาดใจที่ได้เห็นเพื่อนบางคนไม่ได้เรียนหนัก แต่มีความรู้และได้คะแนนดี ซึ่งเราจะพบว่าหนังสือที่ต้องอ่าน หรือเนื้อหาการบรรยายที่ต้องทำความเข้าใจทั้งหมดมีเพียงร้อยละ 20 เท่านั้นที่เป็นหัวใจในการตอบคำถามในการสอบ ประเด็นอยู่ตรงที่ร้อยละ 20 นั้นคืออะไร และอยู่ตรงไหน เป็นต้น

2.1.6 การวิเคราะห์ปรับปรุงกระบวนการ

การวิเคราะห์กระบวนการเพื่อปรับปรุงนั้นมีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงและควรพิจารณาดังนี้ (สุวิมล จันทร์แก้ว, 2549)

ก) พื้นฐานการปรับปรุงพัฒนา

สำหรับการปรับปรุงและพัฒนานั้น มีพื้นฐานที่เรียกว่า วงจร P-D-C-A (Deming Cycle) ซึ่งเป็นโครงร่างสำหรับกิจกรรมการปรับปรุงพัฒนา โดยมีขั้นตอนพื้นฐานต่อไปนี้

การวางแผน (Plan) เริ่มต้นโดยการศึกษากระบวนการที่ใช้อยู่ บันทึกกระบวนการนี้แล้วจึงระบุปัญหา จากนั้นก็สำรวจข้อมูลและวางแผนการปรับปรุง และสร้างมาตรการเพื่อประเมินแผนงาน

การปฏิบัติตามแผน (Do) การนำแผนงานไปปฏิบัติ ถ้าเป็นไปได้ควรทำเพียงวงแคบก่อน บันทึกการเปลี่ยนแปลงใดที่เกิดขึ้น รวบรวมข้อมูลอย่างมีระบบสำหรับการประเมิน

การตรวจสอบ (Check) ประเมินข้อมูลที่รวบรวมนาได้ จากการปฏิบัติ ตามแผน ตรวจสอบอย่างใกล้ชิดว่าผลที่ได้ตรงกับเป้าหมายที่วางไว้ในช่วงการวางแผนหรือไม่

การดำเนินการ (Action) หากผลที่ได้ประสบความสำเร็จ ก็ควรทำให้กระบวนการใหม่เป็นมาตรฐาน และสื่อสารกระจายข้อมูลให้กับทุกคนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำให้เกิดความคุ้นเคยกับกระบวนการใหม่นี้ หากผลที่ได้ไม่ประสบความสำเร็จ ให้ลองทบทวนแผนงานใหม่

ข) การวิเคราะห์สาเหตุจากแนวความคิดของกระบวนการ

ในการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าของลักษณะข้อบกพร่องสำหรับ FMEA ที่ดีที่สุดคือ การวิเคราะห์จากแนวความคิดในการทำงานของกระบวนการ ซึ่งในกรณีนี้มีความจำเป็นที่ผู้วิเคราะห์จะต้องมีความรู้ด้านเทคโนโลยีเฉพาะด้านที่ค่อนข้างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์พื้นฐาน (Pure Science) และวิธีคิดเชิงตรรกะ (Logical Thinking) โดยการวิเคราะห์จะต้องเริ่มต้นจากการทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้ถึงโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่เป็นปัญหาก่อนเสมอ หรือถ้ากล่าวง่ายๆ ว่ากระบวนการคือ ระบบของสาเหตุแล้ว ก็อาจกล่าวให้กระชับว่าการวิเคราะห์จะต้องเริ่มต้นจากการบ่งชี้ถึงกระบวนการก่อนเสมอ และเมื่อบ่งชี้ถึงกระบวนการที่เป็นปัญหาแล้ว ให้วิเคราะห์โดยคำนึงถึงหลักเกณฑ์ หรือทฤษฎีต่างๆ ที่เป็นแนวความคิดในการทำงานได้ตามหน้าที่ของกระบวนการนั้นๆ หลังจากนั้นให้พิจารณาในรายละเอียดถึงโอกาสหรือหนทางที่จะทำให้กระบวนการดังกล่าวไม่สามารถทำหน้าที่ตามแนวความคิดดังกล่าวได้ ในกระบวนการทำความเข้าใจกับโครงสร้างและส่วนที่เป็นปัญหาสำคัญมาก เพราะถ้าหากสรุปประเด็นดังกล่าวนี้ผิดพลาดไปก็จะทำให้พลาดโอกาสในการค้นหาสาเหตุรากเหง้าของลักษณะข้อบกพร่องของกระบวนการได้

การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าโดยวิธีนี้จะมีข้อดีคือ ใช้ได้ดีกับกระบวนการใหม่รวมถึงการออกแบบกระบวนการ แต่ก็มีข้อเสียเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเคราะห์จากสภาพจริงของกระบวนการ คือผู้วิเคราะห์จะต้องมีความเข้าใจในกลไกการทำงาน ของกระบวนการที่วิเคราะห์ค่อนข้างดีมาก และเมื่อกลไกการทำงานของกระบวนการมีความสลับซับซ้อน ก็อาจจะทำให้มีสาเหตุที่เป็นไปได้ค่อนข้างมาก จึงจำเป็นที่ผู้วิเคราะห์จะต้องมีความคิดเชิงตรรกะค่อนข้างดีก็จะทำให้สรุปสาเหตุรากเหง้าของปัญหาได้

ค) การวิเคราะห์สาเหตุจากสภาวะจริงของกระบวนการ

ในกรณีนี้ผู้วิเคราะห์จะต้องทราบก่อนว่า “สภาวะที่ควรจะเป็น” หรือ “มาตรฐาน” ของกระบวนการอยู่ในลักษณะใด และทำการเปรียบเทียบสภาวะที่เป็นจริงกับสภาวะที่ควรจะเป็นโดยอาศัยหลักการพื้นฐาน 3 จริง ซึ่งประกอบด้วยการไปพื้นที่จริง (Genba) หรือสถานที่เกิดเหตุ แล้วดำเนินการสังเกตปัญหาหรือลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจริง (Genbutsu) ภายใต้สถาณการณ์จริง (Genjitsu) เพื่อกำหนดสภาวะที่ผิดปกติ โดยการพิจารณาสภาวะผิดปกติ ควรดำเนินการผ่านการมองที่อาจแบ่งออกเป็น 4 ระดับคือ

ระดับที่ 1 การมองเห็น คือ การมองเห็นเฉพาะสิ่งที่สนใจ

ระดับที่ 2 การเฝ้ามอง คือ การมองเห็นเฉพาะจุดหนึ่งที่สายตาเฝ้ามองอยู่

ระดับที่ 3 การเพ่งมอง คือ การเพ่งเฉพาะสิ่งของเฉพาะอย่าง ด้วยความพินิจพิจารณา

ระดับที่ 4 การจ้องมอง คือ การมองด้วยวิจารณญาณ และวิเคราะห์จนทราบถึงสาเหตุเบื้องหลัง

ง) การวิเคราะห์สาเหตุความผิดพลาดจากบุคคล

มักพบว่ามีสาเหตุมาจาก “ความผิดพลาดของบุคคล (Human Error)” เสมอ Gryna (2001) ได้สรุปโดยอ้างอิงงานวิจัยของ ดร.จูราน ว่าความผิดพลาดของพนักงานที่เกิดขึ้นนี้จะมีสาเหตุหลักมาจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งใน 4 สาเหตุต่อไปนี้คือ
ความผิดพลาดจากความเผอเรอ (Inadvertent Error) หมายถึงเวลา โดยทั่งไปแล้วความผิดพลาดประเภทนี้จะประกอบด้วยสาเหตุที่มีความแตกต่างกัน 3 ประการคือ ความผิดพลาดที่ไม่ตั้งใจ (Unintentional Error) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยที่ตัวพนักงานก็ไม่ต้องการจะให้เกิดขึ้น ความผิดพลาดที่มาจากความไม่เจตนา (Unwitting Error) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยที่ขณะเกิดนั้น พนักงานไม่มีเจตนาที่จะให้เกิด และความผิดพลาดที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ (Unpredictable Error)หมายถึง ความผิดพลาดทีมีพฤติกรรมเกิดขึ้นอย่างสุ่ม และในกรณีนี้อาจจะสรุปได้ว่า เมื่อตัวอย่างความผิดพลาดของพนักงานเกิดขึ้นอย่างสุ่ม ดังนี้

1) ความผิดพลาดจากเทคนิค (Technique Error) สาเหตุสำคัญมาจากการที่พนักงานขาดเทคนิคทักษะ หรือความรู้ที่จำเป็นบางประการ โดยทั่วไปแล้วความผิดพลาดประเภทนี้จะประกอบด้วยสาเหตุ 4 ประการด้วยกันคือ

a) ความผิดพลาดที่ไม่ตั้งใจ (Unintentional Error) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยที่ตัวพนักงานก็ไม่ต้องการจะให้เกิดขึ้น
b) ความผิดพลาดที่ไม่ระบุได้ (Specific Error) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับลักษณะข้อบกพร่องที่แน่นอนประการหนึ่ง ซึ่งมีสาเหตุมาจากการที่พนักงานขาดความรู้ในเทคนิคที่สำคัญในการทำงานไป
c) ความผิดพลาดที่สม่ำเสมอ (Consistent Error) หมายถึง ความผิดพลาดที่บุคลากรที่ไม่มีความรู้ในเทคนิค ที่จำเป็นบางประการจะทำให้มีข้องบพร่องในการทำงานมากกว่าอย่างสม่ำเสมอเมื่อเปรียบเทียบกับบุคลากรที่มีความรู้ในเทคนิค

d) ความผิดพลาดที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ (Unavoidable Error) หมายถึง ความผิดพลาดประเภทนี้มาจากการที่มีบุคลากรที่ทำงานไม่เข้าใจว่าจะต้องทำงานอะไรจึงทำให้เขาทำความผิดพลาดที่มากกว่าบุคลากรอื่นๆ ที่เข้าใจว่าจะต้องทำอะไรอยู่เสมอ

2) ความผิดพลาดจากความตั้งใจ (Conscious Error) เป็นความผิดพลาดแบบสม่ำเสมอ โดยทั่วไปจะประกอบด้วยสาเหตุ 3 ประการคือ

a) ความผิดพลาดโดยเจตนา (Witting Error) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำผิดพลาดนั้น บุคลากรตะหนักถึงความผิดพลาดดังกล่าวดี

b) ความผิดพลาดแบบตั้งใจ (Intentional Error) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากความจงใจจะกระทำของพนักงาน

c) ความผิดพลาดแบบดื้อรั้น (Persistent Error) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการที่พนักงานไม่พยายามจะเลิกกระทำแม้ทราบว่าผิดพลาด

3) ความผิดพลาดการสื่อความ (Communication Error) โดยทั่วไปอาจจำแนกสาเหตุของความผิดพลาดในการสื่อความได้ 3 ประการคือ

a) ความผิดพลาดเนื่องจากลืมสื่อความ (Communication Omitted Error) โดยความผิดพลาดที่มีสาเหตุจากาการสื่อความที่ไม่เพียงพอของฝ่ายบริหาร

b) ความผิดพลาดเนื่องจากความละเลยต่อการเสื่อมความ (Communication Inhibited Error) โดยความผิดพลาดที่มีสาเหตุจากการการเพิกเฉยของผู้บริหารต่อความพยายามให้พนักงานเสนอข้อคิดเห็น

c) ความผิดพลาดจากความคลาดเคลื่อนจากการสื่อสาร (Transmission Error) โดยความผิดพลาดที่มีสาเหตุจากความเข้าใจผิดของผู้ปฏิบัติงานจากภาษาพูดคุยกัน

จ) การควบคุมกระบวนการ

สำหรับการควบคุมกระบวนการนั้นมีองค์ประกอบของการควบคุม ได้แก่ การเลือกหัวข้อควบคุม (Control Subject) การกำหนดระบบการวัด การกำหนดมาตรฐานของสมรรถนะ การวัดผลสมรรถนะจริง การเปรียบเทียบกับมาตรฐาน และการแก้ปัญหา โดยวิธีการควบคุมกระบวนการอาจจะได้รับการจำแนกออกได้หลายวิธีด้วยกัน ได้แก่

1) วิธีป้องกันความเผลอเรอ (Poka-Yoke)

สามารถกำหนดเป็นหลักการของการป้องกันความเผลอเรอได้ 5 ประการคือ การกำจัด (Eliminate) การแทนที่ (Replacement) การอำนวยความสะดวก (Facilitation) การตรวจจับ (Detection) และการลดความรุนแรง (Mitigation) จากหลักการดังกล่าวสามารถนำมาซึ่งกลไกของอุปกรณ์ของการป้องกันความเผลอเรอได้ 3 ประการคือ การหยุด การบังคับ และการใช้สัญญาณเตือน ทำให้จำแนกระบบของการป้องกันความเผลอเรอได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทหน้าที่ที่บังคับ (Regulatory Functions) โดยขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการใช้งาน ซึ่งแบ่งเป็นวิธีการควบคุม และวิธีการเตือน และประเภทหน้าที่ที่กำหนด (Setting Functions) โดยขึ้นอยู่กับเทคนิคที่ใช้ในระบบการป้องกันความเผลอเรอ ซึ่งแบ่งเป็นวิธีการสัมผัส วิธีกำหนดจำนวนครั้งของการเคลื่อนไหว และวิธีกำหนดขั้นตอนการเคลื่อนไหว

2) วิธีการควบคุมด้วยสายตา (Visual Control)

ซึ่งหลักการสำคัญของการจัดการด้วยสายตา คือการแยกแยะสิ่งผิดปกติออกจากสิ่งปกติ โดยมีวิธีการจัดแสดงของจริง แผนผัง รายการ ระเบียบปฏิบัติงาน และบันทึกการปฏิบัติงาน เพื่อเป็นเครื่องมือเตือนใจให้ได้รับรู้ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการ โดยการตรวจจับด้วยสายตาและสามารถตัดสินใจได้ในเวลาสั้นๆ

3) วิธีการควบคุมด้วยตนเอง (Self-Control)

ระบบการควบคุมด้วยตนเอง คือระบบการควบคุมที่ทำให้มั่นใจว่าพนักงานทุกคนได้ทำงานได้ตามจุดประสงค์ด้านคุณภาพ ซึ่งเกณฑ์สำหรับกำหนดสถานะมี 3 ประการ ได้แก่ ความรู้ที่ทำให้พนักงานทราบว่าทำอะไร ความรู้ทีทำให้พนักงานทราบว่าพนักงานกำลังทำอะไร และความสามารถและความปรารถนาในการปฏิบัติการ กับกระบวนการให้มีความผันแปรต่ำที่สุด

4) การควบคุมกระบวนการโดยอาศัยสถิติ (SPC)

แนวความคิดที่สำคัญคือ การตรวจจักสาเหตุความผันแปรที่ผิดปกติของข้อมูลจากกระบวนการแล้วทำการกำจัดสาเหตุดังกล่าวทิ้ง โดยเครื่องมือที่มีความสำคัญมากต่อการตรวจจับสาเหตุความผันแปรดังกล่าว คือแผนภูมิควบคุม (Control Chart)

5) การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ ได้จำแนกการควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ การตรวจสอบแบบ 100% การตรวจสอบครั้งคราว (Spot-Check) การให้คำรับรอง (Certification) และการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (Acceptance Sampling)

2.1.7 การกำหนดดัชนีชี้วัด

ก) ดัชนีชี้วัดผลสำเร็จ (Key Performance Indicator : KPI)

หากย้อนไปในวิธีการบริหารแบบดั้งเดิม การบริหาร (Management) องค์กรนั้นจะต้องประกอบไปด้วย การวางแผน (Planning), การจัดการ (Organization), การนำองค์กร (Leading) และการควบคุม (Controlling) ซึ่งการควบคุมนี้เองที่มักจะทำให้ผู้บริหารในอดีตทั้งหลายเผชิญหน้ากับปัญหามากมาย ไม่ว่าจะเนื่องจากปัจจัยมนุษย์ (Human Factor) ที่ควบคุมยากยิ่ง ความไม่ชัดเจนของสิ่งที่ควบคุม ความที่ไม่สามารถบอกถึงผลการควบคุมอย่างแน่ชัด เป็นต้น ในขณะที่ปัจจุบัน การควบคุมจะถูกปรับบทบาทไปสู่การสนับสนุน ให้การแนะนำ ปรึกษา เพื่อผลักดันจากภายในให้บุคลากรในองค์กรได้คิดเอง ทำเอง คิดได้ ทำเป็น อย่างเหมาะสม จนบรรลุผลสำเร็จตามบทบาทของพวกเขาเหล่านั้น แต่ไม่ว่าจะเป็นการบริหารแบบเก่า หรือ แบบใหม่ก็ล้วนแต่จะต้องมีกลไก เพื่อให้สามารถติดตามความก้าวหน้า ความสำเร็จ พัฒนาการของกระบวนการ และผลลัพธ์ที่วางแผนไว้ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยในการวัด ประเมิน และพัฒนากระบวนการ และผลลัพธ์ของการดำเนินการทั้งหลายภายในองค์กร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการดำเนินการอันเกี่ยวเนื่องและส่งผลต่อกลยุทธ์ และการบรรลุนโยบายและวิสัยทัศน์ขององค์กร ซึ่งเครื่องมือนั้นก็คือ ดัชนีชี้วัดผลสำเร็จ (Key Performance Indicator : KPI)

ดัชนีชี้วัดผลสำเร็จ (Key Performance Indicator : KPI) (สุพรรณิการ์ ธรรมนิทัศนา, 2550) เป็นตัวชี้วัดผลการดำเนินงาน หรือประสิทธิผลของงานหรือกระบวนการ หรือเป็นดัชนีที่ใช้ประเมินผลว่าผลการดำเนินงานในด้านต่างๆขององค์กรเป็นอย่างไร ซึ่งจะช่วยองค์กรในการกำหนดตัววัดและวิธีการนำหน่วยงานไปสู่เป้าหมายหรือผลสัมฤทธิ์ขององค์กร ด้วยการเปรียบเทียบการปฏิบัติงานกับมาตรฐานหรือเป้าหมายที่ตกลงกันไว้ โดยองค์กรสามารถใช้ผลการวัดดังกล่าวในการประเมินความก้าวหน้าในการบรรลุวิสัยทัศน์ที่องค์กรกำหนดไว้

ดัชนีชี้วัดผลสำเร็จ เป็นมาตรวัดผลการดำเนินงาน ซึ่งสามารถเปรียบเทียบผลผลงานที่เกิดขึ้นจริงในการปฏิบัติงานกับเป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยทั่วไปในขั้นตอนการวางแผนการดำเนินงานของแต่ละองค์กรจะประกอบด้วย

1) การกำหนดวัตถุประสงค์ระดับองค์กร (Corporate Objective)
2) การกำหนดเป้าหมายที่แสดงถึงความสำเร็จในการบรรลุวัตถุประสงค์
3) การกำหนดปัจจัยความสำเร็จหลัก (Key Success Factor) ที่สำคัญต่อการบรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่กำหนดไว้
4) การกำหนดแผนการปฏิบัติงาน เพื่อการบรรลุเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

5) การกำหนดดัชนีวัดผลการดำเนินงานหลัก เพื่อประเมินว่าวัตถุประสงค์นั้นได้ถูกบรรลุหรือไม่

หลังจากกำหนดแผนระดับองค์กรเสร็จแล้ว แผนนี้จะถูกถ่ายทอดตามโครงสร้างขององค์กร โดยการกำหนดวัตถุประสงค์สำหรับหน่วยธุรกิจ หน่วยงาน กระบวนการ คณะทำงาน หรือบุคคลต่างๆ ซึ่งดัชนีชี้วัดผลสำเร็จสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทั้งในการกำหนดวัตถุประสงค์ระดับองค์กร ระดับหน่วยธุรกิจ ระดับกระบวนการ หรือระดับอื่นๆ ลักษณะที่สำคัญของดัชนีชี้วัดความสำเร็จที่มีประสิทธิผลนั้นจะต้องสามารถวัดค่าได้และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และปัจจัยความสำเร็จที่สำคัญ

นอกจากจะแบ่งระดับของดัชนีชี้วัดความสำเร็จตามรูปแบบขององค์กรแล้ว ยังสามารถพิจารณาจากด้านการปฏิบัติการและการเงิน ซึ่งสามารถวัดผลเป็นรายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน รายไตรมาส และรายปี เป็นต้น อย่างไรก็ตามในการทำดัชนีชี้วัดความสำเร็จยังสามารถพิจารณาในระดับภาพรวมจนถึงระดับรายละเอียด ซึ่งอาจมีความแตกต่างกันได้ ดังตัวอย่าง เช่น ดัชนีชี้วัดความสำเร็จในระดับภาพรวม ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและการผลิตต่อหน่วย ดัชนีชี้วัดความสำเร็จในระดับละเอียด ได้แก่ การเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงและต้นทุนประมาณการรายการใดรายการหนึ่ง เป็นต้น

ข) ดัชนีชี้วัดความเสี่ยง (Key Risk Indicator : KRI)

ในการบริหารความเสี่ยงนั้น มีขั้นตอนการดำเนินการ ได้แก่ การระบุความเสี่ยงที่อาจส่งผลกระทบต่อการบรรลุวัตถุประสงค์ หรือเป้าหมายขององค์กรหรือหน่วยงาน จากนั้นทำประเมินระดับของความเสี่ยงที่องค์กรสามารถยอมรับได้ ในการพยายามดำเนินการใดๆเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ และสุดท้ายมีกำหนดแผนการปฏิบัติความเสี่ยง เพื่อให้เกิดความมั่นใจในระดับที่สมเหตุสมผลว่าองค์กรสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้ ภายใต้ระดับความเสี่ยงที่กำหนดไว้

ดังนั้น จึงจำเป็นต้องกำหนดดัชนีชี้วัดความเสี่ยง เพื่อใช้เป็นมาตรวัด หรือจุดเตือนภัยของระดับความเสี่ยง กล่าวโดยสรุปได้ว่า “ดัชนีชี้วัดผลสำเร็จ (KPI)” และ “ดัชนีชี้วัดความเสี่ยง (KRI)” ล้วนเป็น “มาตรวัด” ที่ใช้วัดผลการดำเนินงานและใช้วัดระดับของความเสี่ยงที่อาจจะกระทบต่อผลการดำเนินงานนั่นเอง

ดัชนีชี้วัดความเสี่ยง (Key Risk Indicator: KRI) คือ เครื่องมือวัดกิจกรรมที่อาจทำให้องค์กรมีความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้น เช่น จำนวนการแก้ไขรายการในบริษัทหลักทรัพย์อาจใกล้เคียงกับจำนวนรายการซื้อขายทั้งหมดของบริษัท ในตัวอย่างนี้อาจถือว่ารายได้ของบริษัทเป็นตัวชี้วัดความเสี่ยงหลักได้ เนื่องจากรายได้มากขึ้น จำนวนรายการซื้อขายหลักทรัพย์ก็เพิ่มตาม และความเสี่ยง

ในการเกิดข้อผิดพลาดหรือความสูญเสียก็อาจมากขึ้นด้วย (http://www.set.or.th, ไพร์วอเตอร์เฮาส์, 2549)

ดัชนีชี้วัดความเสี่ยงใช้เป็นมาตรวัด หรือ จุดเตือนภัยของระดับความเสี่ยง ทั้งนี้ควรที่จะกำหนดดัชนีให้สามารถวัดประเด็นต่างๆที่เกี่ยวกับความเสี่ยงได้ ซึ่งดัชนีดังกล่าวควรที่จะมีมาตรวัดดังนี้

1) ดัชนีที่ใช้วัดความเสี่ยงก่อนการควบคุม
2) ดัชนีที่ใช้วัดความมีประสิทธิภาพของการบริหารความเสี่ยง ที่ถูกออกแบบเพื่อจัดการหรือลดความเสี่ยง
3) ดัชนีที่ใช้ประเมินว่าระดับของความเสี่ยงหลังการควบคุมเพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเวลาผ่านไป

คุณลักษณะหลักของดัชนีชี้วัดความเสี่ยงที่สำคัญ ได้แก่ สามารถวัดได้ สามารถนำมาเปรียบเทียบกับระดับของความเสี่ยงที่องค์กรยอมรับได้ และควรจะมีความเกี่ยวข้องกับความเสี่ยงหลัก ที่อาจมีผลกระทบที่รุนแรงต่อหนึ่งวัตถุประสงค์หรือมากกว่า

โดยทั่วไป ดัชนีชี้วัดความเสี่ยง (KRI) จะช่วยระบุว่าความเสี่ยงนั้นๆ ยังสามารถควบคุมได้หรือไม่ หรือได้มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในสถานะของความเสี่ยงนั้นแล้ว ซึ่งดัชนีที่วัดระดับกิจกรรมและเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานในรายละเอียด มักจะเป็น ดัชนีวัดความเสี่ยงที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา (Dynamic KRI)

ในกรณีที่ดัชนีชี้วัดความเสี่ยงระบุว่า ระดับของความเสี่ยงได้สูงเกินกว่าระดับของความเสี่ยงที่ยอมรับได้แล้ว ดัชนีชี้วัดความเสี่ยงนั้นๆ จะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเตือนให้มีการแก้ไขหรือรายงานเหตุการณ์ดังกล่าวให้ผู้บริหารระดับสูง เพื่อติดตามและดำเนินการต่อไป

ดัชนีชี้วัดความเสี่ยง ไม่ได้ใช้เพื่อบ่งชี้ว่าดัชนีวัดผลการดำเนินงานไม่สามารถบรรลุได้ แต่ใช้เพื่อระบุว่าระดับความเสี่ยงนั้นๆสูงเกินกว่าที่ผู้บริหารยอมรับได้

ดัชนีชี้วัดความเสี่ยง (KRI) สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ตามช่วงเวลาที่ดัชนีนั้นๆ ถูกนำมาเป็นมาตรวัด ได้แก่

1) ดัชนีชี้นำความเสี่ยง (Leading KRI) เป็นดัชนีอ้างถึงมาตรวัดก่อนที่ความเสี่ยงจะเกิดขึ้น
2) ดัชนีติดตามความเสี่ยง (Lagging KRI) เป็นดัชนีอ้างถึงมาตรวัดหลังความเสี่ยงได้เกิดขึ้นแล้ว

ดังนั้นการกำหนดดัชนีชี้นำความเสี่ยง (Leading KRI) ทำให้องค์กรสามารถตอบสนองโดยการป้องกันความเสี่ยงไม่ให้เกิดขึ้นหรือลดผลกระทบของความเสี่ยงนั้นได้เร็วขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์กับองค์กรมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการเก็บข้อมูลต่างๆเพื่อใช้ในการจัดทำดัชนีชี้นำสำหรับการระบุและติดตามความเสี่ยงที่สำคัญจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ แต่ในการปฏิบัติจะต้องคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเก็บข้อมูลต่างๆด้วย โดยปกติดัชนีชี้นำสามารถชี้นำได้ในช่วงเวลาที่เกิดขึ้นเป็นรายวัน หรือรายสัปดาห์ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของแต่ละเหตุการณ์ ในบางกรณี ดัชนีรายเดือนและรายไตรมาสอาจถูกพิจารณาเป็นดัชนีชี้นำได้เช่นกัน แต่โดยปกติแล้วดัชนีรายเดือน รายไตรมาสและรายปีนั้น จะเป็นดัชนีติดตามความเสี่ยง (Lagging KRI) หรือดัชนีหลังจากที่เหตุการณ์ได้เกิดขึ้นแล้ว

ดัชนีชี้วัดความเสี่ยง เป็นปัจจัยในการพิจารณาทิศทางของความเสี่ยงว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลง ดัชนีชี้วัดความเสี่ยงที่ดี จะสามารถชี้ให้เห็นการเปลี่ยนแปลงความเสี่ยงได้แม่นยำมากขึ้น และช่วยแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของความเสี่ยงในด้านต่างๆ เช่น ด้านการปฏิบัติงานและการเงิน ซึ่งสามารถนำไปใช้สนับสนุนการวัดความเสี่ยงเชิงปริมาณได้ การกำหนดดัชนีชี้วัดความเสี่ยงทำให้มีสัญญาณเตือนปัญหา เพื่อนำไปสู่การค้นหาสาเหตุและปรับปรุงแก้ไข ทั้งนี้ดัชนีชี้วัดความเสี่ยงจะต้องเอื้อประโยชน์ให้องค์กร สามารถรับรู้และจัดการความเสี่ยงได้ทันต่อเหตุการณ์และสนับสนุนกิจกรรมการควบคุมภายในด้วย

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อรรถพล ฤทธิภักดี (2544) การปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์

ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์ให้เหมาะสม โดยแนวทางการวิจัยใช้แผนภูมิพาเรโต การประยุกต์ใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram) และเครื่องมือทางคุณภาพใหม่ 7 ชนิด บางเครื่องมือ ได้แก่ แผนภาพความสัมพันธ์และแผนภาพต้นไม้ ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและการกำหนดแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาให้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการ นอกจากนี้มีการใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) ในการประเมินเพื่อจัดจัดลำดับความสำคัญของปัญหาและนำเสนอแนวทางดำเนินการแก้ไขที่เหมาะสม ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขสามารถทำให้ เปอร์เซ็นต์ของเสีย

เทียบยอดการผลิตจาก 16.37% ลดลงเหลือ 9.37% (ลดลง 7%) สำหรับปัญหาของเสียที่ลูกค้าส่งคืนมีเปอร์เซ็นต์ของเสียเทียบยอดส่งให้ลูกค้า จาก 1.52% ลดลงเหลือ 1.10% (ลดลง 0.42%) และมีแนวโน้มในการลดลงอย่างต่อเนื่อง สำหรับค่าคะแนนดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) พบว่าลดลง 20.00%-78.57% เทียบจากค่า RPN ของกระบวนการผลิตก่อนการแก้ไข

เขมิกา วันทอง (2546) การลดของเสียในกระบวนการพ่นสีโช้คอัพรถจักรยานยนต์

ทำการศึกษาเพื่อลดของเสียในกระบวนการพ่นสีโช้คอัพรถจักรยานยนต์ โดยแนวทางการวิจัยใช้การวิเคราะห์แขนงข้อบกพร่อง (Fault Tree Analysis, FTA) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) เป็นเครื่องมือคุณภาพหลักในการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยที่เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดของเสีย และทำการวิเคราะห์ประเมินค่าความเสี่ยงชี้นำ จากนั้นดำเนินการหาวิธีปรับปรุงเพื่อลดของเสียจากปัจจัยต่างๆ ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการพบว่า สามารถลดจำนวนของเสียทั้งหมดจากเดิม 21.91% เหลือ 2.83% และ 2.81% ตามลำดับ สามารถลดจำนวนสีเป็นเม็ดจากเดิม 8.23% เหลือ 0.5% และ 0.66% ตามลำดับ สามารถลดจำนวนสีพองจากเดิม 5.83% เหลือ 1.11% และ 0.75% ตามลำดับและสามารถลดสีเป็นรอยจากเดิม 4.48% เหลือ 0.74% และ 1.06% ตามลำดับ

มัณยาภรณ์ ภูริปัญญาคุณ (2547) การปรับปรุงกระบวนการชุบไฟฟ้าเครื่องประดับ

ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงกระบวนการชุบไฟฟ้าเครื่องประดับ โดยแนวทางการวิจัยใช้หลักการวิเคราะห์แขนงข้อบกพร่อง (Fault Tree Analysis, FTA) ในการหาสาเหตุที่เกี่ยวข้องของการเกิดข้อบกพร่องลักษณะต่างๆและทำการวิเคราะห์สาเหตุของแต่ละปัญหาโดยการประยุกต์ใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram) ซึ่งผลจากการศึกษากระบวนการพบว่าปัญหาข้อบกพร่องหลักที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากการขาดมาตรฐานการตรวจสอบในกระบวนการผลิต มีวิธีการในการปฏิบัติงานไม่เหมาะสม ขาดมาตรฐานการควบคุมในการทำงาน และมีสาเหตุมาจากชิ้นงาน น้ำยาชุบและน้ำล้างในกระบวนการ ดังนั้นจึงได้นำเสนอแนวทางการแก้ไขปรับปรุงสำหรับใช้ในโรงงานตัวอย่าง โดยการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานที่เหมาะสม มีการสร้างระบบการควบคุมการปฏิบัติงานและกำหนดให้เป็นมาตรฐาน โดยทำให้มีมาตรฐานวิธีการทำงานต่างๆ ในรูปของเอกสารอย่างชัดเจน ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขสามารถทำให้ปริมาณงานซ่อมของแผนกชุบตัวเรือน ลดลงจากเดิม 0.591% เหลือ 0.184%

กริ่งทิพย์ ศรีธรรม (2548) การวิเคราะห์เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า

ทำการศึกษาเพื่อศึกษาสภาพการผลิตในกระบวนการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า (Adapter) และอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า (Charger) และเพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในและปรับปรุงกระบวนการในการผลิต ซึ่งปัจจุบันมีของเสียในกระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่างเป็นจำนวนมากทั้งประเภทที่สามารถนำกลับมาแก้ไขได้ (Rework) และประเภทที่จะต้องนำไปทำลายทิ้ง (Scrap) โดยแนวทางการวิจัยใช้การทำแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) ในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง และนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขโดยใช้หลักการทางสถิติวิศวกรรม การออกแบบการทดลอง และใช้โปรแกรม Minitab ช่วยในการวิเคราะห์และประมวลผล โดยผลจากการศึกษากระบวนการและเก็บข้อมูลของเสียเพื่อการกำหนดปัญหาที่สำคัญที่สุดพบว่า ข้อบกพร่องที่ต้องดำเนินการแก้ไข คือ ข้อบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่น (Wave soldering) ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขพบว่าสามารถกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่นดีขึ้น และสามารถลดสัดส่วนของเสียจากการดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องของกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่นจากเดิมลดลงจากเดิม 3,432 PPM เหลือ 2,473 PPM โดยสัดส่วนที่ลดลงคิดเป็น เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 27.9% เมื่อเทียบกับปริมาณของเสียก่อนดำเนินการปรับปรุง

สุวิมล จันทร์แก้ว (2549) การลดของเสียในกระบวนการผลิตล้ออลูมิเนียมอัลลอยด์

ทำการศึกษาเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตล้ออลูมิเนียมอัลลอยด์ โดยแนวทางการวิจัยใช้วิธีการระดมสมองในการค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องในทุกกระบวนการผลิต มีการประยุกต์ใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) สำหรับกระบวนการผลิต เพื่อคำนวณหาค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ซึ่งใช้ระบุถึงความเสี่ยงที่จะเกิดปัญหาข้อบกพร่องขึ้น จากนั้นจึงกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงปัญหาข้อบกพร่องสำหรับประยุกต์ใช้กับโรงงานตัวอย่าง ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขพบว่า สามารถลดเปอร์เซ็นต์ของเสียเทียบยอดการผลิตในกระบวนการจากเดิม 9.53% เหลือ 6.15% (ลดลง 3.38%) และสามารถลดปัญหาของเสียที่ลูกค้าร้องเรียนซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของเสียเทียบยอดส่งให้ลูกค้าจากเดิม 0.100%

เหลือ 0.027% (ลดลง 0.073%) สามารถลดมูลค่าของเสียในกระบวนการผลิตโดยเฉลี่ยต่อเดือน จากเดิม 12,150,425 บาท เหลือ 7,253,410 บาท (ลดลง 4,897,015 บาท) และสามารถลดมูลค่าของเสียที่ลูกค้าร้องเรียนโดยเฉลี่ยต่อเดือนจากเดิม 301,795 บาท เหลือ 84,640 บาท (ลดลง 217,155 บาท) โดยค่าคะแนนดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) มีค่าลดลงตั้งแต่ 25.0% - 92.9% เมื่อเปรียบเทียบกับค่า RPN ของกระบวนการผลิตก่อนการดำเนินการแก้ไข

ณัฐพล บัวกล่ำ (2549) การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการผลิตท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์โดยใช้เทคนิค FMEA

ทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและลดของเสียของกระบวนการผลิตท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์ โดยแนวทางการวิจัยใช้การระดมสมอง การประยุกต์ใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram) เพื่อทำการค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบและก่อให้เกิดปัญหาข้อบกพร่อง และการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) สำหรับกระบวนการผลิตเพื่อทำการวิเคราะห์และประเมินค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง ค่าโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง และค่าโอกาสในการตรวจจับข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ทำการคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) และนำเสนอแนวทางการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหาสำหรับโรงงานตัวอย่าง ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขพบว่า สามารถลดเปอร์เซ็นต์ของเสียของกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 2 จากเดิม 12.37% เหลือ 3.08% สามารถลดเปอร์เซ็นต์ของเสียของกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 1 จากเดิม 11.40% เหลือ 2.57% สามารถลดการส่งชิ้นงานไปผลิตนอกโรงงานจากเดิม 2.29% เหลือ 1.86% และสามารถลดการส่งชิ้นงานซุบสังกะสีจากเดิม 2.16% เหลือ 1.96% ตามลำดับ

อรรถรัตน์ บุญเกตุ (2549) การวิเคราะห์เพื่อลดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมเซรามิก

ทำการศึกษาเพื่อลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเซรามิก และเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขและป้องกันข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยแนวทางการวิจัยมีการดำเนินการศึกษากระบวนการและเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นในแผนกตกแต่งและเผาผลิตภัณฑ์ ทำการระดมสมองเพื่อค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์โดยการประยุกต์ใช้แผนผังก้างปลา (Fish bone diagram)

แผนภูมิพาเรโต และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) โดยมีทีมงานผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องทำการประเมินค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง ค่าโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง และค่าโอกาสในการตรวจจับข้อบกพร่อง ทำการคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) และนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขสำหรับค่า RPN สูงสุดตั้งแต่ 100 คะแนนขึ้นไป นอกจากนี้ได้ทำการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิตในขั้นตอนของกระบวนการตกแต่งและการเผาผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในผลิต รวมทั้งการดำเนินการจัดการฝึกอบรมและทำมาตรฐานการปฏิบัติงานสำหรับพนักงาน ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขพบว่าสามารถลดสัดส่วนร้อยละของเสียของกระบวนการผลิตรวมจากเดิม 16.80% เหลือ 7.78% สามารถลดสัดส่วนร้อยละของเสียของกระบวนการตกแต่งจากเดิม 9.63% เหลือ 4.44% และสามารถลดสัดส่วนร้อยละของเสียของกระบวนการเผาจากเดิม 6.23% เหลือ 2.98% ตามลำดับ

สุพรรณิการ์ ธรรมนิทัศนา (2550) การพัฒนามาตรฐานการบริหารความเสี่ยง สำหรับอุตสาหกรรมการผลิต

ทำการศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้มาตรฐานการบริหารความเสี่ยงกับองค์กรอุตสาหกรรมการผลิต กรณีศึกษาอุตสาหกรรมแปรรูปกระดาษ ให้องค์กรบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยแนวทางการวิจัยมีการประยุกต์ใช้แนวทางการบริหารความเสี่ยง, การกำหนดดัชนีชี้วัดความเสี่ยง (Key Risk Indicator, KRI), การวิเคราะห์แขนงข้อบกพร่อง (Fault Tree Analysis, FTA) และหลักการ PDCA ในการดำเนินการพัฒนารูปแบบการบริหารความเสี่ยงสำหรับองค์กรอุตสาหกรรมการผลิต ซึ่งอ้างอิงมาจาก 7 ขั้นตอนของกระบวนการบริหารความเสี่ยงตามมาตรฐานการบริหารความเสี่ยงของออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ (AS/NZS 4360) โดยได้นำรูปแบบนี้ไปทดสอบกับอุตสาหกรรมการแปรรูปกระดาษ ซึ่งผลจากการทดสอบรูปแบบการบริหารความเสี่ยงพบว่าอุตสาหกรรมนี้มีความเสี่ยงทั้งหมด 11 ความเสี่ยง โดยนำความเสี่ยงดังกล่าวมาวิเคราะห์และประเมินจัดเป็นความเสี่ยงระดับรุนแรง 1 ความเสี่ยง ระดับสูง 5 ความเสี่ยง ระดับปานกลาง 3 ความเสี่ยง และระดับต่ำ 2 ความเสี่ยง ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขจากการสร้างแผนจัดการความเสี่ยงพบว่าสามารถลดระดับของความเสี่ยงมาอยู่ในระดับปานกลาง 4 ความเสี่ยงและระดับต่ำ 7 ความเสี่ยง โดยผลการศึกษาวิจัยดังกล่าวทำให้ทราบว่ารูปแบบการบริหารความเสี่ยงที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้จริงสำหรับอุตสาหกรรมการผลิต

หทัยรัตน์ สงวนไทร (2550) การปรับปรุงและเฝ้าติดตามคุณภาพในกระบวนการก่อสร้างบ้านโดยประยุกต์ใช้หลักการ QFD และ FMEA

ทำการศึกษาเพื่อการปรับปรุงการก่อสร้างบ้านของบริษัทตัวอย่างซึ่งมีปัญหาในการส่งมอบบ้านให้ลูกค้าล่าช้าเนื่องจากมีการแก้ไขงานบ่อยครั้งจนเกินเวลาก่อสร้างที่กำหนด โดยแนวทางการวิจัยได้ประยุกต์ใช้หลักการของเทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment, QFD) ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของงานที่ต้องการกับขั้นตอนการทำงาน เพื่อนำไปสู่การตั้งเป้าหมายการดำเนินการพัฒนาปรับปรุงได้ถูกต้องเหมาะสม และการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) ซึ่งผลจากการศึกษากระบวนการและเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นพบว่า ของเสียส่วนใหญ่เกิดจากงาน 6 งาน ได้แก่ งานกระเบื้อง งานสี งานหลังคา งานบันได งานปาร์เก้ และงานห้องน้ำ ตามลำดับ โดยในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ QFD ในส่วนการวางแผนการผลิตเท่านั้น ผลลัพธ์ที่ได้คือ ขั้นตอนการทำงานที่มีความสัมพันธ์และมีความสำคัญกับคุณภาพที่ต้องการเมื่องานเสร็จ รวมถึงคุณภาพของงานเมื่อเปรียบเทียบกับคู่แข่ง จากนั้นนำงานดังกล่าวมาทำการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นโดยวิธีการระดมสมองและทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) สำหรับกระบวนการผลิต โดยระบุให้ทำการแก้ไขลักษณะข้อบกพร่องที่มีดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) สูงสุด 3 ขั้นตอนแรกในแต่ละงาน ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขพบว่าสามารถลดค่าจำนวนบกพร่องต่อหน่วย (Defect per Unit: DPU) จากเดิม 216.18 DPU เหลือ 85.33 DPU (ลดลง 60.53 %) นอกจากนี้ได้มีการจัดทำมาตรฐานการควบคุมการทำงานของขั้นตอนที่ได้ทำการปรับปรุง เพื่อเป็นการติดตามคุณภาพอย่างต่อเนื่อง

อุรคินทร์ พลนิกร (2550) การลดของเสียจากกระบวนการรีดขึ้นรูปเย็นในอุตสาหกรรมท่อสเตนเลส เกรด 304

ทำการศึกษาเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณของเสียจากกระบวนการรีดขึ้นรูปเย็นท่อสเตนเลสและลดของเสียจากกระบวนการรีดขึ้นรูปเย็นในอุตสาหกรรมท่อสเตนเลส เกรด 304L โดยแนวทางการวิจัยใช้แบบอย่างของ ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) ที่มีการแบ่งการดำเนินการเป็น 5 ขั้นตอน และการใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design and analysis of experiment, DOE) มาใช้ในการวิเคราะห์และลดของเสียของโรงงานตัวอย่าง ซึ่งผลจากการศึกษากระบวนการผลิตและเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย พบว่าของเสียส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการเชื่อมหลังจากที่ท่อ

เหล็กผ่านการรีดขึ้นรูปด้วยลูกรีดมาแล้ว ซึ่งของเสียส่วนมากที่เกิดจากกระบวนการนี้ ได้แก่ การเชื่อมแล้วท่อเกิดการทะลุ หรือรอยเชื่อมทะลุเป็นแนวยาว ทำให้ไม่ผ่านมาตรฐานที่กำหนดและไม่สามารถแก้ไขใหม่ได้ นอกจากนี้ยังของเสียที่เกิดจากกระบวนการรีดขึ้นรูปเย็น คือเกิดรอยนูนบริเวณรอยต่อชนและท่อไม่กลมไม่ตรงตามมาตรฐาน จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยการระดมสมองและแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram) รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) เข้ามาช่วยในการกรองปัจจัยเบื้องต้นเพื่อค้นหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการ หลังจากนั้นจึงใช้การออกแบบการทดลองเข้ามาวิเคราะห์ผลของปัจจัยที่ส่งผลต่อรอยเชื่อมทะลุ ในส่วนของทางด้านการรีดขึ้นรูปที่เกิดปัญหาท่อที่ผ่านการรีดไม่กลม เกิดรอยนูนบริเวณรอยต่อ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ปัญหาพบว่า ข้อบกพร่องเกิดจากการเตรียมรอยต่อของการเชื่อมไม่ต่อชนกันสนิทพอดี ซึ่งเกิดจากตั้งระยะการรีดที่ไม่ถูกต้อง และรอยเชื่อมทะลุเกิดจากการปรับตั้งปัจจัยที่ใช้ในการเชื่อมไม่เหมาะสม จึงได้ทำการทดลองหาระดับการปรับตั้งใหม่ ได้แก่ การปรับกระแสที่ใช้ในการเชื่อม 80 แอมป์แปร์ การปรับระยะเวลาในการเชื่อม170 วินาทีต่อเส้น (6 เมตร) และการปรับระยะในการอาร์ค 1 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขพบว่า สามารถลดของเสียทั้งหมดจากกระบวนการเดิมประมาณ 8.2% เหลือ 1.6% และพบว่าผลของการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการสามารถลดต้นทุนลงได้ 108.75 ล้านบาท

นันทเดช ยุทธารักษ์ (2551) การลดของเสียในกระบวนการประกอบตู้เย็นขั้นสุดท้าย

ทำการศึกษาเพื่อลดของเสียในกระบวนการประกอบครั้งสุดท้ายของการผลิตตู้เย็นระบบ No frost ตั้งแต่ 2 ประตูขึ้นไป โดยแนวทางการวิจัยมีการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) และแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram) เพื่อค้นหาสาเหตุที่สำคัญในการเกิดข้อบกพร่อง ซึ่งจากการศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการประกอบครั้งสุดท้ายของการผลิตตู้เย็นระบบ No frost ตั้งแต่ 2 ประตูขึ้นไป พบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดของเสีย เกิดจากกระบวนการประกอบชิ้นส่วน กระบวนการประกอบประตู และกระบวนการปรับแต่งประตู ตามลำดับ ดังนั้นจึงกำหนดให้ทีมงานผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องทำการวิเคราะห์และประเมินค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง ค่าโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง และค่าโอกาสการตรวจพบข้อบกพร่อง เพื่อคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) และระบุแนวทางการแก้ไขสำหรับข้อบกพร่องที่มีค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำเกิน 100 คะแนนขึ้นไป ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขพบว่า สามารถลดของเสียที่กระบวนการประกอบ

ชิ้นส่วนจากเดิม 8.21% เหลือ 4.65% สามารถลดของเสียที่กระบวนการประกอบประตู จากเดิม 2.11% เหลือ 1.43% และสามารถลดของเสียที่กระบวนการปรับแต่งประตูจากเดิม 10.17% เหลือ 6.14% ตามลำดับ

อรวรรณ พิทักษ์เกียรติกุล (2551) การปรับปรุงกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสงในโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสงในการป้องกันการเกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ โดยแนวทางการวิจัยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน 5 ขั้นตอน ได้แก่ การนิยามปัญหา (Define Phase), การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase), การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase), การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase) และการควบคุมกระบวนการทดสอบ (Control Phase) ซึ่งจากการศึกษากระบวนการพบว่ามีปัญหาคือผลิตภาพการผลิตจากกระบวนการทดสอบ 3 models หลักมีค่าต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 88.9% คิดเป็นมูลค่าของของเสียเฉลี่ย 14,000 เหรียญสหรัฐต่อเดือน จึงได้ทำการเลือกผลิตภัณฑ์ 1 ใน 3 models หลัก นำมาทำการศึกษา และมีการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) และแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram) มาใช้ในการคัดเลือกตัวแปรที่จะนำมาทำการศึกษาวิจัย ซึ่งผลจากการวิเคราะห์กระบวนการพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการทดสอบล้มเหลว คือการเกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์มีสาเหตุหลักจากวิธีการทำความสะอาดสายไฟเบอร์และฝุ่นจากที่พักสายไฟเบอร์ (LC holder) ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขการทดสอบพบว่า สามารถเพิ่มผลิตภาพการผลิตจากกระบวนการทดสอบของผลิตภัณฑ์ที่เลือกนำมาศึกษาจาก 84.49% เป็น 92.82% คิดเป็นมูลค่าของของเสียที่ลดลงจากเดิมเฉลี่ย 676.04 เหรียญสหรัฐต่อ 100 ชิ้น เหลือประมาณ 312.96 เหรียญสหรัฐต่อ 100 ชิ้น หรือสามารถลดมูลค่าของของเสียลงได้ 53.71%

หทัยวงศ์ งามวุฒิวงศ์ (2552) การปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ชุดห้องครัวแบบถอด-ประกอบ

ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อลดลักษณะข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ โดยแนวทางการวิจัยมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment, QFD) เฟส 1 และ 2 ได้แก่

Product Planning และ Part Development ในการวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้าแล้วกระจายความต้องการไปสู่การออกแบบและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ จากนั้นมีการใช้แผนผังก้างปลา (Fish bone diagram) ในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง และใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) ในการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงและแนวทางปรับปรุงแก้ไขสำหรับกระบวนติดตั้ง ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขพบว่าผลิตภัณฑ์หลังจากการปรับปรุงด้วยเทคนิค QFD สามารถสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าได้มากกว่าผลิตภัณฑ์รูปแบบเดิมร้อยละ 36.18, มากกว่าผลิตภัณฑ์บริษัท A ร้อยละ 10.32 และมากกว่าผลิตภัณฑ์บริษัท B ร้อยละ 13.32 รวมทั้งมีคุณภาพตามเป้าหมายที่กำหนด ซึ่งดีกว่ารูปแบบผลิตภัณฑ์ก่อนการปรับปรุงและมีคุณภาพไม่ด้อยไปกว่าบริษัทคู่แข่ง A และ B นอกจากนี้การปรับปรุงกระบวนการติดตั้งโดยเพิ่มขีดความสามารถในการตรวจจับของเสียและโอกาสหรือความถี่ในการเกิดลักษณะข้อบกพร่องทำให้สามารถทำให้ลักษณะข้อบกพร่องหลังการปรับปรุงกระบวนการติดตั้งทั้งหมดลดลงร้อยละ 39.1 เทียบกับลักษณะข้อบกพร่องก่อนการปรับปรุง และเมื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ตามแนวทางการศึกษาวิจัยแล้วพบว่าจำนวนการร้องเรียนของลูกค้าลดลงจากเดิมร้อยละ 34.12 เหลือ 11.59

จินต์จิรา อเนกบุณย์ (2552) การลดและควบคุมความสูญเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนพลาสติก โดยใช้กรอบแนวทางการบริหารความเสี่ยง กรณีศึกษา: โรงงานผลิตชิ้นส่วน ยานยนต์

ทำการศึกษาเพื่อลดและควบคุมความสูญเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนพลาสติก ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยแนวทางการวิจัยมีการระบุความเสี่ยงที่เป็นอุปสรรคทำให้ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ทำการประเมินความเสี่ยงผ่านแบบสอบถามเพื่อเรียงลำดับตามความจำเป็นในการการจัดการ จากนั้นดำเนินการสร้างแผนจัดการความเสี่ยง โดยทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของความเสี่ยงจากการประยุกต์ใช้หลักการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis, FTA) และค้นหารากของความเสี่ยง/ปัจจัยเสี่ยง โดยใช้แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างความเสี่ยง (Risk Map) เพื่อทำให้มีการวางแผนจัดการความเสี่ยงที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยหลังการวิเคราะห์หาสาเหตุของความเสี่ยงได้ดำเนินการประยุกต์ใช้แผนจัดการความเสี่ยงที่มีทั้งสิ้น 4 แผน ซึ่งผลที่ได้จากการนำแผนจัดการความเสี่ยงไปปฏิบัติ พบว่า สามารถช่วยลดระดับความเสี่ยงที่ทำให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ สามารถลดของเสียในการผลิตแผงประตูหลังด้านขวาและซ้ายจากเดิม 2.76% เหลือ 1.78%

วีรวิชญ์ อัครจิรไพศาล (2552) การลดข้อบกพร่องของสภาพรถภายนอกสำหรับระบบการขนส่งรถยนต์

ทำการศึกษาเพื่อลดปริมาณข้อบกพร่องของสภาพรถภายนอกสำหรับระบบการขนส่งรถยนต์ โดยแนวทางการวิจัยมีประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) โดยการศึกษาวิจัยเริ่มจากการดำเนินการศึกษาตำแหน่งหลักที่พบข้อบกพร่องหลักโดยใช้แผนภูมิพาเรโตและทำการคัดเลือกชนิดข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไข ซึ่งพิจารณาจากความถี่ในการเกิดข้อบกพร่องร่วมกับการให้น้ำหนักข้อบกพร่องแต่ละชนิด โดยใช้ค่าซ่อมแซมเฉลี่ยเพื่อคัดเลือกปัญหาจากค่าความเสียหายที่เกิดขึ้น นอกจากนี้มีการวิเคราะห์หาสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดปัญหาข้อบกพร่องจากการประยุกต์ใช้แผนผังก้างปลา (Fish bone diagram) และประเมินและจัดลำดับความสำคัญของข้อบกพร่อง โดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA ซึ่งประเมินจากค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง ค่าโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องและค่าโอกาสการตรวจพบข้อบกพร่องแล้วนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) เพื่อใช้คัดเลือกข้อบกพร่องที่มีความสำคัญมาดำเนินการแก้ไข ซึ่งพิจารณาความเสี่ยงที่มีค่า RPN สะสม 80% ขึ้นไปมาดำเนินการแก้ไขปรับปรุง ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขพบว่า สามารถลดค่าเฉลี่ยการเกิดข้อบกพร่องต่อเดือนจากเดิม 834 PPM เหลือ 367 PPM สามารถลดมูลค่าความเสียหายในการซ่อมแซมรถยนต์จากเดิม 492,495 บาทต่อเดือน เหลือ 64,857 บาทต่อเดือน และค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำหลังการแก้ไขปรับปรุงลดลงตั้งแต่ 33.3%-92.8% เมื่อเทียบกับค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำก่อนปรับปรุง

เทพประสิทธิ์ ไพฑูรย์วิสุทธิญาณ (2552) การลดของเสียกระบวนการผลิตผ้าหลังคารถยนต์โดยเทคนิคการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต

ทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในการผลิตผ้าหลังคาไม่ได้ตามมาตรฐานและหาแนวทางปรับปรุงเพื่อลดจำนวนของเสียซึ่งมีผลกระทบทำให้โรงงานตัวอย่างสูญเสียรายได้จากการผลิตผ้าหลังคาที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้าเป็นจำนวนหลายสิบล้านบาท โดยแนวทางการวิจัยเริ่มจากการศึกษาและเก็บข้อมูลจำนวนของเสียทั้งหมดจำแนกตามชนิดของข้อบกพร่อง จากนั้นทำการจัดลำดับความสำคัญโดยประยุกต์ใช้แผนภูมิพาเรโตเพื่อคัดเลือกข้อบกพร่องมาทำการแก้ไข ซึ่งผลการวิเคราะห์และจัดลำดับความสำคัญพบว่าข้อบกพร่องที่ต้องนำมาแก้ไขมีจำนวน 9 ชนิด ได้แก่ ข้อบกพร่องประเภทกาวทะลุ แหว่ง สกปรก ขนาดไม่ได้ตาม C/F

หลุดล่อน ปูดนูน เป็นจีบและหัก จากนั้นทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของข้อบกพร่องดังกล่าวโดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) สำหรับกระบวนการผลิต โดยพิจารณากำหนดแนวทางการแก้ไขและปรับปรุงสำหรับข้อบกพร่องที่มีค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) มากกว่า 100 คะแนน ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขพบว่าสามารถลดสัดส่วนของเสียในการผลิตผ้าหลังคาจากเดิม 33,912 PPM เหลือ 14,877 PPM ซึ่งมีจำนวนสัดส่วนของเสียเฉพาะข้อบกพร่องทั้ง 9 ลักษณะลดลงประมาณ 59.51% และสามารถลดมูลค่าความสูญเสียได้ประมาณ 57.11% ตามลำดับ

Ching-Chow Yang, Wen-Tsaan Lin, Ming-Yi Lin and Jui-Tang Huang (2549) A study on applying FMEA to improving ERP introduction: An example of semiconductor related industries in Taiwan.

ทำการศึกษาเพื่อประเมินความเหมาะสมในการแนะนำแนวทางการวางแผนทรัพยากรองค์กร (Enterprise Resource Planning, ERP) มาใช้สำหรับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในไต้หวัน เนื่องจากปัจจุบันมีการแข่งขันในตลาดสูง ดังนั้นอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในไต้หวันจึงต้องพยายามเพิ่มอัตราการใช้งานของเครื่องจักร และเพิ่มความเร็วในการไหลของกระบวนการทำงาน รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมสำหรับสินค้าที่มีวงจรชีวิตสั้นและเป็นไปตามความต้องการของตลาด ดังนั้นแนวทางการวางแผนทรัพยากรองค์กรจึงได้กลายเป็นปัจจัยสำคัญของการส่งเสริมการแข่งขันในตลาด โดยการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีการดำเนินการประเมินผลการดำเนินการวางแผนทรัพยากรองค์กรอย่างเป็นระบบและกำหนดแนวทางการปรับปรุงแก้ไขเพื่อประยุกต์ใช้การวางแผนทรัพยากรองค์กรในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ จากการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ (FMEA) ในการระบุระดับความสามารถของการวางแผนทรัพยากรองค์กรรวมถึงประสิทธิภาพในการนำการวางแผนทรัพยากรองค์กรแต่ละขั้นตอนไปใช้ และประเมินค่าความรุนแรง ค่าโอกาสในการเกิดปัญหาและค่าโอกาสการตรวจ เพื่อนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) สำหรับขั้นตอนการดำเนินการวางแผนทรัพยากรองค์กรแต่ละขั้นตอน จากนั้นมีการประยุกต์ใช้การกระจายหน้าที่ (Quality Function Deployment: QFD) ในการกำหนดขั้นตอนการดำเนินการที่สำคัญของการวางแผนทรัพยากรองค์กร เพิ่มเติมนอกเหนือไปจากการประเมินจุดแข็งและจุดอ่อนของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์จากการอ้างอิงข้อมูลของอุตสาหกรรมอื่นที่ใกล้เคียงในไต้หวัน พร้อม

กับการระบุวัตถุประสงค์ของการวางแผนทรัพยากรองค์กรที่ชัดเจนและเหมาะสม ซึ่งส่งผลให้การกำหนดแนวทางการปรับปรุงและติดตามผลที่เหมาะสมในการดำเนินการการวางแผนทรัพยากรองค์กร และนำไปสู่การปรับปรุงและการประเมินผลอย่างเป็นระบบของการเริ่มต้นการวางแผนทรัพยากรองค์กรที่ดำเนินการ

Frank Rath, M.S.I.E. (2551) Tool for developing a quality management program: Proactive tools (Process mapping, Value stream mapping, Fault tree analysis, and Failure mode and effects analysis)

ทำการศึกษาเพื่อศึกษาแนวคิดของการจัดการคุณภาพ (QM) และการประกันคุณภาพ (QA) รวมทั้งสถานะในปัจจุบันของ QM และ QA ในการรักษาด้วยการฉายรังสี โดยกานำเสนอแนวทางที่เป็นระบบจากการผสมผสานเครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหการซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในองค์กรการดูแลสุขภาพเชิงรุกเพื่อปรับปรุงรายได้จากการดำเนินการ ลดความเสี่ยง ยกระดับความปลอดภัยของผู้ป่วย และลดค่าใช้จ่าย โดยชุดเครื่องมือนี้ประกอบด้วย Process mapping และการไหลของกระบวนการ, การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ (FMEA), ผังสายธารคุณค่า (Value stream mapping) และการวิเคราะห์แขนงข้อบกพร่อง (FTA) ซึ่งองค์กรดูแลสุขภาพโดยส่วนมากไม่ได้มีประสบการณ์ในการใช้เครื่องมือเหล่านี้จึงไม่เข้าใจว่าควรใช้อย่างไรและนำมาใช้เมื่อไร เป็นผลให้มีความเข้าใจผิด ๆ เกี่ยวกับวิธีการใช้เครื่องมือเหล่านี้ และนำไปสู่การใช้ที่ไม่ถูกต้อง โดยได้ทำการอธิบายถึงเครื่องมือทางวิศวกรรมที่ใช้ในอุตสาหกรรมเหล่านี้และวิธีการใช้ที่ถูกต้อง ข้อควรปฏิบัติและควรระวัง และตรงกับวัตถุประสงค์ในการนำไปประยุกต์ใช้งาน นอกจากนี้ยังได้มีการบรรยายถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของเครื่องมือแต่ละประเภท รวมถึงการยกตัวอย่างประกอบการประยุกต์ใช้เครื่องมือเหล่านี้ในการดูแลสุขภาพ

Aymen Mili, Samuel Bassetto, Ali Siadat and Michel Tollenaere (2551) Dynamic risk management unveil productivity improvements

ทำการศึกษาเพื่อเสนอวิธีการใช้ FMECA เป็นเครื่องมือในการดำเนินงานเพื่อเพิ่มผลผลิต โดยแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่เครื่องมือนี้สามารถใช้ได้ในสภาพแวดล้อมแบบไดนามิกและมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องโดยกิจกรรมการดำเนินงาน โดยได้นำเสนอวิธีการบำรุงรักษาตามความเสี่ยง (Risk Based Maintenance, RBM) ที่อาศัยการวิเคราะห์ความเสี่ยงรวมถึงประวัติ

ความล้มเหลวของอุปกรณ์ ที่มีการให้ข้อมูลที่ทันสมัยในการดำเนินการในทุกๆวัน ซึ่งวิธีการนี้จะให้ข้อมูลที่ทันสมัยเกี่ยวกับความเสี่ยงของอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ โดยจะเน้นการปรับปรุงการบวนการและการผลิต และเสนอรูปแบบของวิธีการบำรุงรักษาตามความเสี่ยงสำหรับกรณีศึกษาในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ มีการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างการบำรุงรักษาและฐานข้อมูลความเสี่ยง เพื่อค้นหาพื้นที่ความเสี่ยงที่มีอยู่จริงในการผลิต โดยผลของการประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าว สามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจสำหรับผู้จัดการฝ่ายบำรุงรักษาและวิศวกรในการจัดการแผนการดำเนินงานประจำวัน ซึ่งมีการประเมินผ่านทางวิธี FMECA ที่ครอบคลุมทั้งในเรื่องของรอบเวลาการดำเนินการ (Cycle Time), ต้นทุนและผลผลิต และส่งผลให้มีความสามารถทางการผลิตที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดตามมา

Roger G. Schroeder, Kevin Linderman, Charles Liedtke and Adrian S. Choo (2551) Six Sigma: Definition and underlying theory

ทำการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจในกรอบความคิดคำจำกัดความของซิกส์ ซิกมา (Six Sigma) และระบุทฤษฎีที่มีความสำคัญ โดยใช้แนวคิดของทฤษฎีพื้นฐานและการศึกษาวรรณกรรมเพื่อนำเสนอคำจำกัดความและทฤษฎีของซิกส์ ซิกมา ซึ่งแม้ว่าเครื่องมือและเทคนิคที่ใช้ของซิกส์ ซิกมา จะมีความคล้ายคลึงกับเครื่องมือในการบริหารจัดการทางคุณภาพอื่นๆแต่แนวทางในการระบุโครงสร้างขององค์กรเป็นแนวทางใหม่ที่เพิ่มเข้ามา โดยในการศึกษาได้เลือกบริษัทสองประเภทที่มีการดำเนินการใช้ซิกส์ ซิกมา ซึ่งแบ่งเป็นบริษัทที่ดำเนินการทางการผลิตชิ้นส่วนอิเลคโทรนิกส์ในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ และบริษัททางงานบริการด้านการดูแลคอมพิวเตอร์ซอฟแวร์แก่ลูกค้า และเลือกโครงงาน 4 หัวข้อจากแต่ละบริษัท ที่มีผลลัพธ์การดำเนินการที่ประสบผลสำเร็จดีเยี่ยม 2 เรื่อง และให้ผลลัพธ์ที่ประสบผลสำเร็จน้อยอีก 2 เรื่อง เพื่อทำการศึกษาให้เข้าใจแนวทางของซิกส์ ซิกมา โดยผลของการศึกษาวิจัยสามารถนำเสนอคำจำกัดความของซิกส์ ซิกมา จากการศึกษาวรรณกรรมและการศึกษาวิจัยภาคสนาม นำเสนอแนวคิดทฤษฎีที่สำคัญของซิกส์ ซิกมาซึ่งประกอบไปด้วยโครงสร้างองค์กรที่มีทักษะหลายด้าน (Ambidextrous organizations), องค์กรคู่ขนาน (Parallel-meso organization), การควบคุมโครงสร้างองค์กรและการสำรวจโครงสร้างองค์กร มีการระบุข้อเสนอและขอบข่ายการศึกษาสำหรับการศึกษาวิจัยภายใต้การทดลองในอนาคต นอกจากนี้ยังมีการระบุข้อแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างซิกส์ ซิกมา และแนวคิด TQM รวมทั้งเครื่องมือในการบริหารจัดการทางคุณภาพอื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

Chao-Ton Su and Chia-Jen Chou (2551) A systematic methodology for the creation of Six Sigma projects: A case study of semiconductor foundry.

ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาแนวทางใหม่ในการสร้างโครงการทาง Six Sigma และระบุความสำคัญของโครงการเหล่านี้ โดยขั้นตอนแรก โครงการจะถูกสร้างขึ้นใน 2 ลักษณะ คือจากนโยบายกลยุทธ์ทางธุรกิจขององค์กรและเสียงของลูกค้า ขั้นตอนที่สอง ใช้รูปแบบกระบวนการวิเคราะห์แบบลำดับชั้น (AHP) ในการประเมินผลประโยชน์ของแต่ละโครงการ และใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ (FMEA) ในการประเมินความเสี่ยงของแต่ละโครงการและจัดลำดับความสำคัญของโครงการทาง Six Sigma ขั้นตอนสุดท้าย จากผลประโยชน์และความเสี่ยงโครงการ ทำให้สามารถกำหนดเป็น Green Belt, Black Belt, หรือโครงการประเภทอื่น ๆได้ และในการประเมินผลการศึกษาวิจัย อุตสาหกรรมเซมิคอนดัคเตอร์ถูกเลือกมาเป็นกรณีศึกษาเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแนวทางที่ได้นำเสนอไป ผลของการศึกษาครั้งนี้ ก่อให้เกิดประโยชน์ 2 ด้าน ได้แก่ กระบวนการที่สมบูรณ์ตั้งแต่การสร้างโครงการจนถึงการทำ Process mapping นั้นมีส่วนช่วยผู้บริหารในการประเมินความสำคัญของโครงการ ประโยชน์ที่ 2 คือเป็นแนวทางที่นำเสนอโดยปราศจากการอนุมานทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้โดยง่าย อย่างไรก็ตาม แนวทางนี้เพิ่งถูกนำไปประยุกต์ใช้เพียงในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์เท่านั้น จึงควรมีการทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป นอกจากนี้ ควรมีการขยายผลนำแนวทางนี้ไปเป็นแบบแผนในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับงานอุตสาหกรรมทั่วไปในอนาคตได้

J.F. van Leeuwen, M.J. Nauta, D. de Kaste, Y.M.C.F. Odekerken-Rombouts, M.T. Oldenhof, M.J. Vredenbregt and D.M. Barends (2552) Risk analysis by FMEA as an element of analytical validation

ทำการศึกษากระบวนการในการทดสอบยาทางการแพทย์ โดยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ (FMEA) เพื่อทำการประเมินความเสี่ยงทางเทคนิคและความเสี่ยงในการเกิดผลกระทบต่อความผิดปกติทางร่างกายมนุษย์ ซึ่งดำเนินการศึกษากระบวนการทำงาน และระบุข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ในแต่ละขั้นตอนการทำงานโดยทีมงานผู้เชี่ยวชาญ มีการประเมินคะแนนค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง (S) ค่าโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง (O) และค่าโอกาสการตรวจพบข้อบกพร่อง (D) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1-10 คะแนน และนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) จากค่า RPN = SXOXD เพื่อใช้คัดเลือกข้อบกพร่องที่มีความสำคัญมาดำเนินการแก้ไข โดยการศึกษาวิจัยได้เลือกข้อบกพร่องที่มีคะแนน RPN สูงสุด 6

หัวข้อ มากำหนดแนวทางการแก้ไข ได้แก่ ปัญหาการปนกันของสารตัวอย่าง การควบคุมโดยผู้เชี่ยวชาญไม่เหมาะสมเพียงพอ ขาดประสบการณ์ทางเคมีบำบัด เอกสารไม่ได้มาตรฐาน การใช้พารามิเตอร์ในการวัดผิดพลาด และการใช้พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างผิดพลาดตามลำดับ โดยหลังจากดำเนินการแก้ไขแล้วได้ทำการประเมินค่า RPN ใหม่หลังการปรับปรุงเพื่อประเมินผลการปรับปรุงแก้ไข โดยพิจารณาจากค่าดัชนีการปรับปรุง (Improvement Index) ที่คิดจากค่า RPN ก่อนการปรับปรุง/ค่า RPN หลังการปรับปรุง ซึ่งผลจากการแก้ไขปรับปรุงพบว่า แต่ข้อบกพร่องสำคัญที่มีการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแล้ว มีค่าดัชนีการปรับปรุงตั้งแต่ 2-5 แสดงให้เห็นว่าค่า RPN หลังการปรับปรุงมีค่าลดลงอย่างน้อย 2 เท่าจากเดิม

Amir Saeed Nooramin, Vahid Reza Ahouei and Jafar Sayareh (2552) A Six Sigma framework for marine container terminals.

ทำการศึกษาเพื่อช่วยลดความแออัดของรถบรรทุกสินค้าให้แก่พนักงานที่ตู้บรรทุกสินค้าของการเดินเรือทางทะเล ได้แก่ ลดของเสียที่เกิดจากการบรรทุกสินค้าไปยังทั่วโลกและเพิ่มความสะดวกสบายที่ประตูทางผ่านเข้าออกสินค้าเพื่อลดรอบหมุนเวียนของรถบรรทุกสินค้า โดยการประยุกต์ใช้แนวทาง ซิกส์ ซิกมา (Six Sigma) ที่ทางออกภาคพื้นดินของการบรรทุกสินค้าของการเดินเรือทางทะเลเพื่อลดจำนวนรถบรรทุกที่ต่อคิวและลดเวลารอโดยเฉลี่ยทั้งที่บริเวณประตูทางเข้าและทางออก ซึ่งเริ่มดำเนินการศึกษาตั้งแต่การศึกษาข้อมูลและระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข โดยใช้เครื่องมือ Supplier-Input-Process-Output-Customer (SIPOC) chart ในการวิเคราะห์กระบวนการโดยภาพรวมและระบุกระบวนการสำคัญที่ก่อให้เกิดความแออัด ซึ่งพบว่าตัวแปรสำคัญได้แก่เวลารอของรถบรรทุกที่บริเวณประตูทางเข้าและทางออก มีการใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์หาปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการแออัดของรถบรรทุก ร่วมกับการระดมสมองของทีมงานผู้เชี่ยวชาญ การประยุกต์ใช้แผนผังก้างปลาและการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ (FMEA)ในการระบุสาเหตุที่สำคัญของปัญหา และนำค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) มาจัดทำแผนภาพพาเรโตและคัดเลือกสาเหตุที่มีค่า RPN สูงสุด 5 อันดับแรก (80% ของค่า RPN ทั้งหมด) มากำหนดแนวทางการแก้ไขและปรับปรุง ซึ่งผลจากการแก้ไขปรับปรุงพบว่าสามารถลดสัดส่วนร้อยละของความแออัดลงได้ โดยจำนวนรถบรรทุกที่เข้าคิวโดยเฉลี่ยที่ประตูทางเข้าลดลง 91% ที่ประตูทางออกลดลง 96% ระยะเวลารอโดยเฉลี่ยที่ประตูทางเข้าลดลง 93% ที่ประตูทางออกลดลง 97% ตามลำดับ

บทที่ 3

การศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงาน

การดำเนินการศึกษาในส่วนเริ่มต้นของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ การศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานตัวอย่าง ลักษณะการดำเนินกิจการ ลักษณะการทำงานและกำลังการผลิตในภาพรวม การศึกษาลักษณะประเภทของผลิตภัณฑ์ ลักษณะการนำไปใช้งานและผังการผลิตทั้งหมดตั้งแต่รับแผ่นซิลิกอนชิปหรือแผ่นเวเฟอร์เข้ามา จนเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตได้ผลิตภัณฑ์เป็นวงจรไฟฟ้ารวม และทำการศึกษากระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตทางเคมี ที่มีความแปรปรวนสูงกว่ากระบวนการผลิตในส่วนอื่นของโรงงาน มีโอกาสก่อให้เกิดของเสียจากกระบวนการได้มากที่สุดกระบวนการหนึ่ง จึงเป็นกระบวนการสำคัญที่นำมาศึกษารายละเอียดการดำเนินการ เพื่อนำไปสู่กระบวนการศึกษาเพื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาและการควบคุมกระบวนการสำหรับกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีที่มีประสิทธิภาพ ในลำดับต่อไป

3.1 ประวัติความเป็นมาของโรงงาน

โรงงานตัวอย่างสำหรับการศึกษาวิจัย ได้แก่ บริษัทรับจ้างผลิต (Subcontractor) และทำการทดสอบวงจรไฟฟ้ารวม (Integrated Circuit / IC) ที่ส่งขายผลิตภัณฑ์ให้ลูกค้าต่างประเทศตามความต้องการและข้อกำหนดของลูกค้า ตั้งอยู่ที่ กรุงเทพฯ มีเนื้อที่ทั้งหมด 17 ไร่ 119 ตารางวา ปัจจุบันมีพนักงานประจำประมาณ 4,000 คน ลักษณะการทำงานแบ่งเป็นเวลาการทำงานของสำนักงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน และฝ่ายการผลิตการทำงานเป็นกะ โดยทำงาน 2 กะต่อวัน มีกำลังการผลิตสูงสุดประมาณ 20 ล้านตัวต่อวัน

3.2 ประเภทของผลิตภัณฑ์และลักษณะการนำไปใช้งาน

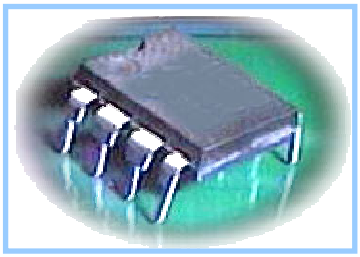
3.2.1 ประเภทของผลิตภัณฑ์

วงจรไฟฟ้ารวม (IC - Integrated Circuits) ของโรงงานตัวอย่างแบ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ตามโครงสร้างของชิ้นงานและลักษณะการนำไปใช้งาน ดังนี้

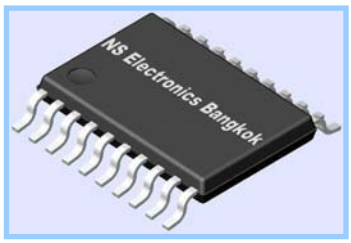
ก. Plastic Dual In Line (PDIP)

ข. Surface Mounted Device (SMD)

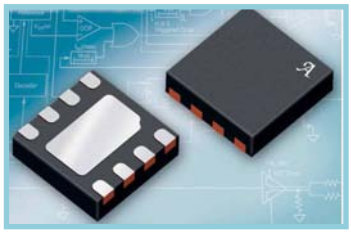
ค. Quad Flat Non lead (QFN) และ Dual Flat Non lead (DFN)



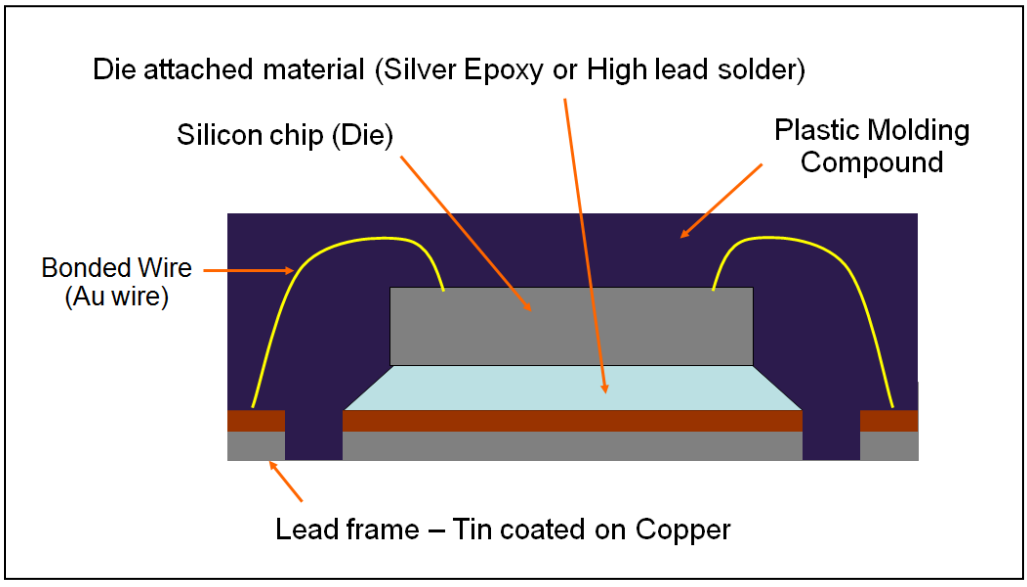
ภาพที่ 3.1 ผลิตภัณฑ์ประเภท PDIP



ภาพที่ 3.2 ผลิตภัณฑ์ประเภท SMD



ภาพที่ 3.3 ผลิตภัณฑ์ประเภท QFN/DFN



ภาพที่ 3.4 โครงสร้างและองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้ารวม

3.2.2 ลักษณะการนำไปใช้งานของวงจรไฟฟ้ารวม

วงจรไฟฟ้ารวมหรือไอซี (Integrated Circuit, IC) เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งรวบรวมอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ทรานซิสเตอร์ ไดโอด ตัวต้านทาน มาประกอบรวมกันบนแผ่นวงจรขนาดเล็ก โดยในปัจจุบันแผ่นวงจรนี้จะทำด้วยแผ่นผลึกซิลิคอน หรืออาจเรียกแผ่นวงจรขนาดเล็กนี้ว่า ชิพ (Chip) ที่มีองค์ประกอบวงจรไฟฟ้าต่าง ๆ ฝังอยู่ ซึ่งในอุตสาหกรรมการประกอบวงจรไฟฟ้ารวม (IC assembly manufacturing) แผ่นซิลิกอนชิพจะถูกเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าโดยลวดทองเชื่อมต่อกับแผ่นโลหะที่เรียกว่าลีดเฟรม (Lead frame) และห่อหุ้มเพื่อเสริมความแข็งแรงและป้องกันสิ่งสกปรกจากภายนอกด้วยพลาสติกสีดำหรือ Plastic molding compound จากนั้นแผ่นลีดเฟรมที่มีซิลิกอนชิพติดอยู่ภายในจะถูกนำไปเคลือบโลหะในตำแหน่งที่ต้องการให้นำไฟฟ้าและเชื่อมต่อกับแผ่นวงจรไฟฟ้า และตัดออกเป็นวงจรไฟฟ้ารวมชิ้นเล็กๆ เพื่อทำการบรรจุและส่งมอบให้ลูกค้านำไปใช้งานต่อไป

ลักษณะการนำไปใช้งานของวงจรไฟฟ้ารวม คือการประกอบเข้ากับแผ่นวงจรไฟฟ้าหรือพีซีบี (Printed Circuit Board, PCB) ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน ดังภาพที่ 3.5 โดยใช้โลหะผสมหลอมเหลวหรือโซลเดอร์ในการเชื่อมติดวงจรไฟฟ้ารวมลงบนตำแหน่งที่ต้องการบนแผ่นพีซีบี ซึ่งแผ่นพีซีบีที่ประกอบชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ครบแล้วจะถูกติดตั้งเข้าไปในอุปกรณ์ทางไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเลคโทรนิคส์ต่างๆที่ใช้ในชีวิตประจำวันของเรา เช่น โทรทัศน์ วีดีโอเกม นาฬิกาดิจิตอล โทรศัพท์มือถือ ตลอดจนชิ้นส่วนของเครื่องคอมพิวเตอร์ รถยนต์ และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่มีความซับซ้อนอีกมากมาย

ภาพที่ 3.5 วงจรไฟฟ้ารวมที่ประกอบบนแผงวงจรไฟฟ้า

ข้อดีของวงจรไฟฟ้ารวมหรือไอซี คือ วงจรไฟฟ้ารวมจะรวมวงจรที่ซับซ้อนเข้ามาเป็นวงจรเดียวกัน ทำให้ชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์มีขนาดเล็กลง ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ทางไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเลคโทรนิคส์ต่างๆที่ใช้ในชีวิตประจำวันของเรามีขนาดเล็กและเบาลงมาก เนื่องจากวงจรในชิ้นส่วนอิเลคโทรนิคส์จะถูกแบ่งเป็นบล็อกที่มีหน้าที่หลักเฉพาะ วงจรในแต่ละบล็อกจะถูกทำเป็นวงจรไฟฟ้ารวมแต่ละชนิด ทำให้การประกอบวงจรทั้งหมดทำได้ง่าย โดยเพียงต่อบล็อกหรือวงจรไฟฟ้ารวมเหล่านี้เข้าด้วยกันเท่านั้น ส่ผลให้การต่อสายไฟน้อยภายในอุปกรณ์ลดลง มีจุดเชื่อมต่อหรือจุดบัดกรีน้อยลง และมีจุดที่จะมีโอกาสเสียหรือชำรุดก็น้อยลงด้วยตามลำดับ

3.3 ขั้นตอนการผลิตสำหรับกลุ่มผลิตภัณฑ์ประเภท Quad Flat Non lead (QFN) และ Dual Flat Non lead (DFN)

ขั้นตอนการผลิตมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภท QFN/DFN เริ่มต้นตั้งแต่กระบวนการการรับแผ่นซิลิกอนหรือ wafer จากลูกค้าจนเสร็จสิ้นกระบวนการประกอบวงจรไฟฟ้ารวม รวมถึงการบรรจุภัณฑ์และตรวจสอบขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้า ดังตัวอย่างผังการผลิตในภาพที่ 3.6 โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนการผลิต ดังนี้

ก. Wafer Transfer In : การรับวงจรไฟฟ้าขนาดเล็กที่ส่งมาจากลูกค้า

ข. Wafer Grinding : การเจียรให้วงจรไฟฟ้าขนาดเล็กที่รับมามีขนาดบางลงตามที่ต้องการ ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์และข้อกำหนดของลูกค้า

ค. Wafer Saw : การตัดวงจรไฟฟ้าขนาดเล็กเป็นสี่เหลี่ยมเล็กๆ มีขนาดพอดีกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเรียกสี่เหลี่ยมเล็กๆที่ตัดแล้วว่าได (Die)

ง. Lead Frame Cleaning : การนำลีดเฟรมมาผ่านสารเคมีเพื่อทำความสะอาดและเคลือบผิวให้พร้อมต่อการเชื่อมต่อกับวงจรไฟฟ้า

จ. Die Attach : การติดไดลงบนลีดเฟรมด้วยวัสดุเชื่อมต่อ เช่น อีพอกซี่ (Epoxy) หรือโซลเดอร์ (Solder)

ฉ. Wire Bonding : การเชื่อมลวดทองจากตำแน่งของไดลงบนพื้นที่ที่มีเงินเคลือบอยู่บนลีดเฟรม

ช. Plastic Molding : การฉีดพลาสติกสีดำลงไปคลุมส่วนที่เป็นไดและลวดทองไว้ เพื่อเสริมความแข็งแรงและเปิดไว้เฉพาะส่วนขาไอซีด้านนอกที่ต้องนำไปเชื่อมลงบนแผงวงจรไฟฟ้าในกระบวนการประกอบ

ซ. Package Cure : การอบให้พลาสติกสีดำคงตัวและแข็งแรงมากขึ้น

ฌ. Laser Marking : การยิงเลเซอร์ลงบนพลาสติกสีดำเพื่อแสดงโลโก้และรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้ากำหนด

ญ. Strip Plating : การเคลือบขาของไอซีที่เป็นทองแดงด้วยดีบุกโดยใช้กระบวนการทางไฟฟ้าเคมี (Electro-Plating)

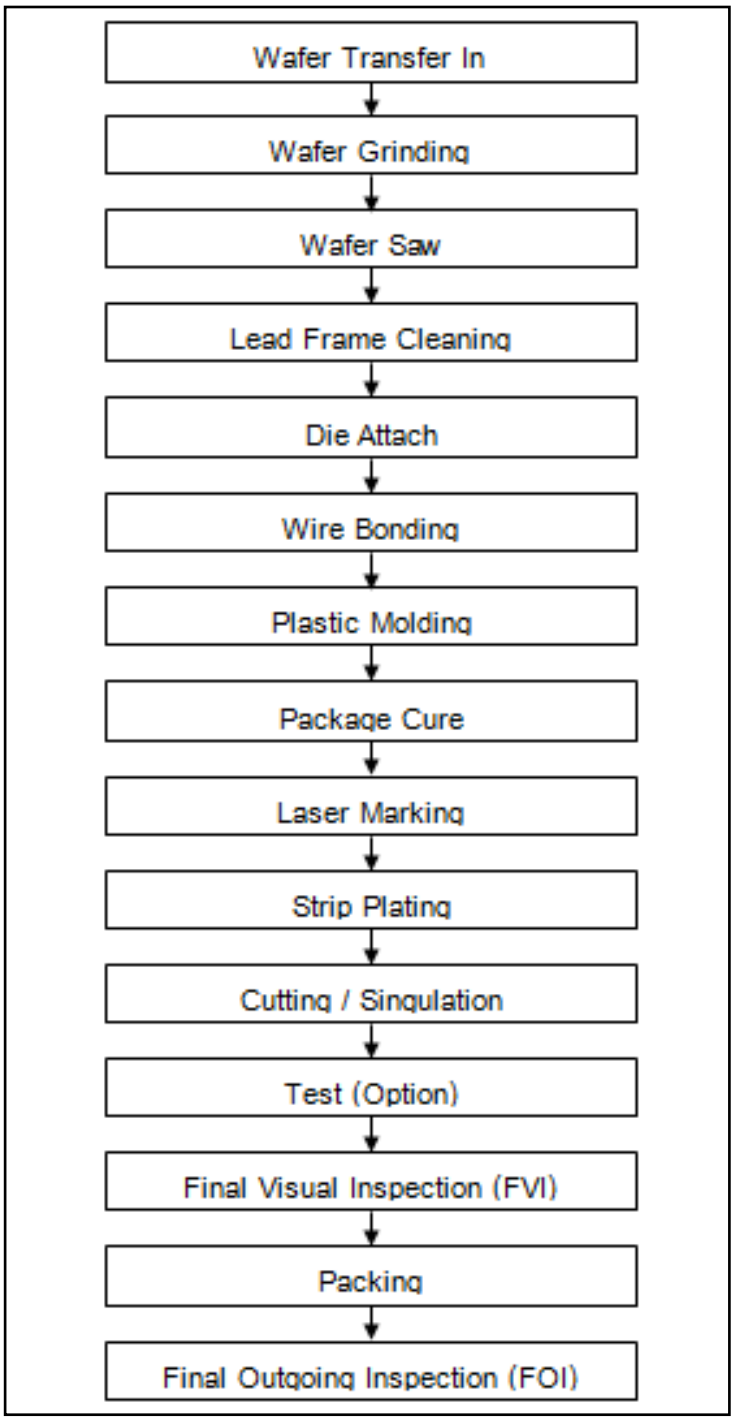
ฎ. Cutting / Singulation : การตัดลีดเฟรมที่ผ่านกระบวนการผลิตทั้งหมดแล้วออกเป็นตัวไอซี

ฏ. Test (Option) : การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของไอซี (ขึ้นกับลูกค้ากำหนด)

ฐ. Final Visual Inspection (FVI) : การตรวจสอบลักษณะภายนอกของไอซี

ฑ. Packing : การบรรจุไอซีลงในบรรจุภัณฑ์ตามที่ลูกค้ากำหนดมา

ฒ. Final Outgoing Inspection (FOI) : การตรวจการบรรจุและตรวจสอบรายละเอียดภายนอกทั้งหมดก่อนส่งมอบให้ลูกค้า



ภาพที่ 3.6 ผังการผลิตมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภท QFN/DFN

3.4 กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี

กระบวนการเคลือบขาของวงจรไฟฟ้ารวมด้วยไฟฟ้าเคมี มีวัตถุประสงค์เพื่อ หุ้มปิดผิวชิ้นงาน ป้องกันขาของวงจรไฟฟ้ารวมจากการสึกกร่อน ทนทานต่อการขัดสี ช่วยเพิ่ม

ความสามารถในการยึดติดกับสารเชื่อมต่อกับวงจรไฟฟ้า (Solderability) และ ปรับปรุงลักษณะภายนอกของขาของวงจรไฟฟ้ารวมให้มีความสวยงามเมื่อนำไปใช้งาน กระบวนการเคลือบเป็นการสร้างชั้นของโลหะทับบนพื้นผิวที่ต้องการโดยมีการเชื่อมต่อกันระหว่างชั้นโลหะและพื้นผิวนั้นๆ โลหะหนึ่งที่นิยมใช้มากในการเคลือบขาของวงจรไฟฟ้ารวมได้แก่ ดีบุกบริสุทธ์ โดยผ่านกระบวนการทางไฟฟ้าเคมี ที่มีการผ่านกระแสไฟฟ้าผ่านตัวกลางเพื่อทำให้เกิดการแตกตัวของโลหะดีบุกและเข้าไปยึดเกาะเคลือบบนพื้นผิวชิ้นงานที่ต้องการ

3.4.1 ระบบการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลัก ได้แก่

ก. แคโทด (Cathode) คือพื้นผิวที่ต้องการเคลือบ ในที่นี้คือลีดเฟรมที่เป็นแผ่นทองแดง

ข. แอโนด (Anode) คือโลหะที่นำมาเคลือบ ในที่นี้คือดีบุก

ค. อิเลคโตรไลท์ (Electrolyte) คือสารละลายตัวกลางที่เป็นสื่อนำไอออนโลหะดีบุกที่แตกตัวไปยังพื้นผิวที่ต้องการเคลือบ ในที่นี้คือสารเคมีที่ใช้เคลือบดีบุกในถังที่มีการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี

ง. แหล่งพลังงานที่จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ส่วนที่มีการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี

ขณะที่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้า ที่ขั้วแคโทดหรือพื้นผิวที่ต้องการเคลือบจะมีการรับอิเลคตรอนหรือที่เรียกว่าปฏิกิริยารีดัคชั่น (Reduction) ในขณะเดียวกันที่ขั้วแอโนดหรือโลหะที่นำมาเคลือบจะมีการจ่ายหรือสูญเสียอิเลคตรอนออกมา ซึ่งเรียกว่าปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation)

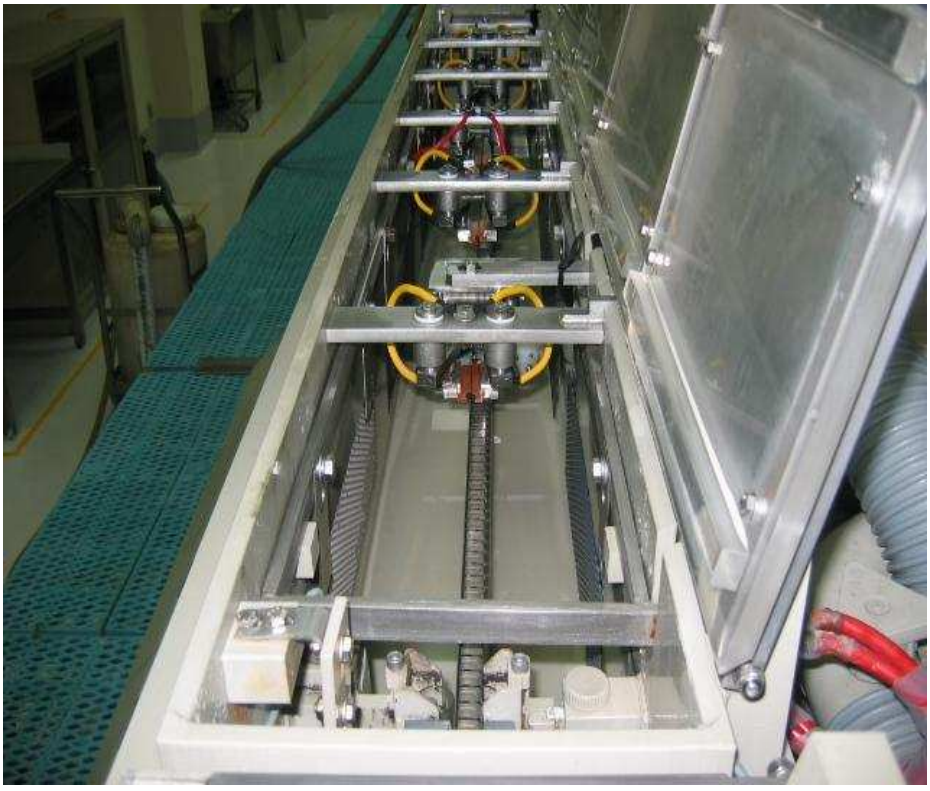
ตัวอย่างของปฏิกิริยารีดัคชั่น ได้แก่ $Sn^{+2} + 2e^{-} => Sn^{0}$

ตัวอย่างของปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ได้แก่ $Sn^{0} => Sn^{+2} + 2e^{-}$

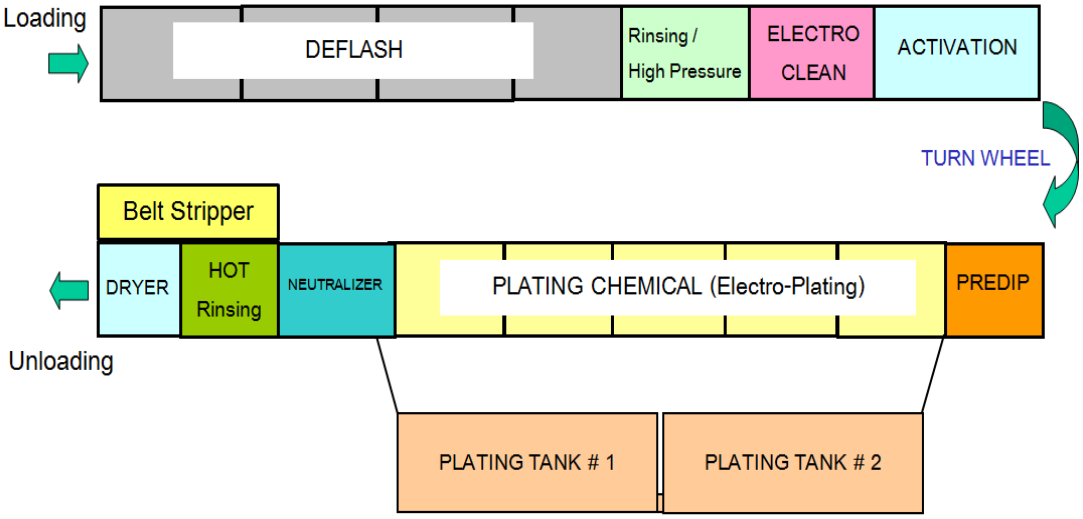
3.4.2 ขั้นตอนการเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าเคมีของวงจรไฟฟ้ารวม

สายการผลิตการเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าเคมีแบบต่อเนื่องที่ใช้ในการผลิตวงจรไฟฟ้ารวม จะใช้เครื่องจักรใหญ่บรรจุสารเคมีและใช้ระบบสายพานในการลำเลียงชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการทางเคมีแต่ละส่วน ดังภาพที่ 3.7 และ 3.8 โดยเครื่องจักรถูกออกแบบให้จับชิ้นส่วนที่ต้องการเคลือบผิวด้วยมือกลให้หนีบติดกับคลิปของสายพานในแนวตั้งตรง 90 องศากับแนวดิ่งแล้วเคลื่อนที่ไปอย่างต่อเนื่องไหลผ่านเข้าสู่กระบวนการทางเคมีแต่ละส่วนตามลำดับดังภาพที่ 3.9 ช่องว่างระหว่างชิ้นงานต่อชิ้นงานบนสายพานควรตั้งระยะห่างให้น้อยที่สุดโดยไม่ควรเกิน 0.5 – 2 มิลลิเมตร โดยที่ระยะห่างระหว่างชิ้นงานมีผลกับค่าการกระจายของความหนา เมื่อระยะห่างระหว่างชิ้นงานยิ่งมากจะทำให้ค่าการกระจายของความหนามีค่ามากขึ้น

ภาพที่ 3.7 เครื่องจักรในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีในการผลิตวงจรไฟฟ้ารวม



ภาพที่ 3.8 ระบบสายพานภายในเครื่องจักรในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี



ภาพที่ 3.9 ผังกระบวนการทางเคมีในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี

ชิ้นงานหรือแผ่นลีดเฟรมจะเข้าสู่กระบวนการเริ่มจากส่วน Loading station ซึ่งเป็นระบบแขนกลจับชิ้นงานไปหนีบบนสายพาน จากนั้นสายพานจะพาชิ้นงานไหลเข้าสู่กระบวนการทางเคมีแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

ก. Loading station

เป็นการนำชิ้นงานจากภาชนะที่ใส่ (Magazine) หนีบเข้าติดกับที่หนีบของสายพาน ด้วยแขนกลอัตโนมัติ ชิ้นต่อชิ้นจนหมดแล้วเริ่มเปลี่ยนภาชนะที่ใส่อันถัดมาโดยปราศจากการรบกวนการทำงานที่แขนกลทำงาน

ข. Deflash

สารเคมีมีหน้าที่เพื่อทำให้เศษพลาสติกที่ยื่นออกมาจากแม่พิมพ์เกาะตัวอย่างหลวมๆ ที่ขาชิ้นงาน เป็นการทำความสะอาดผิดโดยใช้ชิ้นงานเป็นแคโทด (Cathode Treatment) ในสารละลายมีฤทธิ์เป็นกรดหรือเป็นด่างก็ได้

ค. High pressure

บริเวณนี้มีหน้าที่ฉีดน้ำที่มีความดันสูงให้เศษพลาสติกที่เกาะตัวอย่างหลวมๆหลุดออกมา ความดันที่ใช้ประมาณ 50 บาร์

ง. Electroclean

สารเคมีนี้เป็นสารอัลคาไลต์มีหน้าที่เพื่อกำจัดคราบสารอินทรีย์และเศษโลหะหรือฝุ่นออกจากพื้นผิวเดิมด้วยสาร Wetting agent และไม่สามารถเกาะติดมาใหม่ โดยให้พื้นผิวเดิมถูกกระตุ้น

ด้วยสาร Wetting agent โดยลดแรงดึงผิวลง และสามารถล้างน้ำยาออกได้ง่าย และเกิดเป็น “Wetting Jacket” ปกคลุมทั่วพื้นผิวเดิม ซึ่งเป็นการทำความสะอาดโดยใช้ชิ้นงานเป็นขั้วบวก

จ. Activation

สารเคมีนี้มีหน้าที่เพื่อกำจัดชั้นออกไซด์ออกด้วยการละลายออกไซด์ลงในน้ำยานี้ ซึ่งโลหะออกไซด์ที่เกิดขึ้นส่วนมากคือ สนิมทองแดงที่เกิดจาก การทำปฏิกิริยาระหว่างทองแดงที่เป็นองค์ประกอบหลักของลีดเฟรมกับออกซิเจนที่มีอยู่ในสภาพแวดล้อม และหน้าที่อีกอย่างของ Activation ก็คือทำให้ชิ้นงานเป็นกลางหลังจากผ่านน้ำยาที่เป็นคาไลต์ในส่วนของ Electroclean มาแล้ว โดยการทำความสะอาดผิวที่บ่อนี้จะใช้ชิ้นงานหรือลีดเฟรมเป็นขั้วลบ

ฉ. Predip

สารเคมีนี้มีส่วนประกอบของกรดมีเทนซัลโฟนิกด้วยความเข้มข้นเดียวกับความเข้มข้นในบ่อชุบ มีหน้าที่ กำจัดคราบออกไซด์ โดยกระตุ้นสายพานและคลิปหนีบชิ้นงานให้เกิดออกไซด์บางๆ ขึ้นเพื่อป้องกันการเคลือบที่แน่นของดีบุก ผิวงานที่เคลือบนี้สามารถลอกได้ง่ายออกหลังจากเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าแล้ว จากนั้นปรับสภาพผิวก่อนเข้าบ่อชุบ มิฉะนั้นชิ้นงานที่ปกคลุมน้ำจะใช้เวลาในน้ำยาชุบเพื่อแทนที่ผิวของน้ำจะทำให้ไม่มีการเคลือบผิวในช่วงนี้ จะทำให้การเคลือบผิวไม่สม่ำเสมอ

ช. น้ำยาเคลือบผิว

ในสารเคมีเคลือบผิวดีบุกมีส่วนผสมของน้ำยาเคลือบผิว ได้แก่ น้ำยาดีบุก อยู่ในรูปของสแตนนัสซัลเฟต น้ำยากรด และน้ำยา additive โดยน้ำยากรดจะเป็นตัวนำไฟฟ้าและจะแยกสลายตัวออกเป็นอนุภาคเล็กๆ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวก (+) หรือเรียกว่าแคทอิออน จะวิ่งไปเกาะกับขั้วลบหรือขั้วแคโทด (-) ซึ่งเป็นตัวชิ้นงานที่ต้องการชุบนั้นเอง อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบจะวิ่งไปเกาะที่ขั้วบวกหรือขั้วแอโนดซึ่งเป็นแผ่นตัวล่อ น้ำและกรดมีแทนซัลโฟนิกซึ่งเป็นส่วนประกอบของน้ำยาชุบดีบุก จะแตกตัวออกเป็นไฮโดรเจนไอออน เคลื่อนที่ไปยังขั้วลบจะมีดีบุกสลายตัวออกมาเป็นดีบุกไอออนขึ้น ด้วยเหตุนี้เองกระแสไฟฟ้าแต่ละฟาราเดย์จึงต้องสูญเสียไปประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ในการปล่อยให้ไฮโดรเจนเกาะกับอยู่ที่ขั้วลบ อัตราส่วนร้อยละของน้ำหนักดีบุกที่เกาะจับที่ขั้วลบ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักที่ควรจะเกาะจับ เรียกว่าประสิทธิภาพของขั้วลบ ประสิทธิภาพนี้จะมีอยู่ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประสิทธิภาพขั้วบวกคืออัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของดีบุกที่ละลายจริงจากขั้วบวก เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักของดีบุกที่ควรละลายทั้งหมด โดยถือว่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมดถูกนำไปใช้ในการนี้ ถ้าต้องการให้ประสิทธิภาพของแคโทดและโนดต่างก็มีประสิทธิภาพดีเลิศ นั้นคือมีโลหะไปเกาะที่แคโทดเท่ากับที่

แอโนดก็ต้องมีโลหะละลายลงไปในน้ำยามีจำนวนเท่ากัน ส่วนผสมน้ำยาไม่มีการเปลี่ยนแปลงในสภาพเช่นนี้เรียกว่าอยู่ในสภาพสมดุล

ฆ. Neutralizer

สารเคมีนี้ใช้ทำความสะอาดขั้นสุดท้าย น้ำยาที่ใช้มีฤทธิ์เป็นด่าง เพื่อกำจัดฟิล์มกรดที่จะก่อให้เกิดการกัดกร่อนออกจากผิวชิ้นงาน และทำให้ชิ้นงานมีสภาพเป็นกลาง

ฌ. Unloading station

ชิ้นงานจะถูกนำออกจากที่หนีบของสายพานโดยแขนกลอัตโนมัติแล้วใส่ลงในภาชนะบรรจุ เป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีบนชิ้นงาน

ญ. Belt stripper

สารเคมีนี้มีหน้าที่ในการกำจัดโลหะดีบุกที่เคลือบติดบนสายพานออกก่อนที่สายพานจะหมุนไปที่ Loading station เพื่อเริ่มต้นกระบวนการใหม่ ใช้หลักการทำความสะอาดโดยใช้สายพานเป็นขั้วบวกและมีแผ่น Cathode plate เป็นขั้วลบ คอยรับดีบุกที่ถูกดึงออกจากสายพานมาติดแน่นไว้

3.5 การตรวจสอบทางคุณภาพและข้อกำหนดทางคุณภาพ

หลังกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าจะต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ การวัดค่าความหนา และการทดสอบ Solderability test ซึ่งการทดสอบเหล่านี้เป็นความต้องการของลูกค้าเพื่อให้คุณภาพของชิ้นงานได้ตามที่กำหนด

3.5.1 การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

การตรวจลักษณะภายนอกของชิ้นงาน ภายใต้กล้องกำลังขยาย 10-40 เท่า โดยมีลักษณะของเสียที่เกิดจากกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีและสามารถตรวจจับได้ด้วยการตรวจสอบใต้กล้องกำลังขยายต่ำ ดังนี้

ก. Nonplate หมายถึง ผิวเคลือบดีบุกไม่ติดเห็นผิวโลหะทองแดงบนขาลีดของชิ้นงาน

ข. Plating Peeling หมายถึง ผิวเคลือบดีบุกลอก ส่วนของวัสดุที่เคลือบแยกออกมาหรือเคลือบไม่ติดกับผิวโลหะเดิมบนขาลีด

ค. Plate Burr (เนื้อเพลตเป็นเสี้ยน) หรือ Excessive solder (โลหะส่วนเกิน) หมายถึง ส่วนของโลหะดีบุกที่ยื่นออกมาหลังการเคลือบทำให้ขาลีดมีความกว้าง ความยาว หรือความหนาเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับขาลีดขาอื่นในแพคเกจเดียวกัน

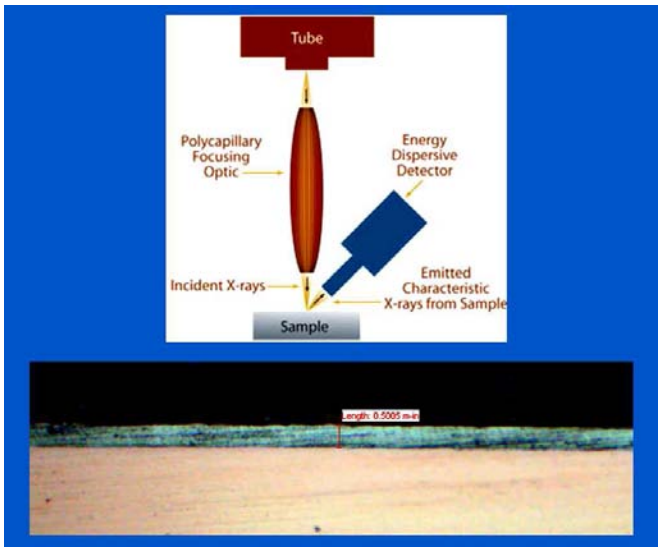
ง. Blister หมายถึง เนื้อโลหะดีบุกที่เคลือบนูนขึ้นมาจากพื้นผิวเคลือบโดยมีอากาศอยู่ด้านใน มีลักษณะเหมือนชั้นโลหะเกิดการพุพอง

จ. Plating Bridging หมายถึง โลหะที่ใช้เคลือบเกินความต้องการและเชื่อมระหว่างขาลีดกับขาลีด อยู่ระหว่างขาลีดที่ใกล้กัน

ฉ. Over etching หมายถึง ลีดเฟรมโดนสารเคมีกัดกร่อนจนทำให้มีขนาด/ความหนา/ความกว้างของส่วนที่ต้องการใช้งานลดลง

3.5.2 การวัดค่าความหนาของชั้นดีบุกที่เคลือบบนชิ้นงาน

ความหนาของโลหะดีบุกที่เคลือบเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของชิ้นงานหลังกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี โดยจะมีผลกระทบต่อหน่วยการผลิตที่อยู่หลังจากหน่วยการผลิตนี้ ซึ่งถ้าโลหะดีบุกที่เคลือบหนาเกินไปจะเป็นเหตุให้ชิ้นงานติดที่เครื่องทดสอบด้วยกระแสไฟฟ้า แต่ถ้าโลหะดีบุกที่เคลือบบางเกินไปจะเป็นสาเหตุให้ไม่สามารถนำชิ้นงานลงติดบนแผ่นพิมพ์ลายวงจรได้ เนื่องจากมีคราบออกไซด์และเป็นสนิมเกิดขึ้นได้ง่าย ซึ่งค่าความหนาที่ต้องการสำหรับชิ้นงานที่เคลือบด้วยดีบุก ต้องมีความหนาของชั้นดีบุกอยู่ระหว่าง 400-800 Micro-inch ดังนั้น จึงต้องมีการตรวจวัดค่าความหนาของชั้นดีบุกของชิ้นงานหลังเสร็จสิ้นกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี โดยเครื่องมือวิเคราะห์ที่ใช้วัดความหนาของชั้นดีบุก ได้แก่เครื่อง X-Ray fluorescence ดังภาพที่ 3.10 ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่มีความรวดเร็ว แม่นยำและถูกต้องในการวัดค่าความหนาชั้นโลหะที่ใช้กันในอุตสาหกรรมโดยทั่วไป



ภาพที่ 3.10 การวัดค่าความหนาด้วยเทคนิค X-Ray และภาพตัดขวางแสดงความหนาของชั้นดีบุก

3.5.3 การทดสอบโซลเดอร์อะบิลิตี้ (Solderability test)

เป็นการทดสอบโดยการจำลองสภาพและวิธีการนำไอซีลงแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าดังนั้น จะต้องพิจารณาถึงวิธีของการทดสอบและข้อบกพร่อง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญเพื่อรับประกันถึงความคงทนของชิ้นงานในระยะ 1 ปี การทดสอบนี้กระทำภายใต้ข้อกำหนดจากมาตรฐานสากล (JEDEC Standard) โดยวิธีการได้ระบุไว้ว่า นำชิ้นงานที่ทดสอบจะต้องน้ำเข้าอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 88-96 องศาเซลเซียส เป็นการจำลองวิธีการที่ชิ้นงานถูกเก็บในสภาพที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงในโกดังการนำชิ้นงานมาอบไอน้ำซึ่งเป็นวิธีการเร่งปฏิกิริยาอย่างหนึ่ง โดยเครื่องอบไอน้ำดังภาพที่ 3.11 จะบรรจุน้ำสะอาดและมีเครื่องให้ความร้อนเพื่อต้มน้ำให้ร้อนที่อุณหภูมิที่กำหนด ไอน้ำจะลอยขึ้นรอบๆตัวชิ้นงานและออกซิเจนรอบๆ ผิวชิ้นงานจะเป็นเหตุให้เกิดการกัดกร่อนเป็นสนิมขึ้นได้

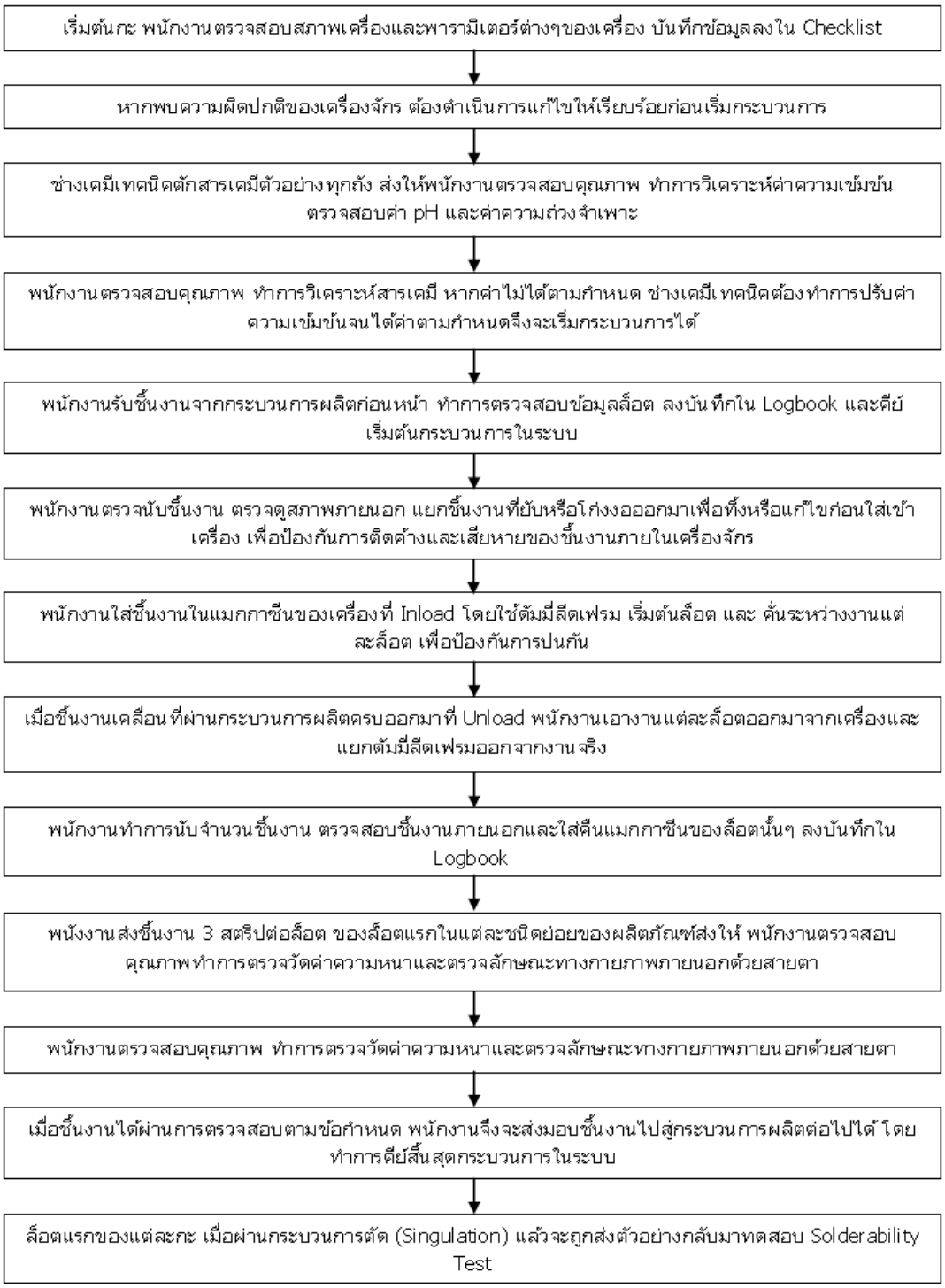
ภาพที่ 3.11 เครื่องอบไอน้ำ (Steam aging chamber)

ผิวโลหะที่ผ่านการอบไอน้ำจะทำให้โครงสร้างของผลึกโลหะที่เคลือบอยู่เกาะกันอย่างหลวมๆ มีช่องว่างมากขึ้น ดังนั้นปริมาณออกไซด์หรือไฮดรอกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างการอบไอน้ำไปทำปฏิกิริยากับโลหะที่เคลือบและสร้างเป็นแผ่นฟิล์มออกไซด์ที่หนาขึ้นมา จากนั้นนำชิ้นงานที่ผ่านการอบไอน้ำมาจุ่มลงในโซลเดอร์ที่หลอมเหลวที่เครื่องทดสอบความสามารถในการยึดเกาะกับสารเชื่อมวงจรไฟฟ้าหรือเครื่องทดสอบ Solderability ดังภาพที่ 3.12 เพื่อให้โซลเดอร์หลอมติดกับขาของชิ้นงาน แล้วนำมาตรวจใต้กล้องกำลังขยายต่ำที่กำลังขยาย 10-40 เท่า จะยอมรับผลิตภัณฑ์นั้น เมื่อมีคุณภาพสามารถเชื่อมกับโซลเดอร์ให้ปกคลุมขาชิ้นงานมากกว่า 95% ของพื้นที่

ภาพที่ 3.12 เครื่องทดสอบความสามารถในการยึดเกาะกับสารเชื่อมวงจรไฟฟ้าหรือ
เครื่องทดสอบ Solderability

3.6 ขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี

กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี แบ่งการผลิตแต่ละรอบตามกะการทำงานของพนักงาน โดยเริ่มต้นตั้งแต่ต้นกะ พนักงานต้องทำการตรวจสอบและเตรียมความพร้อมของเครื่องจักร ในขณะเดียวกันช่างเคมีเทคนิคต้องส่งตัวอย่างสารเคมีให้พนักงานตรวจสอบคุณภาพทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารเคมีให้ได้ตามที่กำหนดก่อน จึงจะเริ่มต้นการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีได้ ดังตัวอย่างผังขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานในภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 ผังขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี

บทที่ 4

การศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง

จากการศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานตัวอย่างพบว่า กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีเป็นกระบวนการทางเคมีที่มีความแปรปรวนสูงและมีโอกาสก่อให้เกิดของเสียได้มากที่สุดกระบวนการหนึ่ง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการจัดตั้งทีมงานดำเนินการร่วมกับโรงงานตัวอย่าง ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของพนักงานจากหลายๆแผนกที่ดำเนินงานร่วมกันเกี่ยวข้องกับกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีโดยตรง ที่มีประสบการณทำงานตั้งแต่ 3 ปีขึ้นไป ผู้ซึ่งมีความรู้และเชี่ยวชาญในการปฏิบัติงานในสายการผลิต มีความเข้าใจและสามารถทำงานตามมาตรฐานและข้อกำหนดของโรงงาน มีความรู้และเข้าใจถึงความต้องการของลูกค้า รวมทั้งผ่านการอบรบหลักสูตรมาตรฐานของทางโรงงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เช่น การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical Process Control, SPC) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) เป็นต้น เพื่อทำการศึกษาเฉพาะเจาะจงไปที่กระบวนการผลิตนี้โดยละเอียดมากยิ่งขึ้น โดยผู้วิจัยและทีมงานได้ทำการศึกษาข้อมูลของกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ได้แก่ ลักษณะของเสีย ปริมาณและแนวโน้มของของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ และการบันทึกข้อมูลปัญหาที่พบในสายการผลิต ซึ่งบ่งบอกถึงสาเหตุของปัญหาเบื้องต้นจากผู้ปฏิบัติงาน จากนั้นจึงทำการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยการประยุกต์ใช้ผังก้างปลาและการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพเพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาและนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุงที่เหมาะสมต่อไป

4.1 การจัดตั้งทีมงาน

ในการศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีของโรงงานตัวอย่าง ต้องอาศัยข้อมูลจากผู้ปฏิบัติงานในสายการผลิตโดยตรงร่วมกับการระดมสมอง (Brainstorming) ของผู้ที่เกี่ยวข้องจากหลายฝ่าย เพื่อให้เกิดการแสดงออกทางความคิดที่อิสระ มีหลากหลายมุมมอง และนำไปสู่การค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาอย่างครบถ้วน ถูกต้อง โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยผังก้างปลา ที่วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาทั้งจาก คน (Man) วิธีการหรือขั้นตอนการทำงาน (Method) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) และสภาพแวดล้อม (Environment) และการวิเคราะห์ลักษณะ

ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) ที่ต้องมีการประเมินค่าความรุนแรง ค่าความถี่ในการเกิดและค่าการตรวจจับ และการค้นหาแนวทางการแก้ไขปรับปรุงที่มีประสิทธิภาพตามแผนการศึกษาวิจัยที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงได้มีการดำเนินการร่วมกับทีมงานที่ปฏิบัติงานที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ที่มีประสบการณ์ทำงานตั้งแต่ 3 ปีขึ้นไป มีความรู้และเชี่ยวชาญในการปฏิบัติงานในสายการผลิตแบ่งแยกตามฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิตโดยตรง ได้แก่ ฝ่ายผลิต ฝ่ายประกันคุณภาพ ฝ่ายเครื่องจักร ฝ่ายบำรุงรักษาและซ่อมบำรุง ซึ่งประกอบไปด้วยบุคคลากรดังต่อไปนี้

ก. ผู้จัดการฝ่ายการผลิต มีหน้าที่หลักในการวางแผนและควบคุมกำลังการผลิตให้เป็นไปตามเป้าหมายของโรงงาน สามารถส่งมอบให้กระบวนการผลิตถัดไปและส่งมอบให้ลูกค้าได้ทันเวลาที่กำหนด และบริหารกำลังคนและทรัพยากรที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสมต่อการดำเนินการผลิตและกำลังการผลิตที่ต้องการ มีประสบการณ์การทำงาน 8-10 ปี

ข. ผู้จัดการฝ่ายประกันคุณภาพ มีหน้าที่หลักในการกำหนด วางแผนและปรับปรุงระบบการควบคุมคุณภาพและแผนงานทางด้านการประกันคุณภาพของชิ้นงาน เพื่อรักษาคุณภาพของชิ้นงานให้เป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐานของโรงงานและตามที่ลูกค้าต้องการ มีประสบการณ์การทำงาน 8-10 ปี

ค. วิศวกรเคมีฝ่ายผลิต มีหน้าที่หลักในการกำหนดขั้นตอนการผลิตทางเคมี ศึกษาและกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องและการควบคุมที่เหมาะสมในการดำเนินการผลิต วางแผนการดำเนินการและปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการ มีประสบการณ์การทำงาน 3-7 ปี

ง. วิศวกรฝ่ายประกันคุณภาพ มีหน้าที่หลักในการกำหนดและพัฒนาขั้นตอนการตรวจสอบทางคุณภาพของชิ้นงาน กำหนดมาตรฐานและข้อกำหนดทางด้านคุณภาพตามมาตรฐานของโรงงานและตามที่ลูกค้าต้องการ ประสบการณ์การทำงาน 3-7 ปี

จ. วิศวกรฝ่ายเครื่องจักร มีหน้าที่หลักในการออกแบบเครื่องจักรและชิ้นส่วนของเครื่องจักร กำหนดขั้นตอนในการตรวจสอบ ดูแลรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องจักรให้มีสภาพที่พร้อมต่อการใช้งานเพื่อให้ผลิตชิ้นงานได้ตามกำลังการผลิตที่ต้องการอย่างมีประสิทธิภาพต่อเนื่องและมีคุณภาพตามที่กำหนด มีประสบการณ์การทำงาน 7-10 ปี

ฉ. หัวหน้าฝ่ายบำรุงรักษาและซ่อมบำรุง มีหน้าที่หลักในการจัดการบริหารงานซ่อมบำรุงให้ถูกต้องตามมาตรฐานและตรงตามระยะเวลาที่กำหนด ประสบการณ์การทำงาน 3-7 ปี

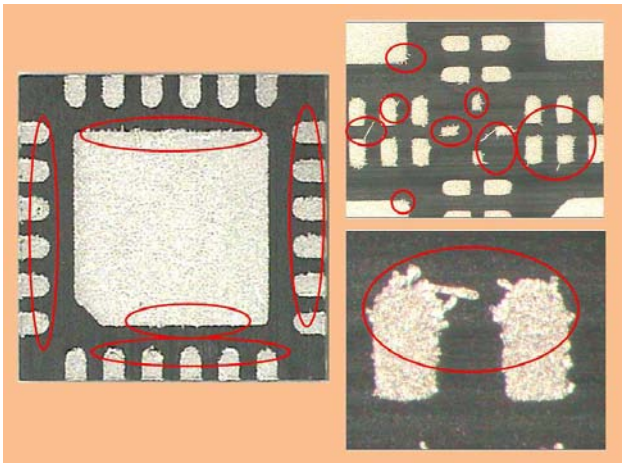
ช. หัวหน้าฝ่ายผลิต มีหน้าที่หลักในการควบคุมการปฏิบัติงานของพนักงานในสายการผลิตให้เป็นไปตามมาตรฐานและกำหนดตารางการทำงานของพนักงานให้เหมาะสมกับแผนการผลิต มีประสบการณ์การทำงาน 3-7 ปี

ซ. หัวหน้าฝ่ายช่างเทคนิค มีหน้าที่ในการตรวจสอบดูแลเครื่องจักรและดำเนินการแก้ไขเบื้องต้นตามแผนการแก้ไขที่วิศวกรกำหนดไว้ในกรณีที่พบปัญหาเกี่ยวข้องกับเครื่องจักรในสายการผลิต มีประสบการณ์การทำงาน 3-7 ปี

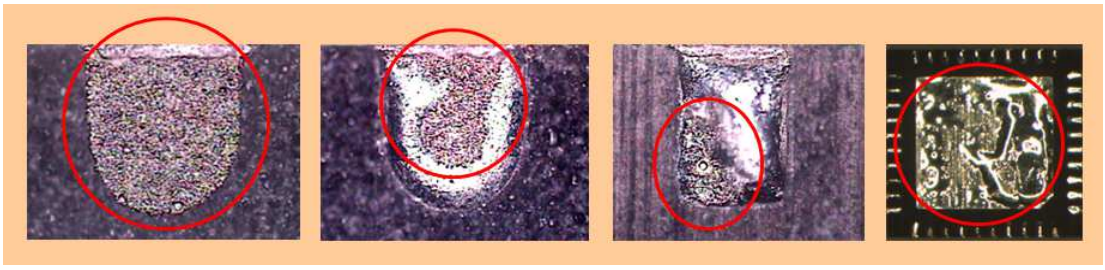
4.2 ข้อมูลของเสียที่พบในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี

จากการศึกษาเก็บข้อมูลกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีพบว่ากระบวนการผลิตมีความแปรปรวนสูงกว่ากระบวนการผลิตอื่นที่ใช้เพียงเครื่องจักรในการผลิตเท่านั้น แนวทางการควบคุมการผลิตที่ใช้มาตรฐานเดียวกันในทุกๆกระบวนการจึงไม่มีความเหมาะสมเพียงพอที่จะทำให้การผลิตดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ และได้ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อกำหนดที่ลูกค้าต้องการ สำหรับกระบวนการผลิตทางเคมี ผลกระทบจากความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ได้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามมา

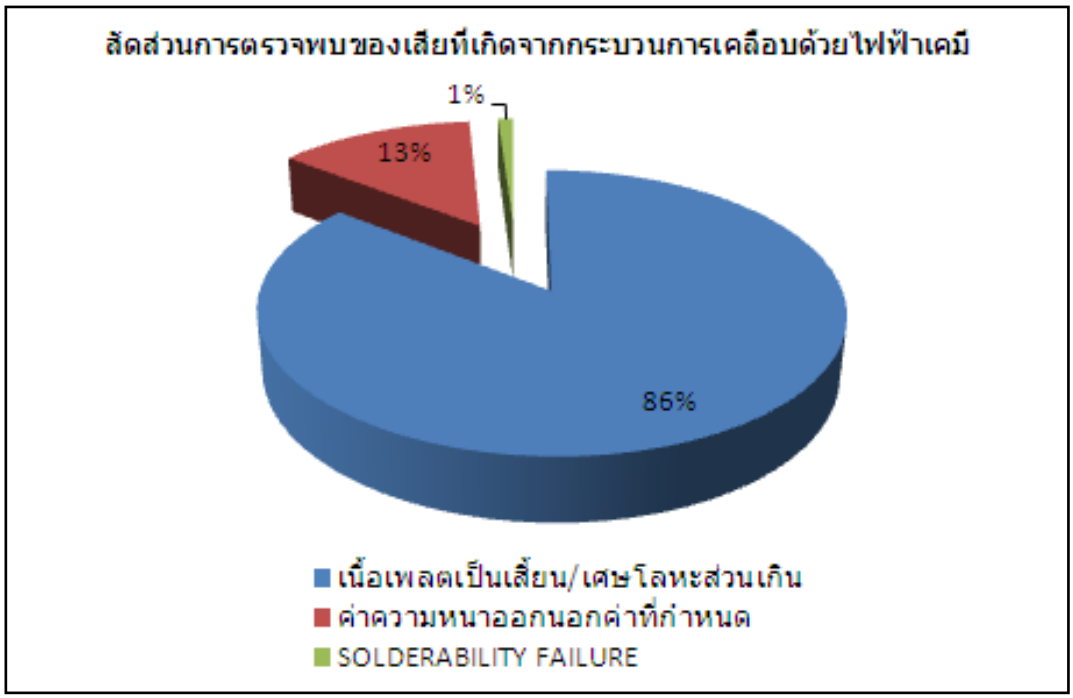
สำหรับชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบดีบุกด้วยกระบวนการทางไฟฟ้าเคมีแล้ว จะต้องผ่านการตรวจสอบทางคุณภาพ 3 ขั้นตอนด้วยกัน ได้แก่ การตรวจสอบทางกายภาพด้วยสายตาโดยใช้กล้องกำลังขยายต่ำ 10-40 เท่า การทดสอบ Solderability Test เพื่อตรวจสอบว่าขาของชิ้นงานหลังการเคลือบด้วยดีบุกแล้วสามารถเชื่อมและยึดติดกับโซลเดอร์ได้ดีตามที่ต้องการ และการตรวจวัดความหนาของชั้นดีบุกด้วยเทคนิค X-Ray Fluorescence ซึ่งผลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลของล็อตที่มีการตรวจพบปัญหาในกระบวนการผลิตระหว่างปี พ.ศ. 2551 - เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 มีจำนวนทั้งสิ้น 675 ล็อต แบ่งเป็นของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน จำนวน 578 ล็อต ของเสียที่มีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด จำนวน 90 ล็อต และของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability test จำนวน 7 ล็อต คิดเป็นสัดส่วนร้อยละของเสียแต่ละประเภทเทียบกับของเสียทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 4.3 ได้แก่ ของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกินมากที่สุด 86% ของเสียที่มีค่าความหนาไม่ได้ตามที่กำหนด 13% และของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test 1% ตามลำดับ



ภาพที่ 4.1 ของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน

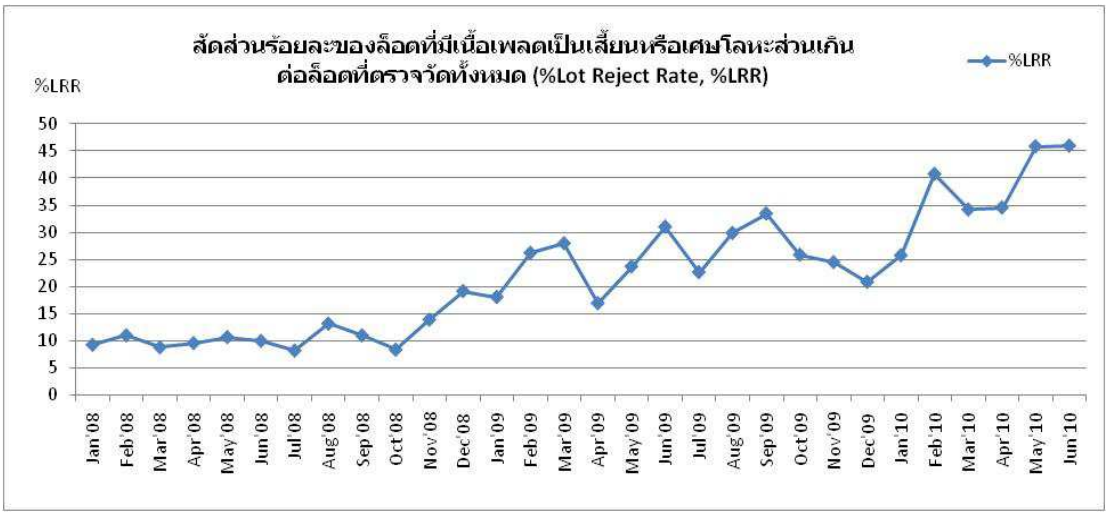


ภาพที่ 4.2 ของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test



ภาพที่ 4.3 สัดส่วนของเสียที่เกิดจากกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี

เมื่อพิจารณาข้อมูลของเสียที่พบมากที่สุดได้แก่ ของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ในแต่ละเดือนดังกราฟในภาพที่ 4.4 พบว่ามีสัดส่วนร้อยละของปริมาณล็อตที่ตรวจพบของเสียเทียบกับล็อตที่ผ่านการตรวจสอบทั้งหมด (% Lot reject rate, % LRR) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงปี พ.ศ. 2551 – เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553



ภาพที่ 4.4 สัดส่วนร้อยละของล็อตที่มีเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน

จากกราฟในภาพที่ 4.4 พบว่าของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกินในช่วงปี พ.ศ. 2551- เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยปี พ.ศ. 2551 สัดส่วนร้อยละของปริมาณล็อตที่ตรวจพบของเสียเทียบกับล็อตที่ผ่านการตรวจสอบทั้งหมดมากที่สุดคือ 19.11% ปี พ.ศ. 2552 สัดส่วนร้อยละของปริมาณล็อตที่ตรวจพบของเสียเทียบกับล็อตที่ผ่านการตรวจสอบทั้งหมดมากที่สุดคือ 33.42% และปี พ.ศ. 2553 ตั้งแต่ต้นปีถึงเดือนมิถุนายน สัดส่วนร้อยละของปริมาณล็อตที่ตรวจพบของเสียเทียบกับล็อตที่ผ่านการตรวจสอบทั้งหมดมากที่สุดคือ 45.81% ตามลำดับ ของเสียที่ตรวจพบบางประเภทสามารถทำการ rework ได้ด้วยการใช้สารเคมีละลายผิวเคลือบออกและนำชิ้นงานไปเข้ากระบวนการเคลือบซ้ำใหม่อีกครั้ง และประเภทที่ไม่สามารถทำการ rework ได้ต้องหักของเสียออกงานล็อตนั้นๆและทำการ scrap ทิ้ง

เมื่อพิจารณาแนวโน้มของสัดส่วนร้อยละของปริมาณล็อตที่ตรวจพบของเสียเทียบกับล็อตที่ผ่านการตรวจสอบทั้งหมด สำหรับของเสียประเภทที่มีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันแต่มีปริมาณล็อตที่ตรวจพบน้อยกว่าของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ดังกราฟในภาพที่ 4.5 พบว่าในปี พ.ศ. 2552 สัดส่วน

ร้อยละของปริมาณล็อตที่ตรวจพบของเสียเทียบกับล็อตที่ผ่านการตรวจสอบทั้งหมดมากที่สุดคือ 0.18% และปี พ.ศ. 2553 สัดส่วนร้อยละของปริมาณล็อตที่ตรวจพบของเสียเทียบกับล็อตที่ผ่านการตรวจสอบทั้งหมดมากที่สุดคือ 0.26% ตามลำดับ นอกจากของเสียที่เกิดขึ้นในสายการผลิตจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแล้ว ในการประเมินความสามารถของกระบวนการของโรงงานตัวอย่าง ได้มีการกำหนดค่าเป้าหมายของค่า CpK ที่คำนวณจากคุณลักษณะที่สำคัญของชิ้นงานในแต่ละกระบวนการผลิตไว้ว่าต้องมีค่า 1.67 ขึ้นไป ซึ่งคุณลักษณะที่สำคัญของชิ้นงานของกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีได้แก่ค่าความหนาของชั้นดีบุกที่วัดได้หลังการเคลือบ ซึ่งผลการคำนวณค่า CpK ในช่วงปี พ.ศ. 2552-2553 ที่ผ่านมา ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

ภาพที่ 4.5 สัดส่วนร้อยละของล็อตที่มีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด

ตารางที่ 4.1 ค่า CpK ของค่าความหนาของชั้นดีบุกในปี พ.ศ. 2552

เดือน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
Avg. Cpk	2.45	2.65	2.25	1.78	1.77	1.89	1.82	1.94	1.96	1.97	2.09	2.12
Min. Cpk	1.86	1.79	1.71	1.69	1.72	1.67	1.68	1.61	1.60	1.58	1.78	1.77

ตารางที่ 4.2 ค่า CpK ของค่าความหนาของชั้นดีบุกในปี พ.ศ. 2553

เดือน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม
Avg. Cpk	2.18	2.15	2.17	2.12	2.25	2.50	1.91	1.96
Min. Cpk	1.75	1.89	1.74	1.48	1.82	1.75	1.67	1.76

จากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าค่า CpK โดยเฉลี่ยรวมของค่าความหนาของชั้นดีบุก สามารถได้ค่าตามเป้าหมายคือมีค่าสูงกว่า 1.67 แต่ก็ยังมีค่า CpK ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ย่อยบางกลุ่มที่มีค่าน้อยกว่าเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ ซึ่งเป็นผลมาจากความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี

ผลกระทบที่ตามมาจากปริมาณของเสียที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นส่งผลให้ในแต่ละเดือนมีต้นทุนที่ไม่จำเป็นเกิดขึ้นเนื่องจากขั้นตอนการ rework ชิ้นงาน ซึ่งเพิ่มต้นทุนในด้านปริมาณสารเคมีที่ถูกใช้ไปมากขึ้นในขั้นตอนการเคลือบผิวซ้ำ ต้นทุนด้านแรงงานคนที่เสียไปในการทำงานซ้ำในขณะที่จำนวนชิ้นงานที่ได้เท่าเดิม รวมถึงค่าน้ำ ค่าไฟต่างๆที่ใช้ขณะทำการ rework ซึ่งไม่ได้ช่วยให้ผลผลิตที่ได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีของเสียบางประเภทที่ไม่สามารถทำการ rework ได้ซึ่งต้อง scrap ทิ้งทำให้สูญเสียผลผลิตที่ได้ไปและต้องมีต้นทุนที่เพิ่มขึ้นเพื่อผลิตชิ้นงานใหม่มาทดแทน ซึ่งต้นทุนที่เพิ่มขึ้นของงานส่วนที่ต้อง scrap ทิ้งนั้นสูงกว่าต้นทุนส่วนที่เพิ่มจากการ rework มาก เนื่องจากต้องทำการผลิตชิ้นงานใหม่ทั้งหมดตั้งแต่กระบวนการผลิตแรก ดังนั้นต้นทุนด้านวัตถุดิบและแรงงานจึงสูงขึ้นมากตามไปด้วย ในขณะเดียวกัน เมื่อมีการตรวจพบของเสียในสายการผลิตนอกจากแผนการดำเนินการกับผลิตภัณฑ์ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตจะต้องถูกหยุดเพื่อทำการตรวจสอบหาสาเหตุที่เกี่ยวข้องและดำเนินการแก้ไข ซึ่งหากไม่มีการระบุแนวทางการดำเนินการที่ชัดเจนเพียงพอ ก็จะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาที่ไม่ถูกวิธี ส่งผลให้เกิดของเสียเพิ่มมากขึ้นได้

4.3 การวิเคราะห์กระบวนการ

ข้อกำหนดและความต้องการทางด้านคุณภาพสำหรับกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีประกอบไปด้วยลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานหลังการเคลือบดีบุกจะต้องไม่พบลักษณะที่ผิดปกติของผิวเคลือบ ภายใต้กล้องกำลังขยายต่ำ 10-40 เท่า เช่น การเคลือบดีบุกไม่ติดพื้นผิวชิ้นงานตรงบริเวณที่ต้องการ (Non Plate) การเคลือบดีบุกมากเกินความต้องการเกิดเป็นเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกินบนชิ้นงาน หรือ การเกิดผิวเคลือบพุพอง (Blister) เป็นต้น นอกจากนั้นผิวเคลือบต้องมีความหนาตามที่กำหนด คือ ผิวที่ผ่านการเคลือบแล้วต้องมีค่าความหนาของชั้นดีบุกอยู่ระหว่าง 400-800 Micro-inch สามารถผ่านการทดสอบ Solderability test โดยมีโซลเดอร์เข้าไปยึดเกาะบนผิวเคลือบได้มากกว่า 95% ของพื้นที่ ซึ่งเมื่อมีการตรวจพบปัญหาข้อบกพร่องทางคุณภาพหรือมีของเสียเกิดขึ้นในสายการผลิต พนักงานจะทำการระบุสาเหตุเบื้องต้นและวิธีการแก้ไข โดยบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มการตรวจพบปัญหาที่ทางโรงงาน

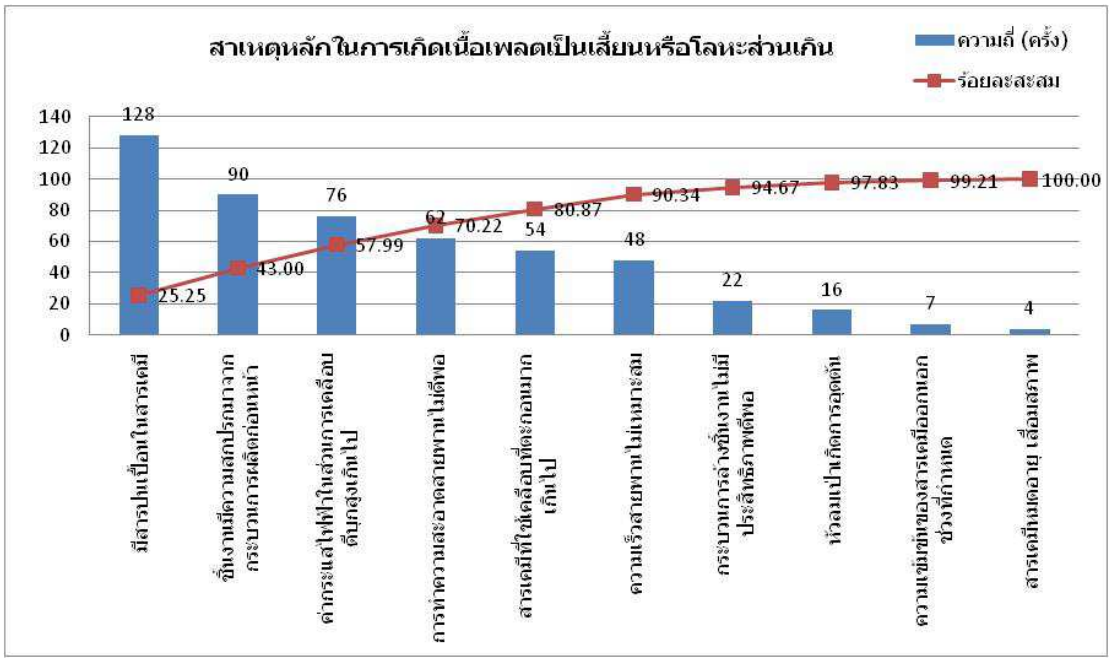
กำหนดและข้อมูลเหล่านี้จะถูกบันทึกลงในระบบฐานข้อมูลหลักของโรงงาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ปัญหาและนำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการเชิงป้องกันต่อไป

จากปัญหาข้อบกพร่องทางด้านคุณภาพที่ได้กล่าวมาข้างต้น ในช่วงปี พ.ศ. 2551 - เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 มีการตรวจพบปัญหาข้อบกพร่อง 3 ประเภทที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ได้แก่ ของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ของเสียที่มีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด และของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability test ซึ่งข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ในอดีตโดยพนักงานเมื่อพบปัญหาข้อบกพร่องในสายการผลิต สามารถนำมาแบ่งประเภทสาเหตุเบื้องต้นในการเกิดข้อบกพร่องทั้ง 3 ประเภทดังกล่าวได้ดังตารางที่ 4.3

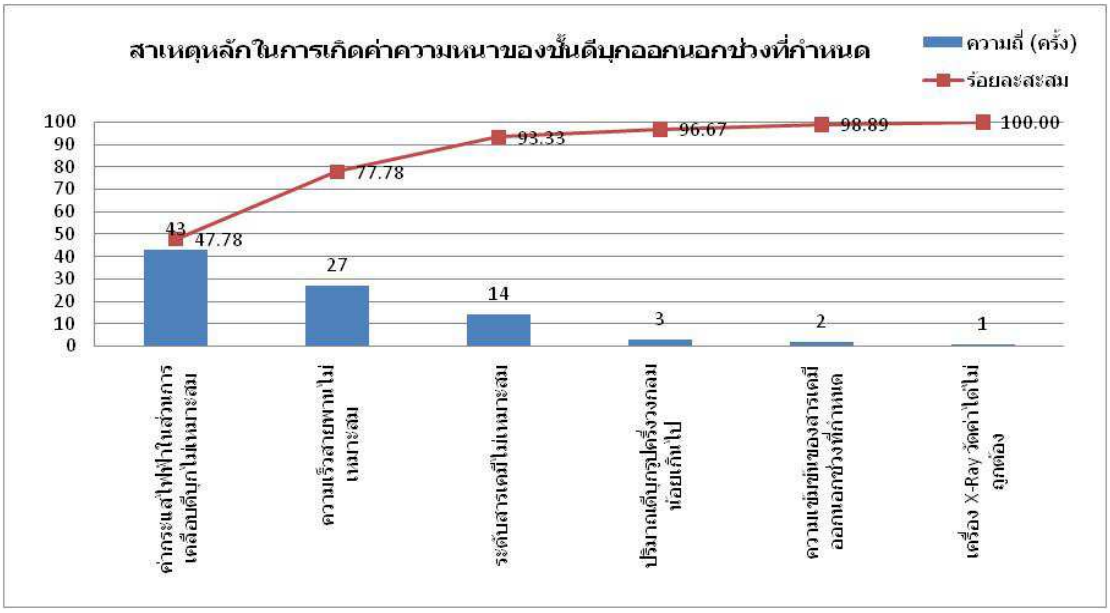
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลสาเหตุเบื้องต้นของปัญหาข้อบกพร่องทางคุณภาพที่บันทึกโดยพนักงาน

ประเภทของเสีย	สาเหตุ	Man	Machine	Method	Material	Environment	จำนวนครั้งที่พบ (บันทึกโดยพนักงาน) (พ.ศ. 2551-2553)
เนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือโลหะส่วนเกิน	ความเข้มข้นของสารเคมีออกนอกช่วงที่กำหนด				X		7
	มีสารปนเปื้อนในสารเคมี				X		128
	สารเคมีที่ใช้เคลือบที่ตะกอนมากเกินไป				X		54
	ค่ากระแสไฟฟ้าในส่วนการเคลือบดีบุกสูงเกินไป		X				76
	ความเร็วสายพานไม่เหมาะสม						48
	ชิ้นงานมีความสกปรกมาจากกระบวนการผลิต				X		90
	สารเคมีหมดอายุ เสื่อมสภาพ				X		4
	กระบวนการล้างชิ้นงานไม่มีประสิทธิภาพดีพอ			X			22
	หัวลมเป่าเกิดการอุดตัน		X				16
	การทำความสะอาดสายพานไม่ดีพอ			X			62
ค่าความหนาออกนอกช่วงที่กำหนด	ค่ากระแสไฟฟ้าในส่วนการเคลือบดีบุกไม่เหมาะสม		X				43
	ความเข้มข้นของสารเคมีออกนอกช่วงที่กำหนด				X		2
	ระดับสารเคมีไม่เหมาะสม		X				14
	ความเร็วสายพานไม่เหมาะสม		X				27
	ปริมาณดีบุกรูปครึ่งวงกลมน้อยเกินไป				X		3
	เครื่อง X-Ray วัดค่าได้ไม่ถูกต้อง			X			1
การทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน	มีสิ่งปนเปื้อนบนพื้นผิวที่ผ่านการเคลือบ				X		2
	กระบวนการล้างชิ้นงานไม่มีประสิทธิภาพดีพอ			X			2
	ความเข้มข้นของสารเคมีไม่เหมาะสม				X		5
	มีสารปนเปื้อนในสารเคมี				X		4
	ค่าความหนาของชั้นดีบุกต่ำเกินไป				X		1
	มีสิ่งปนเปื้อนในการทดสอบ Solderability			X			1
	สภาวะในการทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม			X			4

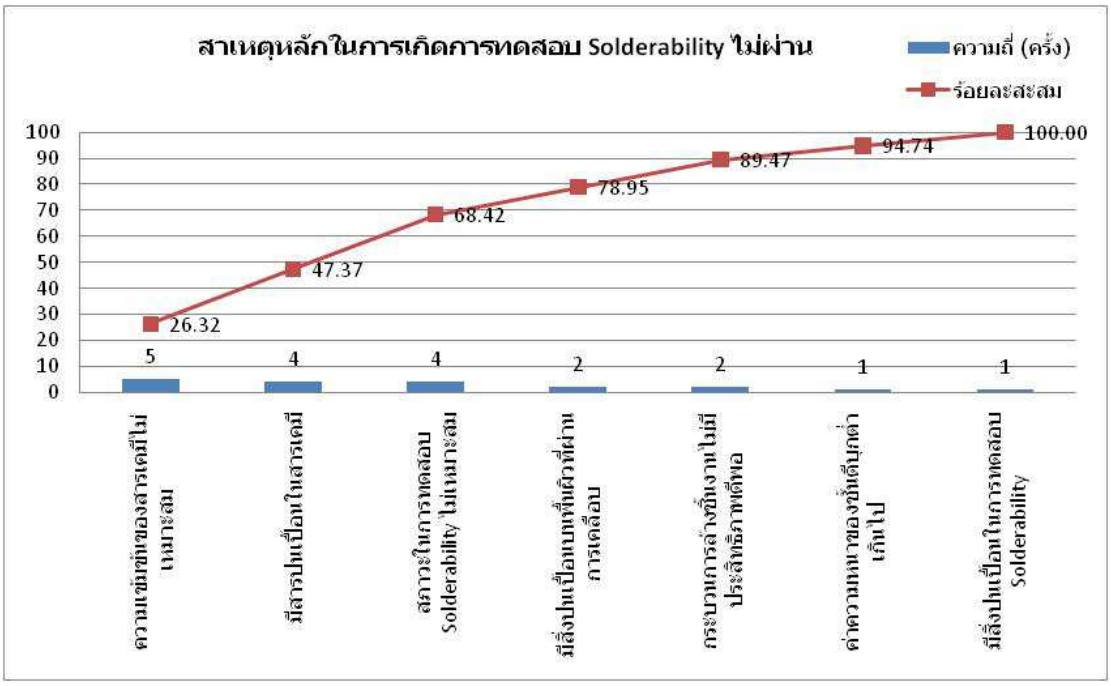
จากตารางที่ 4.3 สามารถนำสาเหตุหลักในการเกิดข้อบกพร่องทางด้านคุณภาพมาจัดลำดับความสำคัญตามความถี่ที่เกิดขึ้นและมีการบันทึกไว้ในช่วงปี พ.ศ. 2551 - 2553 ดังแสดงในภาพที่ 4.6-4.8



ภาพที่ 4.6 สาเหตุเบื้องต้นในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน



ภาพที่ 4.7 สาเหตุเบื้องต้นในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด



ภาพที่ 4.8 สาเหตุเบื้องต้นในการเกิดการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน

จากข้อมูลเบื้องต้นที่ได้จากการบันทึกข้อมูลของพนักงานในสายการผลิต และการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุเบื้องต้นในภาพที่ 4.6-4.8 แสดงให้เห็นว่า สาเหตุเบื้องต้นที่ทำให้ดิกของเสียประเภท เนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ของเสียที่มีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด และของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability test ได้แก่ การเกิดสารปนเปื้อนในสารเคมีที่ใช้ในการผลิต ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลือบไม่เหมาะสม และความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสมตามลำดับ อย่างไรก็ตาม สาเหตุดังกล่าวเป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นซึ่งสามารถแบ่งแยกเป็นสาเหตุย่อยได้อีก เช่น สาเหตุที่พนักงานบันทึกไว้ว่าก่อให้เกิดปัญหาเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกินมากที่สุด ได้แก่การเกิดสารปนเปื้อนในสารเคมีที่ใช้ในการผลิต ซึ่งสารปนเปื้อนที่เกิดขึ้นในสายการผลิตจริงมีหลายประเภทและที่มาจากหลายสาเหตุย่อยแตกต่างกัน หากไม่มีการวิเคราะห์ลึกลงไปในรายละเอียดจะทำให้เกิดการแก้ไขที่ไม่ถูกต้องและเสียทรัพยากรโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ได้ ดังนั้น ผู้วิจัยและทีมงานต้องใช้ข้อมูลเบื้องต้นเหล่านี้ประกอบในการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาโดยผังก้างปลา ต่อไป

4.4 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยผังก้างปลา

จากสาเหตุเบื้องต้นในการเกิดข้อบกพร่องทางด้านคุณภาพที่ถูกบันทึกไว้โดยพนักงานที่ปฏิบัติงานในสายการผลิต ผู้วิจัยและทีมงานได้ทำการระดมสมองเพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาโดยวิธีการวิเคราะห์ผังก้างปลา สำหรับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ดังนี้

ก) การวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดปัญหาเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน

เมื่อนำสาเหตุเบื้องต้นของการเกิดปัญหาเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกินจากพาเรโตในภาพที่ 4.6 ที่ได้จากการบันทึกข้อมูลของพนักงานในสายการผลิต มาทำการวิเคราะห์รายละเอียด พบว่าสามารถแบ่งแยกออกมาเป็นสาเหตุย่อยได้อีก เรียงลำดับการวิเคราะห์สาเหตุเบื้องต้นตามลำดับความสำคัญในพาเรโต ดังนี้

1. มีสารปนเปื้อนในสารเคมี พิจารณาในส่วนการทำความสะอาดส่วนหน้าจนถึงกระบวนการเคลือบได้แก่ Deflash, Activation, Predip และ Plating โดยประเภทของสิ่งปนเปื้อนสามารถแบ่งได้ออกเป็นสาเหตุย่อยได้ดังนี้
   - ก. สารปนเปื้อนที่เป็นโลหะ (Cu, Fe) จากลีดเฟรม
   - ข. สารปนเปื้อนที่เป็นคราบกาวจากลีดเฟรม
   - ค. สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำความสะอาดสายพานด้วย Belt stripper โดยเกิดจากปัจจัยด้านความเข้มข้น Belt stripper ไม่เหมาะสมหรือการกำหนดอายุการใช้งานของ Belt stripper ที่ใช้เวลาเป็นตัวกำหนดอาจไม่เหมาะสมกับการใช้งาน
   - ง. สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากดัมมี่ลีดเฟรม
   - จ. สารปนเปื้อนที่เป็นพวกสนิม หรือ ออกไซด์จากงานที่ต้องรีเวิร์คซึ่งเกิดจากวิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม
   - ฉ. ส่วนของ Deflash ซึ่งเป็นส่วนเริ่มต้นของกระบวนการจะเกิดการปนเปื้อนได้มากที่สุดเนื่องจากเครื่องจักรออกแบบมาให้เริ่มต้นที่กระบวนการ Deflash เลย ไม่มีการล้างชิ้นงานก่อนเข้าถังสารเคมี
2. ชิ้นงานมีความสกปรกมาจากกระบวนการผลิตก่อนหน้า โดยสามารถแบ่งเป็นประเภทย่อยๆได้ดังนี้
   - ก. มีเศษทองแดงที่แตกออกบนลีดเฟรมจากกระบวนการก่อนหน้า

ข. มีเศษวัสดุที่นำไฟฟ้าเช่น อีพอกซี่ที่ใช้ติดไดบางประเภท

ค. มีเศษโลหะบางประเภทติดมาบนชิ้นงานจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต เช่น แมกกาซีนที่ใส่ลีดเฟรมแต่ละล็อต หรือชิ้นส่วนเครื่องจักรในกระบวนการผลิตก่อนหน้า

3. ค่ากระแสไฟฟ้าในส่วนการเคลือบดีบุกสูงเกินไป เนื่องจากปัจจัยย่อยๆดังต่อไปนี้

ก. ตัวจ่ายไฟมีความผิดปกติเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ

ข. เลือกใช้ตัวจ่ายไฟไม่เหมาะกับค่ากระแสที่ต้องการ

ค. ค่ากระแสไฟฟ้าที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน

ง. พนักงานเลือกใช้ค่ากระแสไฟฟ้าไม่ถูกต้อง

จ. มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องอ่านค่าผิดพลาดเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ

ฉ. เลือกใช้มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องไม่เหมาะสม

4. สารเคมีที่ใช้เคลือบที่ตะกอนมากเกินไป เนื่องจากปัจจัยย่อยๆดังต่อไปนี้

ก. ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เป็นแบบ Offline กรองเฉพาะสารเคมีในถังพัก ไม่ได้กรองขณะสูบขึ้น processing cell

ข. การออกแบบข้อต่อ ระบบท่อต่างๆไม่ดีพอ มีจุดหักงอมาก ทำให้มีการกวนให้เกิดฟองอากาศมากเกินไปในระบบไหลเวียนทำให้เกิดตะกอนได้ง่าย

ค. แรงกระแทกจากปั๊มทำให้เกิดฟองอากาศในระบบเนื่องจาก กำหนดให้ใช้แรงดันของปั๊มมากเกินไปหรือ

ง. เกิดความผิดปกติ/ชำรุดในระบบปั๊ม เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอหรือเลือกใช้ปั๊มไม่เหมาะกับแรงดันที่ต้องการ

5. การทำความสะอาดสายพานไม่ดีพอ ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำความสะอาดสายพานด้วย Belt stripper โดยเกิดจากปัจจัยด้านความเข้มข้น Belt stripper ไม่เหมาะสมหรือการกำหนดอายุการใช้งานของ Belt stripper ที่ใช้เวลาเป็นตัวกำหนดอาจไม่เหมาะสมกับการใช้งาน

6. ความเร็วสายพานไม่เหมาะสม เนื่องจากปัจจัยย่อยๆดังต่อไปนี้

ก. มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอหรือเลือกใช้มอเตอร์ไม่เหมาะสม

ข. ค่าความเร็วสายพานที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน

ค. พนักงานเลือกใช้ความเร็วสายพานไม่ถูกต้อง

ง. มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอหรือเลือกใช้มอเตอร์ไม่เหมาะสม

7. กระบวนการล้างชิ้นงานไม่มีประสิทธิภาพดีพอ (พิจารณาทั้งส่วนของการล้างชิ้นงานด้วยสารเคมีและน้ำล้าง) เนื่องจากปัจจัยย่อยๆดังต่อไปนี้

ก. ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนกันเกิดการชำรุด สึกหรอทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลง เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ

ข. ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนถูกออกแบบไว้ไม่เหมาะสม ทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลงได้ง่าย

ค. หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอหรือมีสิ่งสกปรก ตะกอนปนมากับน้ำ DI

ง. แรงดันน้ำที่กำหนดให้ใช้ไม่เหมาะสม

8. หัวลมเป่าเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ หรือมีสิ่งสกปรกปนมากับอากาศ

9. ความเข้มข้นของสารเคมีออกนอกช่วงที่กำหนด พิจารณาในส่วนการทำความสะอาดส่วนหน้าจนถึงกระบวนการเคลือบได้แก่ Deflash, Activation, Predip และ Plating เนื่องจากปัจจัยย่อยๆดังต่อไปนี้

ก. ความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสม

ข. ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง

ค. ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ไม่ถูกต้อง

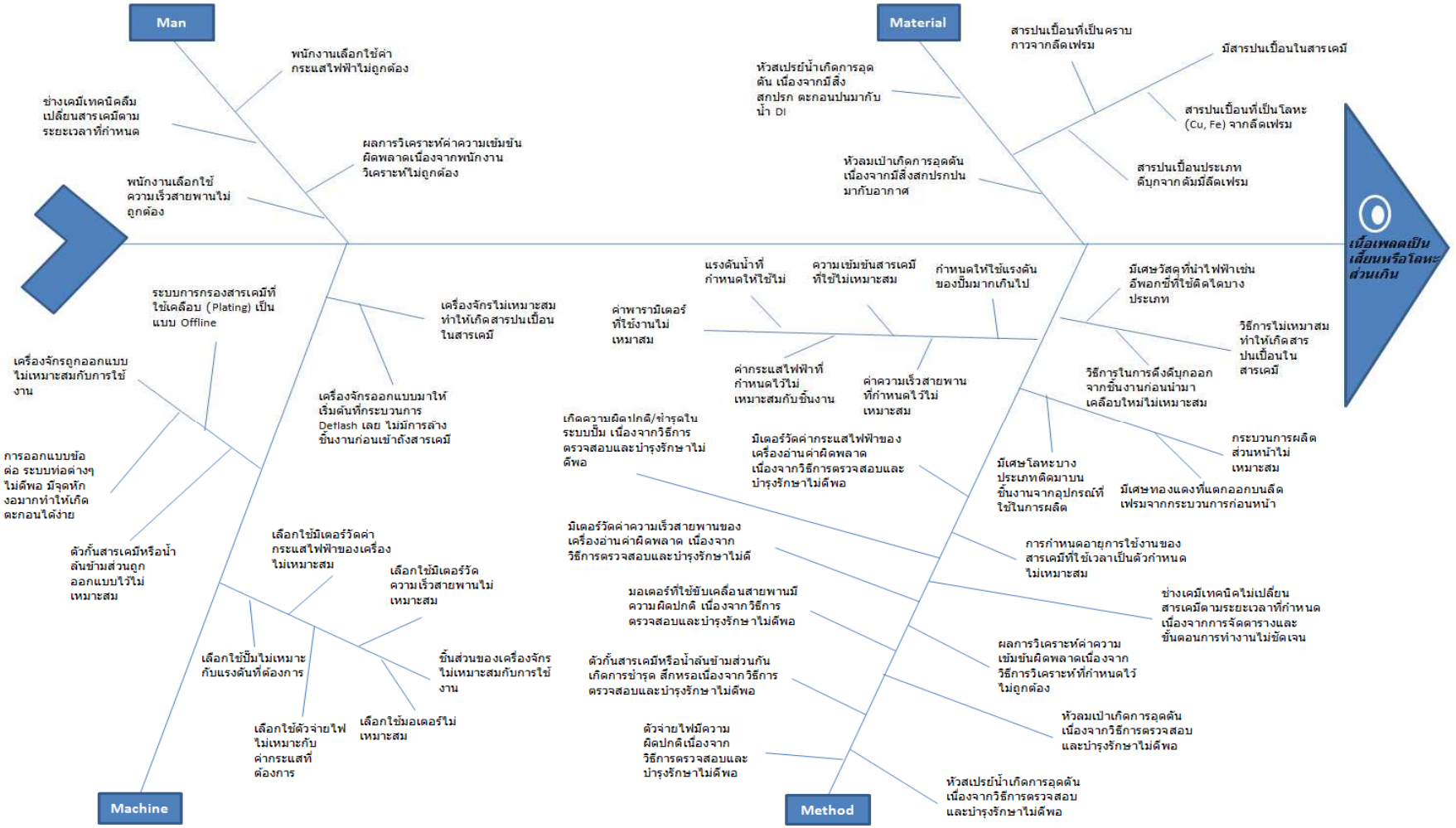
10. สารเคมีหมดอายุ เสื่อมสภาพ เนื่องจากปัจจัยย่อยๆดังต่อไปนี้

ก. การกำหนดอายุการใช้งานของสารเคมีที่ใช้เวลาเป็นตัวกำหนดไม่เหมาะสม

ข. ช่างเคมีเทคนิคลืมเปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด

ค. ช่างเคมีเทคนิคไม่เปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด เนื่องจากการจัดตารางและขั้นตอนการทำงานไม่ชัดเจน ทำให้พนักงานสับสน

โดยสาเหตุย่อยที่เพิ่มมาในแต่ละหัวข้อ สามารถแบ่งแยกประเภทที่เกี่ยวข้องกับคน (Man) วิธีการหรือขั้นตอนการทำงาน (Method) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) และสภาพแวดล้อม (Environment) ได้ใหม่ดังผังก้างปลาแสดงสาเหตุในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกินในภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน

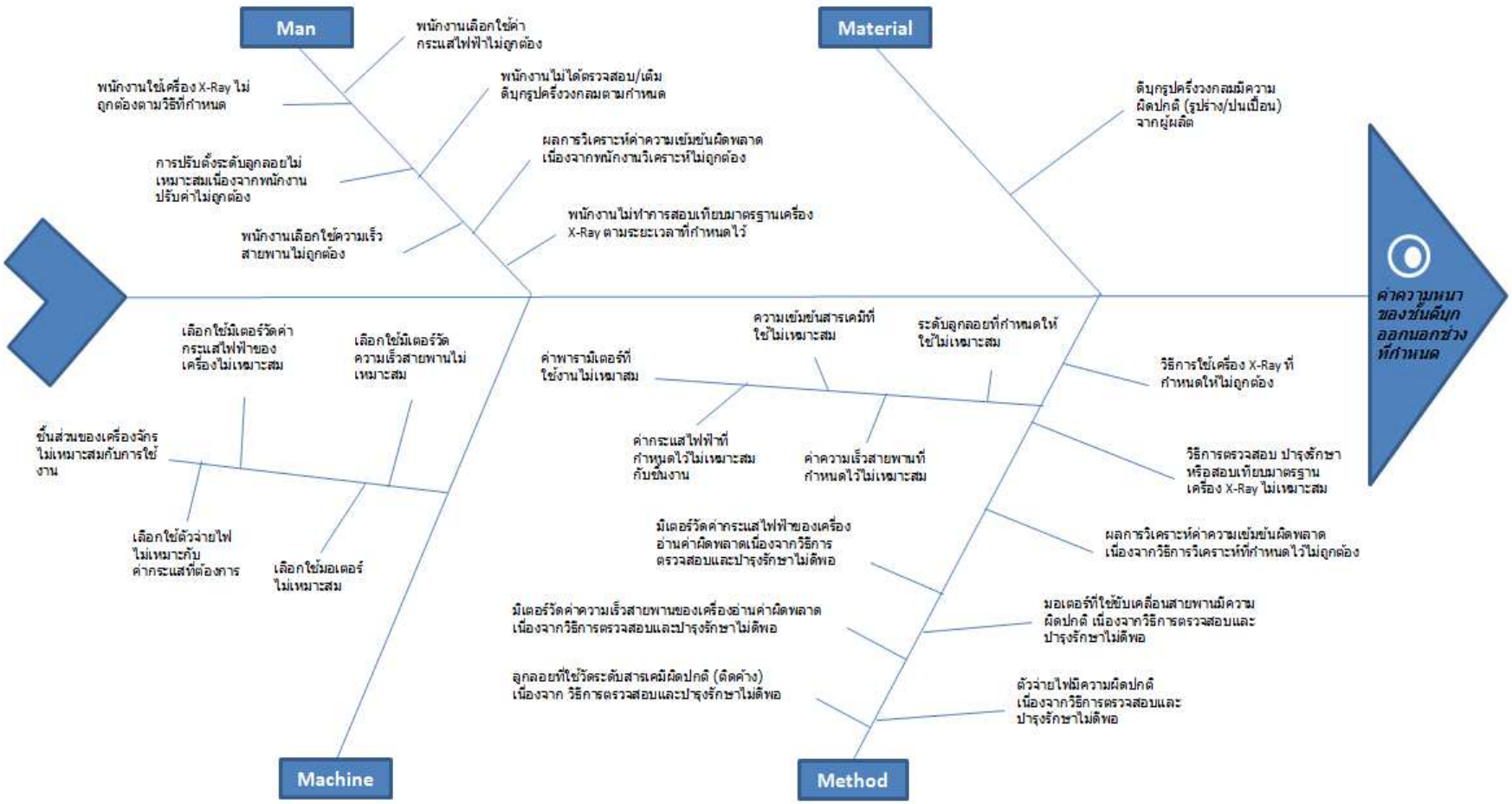
ข) การวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด

เมื่อนำสาเหตุเบื้องต้นของการเกิดปัญหาค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนดจากพาเรโตในภาพที่ 4.7 ที่ได้จากการบันทึกข้อมูลของพนักงานในสายการผลิต มาทำการวิเคราะห์รายละเอียด พบว่าสามารถแบ่งแยกออกมาเป็นสาเหตุย่อยได้อีก เรียงลำดับการวิเคราะห์สาเหตุเบื้องต้นตามลำดับความสำคัญในพาเรโต ดังนี้

1. ค่ากระแสไฟฟ้าในส่วนการเคลือบดีบุกสูงไม่เหมาะสม เนื่องจากปัจจัยย่อยๆ ดังต่อไปนี้
   ก. ตัวจ่ายไฟมีความผิดปกติเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ
   ข. เลือกใช้ตัวจ่ายไฟไม่เหมาะกับค่ากระแสที่ต้องการ
   ค. ค่ากระแสไฟฟ้าที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน
   ง. พนักงานเลือกใช้ค่ากระแสไฟฟ้าไม่ถูกต้อง
   จ. มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องอ่านค่าผิดพลาดเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ
   ฉ. เลือกใช้มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องไม่เหมาะสม
2. ความเร็วสายพานไม่เหมาะสม เนื่องจากปัจจัยย่อยๆดังต่อไปนี้
   ก. มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอหรือเลือกใช้มอเตอร์ไม่เหมาะสม
   ข. ค่าความเร็วสายพานที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน
   ค. พนักงานเลือกใช้ความเร็วสายพานไม่ถูกต้อง
   ง. มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอหรือเลือกใช้มอเตอร์ไม่เหมาะสม
3. ระดับสารเคมีไม่เหมาะสม เนื่องจากปัจจัยย่อยๆดังต่อไปนี้
   ก. ลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมีผิดปกติ (ติดค้าง) เนื่องจาก วิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ
   ข. การปรับตั้งระดับลูกลอยไม่เหมาะสมเนื่องจากพนักงานปรับค่าไม่ถูกต้อง
   ค. ระดับลูกลอยที่กำหนดให้ใช้ไม่เหมาะสม
4. ปริมาณดีบุกรูปครึ่งวงกลมน้อยเกินไป เนื่องจากปัจจัยย่อยๆดังต่อไปนี้
   ก. พนักงานไม่ได้ตรวจสอบ/เติมดีบุกรูปครึ่งวงกลมตามกำหนด
   ข. ดีบุกรูปครึ่งวงกลมมีความผิดปกติ (รูปร่าง/ปนเปื้อน) จากผู้ผลิต

5. ความเข้มข้นของสารเคมีออกนอกช่วงที่กำหนด พิจารณาในส่วน Predip และ Plating เนื่องจากปัจจัยย่อยๆดังต่อไปนี้
   ก. ความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสม
   ข. ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง
   ค. ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ไม่ถูกต้อง
6. เครื่อง X-Ray วัดค่าได้ไม่ถูกต้อง เนื่องจากปัจจัยย่อยๆดังต่อไปนี้
   ก. พนักงานใช้เครื่อง X-Ray ไม่ถูกต้องตามวิธีที่กำหนด
   ข. วิธีการใช้เครื่อง X-Ray ที่กำหนดให้ไม่ถูกต้อง
   ค. วิธีการตรวจสอบ บำรุงรักษา หรือสอบเทียบมาตรฐานไม่เหมาะสม
   ง. พนักงานไม่ทำการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องตามระยะเวลาที่กำหนดไว้

โดยสาเหตุย่อยที่เพิ่มมาในแต่ละหัวข้อ สามารถแบ่งแยกประเภทที่เกี่ยวข้องกับคน (Man) วิธีการหรือขั้นตอนการทำงาน (Method) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) และสภาพแวดล้อม (Environment) ได้ใหม่ดังผังก้างปลาแสดงสาเหตุในการเกิดปัญหาค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด ในภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุในการเกิดปัญหาค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด

ค) การวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน

เมื่อนำสาเหตุเบื้องต้นของการเกิดปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่านจากพาเรโตในภาพที่ 4.8 ที่ได้จากการบันทึกข้อมูลของพนักงานในสายการผลิต มาทำการวิเคราะห์รายละเอียดพบว่าสามารถแบ่งแยกออกมาเป็นสาเหตุย่อยได้อีก เรียงลำดับการวิเคราะห์สาเหตุเบื้องต้นตามลำดับความสำคัญในพาเรโต ดังนี้

1. ความเข้มข้นของสารเคมีออกนอกช่วงที่กำหนด พิจารณาในส่วนการทำความสะอาดส่วนหน้าจนถึงสิ้นสุดกระบวนการเคลือบได้แก่ Deflash, Activation, Predip, Plating และ Neutralizer เนื่องจากปัจจัยย่อยๆดังต่อไปนี้
   ก. ความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสม
   ข. ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง
   ค. ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ไม่ถูกต้อง
2. มีสารปนเปื้อนในสารเคมีในส่วนการทำความสะอาดส่วนหน้าจนถึงกระบวนการเคลือบได้แก่ Deflash, Activation, Predip และ Plating โดยประเภทของสิ่งปนเปื้อนสามารถแบ่งได้ดังนี้
   ก. สารปนเปื้อนที่เป็นโลหะ (Cu, Fe) จากลีดเฟรม
   ข. สารปนเปื้อนที่เป็นคราบกาวจากลีดเฟรม
   ค. สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำความสะอาดสายพานด้วย Belt stripper โดยเกิดจากปัจจัยด้านความเข้มข้น Belt stripper และการกำหนดอายุการใช้งานของ Belt stripper ที่ใช้เวลาเป็นตัวกำหนดอาจไม่เหมาะสมกับการใช้งาน
   ง. สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากดัมมี่ลีดเฟรม
   จ. สารปนเปื้อนที่เป็นพวกสนิม หรือ ออกไซด์จากงานที่ต้องรีเวิร์คซึ่งเกิดจากวิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม
   ฉ. นอกจากนี้ ในส่วนของ Deflash ซึ่งเป็นส่วนเริ่มต้นของกระบวนการจะเกิดการปนเปื้อนได้มากที่สุดเนื่องจากเครื่องจักรออกแบบมาให้เริ่มต้นที่กระบวนการ Deflash เลย ไม่มีการล้างชิ้นงานก่อนเข้าถังสารเคมี
3. สภาวะในการทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากปัจจัยย่อยๆดังต่อไปนี้

ก. อุณหภูมิที่เครื่องสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากสายวัดและควบคุมอุณหภูมิชำรุด จากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ

ข. สายวัดและควบคุมอุณหภูมิชำรุดเนื่องจากการเลือกใช้สายวัดอุณหภูมิไม่เหมาะสม

ค. อุณหภูมิสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากพนักงานไม่รอให้อุณหภูมิได้ตามที่กำหนด

ง. สภาวะที่กำหนดให้ใช้ในการทดสอบไม่เหมาะสม

4. มีสิ่งปนเปื้อนบนพื้นผิวที่ผ่านการเคลือบ มากเกินกว่าที่กระบวนการล้างชิ้นงานในกระบวนการเคลือบจะล้างออกได้หมด โดยสามารถแบ่งสิ่งปนเปื้อนได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่สิ่งปนเปื้อนบนลีดเฟรม และสิ่งปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตส่วนหน้า
5. กระบวนการล้างชิ้นงานไม่มีประสิทธิภาพดีพอ (พิจารณาทั้งส่วนของการล้างชิ้นงานด้วยสารเคมีและน้ำล้าง) เนื่องจากปัจจัยย่อยๆดังต่อไปนี้

ก. ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนกันเกิดการชำรุด สึกหรอทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลง เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ

ข. ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนถูกออกแบบไว้ไม่เหมาะสม ทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลงได้ง่าย

ค. หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอหรือมีสิ่งสกปรก ตะกอนปนมากับน้ำ DI

ง. แรงดันน้ำที่กำหนดให้ใช้ไม่เหมาะสม

6. ค่าความหนาของชั้นดีบุกต่ำเกินไป (ทำการวิเคราะห์รายละเอียดในหัวข้อสาเหตุของการเกิดปัญหาค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด)
7. มีสิ่งปนเปื้อนในการทดสอบ Solderability เนื่องจากปัจจัยย่อยๆดังต่อไปนี้

ก. การกำหนดอายุการใช้งานของ solder ที่ใช้ในการทดสอบไม่เหมาะสม

ข. มีสิ่งปนเปื้อนใน solder มาจากบริษัทผู้ผลิต

ค. มีสิ่งปนเปื้อนใน solder มาจากงานทดลองอื่นๆ

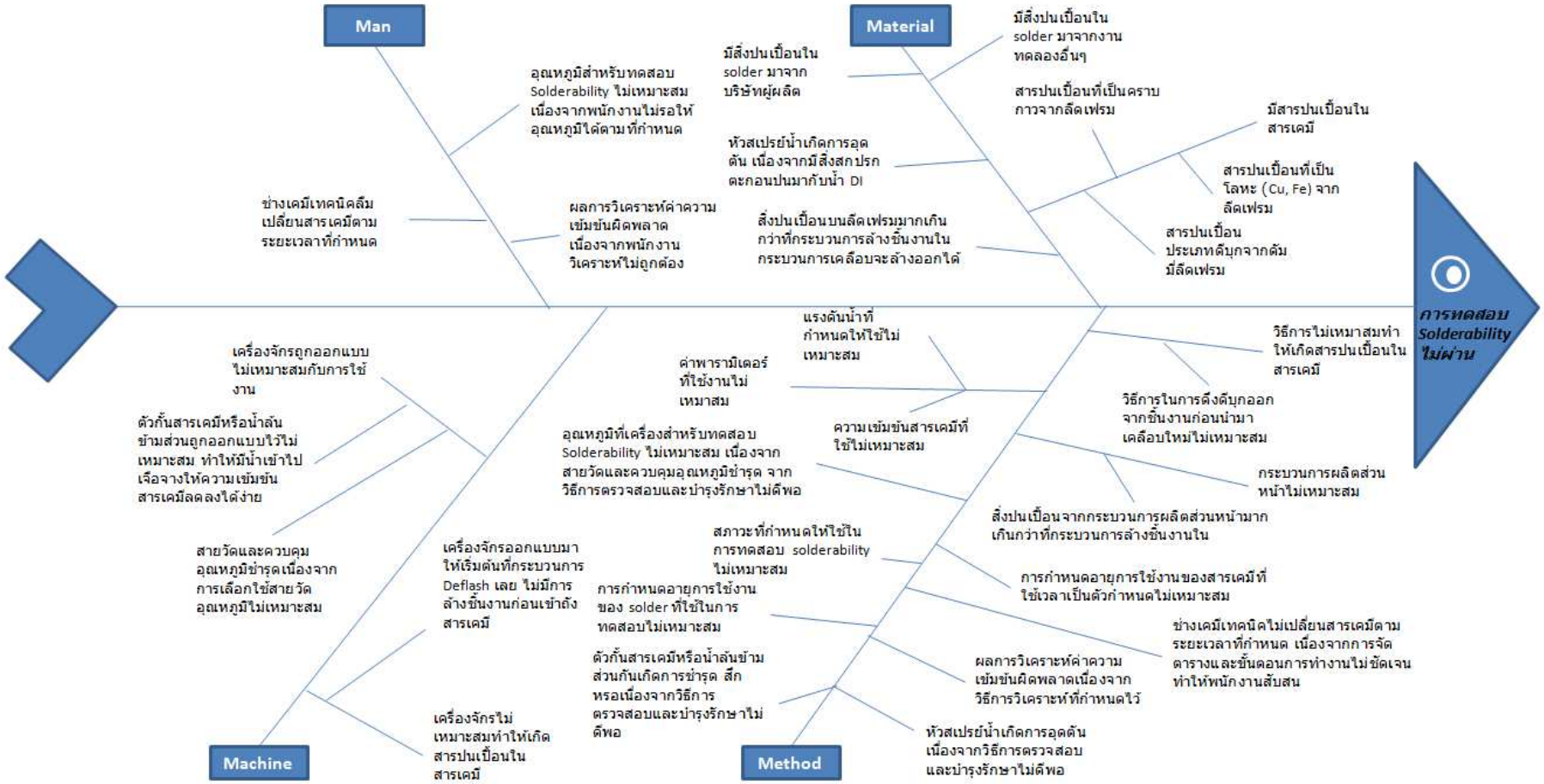
8. สารเคมีหมดอายุ เสื่อมสภาพ เนื่องจากปัจจัยย่อยๆดังต่อไปนี้

ก. การกำหนดอายุการใช้งานของสารเคมีที่ใช้เวลาเป็นตัวกำหนดไม่เหมาะสม

ข. ช่างเคมีเทคนิคลืมเปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด

ค. ช่างเคมีเทคนิคไม่เปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด เนื่องจากการจัดตารางและขั้นตอนการทำงานไม่ชัดเจน ทำให้พนักงานสับสน

โดยสาเหตุย่อยที่เพิ่มมาในแต่ละหัวข้อ สามารถแบ่งแยกประเภทที่เกี่ยวข้องกับคน (Man) วิธีการหรือขั้นตอนการทำงาน (Method) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) และสภาพแวดล้อม (Environment) ได้ใหม่ดังผังก้างปลาแสดงสาเหตุในการเกิดปัญหาค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด ในภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุในการเกิดปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน

จากนั้น เพื่อทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา จึงได้ดำเนินการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) สำหรับ ปัญหาเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกิน ปัญหาค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด และปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่านตามลำดับ ดังนี้

4.5 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)

หลักจากที่ผู้วิจัยและทีมงานดำเนินการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคผังก้างปลาแล้วพบว่าแต่ละข้อบกพร่องมีสาเหตุของปัญหาที่แตกย่อยออกมาหลากหลายสาเหตุ ซึ่งสาเหตุที่ได้มาเหล่านี้เกิดจากข้อมูลการเกิดขึ้นจริงที่บันทึกไว้ในอดีตและข้อมูลจากการระดมสมองของทีมงานถึงโอกาสและความเป็นไปได้ในการเกิดปัญหา แต่ไม่เคยเกิดขึ้นจริงหรือมีโอกาสเกิดน้อยมากในสายการผลิต โดยผลกระทบหรือความรุนแรงของปัญหาที่เกิดจากสาเหตุต่างๆย่อมมีความแตกต่างกัน อีกทั้งมาตรการการควบคุมและป้องกันปัญหาในสายการผลิตที่มีอยู่ยังมีความแตกต่างกันด้วย จึงมีความจำเป็นในการนำสาเหตุย่อยๆที่ได้จากการวิเคราะห์ผังก้างปลานั้น มาจัดระเบียบข้อมูลใหม่ให้เป็นแบบแผนที่ชัดเจน และเชื่อมโยงกับข้อมูลความรุนแรงของปัญหา โอกาสในการเกิดปัญหา และการควบคุมป้องกันหรือตรวจจับปัญหาในปัจจุบัน เพื่อนำไปสู่การกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้อง ดังนั้น ผู้วิจัยและทีมงานจึงนำหลักการ “การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)” มาประยุกต์ใช้เพิ่มเติมในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เพื่อประเมินโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง ความรุนแรงอันเกิดจากลักษณะบกพร่อง โอกาสการตรวจพบลักษณะบกพร่อง ทำการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของปัญหาใหม่ และกำหนดวิธีการแก้ไขหรือป้องกันไม่ให้เกิดข้อบกพร่องนั้น ๆ อย่างเหมาะสมต่อไป

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ใช้รูปแบบเอกสารและแนวทางการประเมินคะแนนค่าความรุนแรง ค่าโอกาสหรือความถี่ในการเกิด และค่าการตรวจจับ รวมถึงแนวทางการประเมินเพื่อจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุการเกิดข้อบกพร่อง จากการอ้างอิงจากคู่มือการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA), พิมพ์ครั้งที่ 4 ของ Chrysler LCC, Ford Motor Company, General Motors Corporation ซึ่งเป็นคู่มือมาตรฐานที่โรงงานตัวอย่างใช้อ้างอิงเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการและข้อกำหนดของกลุ่มลูกค้าที่เป็นกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์เป็นหลัก โดยมีขั้นตอนการประเมินการวิเคราะห์ลักษณะ

ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) สำหรับข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกิน ค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด และชิ้นงานไม่ผ่านการทดสอบ Solderability ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ดังนี้

ก) การระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องในแบบฟอร์ม FMEA

1. ระบุหมายเลข FMEA
2. ชื่อผลิตภัณฑ์ใช้ชี้บ่งประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ทำการวิเคราะห์
3. จัดทำโดย ให้ใส่ชื่อกลุ่มของผู้รับผิดชอบโครงงานในการจัดทำ FMEA นั้น
4. หมายเลขผลิตภัณฑ์ใส่หมายเลขรุ่นหรือรหัสกลุ่มของผลิตภัณฑ์
5. วันที่ป้อน ให้ระบุวันที่เริ่มต้นเกี่ยวข้องกับ FMEAนั้น
6. วันที่ของ FMEA ให้ระบุวันที่ที่จัดทำต้นฉบับ FMEAนั้นรวมทั้งวันที่ที่ได้รับการทบทวนครั้งล่าสุดด้วย
7. คณะผู้ทำงานหลัก ให้ลงชื่อบุคคลและแผนกซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบและมีอำนาจหน้าที่ในการชี้บ่งและหรือดำเนินภารกิจนั้น ๆ
8. ระบุรายละเอียดของกระบวนการ / หน้าที่ของกระบวนการ หรือการปฏิบัติงานที่ทำการวิเคราะห์ ชี้บ่งจุดประสงค์ของกระบวนการหรือการปฏิบัติงานที่ทำการวิเคราะห์ในลักษณะซึ่งกระชับที่สุดเท่าที่จะทำได้
9. ลักษณะข้อบกพร่อง
10. ผลกระทบด้านศักยภาพของข้อบกพร่อง ข้อบกพร่องด้านศักยภาพ ได้รับการจำกัดความไว้ในลักษณะ ผลกระทบของข้อบกพร่องตามลูกค้า ซึ่งลูกค้าในที่นี้อาจหมายถึงการปฏิบัติงานอันดับต่อไป หรือการปฏิบัติงานหรือสถานที่ที่ตามมาต่อ ๆ ไป เป็นต้น

ข) การระบุค่าความรุนแรง (Severity, S)

การระบุค่าความรุนแรง เพื่อประเมินระดับความรุนแรงของผลกระทบจากการเกิดข้อบกพร่องแต่ละประเภท โดยอ้างอิงเกณฑ์การให้คะแนนจากคู่มือการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA), พิมพ์ครั้งที่ 4 ของ Chrysler LCC, Ford Motor Company, General Motors Corporation ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แนวทางการประเมินค่าความรุนแรง (Severity, S)

ผลกระทบ	ความรุนแรงของผลกระทบ		คะแนนค่าความรุนแรง
อันตรายโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	ข้อบกพร่องที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและ/หรือ กฎหมาย/ข้อบังคับของรัฐบาล	ข้อบกพร่องที่เป็นไปได้มีผลกระทบต่อระบบการทำงาน/ความปลอดภัยหรือความเสียหายเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์/ชิ้นส่วน หรือก่อให้เกิดสภาวะความไม่ปลอดภัยในการใช้งาน หรือ ต่อลูกค้าและ/หรือเกี่ยวข้องกับการไม่เป็นไปตามกฎหมาย/ข้อบังคับของรัฐบาล โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	10
อันตรายโดยมีการเตือนล่วงหน้า	ข้อบกพร่องที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและ/หรือ กฎหมาย/ข้อบังคับของรัฐบาล	ข้อบกพร่องที่เป็นไปได้มีผลกระทบต่อระบบการทำงาน/ความปลอดภัย หรือความเสียหายเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์/ชิ้นส่วน หรือก่อให้เกิดสภาวะความไม่ปลอดภัยในการใช้งาน หรือ ต่อลูกค้าและ/หรือเกี่ยวข้องกับการไม่เป็นไปตามกฎหมาย/ข้อบังคับของรัฐบาล โดยมีการเตือนล่วงหน้า	9
สูงมาก	สูญเสียหรือเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานหลัก	ผลิตภัณฑ์สูญเสียหน้าที่การทำงานหลักไม่สามารถไม่สามารถใช้งานได้ แต่ไม่มีผลกระทบต่อด้านความปลอดภัยของระบบการทำงาน	8
สูง	สูญเสียหรือเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานหลัก	ผลิตภัณฑ์ มีความเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานหลักแต่ยัง สามารถใช้งานได้ แต่ประสิทธิภาพลดลง ก่อให้เกิดความไม่พึงพอใจของลูกค้า	7
ผลกระทบปานกลาง	สูญเสียหรือเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานรอง	ผลิตภัณฑ์สูญเสียหน้าที่การทำงานรองแต่ยังสามารถใช้งานได้แต่ลูกค้าพบว่าไม่สะดวกในการใช้งาน ฟังก์ชั่นด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน หรืออาจก่อให้เกิดการร้องเรียนจากลูกค้า ลูกค้าไม่พอใจ	6
ผลกระทบต่ำ	สูญเสียหรือเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานรอง	ผลิตภัณฑ์มีความเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานรองแต่ยังสามารถใช้งานได้ แต่ฟังก์ชั่นการทำงานรองและ ฟังก์ชั่นด้านความสะดวกสบายในการใช้งานมีประสิทธิภาพลดลง หรืออาจก่อให้เกิดการร้องเรียนจากลูกค้า ลูกค้าไม่พอใจ	5
ผลกระทบต่ำมาก	ทำให้เกิดความรำคาญ	รูปลักษณ์ภายนอกไม่เป็นไปตามข้อกำหนด(อาจเกี่ยวข้องกับขนาด/มิติ/รูปร่างเสียงของผลิตภัณฑ์) และข้อบกพร่องสามารถ ถูกสังเกตโดยลูกค้าส่วนใหญ่ (>75%)	4
ผลกระทบเล็กน้อย	ทำให้เกิดความรำคาญ	รูปลักษณ์ภายนอกไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (อาจเกี่ยวข้องกับขนาด/มิติ/รูปร่างของผลิตภัณฑ์) และข้อบกพร่องสามารถถูกสังเกตโดยลูกค้าปานกลาง (ประมาณ 50%)	3
ผลกระทบเล็กน้อยมาก	ทำให้เกิดความรำคาญ	รูปลักษณ์ภายนอกไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (อาจเกี่ยวข้องกับขนาด/มิติ/รูปร่างของผลิตภัณฑ์) และข้อบกพร่องสามารถถูกสังเกตได้โดยลูกค้าทั่วไปบางครั้ง (<25%)	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ	1

ซึ่งเมื่อทำการประเมินระดับความรุนแรงของข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ของเสียที่มีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด และของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability test ของกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี โดยพิจารณาถึงผลกระทบต่อการนำไปใช้งานของผลิตภัณฑ์ ผลกระทบด้านความปลอดภัยและกฎหมายข้อบังคับของรัฐบาลที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงความพึงพอใจของลูกค้าในการใช้งาน สามารถพิจารณาให้คะแนนค่าความรุนแรงสำหรับปัญหาข้อบกพร่องดังกล่าวได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินค่าความรุนแรง (Severity, S)

ข้อบกพร่อง	ผลกระทบ	คะแนนค่าความรุนแรง
การเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกิน	ก่อให้เกิดความเสี่ยงที่อาจจะทำให้เกิดการลัดวงจรทางไฟฟ้าเมื่อนำวงจรไฟฟ้ารวมไปติดลงบนแผงวงจรไฟฟ้าเวลานำไปใช้งาน เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง สามารถตรวจสอบได้ด้วยการตรวจใต้กล้องด้วยสายตาหรือการตรวจชิ้นงานผ่านเครื่องตรวจสอบด้วยกล้องอัตโนมัติ (Auto-Vision inspection) หากข้อบกพร่องประเภทนี้หลุดลอดไปถึงลูกค้า สามารถถูกตรวจพบได้ที่ลูกค้า และถึงแม้ว่าจะไม่เกิดการลัดวงจรทางไฟฟ้า ลูกค้าก็ยังคงรู้สึกไม่พึงพอใจ ไม่มั่นใจในการนำวงจรไฟฟ้ารวมไปใช้งานและเป็นที่มาของข้อร้องเรียนได้	5
การเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด	ก่อให้เกิดความเสี่ยงที่อาจจะทำให้เกิดปัญหาอื่นๆตามมาเช่น ค่าความหนาของชั้นดีบุกต่ำเกินไปจะทำให้ชิ้นงานมีโอกาสเกิดการเปลี่ยนสีและสึกกร่อนเนื่องจากการเกิด Oxidation ได้ง่ายเมื่อชิ้นงานถูกเก็บในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม หรือ หากค่าความหนาของชั้นดีบุกสูงเกินไป อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนดีบุกสะสมบนอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบทางไฟฟ้าหรือแผงวงจรไฟฟ้าขณะนำวงจรไฟฟ้ารวมไปใช้งานได้ ดังนั้นข้อบกพร่องนี้จึงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของวงจรไฟฟ้ารวมลดลง สามารถตรวจสอบได้ด้วยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค X-Ray Fluorescence หากข้อบกพร่องประเภทนี้หลุดลอดไปถึงลูกค้า สามารถถูกตรวจพบได้ที่ลูกค้า ถึงแม้ว่าจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาอื่นๆดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ลูกค้าก็ยังคงรู้สึกไม่พึงพอใจ ไม่มั่นใจในการนำวงจรไฟฟ้ารวมไปใช้งานและเป็นที่มาของข้อร้องเรียนได้	5
การทดสอบ Solderability บนชิ้นงานไม่ผ่าน	ก่อให้เกิดความเสี่ยงที่วงจรไฟฟ้ารวมจะไม่สามารถเชื่อมต่อกับแผงวงจรไฟฟ้าเมื่อนำวงจรไฟฟ้ารวมไปติดลงบนแผงวงจรไฟฟ้าเวลานำไปใช้งาน ซึ่งเป็นหน้าที่การทำงานหลักของวงจรไฟฟ้ารวม ซึ่งข้อบกพร่องประเภทนี้สามารถตรวจสอบได้ด้วยการทดสอบ Solderability Test ซึ่งเป็นการทดสอบประเภททำลายชิ้นงาน (Destructive Test) ไม่สามารถนำชิ้นงานที่สุ่มมาทดสอบกลับมาใช้งานต่อได้อีก หากข้อบกพร่องประเภทนี้หลุดลอดไปถึงลูกค้า และสามารถถูกตรวจพบได้ที่ลูกค้าเมื่อเกิดปัญหาในการนำไปใช้งาน ก็จะเป็นที่มาของข้อร้องเรียนได้	8

ค) การระบุค่าความถี่ในการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence, O)

การระบุค่าความถี่ในการเกิดข้อบกพร่อง เพื่อประเมินโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องของสาเหตุแต่ละประเภท โดยอ้างอิงเกณฑ์การให้คะแนนจากคู่มือการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA), พิมพ์ครั้งที่ 4 ของ Chrysler LCC, Ford Motor Company, General Motors Corporation ดังตารางที่ 4.6 ที่แนะแนวทางการระบุค่าความถี่ในการเกิดข้อบกพร่องจากปริมาณชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องเทียบต่อจำนวนชิ้นงานที่ผ่านการตรวจสอบทั้งหมด

ตารางที่ 4.6 แนวทางการประเมินค่าความถี่ในการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence, O)

ระดับความถี่	คะแนน	ความถี่ในการเกิดข้อบกพร่อง (จำนวนครั้งที่เกิดต่อผลิตภัณฑ์/ระบบ)	
สูงมาก	10	>/=100 ในพันส่วน (100,000 DPM)	>/= 1 ใน 10
สูง	9	50 ในพันส่วน (50,000 DPM)	1 ใน 20
สูง	8	20 ในพันส่วน (20,000 DPM)	1 ใน 50
สูง	7	10 ในพันส่วน (10,000 DPM)	1 ใน 100
ปานกลาง	6	2 ในพันส่วน (2,000 DPM)	1 ใน 500
ปานกลาง	5	0.5 ในพันส่วน (500 DPM)	1 ใน 2,000
ปานกลาง	4	0.1 ในพันส่วน (100 DPM)	1 ใน 10,000
ต่ำ	3	0.01 ในพันส่วน (10 DPM)	1 ใน 100,000
ต่ำ	2	</= 0.001 ในพันส่วน (1 DPM)	1 ใน 1,000,000
ต่ำมาก	1	ข้อบกพร่องสามารถถูกกำจัดได้โดยการควบคุมเชิงป้องกัน	ข้อบกพร่องสามารถถูกกำจัดได้โดยการควบคุมเชิงป้องกัน

เนื่องจากสาเหตุของข้อบกพร่องที่ระบุไว้ โรงงานได้มีระบบฐานข้อมูลเพื่อเก็บบันทึกข้อมูลรายละเอียดการเกิดปัญหาในสายการผลิต ดังนั้น จึงพิจารณาให้คะแนนความถี่โดยคิดจากปริมาณข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นต่อชิ้นงานทั้งหมดที่ถูกตรวจสอบล้านส่วน (Defective part per million, DPM) โดยเมื่อพิจารณาที่การเกิดข้อบกพร่องประเภทเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกิน ในช่วง ปี พ.ศ. 2551- เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 พบว่ามีจำนวนล็อตที่ผ่านการตรวจสอบทางกายภาพด้วยสายตาให้กล้องกำลังขยายต่ำทั้งสิ้น 94,740 ล็อต ซึ่งจะมีชิ้นงานหรือวงจรไฟฟ้ารวมที่ถูกตรวจสอบประมาณ 450 ตัวต่อล็อต คิดเป็นชิ้นงานที่ถูกตรวจจำนวนทั้งสิ้น 42,633,000

ตัว ชิ้นงานที่ผ่านการสุ่มวัดค่าความหนาชั้นดีบุก 9 ตัวต่อล็อต คิดเป็นชิ้นงานที่ถูกตรวจวัดจำนวนทั้งสิ้น 852,660 ตัว และ มีชิ้นงานที่ผ่านการสุ่มทดสอบ Solderability 11 ตัวต่อล็อต คิดเป็นชิ้นงานที่ถูกทดสอบ จำนวนทั้งสิ้น 1,042,140 ตัว จากนั้นนำจำนวนของชิ้นงานที่ตรวจพบปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดจากแต่สาเหตุมาคำนวณเทียบชิ้นงานที่ตรวจทั้งหมดล้านส่วนเป็นค่า DPM และนำไปประเมินคะแนนค่าความถี่เทียบจากตารางที่ 4.6 ยกตัวอย่างการคำนวนค่า DPM และการให้คะแนนค่าความถี่ ดังนี้

เมื่อพิจารณาสาเหตุการเกิดข้อบกพร่องประเภทเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกินที่เกิดจากสารเคมีเกิดการปนเปื้อนทองแดง (Cu) และเหล็ก (Fe) จากลีดเฟรม พบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2551- เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 ที่ผ่านมามีจำนวนของเสียที่เกิดจากสาเหตุดังกล่าว 5,472,831 ตัว คิดค่า DPM เท่ากับ (5,472,831 / 42,633,000) X 1,000,000 จะได้ค่า DPM ประมาณ 128,371 DPM ซึ่งมีค่ามากกว่า 100,000 DPM ดังนั้นจึงได้คะแนนค่าความถี่ 10 คะแนน เป็นต้น โดยจากวิธีคิดค่า DPM และประเมินค่าคะแนนความถี่ดังกล่าว สามารถสรุปคะแนนค่าความถี่ในการเกิดปัญหาทั้ง 3 ประเภทได้ดังตารางที่ 4.7 – 4.9

ตารางที่ 4.7 ค่าความถี่ในการเกิดของสาเหตุในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกิน

สาเหตุของปัญหาเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกิน	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	DPM	คะแนนความถี่ในการเกิดปัญหา
สารปนเปื้อนที่เป็นโลหะ (Cu, Fe) จากลีดเฟรม	5472831	128370.77	10
สารปนเปื้อนที่เป็นคราบกาวจากลีดเฟรม	20817	488.28	5
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากปัจจัยด้านความเข้มข้น Belt stripper ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน	5182	121.55	4
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากการกำหนดอายุการใช้งานของ Belt stripper ไม่เหมาะสม	3982	93.40	4
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากดัมมีลีดเฟรม	15	0.35	2
วิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม	36	0.84	2
เครื่องจักรออกแบบมาให้เริ่มต้นที่กระบวนการ Deflash เลย ไม่มีการล้างชิ้นงานก่อนเข้าถังสารเคมี	41	0.96	2
มีเศษทองแดงที่แตกออกบนลีดเฟรมจากกระบวนการก่อนหน้า	22719	532.90	5
มีเศษวัสดุที่นำไฟฟ้าเช่น อีพอกซี่ที่ใช้ติดไดบางประเภท	7	0.16	2
มีเศษโลหะบางประเภทติดมาบนชิ้นงานจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต	12	0.28	2
ตัวจ่ายไฟมีความผิดปกติเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	515	12.08	3
เลือกใช้ตัวจ่ายไฟไม่เหมาะกับค่ากระแสที่ต้องการ	0	0.00	1
ค่ากระแสไฟฟ้าที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน	13	0.30	2
พนักงานเลือกใช้ค่ากระแสไฟฟ้าไม่ถูกต้อง	13	0.30	2
มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องอ่านค่าผิดพลาดเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	5	0.12	2
เลือกใช้มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องไม่เหมาะสม	0	0.00	1
ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เป็นแบบ Offline กรองเฉพาะสารเคมีในถังพักไม่ได้กรองขณะสูบขึ้น processing cell	102851	2412.47	6
การออกแบบข้อต่อ ระบบท่อต่างๆไม่ดีพอ มีจุดหักงอมากทำให้เกิดตะกอนได้ง่าย	82638	1938.36	6
แรงกระแทกจากปั๊มทำให้เกิดฟองอากาศในระบบเนื่องจาก กำหนดให้ใช้แรงดันของปั๊มมากเกินไป	0	0.00	1
เกิดความผิดปกติ/ชำรุดในระบบปั๊ม เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	5	0.12	2
เกิดความผิดปกติ/ชำรุดในระบบปั๊ม เนื่องจากเลือกใช้ปั๊มไม่เหมาะกับแรงดันที่ต้องการ	0	0.00	1
มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	12	0.28	2
มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากเลือกใช้มอเตอร์ไม่เหมาะสม	0	0.00	1
ค่าความเร็วสายพานที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน	7	0.16	2
พนักงานเลือกใช้ความเร็วสายพานไม่ถูกต้อง	15	0.35	2
มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	4	0.09	2
มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากเลือกใช้มิเตอร์ไม่เหมาะสม	0	0.00	1
ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนกันเกิดการชำรุด สึกหรอทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลง เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	31	0.73	2
ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนถูกออกแบบไว้ไม่เหมาะสม ทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลงได้ง่าย	0	0.00	1
หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	23	0.54	2
หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากมีสิ่งสกปรก ตะกอนปนมากับน้ำ DI	0	0.00	1
แรงดันน้ำที่กำหนดให้ใช้ไม่เหมาะสม	6	0.14	2
หัวลมเป่าเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	3	0.07	2
หัวลมเป่าเกิดการอุดตัน เนื่องจากมีสิ่งสกปรกปนมากับอากาศ	0	0.00	1
ความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสม	27	0.63	2
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง	27	0.63	2
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ไม่ถูกต้อง	0	0.00	1
การกำหนดอายุการใช้งานของสารเคมีที่ใช้เวลาเป็นตัวกำหนดไม่เหมาะสม	41	0.96	2
ช่างเคมีเทคนิคลืมเปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด	0	0.00	1
ช่างเคมีเทคนิคไม่เปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด เนื่องจากการจัดตารางและขั้นตอนการทำงานไม่ชัดเจน ทำให้พนักงานสับสน	0	0.00	1

ตารางที่ 4.8 ค่าความถี่ในการเกิดของสาเหตุในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด

สาเหตุของปัญหาค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	DPM	คะแนนความถี่ในการเกิดปัญหา
ตัวจ่ายไฟมีความผิดปกติเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	1	1.21	2
เลือกใช้ตัวจ่ายไฟไม่เหมาะกับค่ากระแสที่ต้องการ	0	0.00	1
ค่ากระแสไฟฟ้าที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน	79278	96017.73	10
พนักงานเลือกใช้ค่ากระแสไฟฟ้าไม่ถูกต้อง	2	2.42	2
มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องอ่านค่าผิดพลาดเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	1	1.21	2
เลือกใช้มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องไม่เหมาะสม	0	0.00	1
มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	2	2.42	2
มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากเลือกใช้มอเตอร์ไม่เหมาะสม	0	0.00	1
ค่าความเร็วสายพานที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน	109283	132358.36	10
พนักงานเลือกใช้ความเร็วสายพานไม่ถูกต้อง	2	2.42	2
มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	1	1.21	2
มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากเลือกใช้มิเตอร์ไม่เหมาะสม	0	0.00	1
ลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมีผิดปกติ (ติดค้าง) เนื่องจาก วิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	2034	2463.48	6
การปรับตั้งระดับลูกลอยไม่เหมาะสมเนื่องจากพนักงานปรับค่าไม่ถูกต้อง	1	1.21	2
ระดับลูกลอยที่กำหนดให้ใช้ไม่เหมาะสม	0	0.00	1
พนักงานไม่ได้ตรวจสอบ/เติมดีบุกรูปครึ่งวงกลมตามกำหนด	2	2.42	2
ดีบุกรูปครึ่งวงกลมมีความผิดปกติ (รูปร่าง/ปนเปื้อน) จากผู้ผลิต	2	2.42	2
ความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสม	18	21.80	3
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง	32	38.76	2
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ไม่ถูกต้อง	0	0.00	1
พนักงานใช้เครื่อง X-Ray ไม่ถูกต้องตามวิธีที่กำหนด	1	1.21	2
วิธีการใช้เครื่อง X-Ray ที่กำหนดให้ไม่ถูกต้อง	0	0.00	1
วิธีการตรวจสอบ บำรุงรักษา หรือสอบเทียบมาตรฐานเครื่อง X-Ray ไม่เหมาะสม	0	0.00	1
พนักงานไม่ทำการสอบเทียบมาตรฐานเครื่อง X-Ray ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้	0	0.00	1

ตารางที่ 4.9 ค่าความถี่ในการเกิดของสาเหตุในการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน

สาเหตุของปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	DPM	คะแนนความถี่ในการเกิดปัญหา
ความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสม	2	1.92	2
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง	182943	175545.51	10
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ไม่ถูกต้อง	0	0.00	1
สารปนเปื้อนที่เป็นโลหะ (Cu, Fe) จากลีดเฟรม	1	0.96	2
สารปนเปื้อนที่เป็นคราบกาวจากลีดเฟรม	1	0.96	2
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากปัจจัยด้านความเข้มข้น Belt	1	0.96	2
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากการกำหนดอายุการใช้งานของ Belt stripper ไม่เหมาะสม	2	1.92	2
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากดัมมี่ลีดเฟรม	1	0.96	2
วิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม	119283	114459.67	10
เครื่องจักรออกแบบมาให้เริ่มต้นที่กระบวนการ Deflash เลย ไม่มีการล้างชิ้นงานก่อนเข้าถังสารเคมี	1	0.96	2
อุณหภูมิที่เครื่องสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากสายวัดและควบคุมอุณหภูมิชำรุด จากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	18263	17524.52	8
สายวัดและควบคุมอุณหภูมิชำรุดเนื่องจากการเลือกใช้สายวัดอุณหภูมิไม่เหมาะสม	0	0.00	1
อุณหภูมิสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากพนักงานไม่รอให้อุณหภูมิได้ตามที่กำหนด	1	0.96	2
สภาวะที่กำหนดให้ใช้ในการทดสอบไม่เหมาะสม	0	0.00	1
สิ่งปนเปื้อนบนลีดเฟรมมากเกินกว่าที่กระบวนการล้างชิ้นงานในกระบวนการเคลือบจะล้างออกได้หมด	2	1.92	2
สิ่งปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตส่วนหน้ามากเกินกว่าที่กระบวนการล้างชิ้นงานในกระบวนการเคลือบจะล้างออกได้หมด	9027	8661.98	7
ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนกั้นเกิดการชำรุด สึกหรอทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลง เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	2	1.92	2
ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนถูกออกแบบไว้ไม่เหมาะสม ทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลงได้ง่าย	0	0.00	1
หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	11	10.56	3
หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากมีสิ่งสกปรก ตะกอนปนมากับน้ำ DI	0	0.00	1
แรงดันน้ำที่กำหนดให้ใช้ไม่เหมาะสม	1	0.96	2
การกำหนดอายุการใช้งานของ solder ที่ใช้ในการทดสอบไม่เหมาะสม	0	0.00	1
มีสิ่งปนเปื้อนใน solder มาจากบริษัทผู้ผลิต	0	0.00	1
มีสิ่งปนเปื้อนใน solder มาจากงานทดลองอื่นๆ	1	0.96	2
การกำหนดอายุการใช้งานของสารเคมีที่ใช้เวลาเป็นตัวกำหนดไม่เหมาะสม	1	0.96	2
ช่างเคมีเทคนิคลืมเปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด	0	0.00	1
ช่างเคมีเทคนิคไม่เปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด เนื่องจากการจัดตารางและขั้นตอนการทำงานไม่ชัดเจน ทำให้พนักงานสับสน	0	0.00	1

ง) การระบุค่าการตรวจจับ (Detection, D)

การระบุค่าการตรวจจับ เพื่อประเมินระดับการตรวจจับ โดยพิจารณาทั้งในส่วนของการตรวจจับข้อบกพร่องควบคู่ไปกับการตรวจจับสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง โดยอ้างอิงเกณฑ์การให้คะแนนจากคู่มือการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA), พิมพ์ครั้งที่ 4 ของ Chrysler LCC, Ford Motor Company, General Motors Corporation ซึ่งพิจารณาให้คะแนนค่าการตรวจจับจากความสามารถในการตรวจจับปัญหาของระบบ โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาโดยภาพรวมว่า ลักษณะการตรวจจับด้วยการฟังเสียงหรือการตรวจสอบด้วยสายตา จะมีค่าการตรวจจับสูงคือตรวจจับปัญหาได้ยาก การตรวจจับด้วยพนักงานจากการใช้เครื่องมือตรวจวัดหรือมีตรวจสอบที่ระบุผลการทดสอบเป็นผ่าน

หรือไม่ผ่าน จะได้คะแนนค่าการตรวจจับปานกลาง แต่ถ้าสามารถตรวจจับปัญหาได้ด้วยเครื่องจักรเองหรือสามารถตรวจจับความผิดปกติได้ก่อนเกิดข้อบกพร่องบนชิ้นงาน จะมีคะแนนค่าการตรวจจับต่ำซึ่งหมายถึงสามารถตรวจจับปัญหาได้ดีหรือป้องกันปัญหาได้ เป็นต้น ดังรายละเอียดแนวทางการให้คะแนนค่าการตรวจจับในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แนวทางการประเมินค่าการตรวจจับ (Detection, D)

ความสามารถในการตรวจจับ	โอกาสในการตรวจจับ	โอกาสของการตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการผลิต	ค่าการตรวจจับ
เกือบจะเป็นไปไม่ได้	ไม่มีโอกาสในการตรวจจับเลย	- ไม่มีการควบคุมปัจจุบันของกระบวนการผลิต : ไม่สามารถตรวจจับหรือไม่ถูกวิเคราะห์เลย ของเสียจะไปเจอเมื่อลูกค้านำไปใช้งาน	10
ตรวจจับแทบจะไม่ได้	ไม่สามารถตรวจจับได้ไม่ว่าที่ใด	- ข้อบกพร่องและ/หรือ ข้อผิดพลาด (สาเหตุ) ไม่สามารถตรวจจับได้โดยง่าย (เช่น การสุ่มตรวจ) หรือของเสียจะไปตรวจจับได้ที่ IQC หรือการทดสอบความคงทนของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้า	9
ตรวจจับได้น้อย	ปัญหาถูกตรวจจับได้หลังกระบวนการผลิต	- การตรวจจับข้อบกพร่องโดยพนักงานเกิดขึ้นหลังกระบวนการผลิตนั้น ๆ หรือ ที่กระบวนการผลิตท้ายสุด โดยการตรวจโดยสายตา หรือฟังเสียง เป็นต้น	8
ตรวจจับได้ต่ำมาก	ปัญหาถูกตรวจจับได้ที่กระบวนการผลิต	- การตรวจจับข้อบกพร่องโดยพนักงานเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยการตรวจโดยสายตา หรือฟังเสียง - หรือตรวจจับหลังกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยใช้เครื่องมือนับ เช่น Go/No Go gauge การทดสอบทางไฟฟ้า เป็นต้น	7
ตรวจจับได้ต่ำ	ปัญหาถูกตรวจจับได้หลังกระบวนการผลิต	- การตรวจจับข้อบกพร่องโดยพนักงานเกิดขึ้นหลังกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยใช้เครื่องมือวัด - หรือ การตรวจจับในกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยพนักงานโดยใช้เครื่องมือนับ เช่น Go/No Go gauge เป็นต้น	6
ตรวจจับได้ปานกลาง	ปัญหาถูกตรวจจับได้ที่กระบวนการผลิต	- การตรวจจับข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาด (สาเหตุ) โดยพนักงานในกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยใช้เครื่องมือวัด - การควบคุมอัตโนมัติในสายการผลิตนั้น ๆ ซึ่งจะตรวจจับของเสียและบอกเตือนพนักงานได้ (เช่น แสง, สัญญาณ เป็นต้น) - มีการตรวจวัดโดยเครื่องมือตอนเซ็ตอัพและการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ก่อนเริ่มทำการผลิต (สำหรับการเซ็ตอัพที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุเท่านั้น)	5
ตรวจจับได้ปานกลางค่อนมาทางสูง	ปัญหาถูกตรวจจับได้หลังกระบวนการผลิต	- การตรวจจับข้อบกพร่องหลังกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยการควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะตรวจจับของเสียได้ และสกัดไม่ให้ของเสียถูกนำไปผลิตต่อในกระบวนการผลิตถัดไป	4
ตรวจจับได้สูง	ปัญหาถูกตรวจจับได้ที่กระบวนการผลิต	- การตรวจจับข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยการควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะตรวจจับของเสียได้ และสกัดแบบอัตโนมัติในกระบวนการผลิตนั้น ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้ของเสียถูกนำไปผลิตต่อในกระบวนการผลิตถัดไป	3
ตรวจจับได้สูงมาก	ข้อผิดพลาดสามารถตรวจจับได้และ/หรือ ปัญหาถูกป้องกันได้	- การตรวจจับข้อผิดพลาด (สาเหตุ) ในกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยการควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะตรวจจับข้อผิดพลาดและป้องกันการไม่ให้เกิดการผลิตของเสีย	2
ตรวจจับได้สูงมาก/เกือบจะแน่นอน	การตรวจจับไม่จำเป็น เพราะมีการป้องกันข้อผิดพลาดแล้ว	- การตรวจจับข้อผิดพลาด (สาเหตุ) เป็นผลมาจากการออกแบบอุปกรณ์/เครื่องมือ, การออกแบบเครื่องจักร หรือการออกแบบชิ้นส่วน ทำให้ของเสียไม่สามารถถูกผลิตออกมาได้ เพราะเครื่องจักร/อุปกรณ์/เครื่องมือ/ชิ้นส่วน ได้ถูกออกแบบให้ป้องกันการผิดพลาดแล้วโดยการออกแบบกระบวนการผลิต/ผลิตภัณฑ์แล้ว	1

ขั้นตอนในการประเมินค่าการตรวจจับ ในที่นี้จะแบ่งการพิจารณาให้คะแนนออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การพิจารณาความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องที่เกิดต่อชิ้นงานหรือของเสียที่เกิดขึ้น (Detection of failure mode) และการพิจารณาความสามารถในการตรวจจับปัญหาที่เกิดในสายการผลิตหรือสาเหตุที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องบนชิ้นงาน (Detection of cause of failure mode) ซึ่งเมื่อได้คะแนนจากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วนแล้ว จะทำการเลือกคะแนนที่มากของแต่ละสาเหตุมาใช้ในการประเมินค่า RPN ต่อไป โดยผลการประเมินค่าการตรวจจับสำหรับปัญหาข้อบกพร่องหลักที่เกิดจากกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี มีดังนี้

1) การเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกิน

เมื่อพิจารณาที่ความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องที่เกิดต่อชิ้นงานหรือของเสียที่เกิดขึ้น ปัญหาการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกิน สามารถตรวจจับได้ทันทีหลังกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี โดยการตรวจด้วยสายตาใต้กล้องกำลังขยายต่ำ ดังนั้นจึงได้คะแนนเท่ากับ 7 คะแนน

เมื่อพิจารณาที่ความสามารถในการตรวจจับปัญหาที่เกิดในสายการผลิตหรือสาเหตุที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องบนชิ้นงานจะสามารถประเมินคะแนนของแต่ละสาเหตุได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าการตรวจจับข้อบกพร่องในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกิน

สาเหตุของปัญหาเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน	คะแนนค่าการตรวจจับ
สารปนเปื้อนที่เป็นโลหะ (Cu, Fe) จากลีดเฟรม	8
สารปนเปื้อนที่เป็นคราบกาวจากลีดเฟรม	3
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากปัจจัยด้านความเข้มข้น Belt stripper ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน	8
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากการกำหนดอายุการใช้งานของ Belt stripper ไม่เหมาะสม	9
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากดัมมี่ลีดเฟรม	1
วิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม	3
เครื่องจักรออกแบบมาให้เริ่มต้นที่กระบวนการ Deflash เลย ไม่มีการล้างชิ้นงานก่อนเข้าถังสารเคมี	10
มีเศษทองแดงที่แตกออกบนลีดเฟรมจากกระบวนการก่อนหน้า	3
มีเศษวัสดุที่นำไฟฟ้าเช่น อีพอกซี่ที่ใช้ดิดไดบางประเภท	3
มีเศษโลหะบางประเภทติดมาบนชิ้นงานจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต	3
ตัวจ่ายไฟมีความผิดปกติเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	3
เลือกใช้ตัวจ่ายไฟไม่เหมาะกับค่ากระแสที่ต้องการ	1
ค่ากระแสไฟฟ้าที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน	5
พนักงานเลือกใช้ค่ากระแสไฟฟ้าไม่ถูกต้อง	7
มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องอ่านค่าผิดพลาดเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	8
เลือกใช้มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องไม่เหมาะสม	1
ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เป็นแบบ Offline กรองเฉพาะสารเคมีในถังพัก ไม่ได้กรองขณะสูบขึ้น processing cell	8
การออกแบบข้อต่อ ระบบท่อต่างๆไม่ดีพอ มีจุดหักงอมากทำให้เกิดตะกอนได้ง่าย	8
แรงกระแทกจากปั๊มทำให้เกิดฟองอากาศในระบบเนื่องจาก กำหนดให้ใช้แรงดันของปั๊มมากเกินไป	7
เกิดความผิดปกติ/ชำรุดในระบบปั๊ม เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	8
เกิดความผิดปกติ/ชำรุดในระบบปั๊ม เนื่องจากเลือกใช้ปั๊มไม่เหมาะกับแรงดันที่ต้องการ	1
มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	8
มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากเลือกใช้มอเตอร์ไม่เหมาะสม	1
ค่าความเร็วสายพานที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน	5
พนักงานเลือกใช้ความเร็วสายพานไม่ถูกต้อง	7
มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	8
มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากเลือกใช้มิเตอร์ไม่เหมาะสม	1
ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนกันเกิดการชำรุด สึกหรอทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลง เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	8
ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนถูกออกแบบไว้ไม่เหมาะสม ทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลงได้ง่าย	1
หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	8
หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากมีสิ่งสกปรก ตะกอนปนมากับน้ำ DI	8
แรงดันน้ำที่กำหนดให้ใช้ไม่เหมาะสม	5
หัวลมเป่าเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	8
หัวลมเป่าเกิดการอุดตัน เนื่องจากมีสิ่งสกปรกปนมากับอากาศ	8
ความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสม	5
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง	7
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ไม่ถูกต้อง	7
การกำหนดอายุการใช้งานของสารเคมีที่ใช้เวลาเป็นตัวกำหนดไม่เหมาะสม	9
ช่างเคมีเทคนิคลืมเปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด	7
ช่างเคมีเทคนิคไม่เปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด เนื่องจากการจัดตารางและขั้นตอนการทำงานไม่ชัดเจน ทำให้พนักงานสับสน	7

2) การเกิดปัญหาค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด

เมื่อพิจารณาที่ความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องที่เกิดต่อชิ้นงานหรือของเสียที่เกิดขึ้น ปัญหาค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด สามารถตรวจจับได้ทันทีหลังกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี โดยการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ค่าความหนาด้วยเทคนิค X-Ray Fluorescence และทุกครั้งที่มีการปรับแต่งเครื่องจักร หรือเครื่องหยุดใช้งานไปจะต้องมีทดลองเคลือบดีบุกบนดัมมี่ลีดเฟรมเพื่อใช้ตรวจวัดค่าความหนาก่อนที่จะดำเนินกระบวนการกับชิ้นงานจริงด้วย ดังนั้นจึงได้คะแนนเท่ากับ 5 คะแนน

เมื่อพิจารณาที่ความสามารถในการตรวจจับปัญหาที่เกิดในสายการผลิตหรือสาเหตุที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องบนชิ้นงานจะสามารถประเมินคะแนนของแต่ละสาเหตุได้ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ค่าการตรวจจับข้อบกพร่องในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด

สาเหตุของปัญหาค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด	คะแนนค่าการตรวจจับ
ตัวจ่ายไฟมีความผิดปกติเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	3
เลือกใช้ตัวจ่ายไฟไม่เหมาะกับค่ากระแสที่ต้องการ	1
ค่ากระแสไฟฟ้าที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน	5
พนักงานเลือกใช้ค่ากระแสไฟฟ้าไม่ถูกต้อง	7
มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องอ่านค่าผิดพลาดเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	8
เลือกใช้มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องไม่เหมาะสม	1
มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	8
มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากเลือกใช้มอเตอร์ไม่เหมาะสม	1
ค่าความเร็วสายพานที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน	5
พนักงานเลือกใช้ความเร็วสายพานไม่ถูกต้อง	7
มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	8
มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากเลือกใช้มิเตอร์ไม่เหมาะสม	1
ลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมีผิดปกติ (ติดค้าง) เนื่องจาก วิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	8
การปรับตั้งระดับลูกลอยไม่เหมาะสมเนื่องจากพนักงานปรับค่าไม่ถูกต้อง	7
ระดับลูกลอยที่กำหนดให้ใช้ไม่เหมาะสม	5
พนักงานไม่ได้ตรวจสอบ/เติมดีบุกรูปครึ่งวงกลมตามกำหนด	7
ดีบุกรูปครึ่งวงกลมมีความผิดปกติ (รูปร่าง/ปนเปื้อน) จากผู้ผลิต	2
ความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสม	5
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง	7
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ไม่ถูกต้อง	7
พนักงานใช้เครื่อง X-Ray ไม่ถูกต้องตามวิธีที่กำหนด	7
วิธีการใช้เครื่อง X-Ray ที่กำหนดให้ไม่ถูกต้อง	2
วิธีการตรวจสอบ บำรุงรักษา หรือสอบเทียบมาตรฐานเครื่อง X-Ray ไม่เหมาะสม	7
พนักงานไม่ทำการสอบเทียบมาตรฐานเครื่อง X-Ray ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้	7

3) การเกิดปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน

เมื่อพิจารณาที่ความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องที่เกิดต่อชิ้นงานหรือของเสียที่เกิดขึ้น ปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน สามารถตรวจจับได้ทันทีหลังกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี โดยการตรวจสภาพและปริมาณโซลเดอร์ที่ยึดติดบนผิวที่ผ่านการเคลือบด้วยดีบุกมาแล้วของชิ้นงานที่สุ่มมาทดสอบ ด้วยสายตาใต้กล้องกำลังขยายต่ำหลังทำการทดสอบ Solderability Test แล้ว ดังนั้นจึงได้คะแนนเท่ากับ 7 คะแนน

เมื่อพิจารณาที่ความสามารถในการตรวจจับปัญหาที่เกิดในสายการผลิตหรือสาเหตุที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องบนชิ้นงานจะสามารถประเมินคะแนนของแต่ละสาเหตุได้ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ค่าการตรวจจับข้อบกพร่องในการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน

สาเหตุของปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน	คะแนนค่าการตรวจจับ
ความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสม	5
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง	7
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ไม่ถูกต้อง	7
สารปนเปื้อนที่เป็นโลหะ (Cu, Fe) จากลีดเฟรม	8
สารปนเปื้อนที่เป็นคราบกาวจากลีดเฟรม	3
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากปัจจัยด้านความเข้มข้น Belt stripper ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน	8
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากการกำหนดอายุการใช้งานของ Belt stripper ไม่เหมาะสม	9
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากดัมมี่ลีดเฟรม	1
วิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม	3
เครื่องจักรออกแบบมาให้เริ่มต้นที่กระบวนการ Deflash เลย ไม่มีการล้างชิ้นงานก่อนเข้าถังสารเคมี	10
อุณหภูมิที่เครื่องสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากสายวัดและควบคุมอุณหภูมิชำรุด จากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	8
สายวัดและควบคุมอุณหภูมิชำรุดเนื่องจากการเลือกใช้สายวัดอุณหภูมิไม่เหมาะสม	1
อุณหภูมิสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากพนักงานไม่รอให้อุณหภูมิได้ตามที่กำหนด	7
สภาวะที่กำหนดให้ใช้ในการทดสอบไม่เหมาะสม	8
สิ่งปนเปื้อนบนลีดเฟรมมากเกินกว่าที่กระบวนการล้างชิ้นงานในกระบวนการเคลือบจะล้างออกได้หมด	3
สิ่งปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตส่วนหน้ามากเกินกว่าที่กระบวนการล้างชิ้นงานในกระบวนการเคลือบจะล้างออกได้หมด	3
ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนกันเกิดการชำรุด สึกหรอทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลง เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	8
ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนถูกออกแบบไว้ไม่เหมาะสม ทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลงได้ง่าย	1
หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	8
หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากมีสิ่งสกปรก ตะกอนปนมากับน้ำ DI	8
แรงดันน้ำที่กำหนดให้ใช้ไม่เหมาะสม	5
การกำหนดอายุการใช้งานของ solder ที่ใช้ในการทดสอบไม่เหมาะสม	8
มีสิ่งปนเปื้อนใน solder มาจากบริษัทผู้ผลิต	2
มีสิ่งปนเปื้อนใน solder มาจากงานทดลองอื่นๆ	8
การกำหนดอายุการใช้งานของสารเคมีที่ใช้เวลาเป็นตัวกำหนดไม่เหมาะสม	9
ช่างเคมีเทคนิคลืมเปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด	7
ช่างเคมีเทคนิคไม่เปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด เนื่องจากการจัดตารางและขั้นตอนการทำงานไม่ชัดเจน ทำให้พนักงานสับสน	7

จ) การประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (RPN) และการจัดลำดับความสำคัญ

เมื่อผู้วิจัยและทีมงานได้ทำการระบุสาเหตุที่เป็นไปได้ของแต่ละข้อบกพร่อง ประเมินคะแนนค่าความรุนแรง ค่าความถี่ในการเกิดปัญหา และค่าการตรวจจับแล้ว เนื่องจากขีดจำกัดของทรัพยากร เวลา และเทคโนโลยีที่มีอยู่รวมถึงปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการในโรงงาน ทีมงานจึงต้องกำหนดแนวทางในการตัดสินใจเลือกสาเหตุที่มีความสำคัญหรือมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดปัญหาข้อบกพร่องมาดำเนินการแก้ไขก่อน โดยคู่มือการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA), พิมพ์ครั้งที่ 4 ของ Chrysler LCC, Ford Motor Company, General Motors Corporation ระบุว่า ควรดำเนินการแก้ไขโดยทันทีสำหรับข้อบกพร่องที่มีคะแนนค่าความรุนแรง 9-10 คะแนนเนื่อง สำหรับข้อบกพร่องที่มีคะแนนเท่ากับหรือต่ำกว่า 8 คะแนนให้ทำการประเมินควบคู่ไปกับค่าความถี่หรือโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องและคะแนนค่าการตรวจจับ โดยเสนอแนวทางในการจัดลำดับความสำคัญจากการประเมินค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number, RPN) ซึ่งมีค่าเท่ากับ ค่าความรุนแรง X ค่าความถี่ X ค่าการตรวจจับ หรือ RPN = S X O X D

ยกตัวอย่างการคำนวณค่าความเสี่ยงชี้นำ ของสาเหตุการเกิดข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ที่เกิดจากปัญหาสารเคมีเกิดการปนเปื้อนทองแดงและเหล็กจากลีดเฟรม มีค่าความรุนแรง (S) ของข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกินเท่ากับ 5 ค่าโอกาสในการเกิดปัญหาจากสาเหตุสารเคมีเกิดการปนเปื้อนทองแดงและเหล็กเท่ากับ 10 เนื่องจากมีของเสียเกิดขึ้นจากสาเหตุดังกล่าวมากกว่า 100,000 DPM และมีค่าการตรวจจับ (D) เท่ากับ 8 ดังนั้น สามารถคำนวณค่าความเสี่ยงชี้นำ หรือ RPN จากคะแนน S X O X D หรือ 5 X 10 X 8 เท่ากับ 400 คะแนน เป็นต้น

โดยผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพสำหรับข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี สามารถสรุปเป็นตารางแสดงค่า RPN ของแต่ละสาเหตุย่อย เรียงลำดับคะแนนจากมากที่สุดไปน้อยที่สุดได้ดังตารางที่ 4.14 - 4.16

ตารางที่ 4.14 ค่า RPN ของสาเหตุในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน

สาเหตุของปัญหาเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน	RPN
สารปนเปื้อนที่เป็นโลหะ (Cu, Fe) จากลีดเฟรม	400
ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เป็นแบบ Offline กรองเฉพาะสารเคมีในถังพัก ไม่ได้กรองขณะสูบขึ้น processing cell	240
การออกแบบข้อต่อ ระบบท่อต่างๆไม่ดีพอ มีจุดหักงอมากทำให้เกิดตะกอนได้ง่าย	240
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากการกำหนดอายุการใช้งานของ Belt stripper ไม่เหมาะสม	180
สารปนเปื้อนที่เป็นคราบกาวจากลีดเฟรม	175
มีเศษทองแดงที่แตกออกบนลีดเฟรมจากกระบวนการก่อนหน้า	175
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากปัจจัยด้านความเข้มข้น Belt stripper ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน	160
ตัวจ่ายไฟมีความผิดปกติเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	105
เครื่องจักรออกแบบมาให้เริ่มต้นที่กระบวนการ Deflash เลย ไม่มีการล้างชิ้นงานก่อนเข้าถังสารเคมี	100
การกำหนดอายุการใช้งานของสารเคมีที่ใช้เวลาเป็นตัวกำหนดไม่เหมาะสม	90
มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องอ่านค่าผิดพลาดเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	80
เกิดความผิดปกติ/ชำรุดในระบบปั๊ม เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	80
มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	80
มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	80
ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนกันเกิดการชำรุด สึกหรอทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลง เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	80
หัวลมเป่าเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	80
หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	80
ค่ากระแสไฟฟ้าที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน	70
ค่าความเร็วสายพานที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน	70
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากดัมมี่ลีดเฟรม	70
วิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม	70
มีเศษวัสดุที่นำไฟฟ้าเช่น อีพอกซี่ที่ใช้ติดไดบางประเภท	70
มีเศษโลหะบางประเภทติดมาบนชิ้นงานจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต	70
พนักงานเลือกใช้ค่ากระแสไฟฟ้าไม่ถูกต้อง	70
พนักงานเลือกใช้ความเร็วสายพานไม่ถูกต้อง	70
แรงดันน้ำที่กำหนดให้ใช้ไม่เหมาะสม	70
ความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสม	70
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง	70
หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากมีสิ่งสกปรก ตะกอนปนมากับน้ำ DI	40
หัวลมเป่าเกิดการอุดตัน เนื่องจากมีสิ่งสกปรกปนมากับอากาศ	40
เลือกใช้ตัวจ่ายไฟไม่เหมาะกับค่ากระแสที่ต้องการ	35
เลือกใช้มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องไม่เหมาะสม	35
แรงกระแทกจากปั๊มทำให้เกิดฟองอากาศในระบบเนื่องจาก กำหนดให้ใช้แรงดันของปั๊มมากเกินไป	35
เกิดความผิดปกติ/ชำรุดในระบบปั๊ม เนื่องจากเลือกใช้ปั๊มไม่เหมาะกับแรงดันที่ต้องการ	35
มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากเลือกใช้มอเตอร์ไม่เหมาะสม	35
มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากเลือกใช้มอเตอร์ไม่เหมาะสม	35
ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนถูกออกแบบไว้ไม่เหมาะสม ทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลงได้ง่าย	35
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ไม่ถูกต้อง	35
ช่างเคมีเทคนิคลืมเปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด	35
ช่างเคมีเทคนิคไม่เปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด เนื่องจากการจัดตารางและขั้นตอนการทำงานไม่ชัดเจน ทำให้พนักงานสับสน	35

ตารางที่ 4.15 ค่า RPN ของสาเหตุในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด

สาเหตุของปัญหาค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด	RPN
ค่ากระแสไฟฟ้าที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน	250
ค่าความเร็วสายพานที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน	250
ลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมีผิดปกติ (ติดค้าง) เนื่องจาก วิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	240
มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องอ่านค่าผิดพลาดเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	80
มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	80
มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	80
ความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสม	75
พนักงานเลือกใช้ค่ากระแสไฟฟ้าไม่ถูกต้อง	70
พนักงานไม่ได้ตรวจสอบ/เติมดีบุกรูปครึ่งวงกลมตามกำหนด	70
พนักงานเลือกใช้ความเร็วสายพานไม่ถูกต้อง	70
การปรับตั้งระดับลูกลอยไม่เหมาะสมเนื่องจากพนักงานปรับค่าไม่ถูกต้อง	70
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง	70
พนักงานใช้เครื่อง X-Ray ไม่ถูกต้องตามวิธีที่กำหนด	70
ตัวจ่ายไฟมีความผิดปกติเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	50
ดีบุกรูปครึ่งวงกลมมีความผิดปกติ (รูปร่าง/ปนเปื้อน) จากผู้ผลิต	50
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ไม่ถูกต้อง	35
วิธีการตรวจสอบ บำรุงรักษา หรือสอบเทียบมาตรฐานเครื่อง X-Ray ไม่เหมาะสม	35
พนักงานไม่ทำการสอบเทียบมาตรฐานเครื่อง X-Ray ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้	35
เลือกใช้ตัวจ่ายไฟไม่เหมาะกับค่ากระแสที่ต้องการ	25
เลือกใช้มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องไม่เหมาะสม	25
มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากเลือกใช้มอเตอร์ไม่เหมาะสม	25
มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากเลือกใช้มิเตอร์ไม่เหมาะสม	25
ระดับลูกลอยที่กำหนดให้ใช้ไม่เหมาะสม	25
วิธีการใช้เครื่อง X-Ray ที่กำหนดให้ไม่ถูกต้อง	25

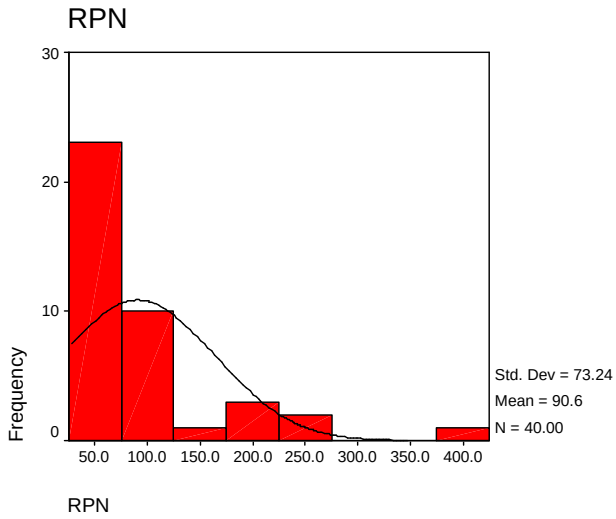
ตารางที่ 4.16 ค่า RPN ของสาเหตุในการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน

สาเหตุของปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน	RPN
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง	560
วิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม	560
อุณหภูมิที่เครื่องสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากสายวัดและควบคุมอุณหภูมิชำรุด จากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	512
สิ่งปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตส่วนหน้ามากเกินกว่าที่กระบวนการล้างชิ้นงานในกระบวนการเคลือบจะล้างออกได้หมด	392
หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	192
เครื่องจักรออกแบบมาให้เริ่มต้นที่กระบวนการ Deflash เลย ไม่มีการล้างขึ้นงานก่อนเข้าถังสารเคมี	160
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากการกำหนดอายุการใช้งานของ Belt stripper ไม่เหมาะสม	144
การกำหนดอายุการใช้งานของสารเคมีที่ใช้เวลาเป็นตัวกำหนดไม่เหมาะสม	144
สารปนเปื้อนที่เป็นโลหะ (Cu, Fe) จากลีดเฟรม	128
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากปัจจัยด้านความเข้มข้น Belt stripper ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน	128
มีสิ่งปนเปื้อนใน solder มาจากงานทดลองอื่นๆ	128
ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนกันเกิดการชำรุด สึกหรอทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลง เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	128
ความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสม	112
สารปนเปื้อนที่เป็นคราบกาวจากลีดเฟรม	112
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากดัมมี่ลีดเฟรม	112
อุณหภูมิสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากพนักงานไม่รอให้อุณหภูมิได้ตามที่กำหนด	112
สิ่งปนเปื้อนบนลีดเฟรมมากเกินกว่าที่กระบวนการล้างชิ้นงานในกระบวนการเคลือบจะล้างออกได้หมด	112
แรงดันน้ำที่กำหนดให้ใช้ไม่เหมาะสม	112
สภาวะที่กำหนดให้ใช้ในการทดสอบไม่เหมาะสม	64
หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากมีสิ่งสกปรก ตะกอนปนมากับน้ำ DI	64
การกำหนดอายุการใช้งานของ solder ที่ใช้ในการทดสอบไม่เหมาะสม	64
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ไม่ถูกต้อง	56
สายวัดและควบคุมอุณหภูมิชำรุดเนื่องจากการเลือกใช้สายวัดอุณหภูมิไม่เหมาะสม	56
ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนถูกออกแบบไว้ไม่เหมาะสม ทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลงได้ง่าย	56
มีสิ่งปนเปื้อนใน solder มาจากบริษัทผู้ผลิต	56
ช่างเคมีเทคนิคลืมเปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด	56
ช่างเคมีเทคนิคไม่เปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด เนื่องจากการจัดตารางและขั้นตอนการทำงานไม่ชัดเจน ทำให้พนักงานสับสน	56

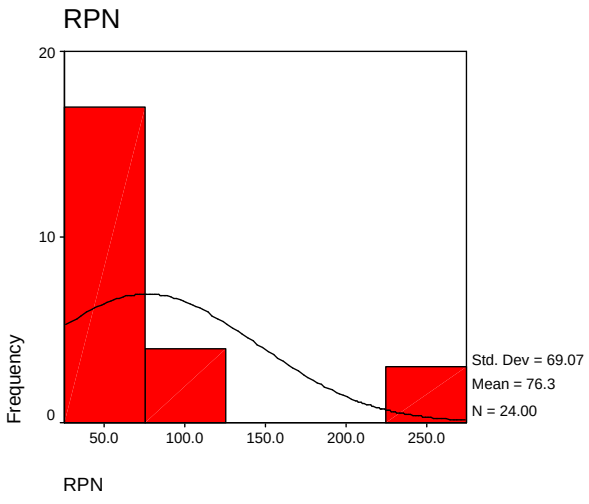
หลังจากที่ได้ประเมินค่าความเสี่ยงชี้นำหรือค่า RPN เมื่อทำการศึกษาแนวทางการจัดลำดับความสำคัญจากคู่มือที่ใช้อ้างอิง พบว่าไม่ได้มีการกำหนดเกณฑ์การตัดสินใจหรือค่า RPN ที่ระบุได้ชัดเจนว่าสาเหตุใดมีสำคัญและต้องดำเนินการแก้ไขก่อน ซึ่งหากมีการกำหนดค่า RPN ในการดำเนินการแก้ไขไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดแก้ไขที่ไม่ถูกต้องและเสียเวลาสูญเปล่าในการดำเนินการได้ ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานจึงทำการพิจารณาข้อมูล RPN ที่ประเมินได้ของแต่ละข้อบกพร่องเพื่อทำการตัดสินใจร่วมกัน พบว่า ค่า RPN สูงสุดของแต่ละข้อบกพร่องมีความแตกต่างกันมาก ยกตัวอย่างเช่น ค่า RPN สูงสุดของสาเหตุ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดผลการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน มีค่าเท่ากับ 560 คะแนน ในขณะที่ค่า RPN สูงสุดของสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด มีค่าเท่ากับ 250 คะแนน และค่า RPN มีการกระจายตัวซ้ำกันเช่น ค่า RPN ของสาเหตุในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน

ที่เท่ากับ 35 มีจำนวนซ้ำกัน 10 สาเหตุ เป็นต้น ดังนั้นการกำหนดค่า RPN สูงสุดเพียงค่าเดียวจึงอาจไม่มีความเหมาะสมในการจัดลำดับความสำคัญและกำหนดแนวทางแก้ไขที่ถูกต้องได้

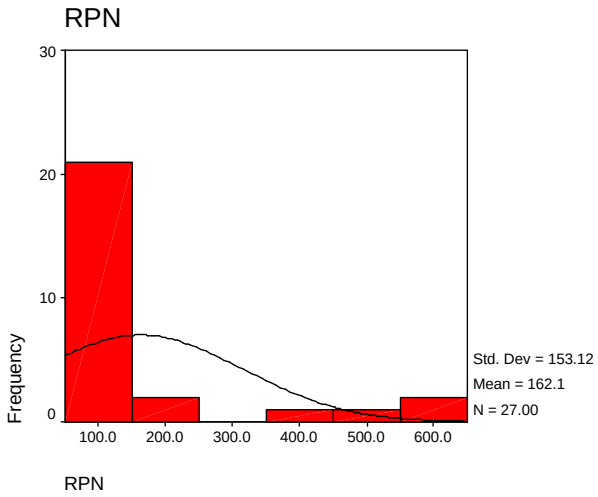
ผู้ศึกษาวิจัยและทีมงานจึงได้ศึกษาการกระจายตัวของข้อมูล RPN ที่ประเมินได้ของแต่ละข้อบกพร่องพบว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่เป็น Normal distribution ดังการกระจายตัวในภาพที่ 4.12 - 4.14



ภาพที่ 4.12 การกระจายตัวของค่า RPN
ของสาเหตุในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน



ภาพที่ 4.13 การกระจายตัวของค่า RPN
ของสาเหตุในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด



ภาพที่ 4.14 การกระจายตัวของค่า RPN
ของสาเหตุในการเกิดปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน

จากลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลดังกล่าว ผู้ศึกษาวิจัยและทีมงานจึงเลือกประยุกต์ใช้หลักการพาเรโต หรือหลักการ 80/20 ที่มีแนวคิดว่า ความสัมพันธ์ของข้อมูล 2 กลุ่ม ที่มีความสัมพันธ์เป็นเหตุและผลของกัน โดยระบุว่าผลของการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น 80% มาจากจำนวนสาเหตุประมาณ 20% ของสาเหตุทั้งหมด มาใช้ในการจัดลำดับความสำคัญ โดยนำข้อมูลความถี่ของคะแนน RPN ที่ซ้ำๆกัน มาคำนวณค่าเปอร์เซ็นไทล์ (Percentile) จากโปรแกรม SPSS ก่อน เพื่อนำความถี่ในการเกิด RPN ค่าต่างๆ มาประเมินร่วมกับหลักพาเรโต และดำเนินการจัดลำดับความสำคัญให้เหมาะสมกับการกระจายตัวของข้อมูลค่า RPN ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มากที่สุด ซึ่งจะพิจารณาที่เปอร์เซ็นไทล์ 80 เพื่อคัดเลือกค่า RPN ที่สำคัญหรือมีค่าสูงสุดร้อยละ 20 ของสาเหตุของปัญหาทั้งหมดมาดำเนินการแก้ไข ได้ผลการจัดลำดับความสำคัญ ดังตารางที่ 4.17 – 4.19

ตารางที่ 4.17 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ ของคะแนน RPN ของสาเหตุในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน

จำนวนข้อมูลทั้งหมด	40
ค่าเฉลี่ยของข้อมูล	90.63
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล	73.24
เปอร์เซ็นไทล์	คะแนน RPN
10	35.00
20	35.00
30	49.00
40	70.00
50	70.00
60	80.00
70	80.00
80	104.00
90	179.50

จากตารางที่ 4.17 เมื่อพิจารณาที่เปอร์เซ็นไทล์ 80 จะมีคะแนน RPN เท่ากับ 104 แสดงว่ามีว่ามีสาเหตุของปัญหาร้อยละ 80 ของสาเหตุของปัญหาทั้งหมด ได้คะแนน RPN ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 104 คะแนน ดังนั้นเมื่อพิจารณาควบคู่กับหลักการ 80/20 สาเหตุที่สำคัญร้อยละ 20 ของสาเหตุของปัญหาทั้งหมด คือ สาเหตุที่มีคะแนน RPN สูงกว่า 104 คะแนนขึ้นไป ได้แก่สาเหตุดังต่อไปนี้

1. สารเคมีมีสารปนเปื้อนที่เป็นโลหะ (Cu, Fe) จากลีดเฟรม (คะแนน RPN เท่ากับ 400 คะแนน)
2. ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เป็นแบบ Offline filter กรองเฉพาะสารเคมีในถังพัก ไม่ได้กรองขณะสูบขึ้น processing cell (คะแนน RPN เท่ากับ 240 คะแนน)
3. การออกแบบข้อต่อ ระบบท่อต่างๆไม่ดีพอ มีจุดหักงอมากทำให้เกิดตะกอนได้ง่าย (คะแนน RPN เท่ากับ 240 คะแนน)
4. สารเคมีมีสารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากการกำหนดอายุการใช้งานของ Belt stripper ไม่เหมาะสม (คะแนน RPN เท่ากับ 180 คะแนน)
5. ชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่ผ่านเข้าสู่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีคราบกาวตกค้างบนพื้นผิวลีดเฟรม (คะแนน RPN เท่ากับ 175 คะแนน)
6. ชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่ผ่านเข้าสู่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีเศษทองแดงที่แตกออกบนพื้นผิวลีดเฟรมจากกระบวนการผลิตก่อนหน้า (คะแนน RPN เท่ากับ 175 คะแนน)
7. สารเคมีมีสารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากปัจจัยด้านความเข้มข้น Belt stripper ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน (คะแนน RPN เท่ากับ 160 คะแนน)

8. ตัวจ่ายไฟที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีความผิดปกติเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ (คะแนน RPN เท่ากับ 105 คะแนน)

ตารางที่ 4.18 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ ของคะแนน RPN ของสาเหตุในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด

จำนวนข้อมูลทั้งหมด	24
ค่าเฉลี่ยของข้อมูล	76.25
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล	69.07
เปอร์เซ็นไทล์	คะแนน RPN
10	25.00
20	25.00
30	35.00
40	50.00
50	70.00
60	70.00
70	72.50
80	80.00
90	245.00

จากตารางที่ 4.18 เมื่อพิจารณาที่เปอร์เซ็นไทล์ 80 จะมีคะแนน RPN เท่ากับ 80 แสดงว่ามีว่ามีสาเหตุของปัญหาร้อยละ 80 ของสาเหตุของปัญหาทั้งหมด ได้คะแนน RPN ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 80 คะแนน ดังนั้นเมื่อพิจารณาควบคู่กับหลักการ 80/20 สาเหตุที่สำคัญร้อยละ 20 ของสาเหตุของปัญหาทั้งหมด คือ สาเหตุที่มีคะแนน RPN สูงกว่า 80 คะแนนขึ้นไป ได้แก่สาเหตุดังต่อไปนี้

1. ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน (คะแนน RPN เท่ากับ 250 คะแนน)
2. ค่าความเร็วสายพานที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน (คะแนน RPN เท่ากับ 250 คะแนน)
3. ลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมีผิดปกติ (ติดค้าง) เนื่องจาก วิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ (คะแนน RPN เท่ากับ 240 คะแนน)

ตารางที่ 4.19 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ ของคะแนน RPN ของสาเหตุในการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน

จำนวนข้อมูลทั้งหมด	27
ค่าเฉลี่ยของข้อมูล	162.07
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล	153.12
เปอร์เซ็นไทล์	คะแนน RPN
10	56.00
20	56.00
30	64.00
40	112.00
50	112.00
60	128.00
70	137.60
80	172.80
90	521.60

จากตารางที่ 4.19 เมื่อพิจารณาที่เปอร์เซ็นไทล์ 80 จะมีคะแนน RPN เท่ากับ 172.8 แสดงว่ามีว่า มีสาเหตุของปัญหาร้อยละ 80 ของสาเหตุของปัญหาทั้งหมด ได้คะแนน RPN ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 172.8 คะแนน ดังนั้นเมื่อพิจารณาควบคู่กับหลักการ 80/20 สาเหตุที่สำคัญร้อยละ 20 ของสาเหตุของปัญหาทั้งหมด คือ สาเหตุที่มีคะแนน RPN สูงกว่า 172.8 คะแนนขึ้นไป ได้แก่สาเหตุดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นสารเคมีผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง (คะแนน RPN เท่ากับ 560 คะแนน)
2. วิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม (คะแนน RPN เท่ากับ 560 คะแนน)
3. อุณหภูมิที่เครื่องสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากสายวัดและควบคุมอุณหภูมิชำรุด จากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ (คะแนน RPN เท่ากับ 512 คะแนน)
4. ชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่ผ่านเข้าสู่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีสิ่งปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตส่วนหน้ามากเกินกว่าที่กระบวนการล้างชิ้นงานในกระบวนการเคลือบจะล้างออกได้หมด (คะแนน RPN เท่ากับ 392 คะแนน)
5. หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ (คะแนน RPN เท่ากับ 192 คะแนน)

หลังจากดำเนินการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) จนเสร็จสิ้นขั้นตอนการประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (RPN) และการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุการเกิดข้อบกพร่องแล้ว ขั้นตอนต่อไปได้แก่ การกำหนดแนวทางการแก้ไข ผู้รับผิดชอบ และวันที่กำหนดให้แก้ไขเสร็จสิ้นตามเป้าหมายและความรับผิดชอบ รวมไปถึงการประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (RPN) หลังจากดำเนินการแก้ไขแล้ว จะถูกกล่าวถึงรายละเอียดในส่วนของการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขและผลการปรับปรุงในบทต่อไป

บทที่ 5

แนวทางการปรับปรุงแก้ไข

ผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ ทำให้สามารถระบุประเด็นปัญหาสำคัญที่มีผลกระทบต่อการเกิดของเสียในกระบวนการเคลือบดีบุกด้วยไฟฟ้าเคมีได้ ทางผู้วิจัยและทีมงานจึงได้ร่วมกันระดมสมองในการค้นหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและควบคุมกระบวนการที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดปริมาณการเกิดของเสียในสายการผลิตให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยได้มีการดำเนินการศึกษาข้อมูลเพื่อปรับปรุงการวิเคราะห์และควบคุมสารเคมีที่ใช้ในสายการผลิตให้ได้มาตรฐานและถูกต้องเหมาะสมกับการดำเนินการผลิตในปัจจุบันมากที่สุด จากบริษัทผู้ผลิตสารเคมีและทำการทดลองเพิ่มเติมโดยทีมงานวิจัย เพื่อให้นำไปสู่การควบคุมคุณภาพกระบวนการทางเคมีที่มีประสิทธิภาพ มีการศึกษาพารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการผลิตและทบทวนการศึกษาผลของพารามิเตอร์ต่อชิ้นงานก่อนนำมาใช้งานในสายการผลิตโดยการออกแบบการทดลองหรือ Design Of Experiment (DOE) เพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมกับลักษณะที่มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ รวมไปถึงการปรับปรุงมาตรฐานขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานเพื่อลดโอกาสในการเกิดปัญหาหรือของเสียจากการปฏิบัติงานที่ผิดพลาดหรือไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของพนักงาน อย่างไรก็ตาม แนวทางการปรับปรุงแก้ไขที่นำเสนอใหม่ ย่อมมีความเสี่ยงในการเกิดผลกระทบต่อการควบคุมการผลิตในด้านอื่นๆตามมา เช่น ปริมาณการใช้สารเคมีที่เปลี่ยนแปลงไป เป็นต้น ดังนั้น เมื่อมีการดำเนินการแก้ไขในสายการผลิตจริง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการเฝ้าระวังและติดตามผลการดำเนินการโดยทีมงานที่เกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาด้านอื่นตามมา

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ ทำให้สามารถประเมินค่าดัชนีชี้นำความเสี่ยง (RPN) ของแต่ละสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องได้ และดำเนินการจัดลำดับความสำคัญของแต่ละสาเหตุโดยพิจารณาเรียงลำดับค่า RPN ที่มีค่ามากไปสู่ค่าน้อย ควบคู่ไปกับการประยุกต์ใช้แนวคิดของพาเรโตหรือหลักการ 80/20 ในการระบุสาเหตุที่มีความสำคัญมากที่สุดหรือมีค่า RPN สูงสุด 20% เมื่อเทียบกับข้อมูลค่า RPN ทั้งหมด มากำหนดแนวทางการแก้ไข โดยสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดปัญหาข้อบกพร่องทางคุณภาพของชิ้นงานที่กระบวนการเคลือบดีบุกด้วยไฟฟ้าเคมี เรียงลำดับตามปัญหาข้อบกพร่องที่มีการตรวจพบมากที่สุด ได้แก่ ของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ของเสียที่มีค่าความหนาของ

ชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด และของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability test ตามลำดับ มีดังนี้

ก) สาเหตุหลักในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ พบว่ามีสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน จำนวนทั้งสิ้น 40 สาเหตุ มีค่า RPN สูงสุดเท่ากับ 400 คะแนน และค่า RPN ต่ำสุดที่ 35 คะแนน ซึ่งเมื่อประเมินค่า RPN สูงสุด 20% เมื่อเทียบกับข้อมูลค่า RPN ทั้งหมดแล้ว พบว่ามีสาเหตุที่มีความสำคัญและควรดำเนินการแก้ไขเรียงลำดับจากค่า RPN สูงสุด ได้ดังนี้

1. สารเคมีมีสารปนเปื้อนที่เป็นโลหะ (Cu, Fe) จากลีดเฟรม (คะแนน RPN เท่ากับ 400 คะแนน)
2. ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เป็นแบบ Offline filter กรองเฉพาะสารเคมีในถังพัก ไม่ได้กรองขณะสูบขึ้น processing cell (คะแนน RPN เท่ากับ 240 คะแนน)
3. การออกแบบข้อต่อ ระบบท่อต่างๆไม่ดีพอ มีจุดหักงอมากทำให้เกิดตะกอนได้ง่าย (คะแนน RPN เท่ากับ 240 คะแนน)
4. สารเคมีมีสารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากการกำหนดอายุการใช้งานของ Belt stripper ไม่เหมาะสม (คะแนน RPN เท่ากับ 180 คะแนน)
5. ชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่ผ่านเข้าสู่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีคราบกาวตกค้างบนพื้นผิวลีดเฟรม (คะแนน RPN เท่ากับ 175 คะแนน)
6. ชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่ผ่านเข้าสู่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีเศษทองแดงที่แตกออกบนพื้นผิวลีดเฟรมจากกระบวนการผลิตก่อนหน้า (คะแนน RPN เท่ากับ 175 คะแนน)
7. สารเคมีมีสารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากปัจจัยด้านความเข้มข้น Belt stripper ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน (คะแนน RPN เท่ากับ 160 คะแนน)
8. ตัวจ่ายไฟที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีความผิดปกติเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ (คะแนน RPN เท่ากับ 105 คะแนน)

ข) สาเหตุหลักในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ พบว่ามีสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการเกิดการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด จำนวนทั้งสิ้น 24 สาเหตุ มีค่า RPN สูงสุดเท่ากับ 250 คะแนน และค่า RPN ต่ำสุดที่ 25 คะแนน ซึ่งเมื่อประเมินค่า RPN สูงสุด 20% เมื่อเทียบกับข้อมูลค่า RPN ทั้งหมดแล้ว พบว่ามีสาเหตุที่มีความสำคัญและควรดำเนินการแก้ไขเรียงลำดับจากค่า RPN สูงสุด ได้ดังนี้

1. ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน (คะแนน RPN เท่ากับ 250 คะแนน)
2. ค่าความเร็วสายพานที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน (คะแนน RPN เท่ากับ 250 คะแนน)
3. ลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมีผิดปกติ (ติดค้าง) เนื่องจาก วิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ (คะแนน RPN เท่ากับ 240 คะแนน)

ค) สาเหตุหลักในการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ พบว่ามีสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการเกิดผลการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน จำนวนทั้งสิ้น 27 สาเหตุ มีค่า RPN สูงสุดเท่ากับ 560 คะแนน และค่า RPN ต่ำสุดที่ 56 คะแนน ซึ่งเมื่อประเมินค่า RPN สูงสุด 20% เมื่อเทียบกับข้อมูลค่า RPN ทั้งหมดแล้ว พบว่ามีสาเหตุที่มีความสำคัญและควรดำเนินการแก้ไขเรียงลำดับจากค่า RPN สูงสุด ได้ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นสารเคมีผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง (คะแนน RPN เท่ากับ 560 คะแนน)
2. วิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม (คะแนน RPN เท่ากับ 560 คะแนน)
3. อุณหภูมิที่เครื่องสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากสายวัดและควบคุมอุณหภูมิชำรุด จากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ (คะแนน RPN เท่ากับ 512 คะแนน)
4. ชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่ผ่านเข้าสูกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีสิ่งปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตส่วนหน้ามากเกินกว่าที่กระบวนการล้างชิ้นงานในกระบวนการเคลือบจะล้างออกได้หมด (คะแนน RPN เท่ากับ 392 คะแนน)

5. หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ (คะแนน RPN เท่ากับ 192 คะแนน)

จากสาเหตุหลักที่ต้องการดำเนินการแก้ไข สามารถนำมาวิเคราะห์ถึงที่มาของปัญหาและแนวทางการปรับปรุงแก้ไขได้ดังนี้

5.1 แนวทางในการแก้ไขปัญหาการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน

จากการประเมินค่า RPN ของสาเหตุในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน พบว่ามีสาเหตุการเกิดข้อบกพร่องที่มีความสำคัญและต้องดำเนินการแก้ไขจำนวน 8 สาเหตุ โดยแบ่งเป็นประเภทที่เกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนของสารเคมี 3 สาเหตุ การออกแบบเครื่องจักร ชิ้นส่วนเครื่องจักรและการบำรุงรักษาเครื่องจักร 3 สาเหตุ และชิ้นงานมีความผิดปกติจากกระบวนการผลิตก่อนหน้า 2 สาเหตุ

เมื่อพิจารณาสาเหตุการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ที่เกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนของสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต ประกอบไปด้วย สาเหตุที่สารเคมีมีสารปนเปื้อนที่เป็นโลหะ (Cu, Fe) จากลีดเฟรม สารเคมีมีสารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากการกำหนดอายุการใช้งานของ Belt stripper ไม่เหมาะสม และจากปัจจัยด้านความเข้มข้น Belt stripper ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน สามารถกำหนดแนวทางแก้ไขได้ดังนี้

ก) การเกิดสารปนเปื้อนที่เป็นโลหะทองแดงและเหล็ก (Cu, Fe) จากลีดเฟรมในสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี เกิดจาก โลหะเหล่านี้เป็นส่วนประกอบของลีดเฟรมที่เข้าสู่กระบวนการผลิตและเกิดการสะสมลงในสารเคมี เมื่อมีชิ้นงานหรือลีดเฟรมผ่านเข้าสู่ถังสารเคมีที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จะเกิดการเหนี่ยวนำโลหะเหล่านี้ที่ละลายอยู่ในสารเคมีกลับเข้าไปเกาะบนพื้นผิวของชิ้นงาน และการเคลือบดีบุกลงบนโลหะส่วนเกินเหล่านี้จะทำให้ชิ้นงานมีเศษดีบุกยื่นออกมาเกินตำแหน่งที่ต้องการเกิดเป็นข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ซึ่งกระบวนการวิเคราะห์ควบคุมสารเคมีในปัจจุบันมีเพียงการวัดค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้เท่านั้น ไม่มีการตรวจวัดค่าโลหะปนเปื้อนในสารเคมี ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานจึงทำการศึกษาวิธีการในการวิเคราะห์โลหะปนเปื้อนในสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานในการตรวจวัดสารเคมีเพิ่มเติม ดังนี้

จากการศึกษาคุณสมบัติของสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี มีสารเคมี 2 ชนิดที่มีความสามารถในการละลายโลหะและใช้กระแสไฟฟ้าในการเกิดปฏิกิริยา ได้แก่ สารเคมี

deflash และสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ปริมาณโลหะปนเปื้อนในสารเคมี ที่มีปริมาณค่าความเข้มข้นโลหะต่ำนั้น (ระดับ PPM ลงมา) จะใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางเคมีซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมโดยทั่วไปมีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic-Absorption spectroscopy (AA) และการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) ซึ่งเครื่องมือที่โรงงานตัวอย่างมีได้แก่ เครื่อง ICP-OES

การวิเคราะห์โลหะปนเปื้อนในสารเคมีด้วยวิธี Inductively coupled plasma – Optical emission spectroscopy (ICP-OES) มีหลักการคือ สารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ค่าโลหะปนเปื้อนที่เตรียมได้จะถูกเผาด้วยพลาสมาจากก๊าซอาร์กอน ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 6000 องศาเซลเซียส อะตอมของโลหะที่ต้องการวัดค่าในสารตัวอย่างเมื่อได้รับพลังงานจากพลาสมาก็จะเปลี่ยนสภาวะจากสภาวะพื้น (Ground state) ไปอยู่ในสภาวะกระตุ้น (Excited state) ซึ่งตามธรรมชาติอะตอมของธาตุจะพยายามกลับสู่สภาวะพื้น โดยการคายพลังงานที่ได้รับจากการกระตุ้น ซึ่งอะตอมของธาตุแต่ละชนิดจะคายพลังงานออกมาในรูปของแสงที่มีความยาวคลื่นเฉพาะตัวแตกต่างกัน ทำให้ตัวตรวจวัดที่เครื่องสามารถตรวจวัดชนิดและปริมาณของธาตุได้

การทดลองวิเคราะห์ค่าทองแดงและเหล็กที่ปนเปื้อนในสารเคมีด้วยเครื่อง ICP

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาวิธีการและความถูกต้องในการวิเคราะห์ค่าทองแดงและเหล็กที่ปนเปื้อนในสารเคมี deflash และสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ด้วยเครื่อง ICP

เครื่องมือวิเคราะห์ที่ใช้ได้แก่เครื่อง ICP-OES ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น Optima 2100DV

สารตัวอย่างได้แก่ สารเคมี deflash และสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating)

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. สารละลายมาตรฐานทองแดง 1000 PPM (Copper standard solution 1000 PPM)
2. สารละลายมาตรฐานเหล็ก 1000 PPM (Iron standard solution 1000 PPM)
3. กรดไนตริก (Nitric acid)
4. น้ำที่ไม่มีไอออน (De-ionized water)

ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานที่มีค่าทองแดงและเหล็กในปริมาณ 10 PPM และ 70 PPM ตามลำดับ สำหรับตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำของเครื่องก่อนวิเคราะห์สารตัวอย่าง
2. เตรียมสารตัวอย่างจากสารเคมี deflash และสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ที่ผสมใหม่

โดยยังไม่ผ่านการใช้งานในสายการผลิต เพื่อตรวจสอบค่าปริมาณทองแดงและเหล็กที่มีอยู่เดิมในสารเคมี deflash และสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ก่อนการใช้งาน

3. เตรียมสารตัวอย่างจากสารเคมี deflash และสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ที่ผ่านการใช้งานแล้วในสายการผลิตเป็นระยะเวลา 1 กะ และระยะเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อตรวจสอบปริมาณสารปนเปื้อนสะสมในสารเคมีที่อายุการใช้งานสารเคมีแตกต่างกัน

4. ทำการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานและสารตัวอย่างด้วยเครื่อง ICP ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองวัดสารปนเปื้อนด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบ ICP

สารตัวอย่าง		ค่าสารปนเปื้อน (PPM)	
		ทองแดง (Copper, Cu)	เหล็ก (Iron, Fe)
สารละลายมาตรฐาน 10 PPM		9.72	9.82
สารละลายมาตรฐาน 70 PPM		69.88	70.16
สารเคมี Deflash	สารเคมีผสมใหม่	0.41	1.20
	หลังใช้งานแล้ว 1 กะ	8.79	4.53
	หลังใช้งานแล้ว 1 สัปดาห์	13.22	6.21
สารเคมี Plating	สารเคมีผสมใหม่	0.67	1.49
	หลังใช้งานแล้ว 1 กะ	1.17	3.31
	หลังใช้งานแล้ว 1 สัปดาห์	2.75	45.28

จากผลการวิเคราะห์สารปนเปื้อนโลหะทองแดงและเหล็กในสารเคมี deflash และสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) พบว่าวิธีการวัดด้วยเครื่อง ICP นี้สามารถ วัดค่าทองแดงและเหล็กที่ปนเปื้อนในสารเคมีตัวอย่างได้ โดยการวัดค่าสารละลายมาตรฐานด้วยเครื่อง ICP ให้ค่าที่ใกล้เคียงค่าที่กำหนด โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ +/- 1 PPM และพบว่าในสารเคมีที่ยังไม่ผ่านการใช้งานจะมีปริมาณโลหะทองแดงและเหล็กต่ำกว่า 2 PPM โดยจะมีปริมาณสารปนเปื้อนสะสมมากขึ้นเมื่อผ่านการใช้งานในสายการผลิต โดยสารปนเปื้อนทองแดงจะละลายสะสมให้สารเคมี deflash ได้ในปริมาณที่สูง ทำให้การเกิดการปนเปื้อนลดลงและมีการสะสมของ

ทองแดงในสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ปริมาณน้อยกว่า deflash ในทางตรงกันข้าม สารปนเปื้อนเหล็กสามารถละลายในสารเคมี deflash ได้น้อยเนื่องจากคุณสมบัติเฉพาะของสารเคมีนี้ ทำให้เกิดการปนเปื้อนสะสมในปริมาณน้อย แต่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนในปริมาณมากขึ้นที่สารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating)

อย่างไรก็ตาม การดำเนินการทดลองต่อเพื่อศึกษาปริมาณปนเปื้อนสูงสุดที่ยอมรับได้นั้น ไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจากการทดลองนั้น ต้องปรับระดับค่าการปนเปื้อนทองแดงและเหล็กในสารเคมี deflash และสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ในเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตจริงเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้นและศึกษาผลกระทบต่อชิ้นงาน ซึ่งทางโรงงานต้องใช้เครื่องจักรในการผลิตชิ้นงานและไม่ต้องการให้เกิดการปนเปื้อนมากเกินไปในสายการผลิต นอกจากนั้น การเปลี่ยนสารเคมีใหม่ทั้งถังในส่วนของการผลิตจริงนั้นมีค่าใช้จ่ายสูงมาก ดังนั้น ผู้วิจัยและทีมงานจึงดำเนินการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมจากผู้ผลิตสารเคมี เกี่ยวกับการควบคุมปริมาณสารปนเปื้อน เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการควบคุมสารปนเปื้อนในสารเคมีและกำหนดค่าปนเปื้อนที่ยอมรับได้ในสายการผลิต ซึ่งทางบริษัทผู้ผลิตก็ได้แนะนำการจำกัดปริมาณสารปนเปื้อนไว้เบื้องต้น ดังนี้

1. สารเคมี deflash บริษัทผู้ผลิตกำหนดให้มีสารปนเปื้อนประเภททองแดงได้สูงสุด 10 PPM และ กำหนดให้มีสารปนเปื้อนประเภทเหล็กได้สูงสุด 20 PPM เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของสารเคมี และผลข้างเคียงที่อาจเกิดต่อชิ้นงาน เช่น การเปลี่ยนสีของลีดเฟรมหรือพื้นผิวลีดเฟรมเกิดสารปนเปื้อน ทำให้เกิดการยึดเกาะไม่ดีกับชั้นโลหะดีบุกที่จะมาเคลือบในกระบวนการถัดไป
2. สารเคมี Plating บริษัทผู้ผลิตกำหนดให้มีสารปนเปื้อนประเภททองแดงได้สูงสุด 50 PPM และ กำหนดให้มีสารปนเปื้อนประเภทเหล็กได้สูงสุด 100 PPM เพื่อป้องกันสารปนเปื้อนในชั้นโลหะดีบุกที่เคลือบชิ้นงานและการยึดเกาะไม่ดีกับชั้นโลหะดีบุกที่เคลือบพื้นผิวที่ต้องการ

จากผลการศึกษาการวิเคราะห์สารปนเปื้อนโลหะทองแดงและเหล็กในสารเคมี deflash และสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ด้วยเครื่อง ICP ดังกล่าว ผู้วิจัยและทีมงานจึงได้จัดทำแผนการดำเนินการเพื่อให้พนักงานตรวจสอบคุณภาพสามารถวัดค่าสิ่งเจือปนประเภททองแดงและเหล็กในสารเคมี deflash และสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เพื่อควบคุมกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี และกำหนดแผนรองรับในกรณีที่มีการตรวจพบปริมาณสารปนเปื้อนสูงกว่าที่กำหนด

โดยช่างเคมีเทคนิคจะต้องดำเนินการเจือจางและปรับค่าความเข้มข้นสารเคมีใหม่ให้ได้ความเข้มข้นอยู่ในช่วงที่ควบคุมและมีปริมาณสารปนเปื้อนน้อยลงในระดับที่ยอมรับได้ ซึ่งมีผู้รับผิดชอบและระยะเวลาการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงดังนี้

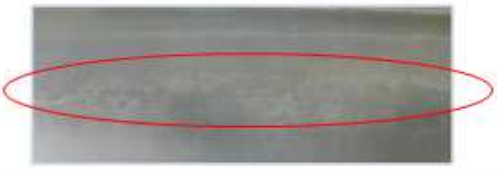
1. จัดทำขั้นตอนและความถี่ในการวิเคราะห์สารปนเปื้อนด้วย ICP สำหรับพนักงานตรวจสอบคุณภาพ โดย วิศวกรฝ่ายประกันคุณภาพ ระยะเวลาดำเนินการ 1 สัปดาห์
2. อบรมพนักงานตรวจสอบคุณภาพ โดย วิศวกรฝ่ายประกันคุณภาพ ระยะเวลาดำเนินการ 2 สัปดาห์
3. จัดทำขั้นตอนการดำเนินการกรณีพบค่าสิ่งปนเปื้อนออกนอกการควบคุม โดย วิศวกรฝ่ายผลิต ระยะเวลาดำเนินการ 1 สัปดาห์
4. อบรมพนักงานฝ่ายผลิตและช่างเคมีเทคนิค โดย วิศวกรฝ่ายผลิต ระยะเวลาดำเนินการ 2 สัปดาห์

ข) การเกิดสารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาดบนชิ้นงาน เกิดจากการทำงานของสารเคมี Belt stripper ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ เนื่องจากสารเคมี Belt stripper มีหน้าที่ในการทำความสะอาดสายพานโดยการดึงดีบุกที่ตกค้างออกจากสายพานก่อนที่สายพานจะวนเข้าสู่กระบวนการเริ่มต้นใหม่ หากสารเคมี Belt stripper เกิดการเสื่อมสภาพ ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดสายพานจะด้อยลงและทำให้มีเศษดีบุกตกค้างเข้าไปปนเปื้อนในสารเคมีอื่นๆ ได้เมื่อสายพานวนกลับเข้าสู่กระบวนการเริ่มต้นใหม่ ซึ่งเศษดีบุกปนเปื้อนเหล่านี้จะกลับเข้ามาติดบนพื้นผิวชิ้นงานและกลายเป็นเศษดีบุกส่วนเกินได้ โดยประสิทธิภาพการทำงานสารเคมี Belt stripper จะมีความเกี่ยวข้องกับปัจจัย 2 ปัจจัย ได้แก่ อายุการใช้งานของสารเคมี และค่าความเข้มข้นของสารเคมี

เมื่อพิจารณาถึงการเสื่อมสภาพของสารเคมี Belt stripper จากการกำหนดอายุการใช้งานของสารเคมี พบว่าปัจจุบันกำหนดอายุการใช้งานโดยใช้เวลาเป็นตัวกำหนด ซึ่งสารเคมี Belt stripper มีอายุการใช้งาน 1 สัปดาห์ แต่หากมีจำนวนชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการมากขึ้น จะส่งผลให้มีปริมาณดีบุกติดบนสายพานมาขึ้นและทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมี Belt stripper ที่ใช้ล้างดีบุกออกจากสายพานก่อนหมุนเวียนไปใช้ในการเคลือบใหม่ มีประสิทธิภาพต่ำลงได้ตามลำดับ ซึ่งการควบคุมอายุการใช้งานของสารเคมี Belt stripper โดยกำหนดเวลาเพียงอย่างเดียวจึงอาจไม่มีความเหมาะสมต่อการดำเนินการผลิตจำนวนมากในปัจจุบันได้

ดังนั้น ผู้วิจัยและทีมงานจึงทำการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมี Belt stripper เทียบกับปริมาณชิ้นงานที่ผ่านเข้าไป (นับเป็นจำนวนแผ่นลีดเฟรม) โดยใช้สารเคมีผสมใหม่เมื่อเริ่มการทดลอง ทำการปล่อยชิ้นงานผ่านกระบวนการไปเรื่อยๆ และทำการบันทึกจำนวนชิ้นงานที่อ่านค่าจากมิเตอร์ที่ใช้นับจำนวนตรงทางเข้าเครื่องเป็นระยะๆ จากนั้นทำการตรวจสอบตรวจสอบสภาพสายพานหลังผ่านกระบวนการล้างดีบุกด้วยสารเคมี Belt stripper แล้ว (โดยที่ควบคุมพารามิเตอร์ และค่าความเข้มข้นสารเคมีตามการดำเนินกระบวนการตามปกติ) ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 5.2 ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมี Belt stripper จะไม่สามารถล้างสายพานได้สะอาด (พบว่ามีคราบดีบุกหลงเหลืออยู่บนสายพานหลังผ่านกระบวนการล้าง) ที่จำนวนแผ่นลีดเฟรมที่ผ่านกระบวนการไปแล้วประมาณ 25,000 แผ่น

ตารางที่ 5.2 ประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมี Belt stripper เทียบกับกำลังการผลิต

จำนวนชิ้นงาน (แผ่น)	สภาพสายพานหลังผ่านกระบวนการล้างดีบุก
1252	 ไม่เหลือคราบดีบุก
3711	 ไม่เหลือคราบดีบุก
7526	 เหลือคราบดีบุกบางๆ เป็นบางส่วนของสายพาน
12774	 เหลือคราบดีบุกบางๆ เป็นบางส่วนของสายพาน
14921	 เหลือคราบดีบุกบางๆ เป็นบางส่วนของสายพาน
20315	 เหลือคราบดีบุกบางๆ ตลอดสายพาน
25192	 เหลือคราบดีบุกหนาตลอดสายพาน

ดังนั้น ผู้วิจัยและทีมงานจึงกำหนดให้มีการเปลี่ยนสารเคมี Belt stripper ทุกๆกำลังการผลิตที่ 25,000 แผ่น หรือเปลี่ยนใหม่ทั้งถังเมื่อครบ 1 สัปดาห์ตามอายุการใช้งานเดิม และได้จัดทำแผนการดำเนินการเพื่อควบคุมอายุการใช้งานของสารเคมี Belt stripper ด้วยจำนวนชิ้นงานที่ผ่านเข้าไปในกระบวนการ โดยกำหนดผู้รับผิดชอบและระยะเวลาดำเนินการ ดังนี้

1. จัดทำขั้นตอนการตรวจสอบ ความถี่ในการตรวจสอบ และวิธีการบันทึกค่าจำนวนชิ้นงานที่ผ่านเข้าเครื่อง เพื่อใช้ควบคุมอายุการใช้งานสารเคมี Belt stripper โดย วิศวกรฝ่ายผลิต ระยะเวลาดำเนินการ 1 สัปดาห์
2. จัดทำขั้นตอนการดำเนินการกรณีพบจำนวนชิ้นงานผ่านกระบวนการมากตามที่กำหนดไว้ โดย วิศวกรฝ่ายผลิต ระยะเวลาดำเนินการ 1 สัปดาห์
3. อบรมพนักงานฝ่ายผลิตและช่างเคมีเทคนิค โดย วิศวกรฝ่ายผลิต ระยะเวลาดำเนินการ 2 สัปดาห์

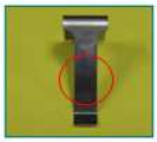
เมื่อพิจารณาถึงการเสื่อมสภาพของสารเคมี Belt stripper จากการกำหนดความเข้มข้น Belt stripper ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน พบว่าปัจจุบันมีการดำเนินการเคลือบดีบุกด้วยไฟฟ้าเคมีเป็นจำนวนมากขึ้นตามความต้องการของตลาด ซึ่งฝ่ายผลิตก็จะมีการปรับเปลี่ยนและเพิ่มจำนวนชุดพารามิเตอร์ในการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีที่เหมาะสมกับชิ้นงานที่มีขนาดและความหลากหลายมากขึ้น ซึ่งพารามิเตอร์หลัก เช่น กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลือบดีบุก และความเร็วสายพาน ต่างก็มีผลต่อปริมาณดีบุกที่สะสมอยู่บนสายพานที่แตกต่างไปจากตอนที่เริ่มต้นกระบวนการนี้ในช่วงแรก ซึ่งปัจจุบัน ความเข้มข้น Belt stripper ที่กำหนดให้ใช้คือ 200-300 ml/l ดังนั้น ผู้วิจัยและทีมงานจึงได้มีการทำการทดลอง เพื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารเคมี Belt stripper ที่ใช้ดึงดีบุกออกจากสายพานใหม่ที่เหมาะสมกับกำลังการผลิตและผลิตภัณฑ์ของโรงงานในปัจจุบันมากที่สุด โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมี Belt stripper ในการทดลอง ดังต่อไปนี้

1. สภาพสายพานหลังผ่านกระบวนการล้างดีบุกออก จะต้องมีปริมาณดีบุกหลงเหลืออยู่น้อยมากหรือไม่มีเลย และไม่ถูกกัดกร่อนจากสารเคมี
2. สภาพคลิปที่ใช้หนีบแผ่นชิ้นงานไว้กับสายพาน จะต้องไม่ถูกกัดกร่อนจากสารเคมี
3. สภาพของแผ่นรองรับเศษดีบุกที่ถูกดึงออกจากสายพานหรือ Cathode plate จะต้องมีสภาพที่มีเศษดีบุกติดแน่น ไม่ลอกออกจากแผ่นรองรับ เนื่องจากจะกลายเป็นเศษดีบุกกลับไปติดบนสายพานหรือชิ้นงานได้อีก

4. สภาพสารเคมี Belt stripper ขณะใช้งาน จะต้องไม่มีฟองสารเคมีเกิดขึ้นหรือสารเคมีเปลี่ยนสภาพเป็นขุ่นข้นขณะใช้งาน

จากผลการทดลองดังตารางที่ 5.3 พบว่าที่ความเข้มข้นของสารเคมี Belt stripper ที่ 400 ml/l ขึ้นไปเริ่มก่อให้เกิดการสึกหรอของคลิปที่หนีบชิ้นงานและมีฟองของสารเคมีเกิดขึ้น ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าความเข้มข้นใหม่ที่ช่วง 300-400 ml/l แทนช่วงค่าความเข้มข้นเดิม ซึ่งสามารถดำเนินการปรับค่าความเข้มข้นของสารเคมี Belt stripper ที่ใช้ในการผลิตได้ทันที

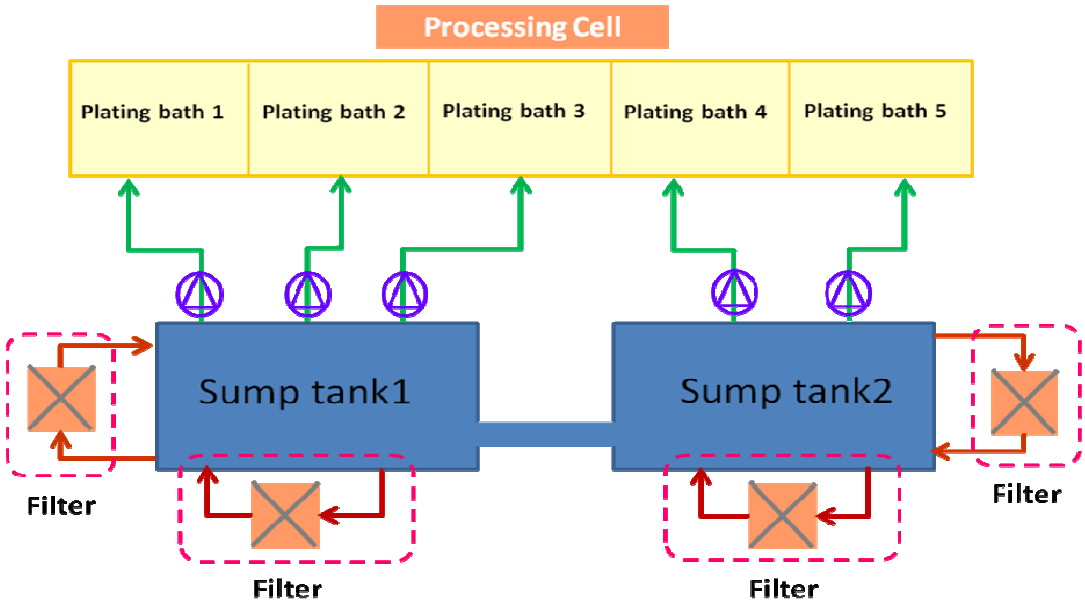
ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองเพิ่มความเข้มข้นของสารเคมี Belt stripper

ความเข้มข้นของสารเคมี Belt stripper	สภาพสายพานหลังผ่านกระบวนการล้างดีบุก	สภาพคลิปที่ใช้หนีบแผ่นชิ้นงาน (หลังใช้งาน 1 เดือน)	สภาพของแผ่นรองรับเศษดีบุก (Cathode plate)	สภาพสารเคมี Belt stripper ขณะใช้งาน
300 ml/l - 350 ml/l				
	เหลือคราบดีบุกบางๆ	ไม่กัดกร่อน	ดีบุกติดแน่น ไม่ลอก	ไม่เกิดฟอง
350 ml/l - 400 ml/l				
	ไม่เหลือคราบดีบุก	ไม่กัดกร่อน	ดีบุกติดแน่น ไม่ลอก	ไม่เกิดฟอง
400 ml/l - 450 ml/l				
	ไม่เหลือคราบดีบุก	เกิดการสึกหรอเล็กน้อย	ดีบุกติดแน่น ไม่ลอก	เกิดฟองสารเคมีเล็กน้อย

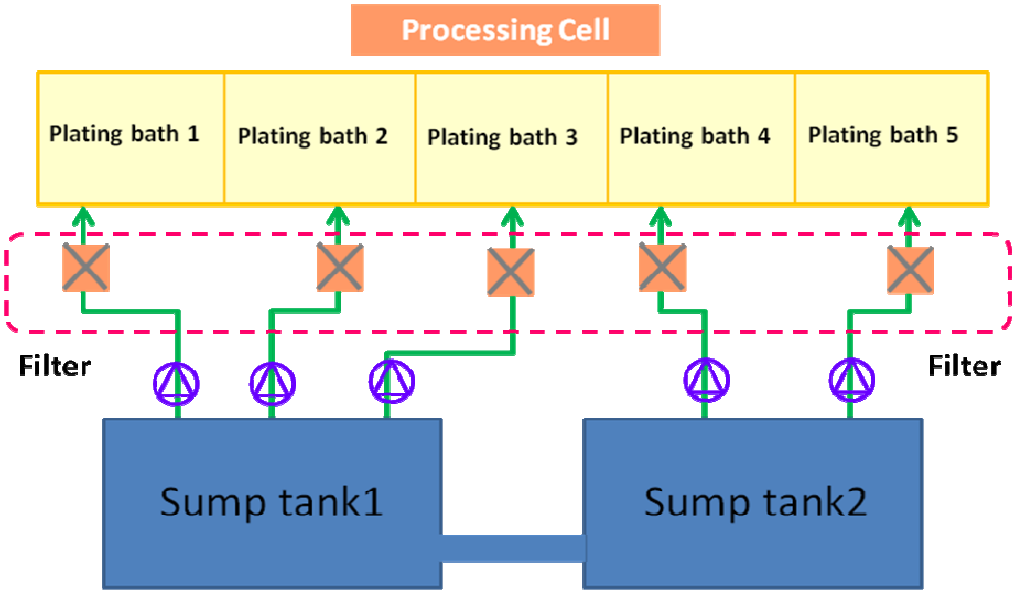
นอกจากสาเหตุการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ที่เกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนของสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตดังที่กล่าวไปแล้ว ยังมีสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องจักร ชิ้นส่วนเครื่องจักรและการบำรุงรักษาเครื่องจักร ได้แก่ ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เป็นแบบ Offline กรองเฉพาะสารเคมีในถังพัก ไม่ได้กรองขณะสูบขึ้น processing cell การออกแบบข้อต่อ ระบบท่อต่างๆไม่ดีพอ มีจุดหักงอมากทำให้เกิดตะกอนได้

ง่าย และตัวจ่ายไฟที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีความผิดปกติเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ ซึ่งมีการกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุง ดังต่อไปนี้

ค) ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เป็นแบบ Offline filter กรองเฉพาะสารเคมีในถังพัก ไม่ได้กรองขณะสูบขึ้น Processing cell หรือแบบ Inline filter ทำให้ประสิทธิภาพในการกรองตะกอนดีบุกส่วนหนึ่งที่เกิดในถังสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ไม่มีประสิทธิภาพดีพอ ซึ่งเศษตะกอนดีบุกที่มากเกินความต้องการอาจไปติดบนชิ้นงานทำให้เกิดเป็นเศษดีบุกส่วนเกินบนชิ้นงานได้ โดยระบบการกรองแบบ Offline filter จะติดชุดกรองอยู่ในส่วนของถังพักสารเคมีด้านล่าง ดังภาพที่ 5.1 ในขณะที่ระบบการกรองแบบ Inline filter จะติดตั้งชุดกรองระหว่างท่อที่สารเคมีถูกสูบผ่านไปสู่ส่วนที่ใช้ในการผลิต (Processing cell) ดังภาพที่ 5.2 ซึ่งการกรองแบบ Inline filter จะมีประสิทธิภาพในการกรองตะกอนดีบุกออกจากสารเคมีได้ดีกว่า



ภาพที่ 5.1 ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) แบบ Offline filter



ภาพที่ 5.2 ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) แบบ Inline filter

ดังนั้น ผู้วิจัยและทีมงานจึงได้จัดทำแผนการดำเนินการเพื่อติดตั้งระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เป็นแบบกรองสารเคมีขณะสูบขึ้น Processing cell หรือแบบ Inline filter เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองตะกอนดีบุกในระบบการไหลเวียนของสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) โดยกำหนดผู้รับผิดชอบและระยะเวลาดำเนินการ ดังนี้

1. ออกแบบระบบการกรองและสั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง โดย วิศวกรฝ่ายเครื่องจักร ระยะเวลาดำเนินการ 8 สัปดาห์
2. ดำเนินการติดตั้งระบบการกรองที่เครื่อง Meco#4 โดย วิศวกรฝ่ายเครื่องจักรและวิศวกรฝ่ายผลิต ระยะเวลาดำเนินการ 8 สัปดาห์
3. จัดทำขั้นตอนการดำเนินการตรวจสอบระบบและการบำรุงรักษา โดย วิศวกรฝ่ายเครื่องจักรและวิศวกรฝ่ายบำรุงรักษาและซ่อมบำรุง ระยะเวลาดำเนินการ 1 สัปดาห์
4. อบรมช่างเทคนิคและฝ่ายบำรุงรักษาและซ่อมบำรุง โดย วิศวกรฝ่ายเครื่องจักรและวิศวกรฝ่ายบำรุงรักษาและซ่อมบำรุง ระยะเวลาดำเนินการ 2 สัปดาห์

อย่างไรก็ตาม แนวทางการปรับปรุงระบบการกรองตะกอนดีบุก เป็นเพียงมาตรการในการแก้ไขปัญหาที่ปลายเหตุคือทำการกรองตะกอนเมื่อมีตะกอนเกิดขึ้นในระบบแล้ว ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานจึงได้พิจารณาสาเหตุที่ทำให้เกิดตะกอนดีบุกในระบบมากขึ้น เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขเชิงป้องกันให้มีตะกอนดีบุกเกิดขึ้นในระบบน้อยลง ดังรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

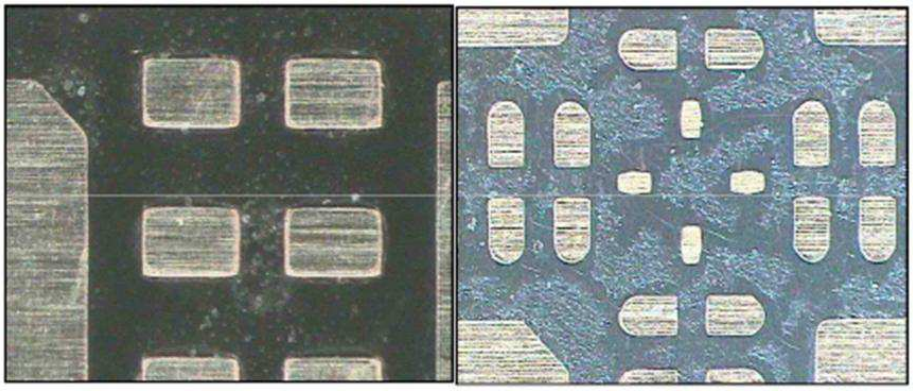
ง) การเกิดตะกอนดีบุกในระบบหมุนเวียนสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เนื่องจากการออกแบบข้อต่อ และระบบท่อต่างๆไม่ดีพอ มีจุดหักงอมากทำให้เกิดการตะกอนได้ง่าย โดยตะกอนเหล่านี้เกิดจากการที่ดีบุกในสารเคมีที่ใช้เคลือบเกิดการแลกเปลี่ยนประจุทางไฟฟ้ากับออกซิเจนในอากาศ ซึ่งหากการไหลเวียนของสารเคมีในระบบมีการกระแทกผนังท่อรุนแรงหรือบ่อยครั้ง ก็จะทำให้เกิดฟองอากาศในระบบไหลเวียนมากขึ้นและเกิดการตกตะกอนของดีบุกมากขึ้นตามลำดับ ดังนั้น ผู้วิจัยและทีมงานจึงได้จัดแผนการดำเนินการปรับปรุงระบบท่อให้ลดการกระแทกของการไหลของสารเคมีในระบบเพื่อลดการเกิดฟองอากาศและตะกอนดีบุกในสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) โดยกำหนดผู้รับผิดชอบและระยะเวลาดำเนินการ ดังนี้

1. ตรวจสอบระบบท่อและออกแบบผังการเดินท่อใหม่ที่เหมาะสมกับพื้นที่ โดย วิศวกรฝ่ายเครื่องจักร ระยะเวลาดำเนินการ 2 สัปดาห์
2. ดำเนินการปรับปรุงระบบท่อใหม่ที่เครื่อง Meco#4 โดย วิศวกรฝ่ายเครื่องจักร ระยะเวลาดำเนินการ 2 สัปดาห์

แนวทางการแก้ไขปรับปรุงที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องจักรและชิ้นส่วนของเครื่องจักรไม่เหมาะสม ดังที่กล่าวไปแล้วก่อนหน้า จะช่วยป้องกันการเกิดตะกอนดีบุกในระบบไหลเวียนสารเคมีมากเกินไปและลดปัญหาข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือโลหะส่วนเกินที่เกิดจากเศษตะกอนดีบุกในสารเคมีได้ อย่างไรก็ตาม จากผลจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ ยังมีสาเหตุที่ต้องดำเนินการแก้ไขเกี่ยวกับปัญหาในการบำรุงรักษาชิ้นส่วนของเครื่องจักรไม่เหมาะสมเพียงพอ ทำให้เกิดการทำงานที่ผิดปกติและก่อให้เกิดข้อบกพร่องบนชิ้นงานได้ ได้แก่ การเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน จากค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลือบผิดปกติ เนื่องจากตัวจ่ายไฟที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีความผิดปกติเพราะวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ ซึ่งค่ากระแสไฟฟ้าที่ผิดปกติจะทำให้การกระจายตัวของชั้นดีบุกบนพื้นที่ที่ต้องการเคลือบมีความสม่ำเสมอไม่เท่ากัน ส่วนที่รับกระแสมากเกิดไปจะมีดีบุกเข้าไปเคลือบในปริมาณมาก และอาจก่อให้เกิดปัญหาการมีเศษดีบุกยึดเกาะบนชิ้นงานมากเกินความต้องการได้ ดังนั้น ทางผู้วิจัยและทีมงานได้ดำเนินการแก้ไขโดยการปรับปรุงขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษาตัวจ่ายไฟที่ส่วนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี และทำการอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องในสายการผลิต เพื่อทำให้ขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษาตัวจ่ายไฟที่ส่วนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีนั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งการแก้ไขนั้นสามารถดำเนินการได้ทันที

นอกจากสาเหตุการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ที่เกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนของสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต และการออกแบบเครื่องจักร ชิ้นส่วนเครื่องจักรและการบำรุงรักษาเครื่องจักรดังที่กล่าวไปแล้ว ยังมีสาเหตุการเกิดข้อบกพร่องที่เกิดจากชิ้นงานมีความผิดปกติจากกระบวนการผลิตก่อนหน้า ได้แก่ ชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่ผ่านเข้าสู่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีคราบกาวตกค้าง และชิ้นงานหรือลีดเฟรมมีเศษทองแดงที่แตกออกบนพื้นผิวลีดเฟรมจากกระบวนการผลิตก่อนหน้า ซึ่งมีการกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุง ดังต่อไปนี้

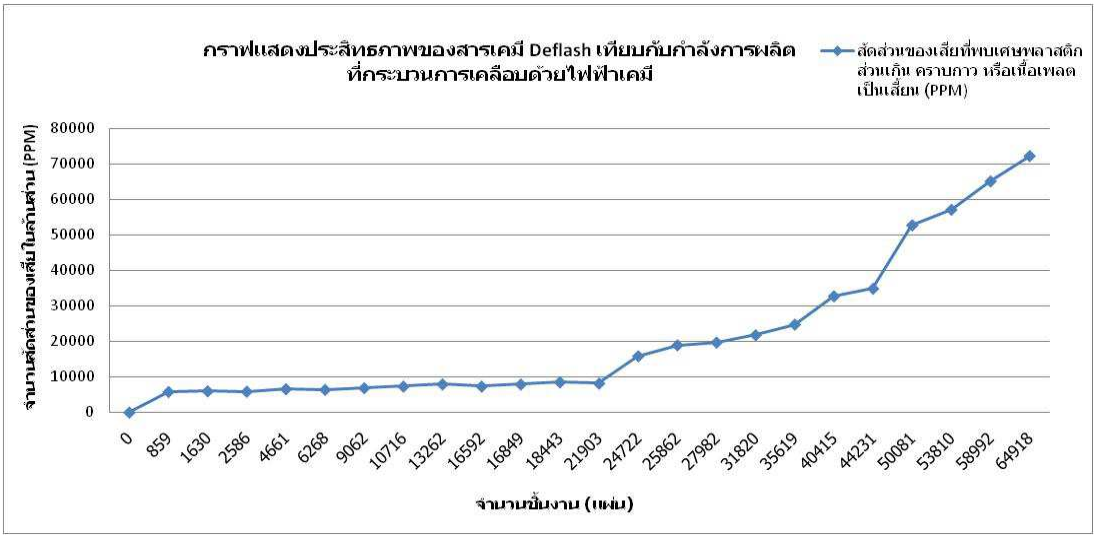
จ) ชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่ผ่านเข้าสู่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีคราบกาวตกค้างบนพื้นผิวลีดเฟรม ซึ่งบริเวณพื้นผิวของลีดเฟรมที่มีคราบกาวตกค้างอยู่จากกระบวนการผลิตส่วนหน้า ดังภาพที่ 5.3 จะมีประจุไฟฟ้าเข้าไปสะสมในบริเวณที่มีคราบกาวดังกล่าวมากกว่าปกติและทำให้ดีบุกในสารเคมีที่ใช้เคลือบเข้าไปยึดเกาะบริเวณนี้มากเกินความต้องการ เกิดเป็นข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกินได้ ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีการตรวจสอบคราวกาวที่ติดมาบนลีดเฟรมด้วยวิธีการวัดที่แม่นยำเพียงพอ พนักงานสามารถตรวจสอบได้ด้วยการตรวจด้วยสายตาผ่านกล้องกำลังขยายต่ำก่อนเริ่มต้นกระบวนการเท่านั้น ในขณะเดียวกัน กระบวนการล้างชิ้นงานด้วยสารเคมีที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีเอง ไม่สามารถล้างคราบกาวออกจากลีดเฟรมได้หมด ดังนั้นแนวทางการแก้ไขหลักคือการเพิ่มกระบวนการล้างทำความสะอาดลีดเฟรมก่อนกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาดคราบกาวบนชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งกระบวนการใหม่นี้ อยู่นอกเหนือจากขอบข่ายของงานวิจัยในครั้งนี้



ภาพที่ 5.3 ชิ้นงานที่มีคราบกาวตกค้างจากกระบวนการผลิตส่วนหน้า

อย่างไรก็ตาม กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาดชิ้นงานก่อนกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีได้ โดยแนวทางการเปลี่ยนวิธีการควบคุมอายุการใช้งานของสารเคมีให้เหมาะสมกับกระบวนการมากขึ้น เนื่องจากหากมีจำนวนชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการมากขึ้น สิ่งปนเปื้อนที่เข้าสู่กระบวนการย่อมมีมากขึ้นตามลำดับซึ่งอาจทำให้อายุการใช้งานของสารเคมีนั้นสั้นลงจากที่กำหนดไว้ การควบคุมอายุการใช้งานของสารเคมีโดยกำหนดเวลาเพียงอย่างเดียวจึงอาจไม่มีความเหมาะสมต่อการดำเนินการผลิตจำนวนมากในปัจจุบันได้

จากการวิเคราะห์กระบวนการ สารปนเปื้อนชนิดคราบกาวนั้นจะเกิดการปนเปื้อนมากที่สุดที่ส่วนของ Deflash ซึ่งเป็นส่วนแรกของกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีและสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการ Deflash นี้สามารถละลายคราบกาวจากชิ้นงานได้บางส่วน ดังนั้น จึงทำการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมี deflash เทียบกับปริมาณชิ้นงานที่ผ่านเข้าไป (นับเป็นจำนวนแผ่นลีดเฟรม) โดยใช้สารเคมีผสมใหม่เมื่อเริ่มการทดลอง ทำการปล่อยชิ้นงานผ่านกระบวนการไปเรื่อยๆ และทำการบันทึกจำนวนชิ้นงานที่อ่านค่าจากมิเตอร์ที่ใช้นับจำนวนตรงทางเข้าเครื่องเป็นระยะๆ จากนั้นทำการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการแล้ว (โดยที่ควบคุมพารามิเตอร์ และค่าความเข้มข้นสารเคมีตามการดำเนินกระบวนการตามปกติ) ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 5.4 ซึ่งพบว่ามีปริมาณข้อบกพร่องประเภทคราบพลาสติกส่วนเกิน คราบกาว และการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกินหลังการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 5.4 กราฟแสดงประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมี Deflash เทียบกับกำลังการผลิต

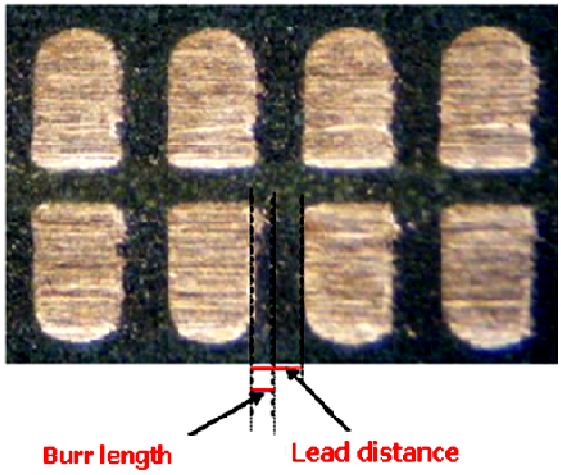
จากภาพที่ 5.4 ที่กำลังการผลิต 24,722 แผ่นชิ้นงาน ประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมี Deflash เริ่มลดลง สังเกตได้จากปริมาณของเสียที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของสารเคมีเริ่มมีแนวโน้มสูงขึ้น และมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆจนเกิน 50,000 PPM หรือ 5% ของชิ้นงานทั้งหมด ที่กำลังการผลิตประมาณ 50,000 แผ่นชิ้นงาน ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานจึงกำหนดให้มีการเจือจางสารเคมี deflash ลงครึ่งหนึ่งและปรับค่าความเข้มข้นใหม่ให้ได้ตามที่กำหนดเพื่อลดปริมาณสิ่งปนเปื้อน ทุกๆกำลังการผลิตที่ 50,000 แผ่น และเปลี่ยนใหม่ทั้งถังเมื่อครบ 6 เดือนตามอายุการใช้งานเดิม และได้จัดทำแผนการดำเนินการเพื่อควบคุมอายุการใช้งานของสารเคมี deflash ด้วยจำนวนชิ้นงานที่ผ่านเข้าไปในกระบวนการ โดยกำหนดผู้รับผิดชอบและระยะเวลาดำเนินการ ดังนี้

1. จัดทำขั้นตอนการตรวจสอบ ความถี่ในการตรวจสอบ และวิธีการบันทึกค่าจำนวนชิ้นงานที่ผ่านเข้าเครื่อง เพื่อใช้ควบคุมอายุการใช้งานสารเคมี deflash โดย วิศวกรฝ่ายผลิต ระยะเวลาดำเนินการ 1 สัปดาห์
2. จัดทำขั้นตอนการดำเนินการกรณีพบจำนวนชิ้นงานผ่านกระบวนการมากตามที่กำหนดไว้ โดย วิศวกรฝ่ายผลิต ระยะเวลาดำเนินการ 1 สัปดาห์
3. อบรมพนักงานฝ่ายผลิตและช่างเคมีเทคนิค โดย วิศวกรฝ่ายผลิต ระยะเวลาดำเนินการ 2 สัปดาห์

นอกจากสาเหตุการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการมีคราบกาวตกค้างบนชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่ผ่านเข้าสู่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีแล้วยังมีปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสภาพชิ้นงานที่ผิดปกติมาจากกระบวนการก่อนหน้าอีก 1 สาเหตุที่ต้องดำเนินการแก้ไข ได้แก่ ชิ้นงานหรือลีดเฟรมมีเศษทองแดงที่แตกออกบนพื้นผิวลีดเฟรมจากกระบวนการผลิตก่อนหน้า ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไปดังนี้

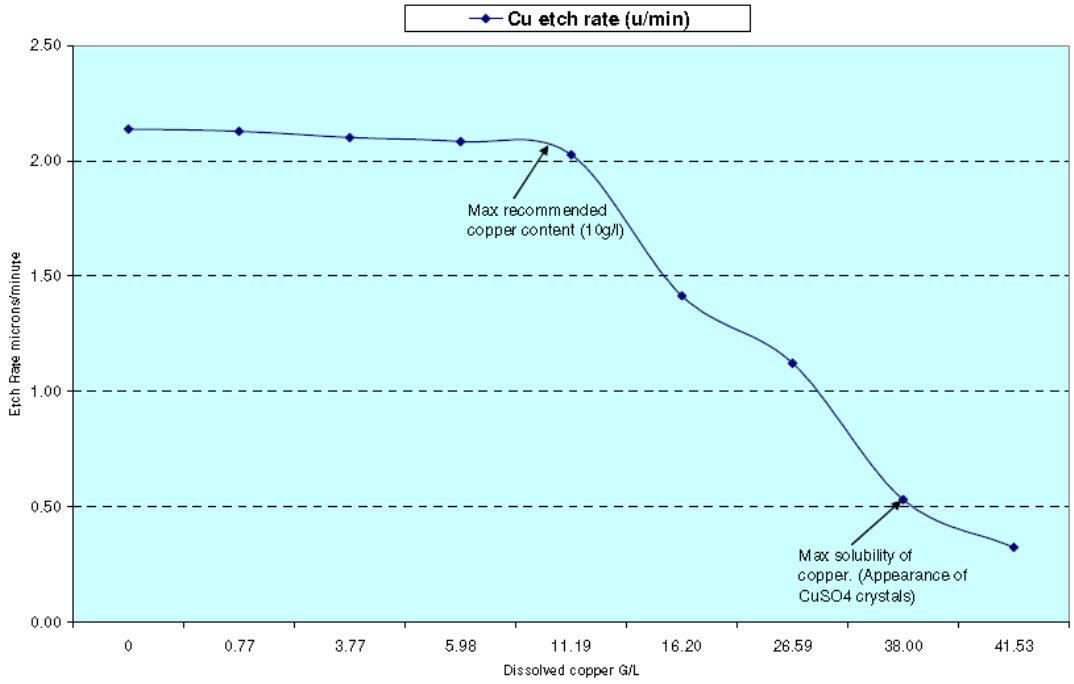
ฉ) ชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่ผ่านเข้าสู่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีที่มีเศษทองแดงที่แตกออกบนพื้นผิวลีดเฟรมจากกระบวนการผลิตก่อนหน้า ดังภาพที่ 5.5 เมื่อผ่านเข้าสู่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีจะทำให้มีดีบุกส่วนหนึ่งเข้าไปเคลือบบนเศษทองแดงที่แตกออกเกินพื้นที่ที่ต้องการบนชิ้นงานและเกิดเป็นข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกินได้ ซึ่งการดำเนินการแก้ไขความผิดปกติที่กระบวนการผลิตส่วนหน้า อยู่นอกเหนือขอบข่ายของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ อย่างไรก็ตาม ที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี จะมีกระบวนการล้างคราบสนิมทองแดง ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างทองแดงที่เป็นองค์ประกอบหลักของลีดเฟรมกับออกซิเจนที่มีอยู่ในสภาพแวดล้อม โดยกระบวนการล้างลีดเฟรมด้วยสารเคมี Activation ซึ่ง

สารเคมีนี้มีคุณสมบัติในการละลายทองแดงบางส่วนออกจากลีดเฟรมก่อนกระบวนการเคลือบดีบุกต่อไป



ภาพที่ 5.5 ชิ้นงานที่มีเศษทองแดงที่แตกออกบนพื้นผิวลีดเฟรมจากกระบวนการผลิตส่วนหน้า

การทำการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมี Activation ในสายการผลิต ไม่สามารถดำเนินการได้จริงเนื่องจากต้องทำการทดลองในสารเคมีที่บรรจุอยู่ในเครื่องจักรที่ทำการผลิตชิ้นงานอยู่ ทำให้ไม่สามารถวัดอัตราการทำงานของสารเคมี Activation เพียงชนิดเดียวโดยตัดปัจจัยทางด้านสารเคมีอื่นๆในสายการผลิตออกไปได้เนื่องจากการทำงานเป็นระบบสายพานต่อเนื่องกัน ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานจึงได้สอบถามข้อมูลและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของสารเคมี Activation ไปยังบริษัทผู้ผลิตสารเคมี ซึ่งพบว่ามีข้อมูลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมีที่วัดเป็นค่าอัตราการกัดทองแดง (Etch rate) เทียบกับปริมาณทองแดงที่ละลายลงไปอยู่ในสารเคมี ดังภาพที่ 5.6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าอัตราการกัดทองแดงบนชิ้นงานจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อมีปริมาณทองแดงที่ละลายอยู่ในสารเคมี Activation มีค่ามากกว่า 10g/L



ภาพที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกัดสนิมทองแดงบนชิ้นงานเทียบกับปริมาณปนเปื้อนทองแดงในสารเคมี Activation (ข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตสารเคมี)

ดังนั้น ผู้วิจัยและทีมงานจึงกำหนดให้มีการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงในสารเคมี Activation โดยวิธีไตเตรท (Titration) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์สารเคมีที่มีปริมาณสูงเกินกว่าระดับ PPM และกำหนดให้มีปริมาณทองแดงเจือปนในสารเคมีได้ไม่เกิน 10 g/L ตามข้อวิธีการวิเคราะห์และผลการศึกษาจากบริษัทผู้ผลิตสารเคมี ซึ่งหากมีการตรวจพบปริมาณทองแดงเกินค่าที่กำหนด ซึ่งหากมีการตรวจพบปริมาณทองแดงเกินค่าควบคุม จะต้องมีการเปลี่ยนสารเคมี Activation ใหม่ทันที เนื่องจากเดิมสารเคมีประเภทนี้มีอายุการใช้งานสั้นอยู่แล้วเพียง 1 สัปดาห์และประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมีแปรผันโดยตรงกับปริมาณทองแดงที่เจือปนลงไป นอกจากนั้น ยังกำหนดมาตรฐานการควบคุมอายุการใช้งานสารเคมี Activation จากการใช้ระยะเวลาเป็นตัวกำหนดมาเป็นการควบคุมโดยใช้ปริมาณทองแดงเจือปนแทน โดยทางฝ่ายผลิตจะทำการเก็บข้อมูลและเฝ้าระวังปริมาณทองแดงที่เพิ่มขึ้นในแต่ละสัปดาห์ ควบคู่ไปกับการตรวจสอบสภาพชิ้นงานก่อนเข้าสู่กระบวนการ หากพบปริมาณทองแดงที่ติดมาบนชิ้นงานหรือปริมาณทองแดงในสารเคมี Activation สูงขึ้นอย่างรวดเร็วหรือผิดปกติ ก็จะต้องแจ้งให้กระบวนการผลิตส่วนหน้าที่เกี่ยวข้องทราบและดำเนินการแก้ไขต่อไป โดยแผนการแก้ไขปรับปรุง มีการกำหนดผู้รับผิดชอบและระยะเวลาการดำเนินการ ดังนี้

1. จัดทำขั้นตอนและความถี่ในการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงในสารเคมี Activation สำหรับพนักงานตรวจสอบคุณภาพ โดย วิศวกรฝ่ายประกันคุณภาพ ระยะเวลาดำเนินการ 1 สัปดาห์
2. อบรมพนักงานตรวจสอบคุณภาพ โดย วิศวกรฝ่ายประกันคุณภาพ ระยะเวลาดำเนินการ 2 สัปดาห์
3. จัดทำขั้นตอนการดำเนินการกรณีพบค่าทองแดงออกนอกการควบคุม และเปลี่ยนวิธีการกำหนดอายุการใช้งานของสารเคมี Activation โดย วิศวกรฝ่ายผลิต ระยะเวลาดำเนินการ 1 สัปดาห์
4. อบรมพนักงานฝ่ายผลิตและช่างเคมีเทคนิค โดย วิศวกรฝ่ายผลิต ระยะเวลาดำเนินการ 2 สัปดาห์

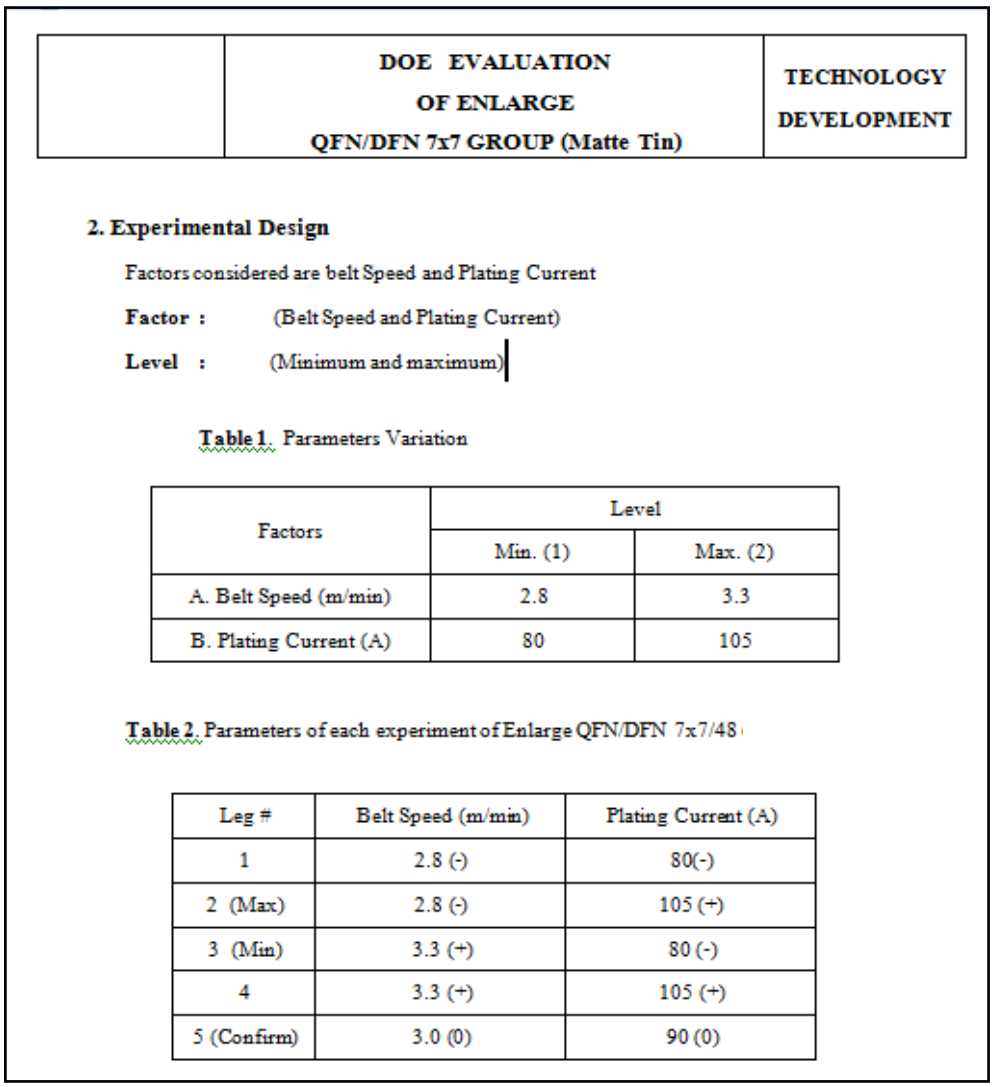
5.2 แนวทางในการแก้ไขปัญหาค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด

จากการประเมินค่า RPN ของสาเหตุในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด พบว่ามีสาเหตุการเกิดข้อบกพร่องที่มีความสำคัญและต้องดำเนินการแก้ไขจำนวน 3 สาเหตุ ได้แก่ การกำหนดค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความเร็วสายพานที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน และลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมีผิดปกติ (ติดค้าง) เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ ซึ่งสามารถกำหนดแนวทางแก้ไขได้ดังนี้

ก) การกำหนดค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความเร็วสายพานที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน จะส่งผลกระทบต่อค่าความหนาของชั้นดีบุกที่เคลือบบนชิ้นงานโดยตรง เนื่องจากเป็นปัจจัยหลักในการดำเนินการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี โดยค่าความหนาของชั้นดีบุกจะแปรผันตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่ชิ้นงานในส่วนที่มีการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ซึ่งค่ากระแสไฟฟ้าสูงจะทำให้เกิดชั้นดีบุกที่มีความหนามากขึ้น เป็นต้น ในทางกลับกันค่าความหนาของชั้นดีบุกจะแปรผกผันกับค่าความเร็วสายพานที่ใช้พาชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการเคลือบ ซึ่งค่าความเร็วสายพานที่มาก (มีความเร็วมาก) จะทำให้เกิดชั้นดีบุกที่มีความหนาลดลง เนื่องจากชิ้นงานมีระยะเวลาที่อยู่ในส่วนที่มีการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีสั้นลง เป็นต้น

ซึ่งเมื่อทำการตรวจสอบข้อมูลพบว่า ปัจจุบันชุดพารามิเตอร์ที่ถูกกำหนดให้ใช้ในสายการผลิต จะต้องผ่านขั้นตอนการทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของพารามิเตอร์ในช่วงที่ต้องการต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design of experiment, DOE) ดังตัวอย่างในภาพที่ 5.7 ซึ่งค่าพารามิเตอร์เหล่านี้จะถูกทำการศึกษาและกำหนดให้ใช้ที่เครื่องจักร

ตามกลุ่มย่อยของผลิตภัณฑ์ที่แบ่งตามขนาดของวงจรไฟฟ้ารวม (กว้าง X ยาว) และจำนวนขาที่ต้องการนำไปเชื่อมต่อกับแผงวงจรไฟฟ้า เช่น ชุดพารามิเตอร์สำหรับ QFN 7X7 48L หมายถึงชุดพารามิเตอร์ที่กำหนดให้ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภท QFN ขนาด กว้าง 7 มิลลิเมตร และยาว 7 มิลลิเมตร และมี จำนวนขา 48 ขา สำหรับเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า เป็นต้น



	DOE EVALUATION OF ENLARGE QFN/DFN 7x7 GROUP (Matte Tin)	TECHNOLOGY DEVELOPMENT

2. Experimental Design

Factors considered are belt Speed and Plating Current

Factor : (Belt Speed and Plating Current)

Level : (Minimum and maximum)

Table 1. Parameters Variation

Factors	Level	
	Min. (1)	Max. (2)
A. Belt Speed (m/min)	2.8	3.3
B. Plating Current (A)	80	105

Table 2. Parameters of each experiment of Enlarge QFN/DFN 7x7/48

Leg #	Belt Speed (m/min)	Plating Current (A)
1	2.8 (-)	80(-)
2 (Max)	2.8 (-)	105 (+)
3 (Min)	3.3 (+)	80 (-)
4	3.3 (+)	105 (+)
5 (Confirm)	3.0 (0)	90 (0)

ภาพที่ 5.7 ตัวอย่างการทำ DOE สำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี

จากการพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีและมีผลกระทบต่อค่าความหนาของชั้นดีบุก ได้แก่ ซึ่งจะนำมาพิจารณาในการออกแบบการทดลองเพื่อกำหนดช่วงพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ได้แก่ ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าความเร็วสายพาน ระดับสารเคมีที่ใช้เคลือบ

ระยะห่างระหว่างชิ้นงานบนสายพาน ความสูงของแผ่นกั้นกระแสไฟฟ้า ค่าอุณหภูมิของสารเคมีที่ใช้เคลือบ และค่าความเข้มข้นของดีบุกในสารเคมีที่ใช้ในการเคลือบ พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความหนาของชั้นดีบุกบางประเภท สามารถควบคุมค่าใช้งานได้โดยเครื่องจักรและมีโอกาสที่ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้เมื่อใช้งานจริงจะมีโอกาสเปลี่ยนไปจากค่าที่กำหนดไว้ที่เครื่องจักรน้อยมาก ได้แก่ ระดับสารเคมีที่ใช้เคลือบ ระยะห่างระหว่างชิ้นงานบนสายพาน ความสูงของแผ่นกั้นกระแสไฟฟ้า และค่าอุณหภูมิของสารเคมีที่ใช้เคลือบ ซึ่งได้ถูกกำหนดค่าใช้งานที่เหมาะสมตามลักษณะการออกแบบเครื่องจักรและข้อกำหนดของบริษัทผู้ผลิตสารเคมี ดังตารางที่ 5.4 นอกจากนี้ค่าความเข้มข้นของดีบุกในสารเคมีที่ใช้ในการเคลือบซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อค่าความหนาของชั้นดีบุก ได้ถูกกำหนดให้มีความเข้มข้นดีบุกในสารเคมีที่ใช้เคลือบ 40-60 g/l อ้างอิงจากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการทางเคมีโดยบริษัทผู้ผลิตสารเคมี ซึ่งผู้วิจัยและทีมงานพิจารณาแล้วว่าสามารถควบคุมได้ในช่วงที่กำหนด ดังนั้นจึงไม่นำปัจจัยดังกล่าวมาศึกษาในการออกแบบการทดลอง แต่ต้องควบคุมให้มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดระหว่างที่ทำการศึกษาผลของปัจจัยหลัก ดังนั้นจึงพิจารณาทำการศึกษาการทดลอง โดยมีปัจจัยที่สนใจได้แก่ ค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความเร็วสายพานที่ใช้ในกระบวนการเคลือบดีบุก เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนาของชั้นดีบุกที่เคลือบลงบนชิ้นงานโดยตรงและมีโอกาสที่ค่าพารามิเตอร์จริงที่ใช้ในการผลิตจะแปรปรวนไปจากค่าที่กำหนดไว้ที่เครื่องจักรได้ง่าย

ตารางที่ 5.4 ปัจจัยรองที่มีผลกระทบต่อค่าความหนาของชั้นดีบุกและค่าควบคุม

ปัจจัย	**ค่าควบคุม**
ระดับสารเคมีที่ใช้เคลือบ	1 - 3 มม. ขึ้นมาจากปลายที่หนีบชิ้นงานบนสายพาน
ระยะห่างระหว่างชิ้นงานบนสายพาน	0.5 - 2.0 มม.
ค่าความสูงของแผ่นกั้นกระแสไฟฟ้า สำหรับลีดเฟรมขนาดเล็ก	55 - 61 มม.
ค่าความสูงของแผ่นกั้นกระแสไฟฟ้า สำหรับลีดเฟรมขนาดใหญ่	73 - 80 มม.
ค่าอุณหภูมิของสารเคมีที่ใช้เคลือบ	อุณหภูมิห้อง

ตัวอย่างการออกแบบการทดลองหรือ DOE สำหรับศึกษาผลของพารามิเตอร์การเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี สำหรับกลุ่มย่อยผลิตภัณฑ์ประเภท QFN 7X7 48L

รูปแบบการทดลอง : แบบ Full Factorial

ปัจจัยที่สนใจได้แก่ ค่าความเร็วสายพาน (Belt speed, m/min) และกระแสไฟฟ้าในการเคลือบดีบุก (Plating current, Ampere)

ระดับของปัจจัยที่สนใจมีดังนี้

1. ค่าความเร็วสายพาน 2.8 m/min – 3.3 m/min
2. กระแสไฟฟ้าในการเคลือบดีบุก 80 A – 105 A

โดยในการออกแบบการทดลองจะสนใจเฉพาะค่าความเร็วสายพาน และกระแสไฟฟ้าในการเคลือบดีบุกซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าความหนาของชั้นโดยตรงเท่านั้น ในส่วนของค่าพารามิเตอร์หรือปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องในกระบวนการ เช่น ระดับสารเคมี และค่าความเข้มข้นสารเคมี จะถูกควบคุมให้มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด โดยไม่นำระดับของปัจจัยมาพิจารณาในการทดลองเหมือนปัจจัยหลัก

ตัวแปรตอบสนองได้แก่ ค่าความหนาของชั้นดีบุก ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงาน และผลการทดสอบ Solderability Test ของชิ้นงาน โดยใช้ลีดเฟรม QFN 7X7 48L สต็อค XX1 เพื่อเก็บจำนวนตัวอย่างผลการทดลองดังนี้

1. ค่าความหนาของชั้นดีบุก วัดค่า 30 จุดต่อชุดการทดลอง (ช่วงค่าความหนาของชั้นดีบุกที่ต้องการได้แก่ 400-800 micro-inch)
2. ตรวจสอบ 100% ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงาน จำนวน 10 แผ่นต่อชุดการทดลอง
3. ผลการทดสอบ Solderability Test ของชิ้นงาน จำนวน 22 ชิ้นต่อชุดการทดลอง

การออกแบบการทดลอง จะทำการกำหนดระดับของปัจจัยที่สนใจได้แก่ ค่าความเร็วสายพาน และกระแสไฟฟ้าในการเคลือบดีบุก ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี โดยค่าของระดับปัจจัยด้านความเร็วสายพานมาจากการคำนวณระยะเวลาที่ชิ้นงานต้องอยู่ในส่วนที่มีการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีที่ถูกกำหนดมาจากบริษัทผู้ผลิตสารเคมีเทียบกับการออกแบบชุดเครื่องจักร (ขนาดของถังสารเคมี) ปริมาณสารเคมีและกำลังการผลิตที่ต้องการ ซึ่งค่าความเร็วสายพานที่สามารถใช้ได้โดยไม่กระทบต่ออัตราการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประเภท QFN/DFN มีช่วงแนะนำไว้ที่ค่าระหว่าง 2.8 m/min – 3.3 m/min ในส่วนของค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลือบจะมาจากการคำนวณการกระจายกระแสไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ของลีดเฟรม (Current

density) ให้เป็นไปตามที่บริษัทผู้ผลิตสารเคมีกำหนดเพื่อให้เกิดการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีที่สมบูรณ์บนชิ้นงาน ซึ่งค่ากระแสไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้เหมาะสมกับขนาดลีดเฟรมผลิตภัณฑ์ประเภท QFN/DFN ขนาดใหญ่ (ขนาด กว้าง 7 มิลลิเมตร และยาว 7 มิลลิเมตร ขึ้นไป) มีช่วงแนะนำไว้ที่ค่าระหว่าง 80 A – 105 A ดังนั้นจึงนำระดับของปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยมากำหนดเป็นช่วงพารามิเตอร์ที่ให้ในการทดลอง และแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลองเพื่อศึกษาผลของปัจจัยที่มีต่อค่าความหนาของชั้นดีบุกที่ค่าสูงสุดและต่ำสุดของระดับปัจจัย โดยมีชุดควบคุม (Control leg) ซึ่งเป็นค่าที่ต้องการใช้จริงในการผลิตที่ค่ากลางของความเร็วสายพานและค่ากระแสไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 5.5 และ 5.6

ตารางที่ 5.5 ระดับของปัจจัยที่สนใจสำหรับ QFN 7X7 48L

Factors	Level	
	Min. (1)	Max. (2)
A. Belt Speed (m/min)	2.8	3.3
B. Plating Current (A)	80	105

ตารางที่ 5.6 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในชุดการทดลองสำหรับ QFN 7X7 48L

Leg #	Belt Speed (m/min)	Plating Current (A)
1	2.8 (-)	80 (-)
2 (Max)	2.8 (-)	105 (+)
3 (Min)	3.3 (+)	80 (-)
4	3.3 (+)	105 (+)
5 (Confirm)	3.0 (0)	90 (0)

ผลการทดลอง ได้แก่ ค่าความหนาของชั้นดีบุก ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงาน (100% Visual Inspection) และผลการทดสอบ Solderability test ของชิ้นงานของแต่ละชุดการทดลองดังแสดงในตารางที่ 5.7 – 5.9 พบว่าระดับของปัจจัยที่สนใจสามารถใช้ในการเคลือบชิ้นงานด้วยไฟฟ้าเคมีได้ โดยชิ้นงานสามารถผ่านการทดสอบ Solderability test มีลักษณะทางกายภาพ

เป็นไปตามข้อกำหนดคือไม่พบพื้นผิวเคลือบที่มีความผิดปกติและมีค่าความหนาอยู่ในช่วงที่กำหนดคือมีค่าระหว่าง 400-800 micro-inch ทุกชุดการทดลอง

ตารางที่ 5.7 ผลการทดสอบ Solderability test

Leg #	Steam Aging and Dipping at 245 °C	
	8 Hrs (Rej/SS)	24 Hrs (Rej/SS)
1	0/11	0/11
2	0/11	0/11
3	0/11	0/11
4	0/11	0/11
5	0/11	0/11

ตารางที่ 5.8 ผลการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ (100% Visual Inspection)

Leg #	Visual Inspection (Rej/SS)
1	0/875
2	0/875
3	0/875
4	0/875
5	0/875

ตารางที่ 5.9 ค่าความหนาของชั้นดีบุก

Leg #	Tin Plating Thickness on Lead (Micro-Inch)				
	Mean	Max.	Min.	Std. deviation	Cpk
1	538.67	562.04	499.45	23.00	2.01
2	763.31	797.72	717.28	20.16	0.61
3	477.27	512.21	452.31	14.88	1.73
4	744.61	768.47	716.02	14.39	1.28
5	605.69	694.63	545.70	32.00	2.02

นอกจากนี้ ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความหนาของชั้นดีบุกที่ได้ด้วยวิธีทางสถิติเพิ่มเติม ได้แก่ การวิเคราะห์ Analysis of variance (ANOVA) ดังภาพภาพที่ 5.8 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความเร็วสายพานมีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (ค่าความหนาของชั้นดีบุก) อย่างมีนัยสำคัญ การทำ Profile plot ดังภาพที่ 5.9 เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าความหนาชั้นดีบุก (ตัวแปรตอบสนอง) เทียบกับระดับของปัจจัยที่สนใจ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความหนาของชั้นดีบุกจะแปรผกผันกับค่าความเร็วสายพานที่ใช้พาชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการเคลือบ เมื่อค่าความเร็วสายพานมากขึ้น (มีความเร็วมาก) จะทำให้เกิดชั้นดีบุกที่มีความหนาลดลงดังกราฟภาพแรก ในทางกลับกันค่าความหนาของชั้นดีบุกจะแปรผันตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่ชิ้นงานในส่วนที่มีการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี โดยค่ากระแสไฟฟ้าสูงจะทำให้เกิดชั้นดีบุกที่มีความหนามากขึ้นดังกราฟภาพที่สอง และเมื่อเปรียบเทียบผลกระทบต่อค่าความหนาของชั้นดีบุกระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วสายพานและค่ากระแสไฟฟ้า พบว่าค่ากระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปมีผลทำให้ค่าความหนาของชั้นดีบุกเปลี่ยนไปได้มากกว่าผลของการเปลี่ยนค่าความเร็วสายพานในช่วงที่สนใจดังกราฟภาพสุดท้าย

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors[a]

		N
Belt Speed (m/min)	2.80	108
	3.30	108
Current (A)	80.00	108
	105.00	108

a. FRAME = XX1

Tests of Between-Subjects Effects[b]

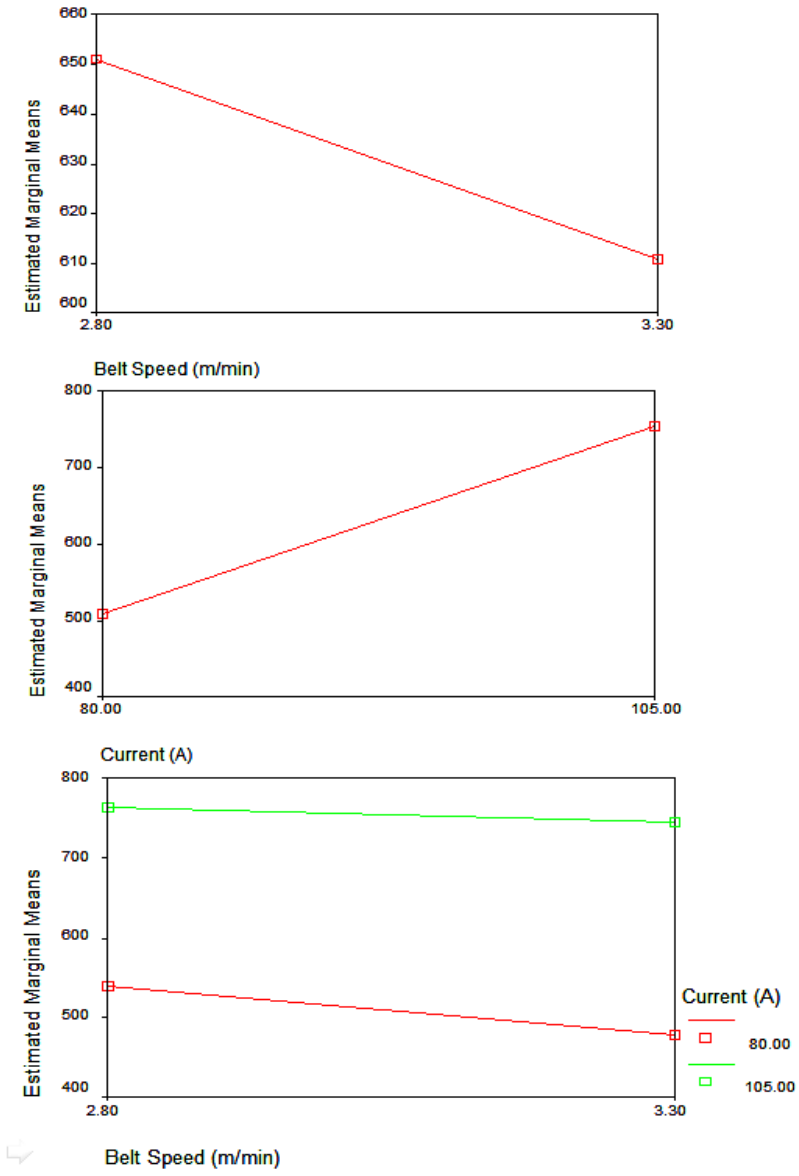
Dependent Variable: Thickness (uinch)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3378906[a]	3	1126302	3303.942	.000
Intercept	8.6E+07	1	8.6E+07	252256.3	.000
Belt Speed	86611.850	1	86611.850	254.071	.000
CURRENT	3267669	1	3267669	9585.519	.000
Belt Speed * CURRENT	24624.942	1	24624.942	72.236	.000
Error	72270.035	212	340.896		
Total	8.9E+07	216			
Corrected Total	3451176	215			

a. R Squared = .979 (Adjusted R Squared = .979)

b. FRAME = XX1

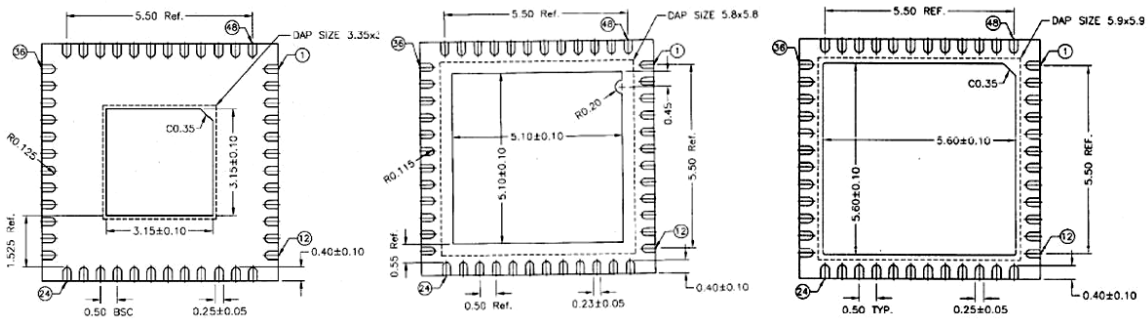
ภาพที่ 5.8 การวิเคราะห์ Analysis of variance (ANOVA)



ภาพที่ 5.9 Profile plot แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าความหนาชั้นดีบุก (ตัวแปรตอบสนอง) เทียบกับระดับของปัจจัยที่สนใจ

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวอย่างได้มีความหลากหลายมากขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาใน 1 กลุ่มย่อยผลิตภัณฑ์ เช่น QFN 7X7 48L พบว่ามีลีดเฟรมหลากหลายสต็อคแตกต่างกันตามการออกแบบและบริษัทผู้ผลิตซึ่งถูกกำหนดตามความต้องการของลูกค้าแต่ละเจ้า โดยเกิดความแตกต่างในการออกแบบในกลุ่มย่อยของผลิตภัณฑ์กลุ่มเดียวกันเอง ดังตัวอย่างการออกแบบผลิตภัณฑ์ประเภท QFN 7X7 48L ในภาพที่ 5.10 ทำให้เกิดผลกระทบต่อการเคลือบด้วย

ไฟฟ้าเคมี คือขนาดของพื้นที่ที่ต้องการเคลือบด้วยดีบุกของลีดเฟรมแต่ละสต็อคมีความแตกต่างกันมากขึ้น ส่งผลในค่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายผ่านสายพานไปสะสมบนลีดเฟรมแต่ละสต็อคมีความแตกต่างกัน แม้เป็นกลุ่มย่อยของผลิตภัณฑ์กลุ่มเดียวกัน ทำให้ค่าชั้นความหนาของดีบุกที่เคลือบได้มีความแตกต่างกันตามลำดับ ดังนั้นการศึกษา DOE และกำหนดชุดพารามิเตอร์ ตามกลุ่มย่อยของผลิตภัณฑ์ที่แบ่งตามขนาดของวงจรไฟฟ้ารวม และจำนวนขาที่ต้องการนำไปเชื่อมต่อกับแผงวงจรไฟฟ้า เพียงอย่างเดียวอาจไม่มีความเหมาะสมเพียงพอสำหรับผลิตภัณฑ์ในปัจจุบัน



Lead frame stock # XX1 Lead frame stock # XX2 Lead frame stock # XX3

ภาพที่ 5.10 ตัวอย่างของการออกแบบขนาดและพื้นที่ที่ต้องทำการเคลือบดีบุกที่แตกต่างกับในกลุ่มผลิตภัณฑ์ประเภท QFN 7X7 48L

ซึ่งจากชุดพารามิเตอร์ที่ได้ทำการศึกษาไว้สำหรับกลุ่มย่อยผลิตภัณฑ์ประเภท QFN 7X7 48L ที่กล่าวถึงก่อนหน้านี้ เป็นการศึกษาออกแบบการทดลองโดยใช้ลีดเฟรมสต็อค XX1 ดังนั้นทางผู้วิจัยและทีมงานจึงทำการทดลองซ้ำการทดลองเดิมโดยใช้ชุดพารามิเตอร์เดียวกันกับลีดเฟรมสต็อคอื่นเพิ่มเติม ได้แก่ ลีดเฟรมสต็อค XX2 และ XX3 ตามลำดับ ก็พบว่าปัจจัยที่สนใจได้แก่ค่าความเร็วสายพานและค่ากระแสไฟฟ้ามีผลต่อตัวแปรตอบสนองที่เป็นค่าความหนาของชั้นดีบุกเปลี่ยนแปลงไป ดังผลการวัดค่าความหนาชั้นดีบุกบนชิ้นงานแต่ละชุดการทดลองของลีดเฟรมที่ง 3 สต็อคในตารางเปรียบเทียบที่ 5.10 จะเห็นได้ว่า แม้จะใช้ชุดพารามิเตอร์เดียวกันในการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ผลการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและผลการทดสอบ Solderability Test ผ่านตามข้อกำหนด สำหรับลีดเฟรมที่มีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดและพื้นที่ที่ต้องทำการเคลือบดีบุกจะมีการตอบสนองต่อค่าปัจจัยเป็นค่าความหนาของชั้นดีบุกที่ได้แตกต่างกัน

ตารางที่ 5.10 ค่าความหนาของชั้นดีบุกเปรียบเทียบสำหรับ QFN 7X7 48L ลีดเฟรมสต็อค XX1, XX2 และ XX3

Stock XX1	Parameters		Tin Plating Thickness on Lead (Micro-Inch)				
Leg #	Belt Speed (m/min)	Plating Current (A)	Mean	Max.	Min.	Std. deviation	Cpk
1	2.8 (-)	80 (-)	538.67	562.04	499.45	23.00	2.01
2	2.8 (-)	105 (+)	763.31	797.72	717.28	20.16	0.61
3	3.3 (+)	80 (-)	477.27	512.21	452.31	14.88	1.73
4	3.3 (+)	105 (+)	744.61	768.47	716.02	14.39	1.28
5	3.0 (0)	90 (0)	605.69	694.63	545.70	32.00	2.02
Stock XX2	Parameters		Tin Plating Thickness on Lead (Micro-Inch)				
Leg #	Belt Speed (m/min)	Plating Current (A)	Mean	Max.	Min.	Std. deviation	Cpk
1	2.8 (-)	80 (-)	518.67	561.00	450.15	21.19	1.81
2	2.8 (-)	105 (+)	767.21	799.56	700.33	21.94	0.50
3	3.3 (+)	80 (-)	457.87	489.84	424.82	14.53	1.33
4	3.3 (+)	105 (+)	697.67	780.83	625.53	32.67	1.04
5	3.0 (0)	90 (0)	581.24	625.67	523.12	21.64	2.79
Stock XX3	Parameters		Tin Plating Thickness on Lead (Micro-Inch)				
Leg #	Belt Speed (m/min)	Plating Current (A)	Mean	Max.	Min.	Std. deviation	Cpk
1	2.8 (-)	80 (-)	492.69	543.26	434.94	22.41	1.38
2	2.8 (-)	105 (+)	765.05	592.47	725.01	18.13	0.64
3	3.3 (+)	80 (-)	470.42	512.21	420.88	19.00	1.24
4	3.3 (+)	105 (+)	587.85	659.85	522.55	37.07	1.69
5	3.0 (0)	90 (0)	495.05	530.23	456.23	18.69	1.70

จากตารางการเปรียบเทียบเห็นได้ว่าช่วงระดับปัจจัยหรือพารามิเตอร์ที่กำหนดสามารถให้ค่าความหนาของชั้นดีบุกอยู่ในช่วงที่กำหนด (400-800 micro-inch) แต่ค่าความหนาของชั้นดีบุกมีแนวโน้มลดลงเมื่อลีดเฟรมมีพื้นที่ที่ต้องการเคลือบมากขึ้น โดยจะเห็นได้ว่าสำหรับกลุ่มย่อยผลิตภัณฑ์ประเภท QFN 7X7 48L ลีดเฟรมสต็อค XX3 มีพื้นที่ที่ต้องการเคลือบมากที่สุด ซึ่งค่าความหนาของชั้นดีบุกมีแนวโน้มต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับลีดเฟรมสต็อค XX2 และ XX1 และเมื่อนำข้อมูลค่าความหนาของชั้นดีบุกของลีดเฟรมแต่ละสต็อคมาคิดค่า CpK โดยเฉลี่ยของชุดข้อมูลโดยไม่แบ่งแยกชุดการทดลอง พบว่าลีดเฟรมสต็อค XX1, XX2 และ XX3 มีค่า CpK โดยเฉลี่ย 0.51, 0.56 และ 0.48 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าลีดเฟรมสต็อค XX3 มีค่า CpK โดยเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งในการ

ผลิตปัจจุบันการกำหนดพารามิเตอร์ตามประเภทของผลิตภัณฑ์เพียงอย่างเดียวอาจไม่เหมาะสม เพียงพอที่จะควบคุมให้ค่าความหนาของชั้นดีบุกอยู่ในช่วงที่กำหนดและให้ค่า CpK ที่เหมาะสมเพียงพอได้ ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานจึงได้จัดแผนการดำเนินการแก้ไขเพื่อทำการศึกษา DOE และกำหนดชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมใหม่สำหรับการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ตามสต็อคของลีดเฟรมที่มีความแตกต่างกันของพื้นที่ที่ต้องการเคลือบด้วยดีบุก โดยกำหนดผู้รับผิดชอบและระยะเวลาดำเนินการ ดังนี้

1. ทำการศึกษา DOE และกำหนดชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมใหม่ที่เครื่องสำหรับการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีตามสต็อคของลีดเฟรม โดย วิศวกรฝ่ายผลิตและวิศวกรฝ่ายประกันคุณภาพ ระยะเวลาดำเนินการ 16 สัปดาห์
2. อบรมพนักงานฝ่ายผลิตและช่างเทคนิคในการเลือกใช้ชุดพารามิเตอร์ที่กำหนดให้แบบใหม่ โดย วิศวกรฝ่ายผลิตและวิศวกรฝ่ายเครื่องจักร ระยะเวลาดำเนินการ 2 สัปดาห์

สำหรับสาเหตุของการเกิดปัญหาค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด ที่เกิดจากลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมีผิดปกติ (ติดค้าง) เนื่องจาก วิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอนั้น ทางผู้วิจัยและทีมงานได้ดำเนินการแก้ไขโดยการปรับปรุงขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษาลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมี และทำการอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องในสายการผลิต เพื่อทำให้ขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษาลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมีนั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งการแก้ไขนั้นสามารถดำเนินการได้ทันที

5.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน

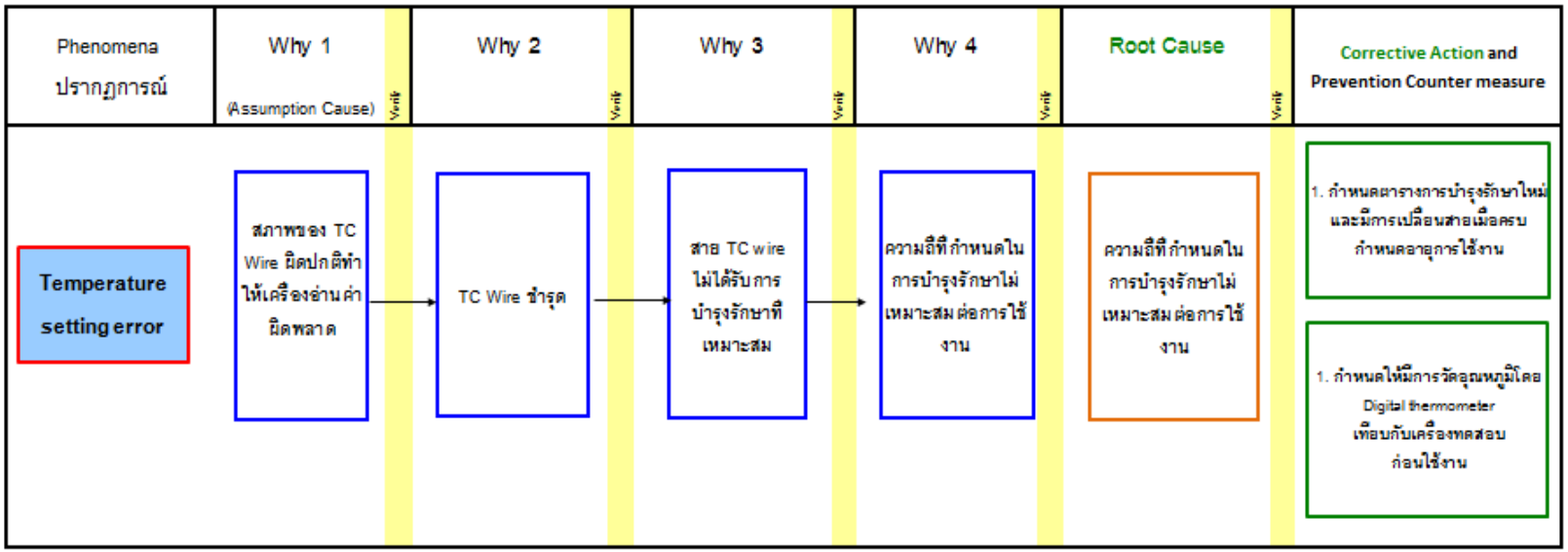
จากการประเมินค่า RPN ของสาเหตุในการเกิดปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน พบว่ามีสาเหตุการเกิดข้อบกพร่องที่มีความสำคัญและต้องดำเนินการแก้ไขจำนวน 5 สาเหตุ ได้แก่ ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นสารเคมีผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง วิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม อุณหภูมิที่เครื่องสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากสายวัดและควบคุมอุณหภูมิชำรุด จากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ ชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่ผ่านเข้าสู่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีสิ่งปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตส่วนหน้ามากเกินกว่าที่กระบวนการล้างชิ้นงานในกระบวนการเคลือบจะล้าง

ออกได้หมด และหัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ ซึ่งสามารถกำหนดแนวทางแก้ไขได้ดังนี้

ก) ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นสารเคมีผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง ทำให้ค่าสารเคมีที่ใช้ในการผลิตจริงอาจมีค่าที่ไม่เหมาะสมหรือไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด ส่งผลให้ประสิทธิภาพการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีลดลงและเกิดเป็นปัญหาข้อบกพร่องบนชิ้นงานได้ จากการสอบถามและสำรวจขั้นตอนการทำงานจริงของพนักงานพบว่า การวัดค่าความเข้มข้นผิดพลาดเกิดขึ้นเนื่องจากพนักงานที่เข้ามาใหม่ไม่มีความเข้าใจในเรื่องการดูสีของสารเคมีที่จุดยุติของการวิเคราะห์แบบไตเตรท (Titration) ที่ถูกต้องเพียงพอ ซึ่งการวิเคราะห์สารเคมีที่ดูสีที่จุดยุติยากในที่นี้คือ การวิเคราะห์ปริมาณดีบุกในสารเคมีที่ใช้เคลือบ (plating) ทำให้เกิดค่าที่ผิดพลาด และเนื่องจากสารเคมีที่ใช้ในการเคลือบจะส่งผลต่อคุณสมบัติในการยึดเกาะกับโซลเดอร์ของผิวเคลือบ (Solderability) และจะทำให้เกิดการเคลือบผิวที่ไม่สมบูรณ์หากมีค่าปริมาณดีบุกในสารเคมีที่ใช้เคลือบ (plating) ไม่อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ คือ 40-60 g/L ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานจึงกำหนดให้มีการปรับปรุงแก้ไขวิธีการวิเคราะห์ปริมาณดีบุกใหม่ให้มีความชัดเจนเหมาะกับพนักงานมากขึ้น มีการเตรียมรูปภาพตัวอย่างและอบรมพนักงานใหม่ โดยใช้ตัวอย่างการสอนจากวิดีโอต้นแบบก่อนที่จะให้พนักงานทดลองวิเคราะห์ด้วยตนเอง ก่อนปฏิบัติงานจริง ซึ่งแนวทางการแก้ไขนี้สามารถดำเนินการได้ทันที

ข) วิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม โดยชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเคลือบแล้วหากพบปัญหาข้อบกพร่องบนชิ้นงานที่เกี่ยวกับพื้นผิวเคลือบผิดปกติจะสามารถนำมาทำการเคลือบดีบุกใหม่ได้โดยการนำชิ้นงานไปผ่านสารเคมีเพื่อดึงชั้นดีบุกเดิมออกเสียก่อน แต่เนื่องจากในปัจจุบันไม่มีการกำหนดวิธีการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานที่ชัดเจนเพียงพอ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ไม่ใช่ขั้นตอนหลักของการดำเนินการผลิต จึงทำให้ชิ้นงานที่ผ่านการดึงดีบุกออกอาจไม่สะอาดเพียงพอที่จะนำเข้าสู่กระบวนการเคลือบใหม่ ซึ่งคราบดีบุกที่ยังหลงเหลืออยู่จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศและเกิดเป็นสนิมดีบุกและไม่สามารถล้างออกได้หมดที่กระบวนการล้างชิ้นงานก่อนหน้ากระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ทำให้ดีบุกที่จะเข้าไปเคลือบใหม่ไม่สมบูรณ์เพียงพอและก่อให้เกิดปัญหากับการทดสอบ Solderability ได้ ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานจึงกำหนดให้มีการปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น และมีรูปตัวอย่างสำหรับพนักงานเพื่อให้การตรวจสอบชิ้นงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งแนวทางการแก้ไขนี้สามารถดำเนินการได้ทันที

ค) อุณหภูมิที่เครื่องสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากสายวัดอุณหภูมิเกิดการชำรุด และเสื่อมสภาพจากการใช้งานเกินอายุการใช้งาน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดผลการทดสอบ Solderability ที่ผิดพลาดได้ โดยจากการสำรวจสภาพเครื่องทดสอบ Solderability และการวิเคราะห์ปัญหาค่าอุณหภูมิที่เครื่องสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม ด้วยวิธี Why-Why ดังภาพที่ 5.11



สรุปสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา (Root Cause)	แนวทางการปรับปรุง (Corrective Action)	ผู้รับผิดชอบ	กำหนดเสร็จ	การจัดทำมาตรฐาน	เอกสารอ้างอิง
1. สาย TC wire ชำรุดเนื่องจากถูกใช้เกินอายุการใช้งานเพราะความถี่ที่กำหนดในการบำรุงรักษาไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน	**1. กำหนดให้มีการวัดอุณหภูมิโดย Digital thermometer เทียบกับเครื่องทดสอบก่อนใช้งาน**	Mallika O.	Oct 15 '10	**1. กำหนดให้มีการวัดอุณหภูมิโดย Digital thermometer เทียบกับเครื่องทดสอบก่อนใช้งาน**	1. OPL
	2. กำหนดตารางการบำรุงรักษาใหม่และมีการเปลี่ยนสายเมื่อครบกำหนดอายุการใช้งาน	Kraisit B.	Oct 15'10	**2. กำหนดตารางการบำรุงรักษาใหม่และมีการเปลี่ยนสายเมื่อครบกำหนดอายุการใช้งาน**	2. SUG

ภาพที่ 5.11 การวิเคราะห์ปัญหาอุณหภูมิของเครื่อง Solder test ไม่ได้ตามที่กำหนด
ด้วยวิธี Why-Why Analysis

ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Why-Why พบว่า สายวัดอุณหภูมิอยู่ภายในเครื่องซึ่งสามารถถอดออกตรวจสอบได้ยาก และมาตรฐานการบำรุงรักษาในปัจจุบันมีการกำหนดการตรวจสอบสภาพสายวัดและอุณหภูมิเพียงปีละ 1 ครั้ง ซึ่งไม่เหมาะสมต่อสภาพการใช้งานของเครื่อง

ดังนั้น ผู้วิจัยและทีมงานจึงได้ทำการกำหนดความถี่ในการตรวจสอบและบำรุงรักษาสายวัดและควบคุมอุณหภูมิใหม่เป็นเดือนละ 1 ครั้งพร้อมการบำรุงรักษาสภาพเครื่องโดยทั่วไป และเพิ่มเติมการกำหนดวิธีการตรวจสอบอุณหภูมิของเครื่องที่ถูกต้องจริงด้วย Digital thermometer เทียบกับมิเตอร์ที่อ่านจากเครื่องทดสอบเพื่อให้พนักงานสามารถตรวจสอบได้ว่าค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบที่อ่านจากเครื่องถูกต้องหรือไม่ เป็นการป้องกันปัญหาก่อนเกิดผลกระทบต่อชิ้นงานล่วงหน้า ซึ่งแนวทางการแก้ไขนี้สามารถดำเนินการได้ทันที

ง) สิ่งปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตส่วนหน้ามากเกินกว่าที่กระบวนการล้างชิ้นงานในกระบวนการเคลือบจะล้างออกได้หมด ซึ่งสาเหตุนี้ เกิดจากปัญหาที่กระบวนการก่อนหน้ากระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี การดำเนินการแก้ไขที่กระบวนการผลิตส่วนหน้า จึงอยู่นอกเหนือขอบข่ายของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ อย่างไรก็ตาม ที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีจะสามารถปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพของการล้างชิ้นงานก่อนกระบวนการเคลือบด้วยการควบคุมอายุการใช้งานของสารเคมีให้เหมาะสมตามกำลังการผลิตและควบคุมปริมาณสารปนเปื้อนให้อยู่ในปริมาณที่ยอมรับได้ ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อก่อนหน้านี้

สำหรับสาเหตุของการเกิดปัญหาการทดสอบ Solderability test บนชิ้นงานไม่ผ่าน เนื่องจากชิ้นงานมีความสกปรกจากหัวสเปรย์น้ำที่ใช้ฉีดล้างทำความสะอาดชิ้นงานในส่วนรอยต่อของถังสารเคมีแต่ละถังในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี เกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอนั้น ทางผู้วิจัยและทีมงานได้ดำเนินการแก้ไขโดยการปรับปรุงขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษาหัวสเปรย์น้ำที่ใช้ทำความสะอาดชิ้นงานในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี และทำการอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องในสายการผลิต เพื่อทำให้ขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษาหัวสเปรย์น้ำที่ใช้ทำความสะอาดชิ้นงานนั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งการแก้ไขนั้นสามารถดำเนินการได้ทันที

5.4 ความเสี่ยงและผลกระทบจากแนวทางการแก้ไข

จากสาเหตุที่มีความสำคัญสูงสุดของแต่ละข้อบกพร่องที่ได้จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ และแนวทางการดำเนินการแก้ไขที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ปัญหาหลักที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องส่วนมากในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ได้แก่ การกำหนดมาตรฐานการวิเคราะห์และควบคุมสารเคมีซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการ

ดำเนินการผลิตได้ไม่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับกำลังการผลิตเพียงพอ ซึ่งแนวทางในการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงปัญหาในส่วนนี้ จะมุ่งเน้นแนวทางการป้องกันการเกิดปัญหาต่อคุณภาพชิ้นงานโดยเพิ่มมาตรฐานการตรวจวิเคราะห์สิ่งผิดปกติในสารเคมีและควบคุมให้สารเคมีอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการดำเนินการผลิตมากที่สุด อย่างไรก็ตาม แนวทางการปรับปรุงแก้ไขที่มีผลต่อการปรับเปลี่ยนอายุการใช้งานของสารเคมีในสายการผลิต ย่อมส่งผลกระทบให้มีโอกาสที่จะมีการใช้ปริมาณสารเคมีในแต่ละเดือนเปลี่ยนแปลงไป เช่น อาจต้องใช้สารเคมีมากขึ้นในการปรับค่าความเข้มข้นหลังเจือจางสารเคมีที่มีการปนเปื้อน หรือมีการใช้สารเคมีสำหรับการผสมใหม่ถี่ขึ้น เป็นต้น ซึ่งปริมาณการใช้สารเคมีจะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายหลักของกระบวนการผลิตทางเคมี ดังนั้น ฝ่ายผลิตจึงต้องทำการเก็บข้อมูลการใช้สารเคมีให้ละเอียดมากขึ้นเมื่อดำเนินการปรับปรุงและปรับแผนการสั่งซื้อสารเคมีใหม่ให้เหมาะกับปริมาณการใช้ที่อาจเปลี่ยนแปลงไป เพื่อป้องกันปัญหาสารเคมีไม่เพียงพอต่อการดำเนินการผลิตและทำให้กระบวนการผลิตเกิดการหยุดชะงักได้

ปัญหาหลักลำดับถัดมาได้แก่ การกำหนดค่าพารามิเตอร์สำคัญที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีไม่เหมาะสมต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายมากขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งแนวทางในการแก้ไขได้ประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลอง (DOE) เข้ามาช่วยในการดำเนินการศึกษาผลของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ต่อคุณภาพของชิ้นงาน ซึ่งผลการศึกษาทำให้เกิดการปรับปรุงมาตรฐานในการทำ DOE ใหม่ ซึ่งควรต้องมีการแบ่งแยกชุดพารามิเตอร์ในการทดลองให้เหมาะสมต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น โดยแนวทางการแก้ไขนี้ใช้เวลาดำเนินการนานกว่าแนวทางการแก้ไขอื่นเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่แตกต่างและมีจำนวนประเภทย่อยๆเพิ่มมากขึ้นตามความต้องการของลูกค้า แต่แนวทางนี้ไม่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ อีกทั้งไม่เพียงลดปริมาณของเสียที่เกิดจากการผลิตลง แต่ยังช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีให้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

นอกจากนี้ยังมีปัญหาอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องจักร ชิ้นส่วนของเครื่องและวิธีการในการบำรุงรักษาชิ้นส่วนของเครื่องจักรไม่เหมาะสมกับการใช้งาน รวมไปถึงการปฏิบัติงานที่ผิดพลาดของพนักงาน ทำให้เกิดปัญหาข้อบกพร่องบนชิ้นงานได้ ซึ่งการแก้ไขปรับปรุงเครื่องจักรและชิ้นส่วนของเครื่องจักรนั้น มีค่าใช้จ่ายเข้ามาเกี่ยวข้องในการดำเนินการแก้ไข แต่มีประโยชน์เชิงป้องกันปัญหาในระยะยาว รวมทั้งแนวทางการแก้ไขปรับปรุงมาตรฐานในการตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักร จะส่งผลให้เครื่องจักรและชิ้นส่วนของเครื่องจักรมีอายุการใช้งานที่นานขึ้นและทำให้ค่าใช้จ่ายระยะยาวในการซ่อมบำรุงหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ชำรุดจะลดลงตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม แนวทางการปรับปรุงแก้ไขบางส่วนมีผลให้เกิดการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานของพนักงานใหม่ จึงมีความเสี่ยงที่พนักงานอาจไม่มีความรู้ ความเข้าใจ หรือมีความเชี่ยวชาญเพียงพอในการปฏิบัติงานตามขั้นตอนใหม่ ซึ่งอาจก่อให้เกิดการปฏิบัติงานที่ผิดพลาดได้ ดังนั้นวิศวกรที่ทำการฝึกอบรมพนักงานจึงต้องให้ความสำคัญกับการฝึกอบรมพนักงาน การทดสอบความรู้ ความเข้าใจก่อนให้ปฏิบัติงานจริง และเฝ้าติดตามผลการปฏิบัติงานอย่างใกล้ชิดจนกว่าสามารถมั่นใจในการปฏิบัติงานว่าได้ตามมาตรฐาน นอกจากนี้ยังมีการกำหนดให้มีการทบทวนข้อกำหนด และขั้นตอนการทำงานให้พนักงานทุก 3 เดือนเพื่อช่วยเน้นย้ำขั้นตอนปฏิบัติงานที่ได้มาตรฐานให้แก่พนักงานได้ดีอย่างต่อเนื่อง

บทที่ 6

การดำเนินการปรับปรุงและผลการปรับปรุง

การดำเนินการปรับปรุงตามแนวทางปรับปรุงแก้ไขดังที่ได้กล่าวไปแล้วในการศึกษาวิจัยบทก่อนหน้าสามารถดำเนินการได้ตามกำหนดการของผู้วิจัยร่วมกับทีมงานที่เกี่ยวข้องวางแผนไว้ ซึ่งการดำเนินการปรับปรุงระยะแรกที่สามารถดำเนินการได้ทันที ได้แก่การปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนการปฏิบัติงานสำหรับพนักงานทั้งในส่วนของฝ่ายผลิต ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ ฝ่ายช่างเทคนิคและซ่อมบำรุง รวมทั้งขั้นตอนการตรวจสอบบำรุงรักษาเครื่องจักร ให้ได้มาตรฐาน สามารถดำเนินการได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมต่อการปฏิบัติงานของพนักงาน โดยมีการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานให้มีความชัดเจนได้มาตรฐาน และการฝึกอบรมพนักงานเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติงานมากยิ่งขึ้น การดำเนินการปรับปรุงในช่วงต่อมาได้แก่การเพิ่มการตรวจสอบและควบคุมกระบวนการใหม่ในสายการผลิต เช่น การตรวจวัดค่าสิ่งเจือปนในสารเคมี การปรับค่าความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ การควบคุมอายุการใช้งานของสารเคมีตามกำลังการผลิต การปรับปรุงเครื่องจักรหรือชุดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยและทีมงานต้องทำการศึกษา ทดลองและเก็บข้อมูลเริ่มต้นระยะหนึ่งก่อน จนเป็นที่พอใจและมั่นใจในผลการปฏิบัติงาน จึงสามารถนำมาสร้างเป็นขั้นตอนการทำงานใหม่ให้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องได้ ในช่วงการปรับปรุงแก้ไขลักษณะดังกล่าว ต้องให้ความสำคัญในการอบรมพนักงาน ซึ่งจะใช้เวลาดำเนินการยาวนานกว่าช่วงแรก โดยหลังดำเนินการปรับปรุงพบว่า ปริมาณของเสียมีปริมาณลดลง และสามารถปรับปรุงมาตรฐานการควบคุมกระบวนการ ทำให้มีของเสียอยู่ในอัตราที่ยอมรับได้อย่างต่อเนื่อง

6.1 การดำเนินการปรับปรุง

จากแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาหลักที่เกิดขึ้นในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ที่เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาข้อบกพร่องส่วนมากของกระบวนการได้แก่ ของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ชิ้นงานที่มีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด และชิ้นงานที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability test ดังการศึกษาวิจัยส่วนก่อนหน้านั้น ทางผู้วิจัยและทีมงานดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามแนวทางและแผนงานที่กำหนดไว้จนแล้วเสร็จ

ตามระยะเวลาที่กำหนด โดยสามารถแบ่งรายละเอียดการดำเนินการปรับปรุง แยกตามประเภทของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ดังนี้

6.1.1 การปรับปรุงแก้ไขปัญหาเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกิน

จากการศึกษาในบทก่อนหน้าได้กำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 หัวข้อหลัก ได้แก่ ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนของสารเคมี ปัญหาด้านการออกแบบเครื่องจักรชิ้นส่วนเครื่องจักรและการบำรุงรักษาเครื่องจักร และปัญหาชิ้นงานมีความผิดปกติจากกระบวนการผลิตก่อนหน้า โดยแนวทางการแก้ไขปรับปรุง ได้มุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาเชิงป้องกันโดยการเพิ่มมาตรฐานในการวิเคราะห์ตรวจสอบและควบคุมสารเคมี ได้แก่การวิเคราะห์สารปนเปื้อนในสารเคมี การควบคุมอายุการใช้งานของสารเคมีและการปรับค่าความเข้มข้นสารเคมีให้เหมาะสมกับการดำเนินการผลิตในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังได้มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของเครื่องจักรและชิ้นส่วนเครื่องจักร รวมไปถึงการปรับปรุงมาตรฐานในการบำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังรายละเอียดการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงต่อไปนี้

ก) การวิเคราะห์ค่าทองแดงและเหล็กที่ปนเปื้อนในสารเคมี Deflash และ สารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating)

ผลการศึกษาในส่วนก่อนหน้าพบว่า การเกิดสารปนเปื้อนที่เป็นโลหะทองแดงและเหล็ก (Cu, Fe) จากลีดเฟรมในสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี จะทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกินบนชิ้นงานได้ โดยโลหะเหล่านี้ที่ละลายอยู่ในสารเคมีจะกลับเข้าไปเกาะบนพื้นผิวของชิ้นงาน และการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าจะทำให้ดีบุกเข้าไปเคลือบลงบนโลหะส่วนเกินเหล่านี้จะทำให้ชิ้นงานมีเศษดีบุกยื่นออกมาเกินตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งกระบวนการวิเคราะห์ควบคุมสารเคมีในปัจจุบันมีเพียงการวัดค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้เท่านั้น ไม่มีการตรวจวัดค่าโลหะปนเปื้อนในสารเคมี ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานจึงกำหนดให้มีการวิเคราะห์โลหะปนเปื้อนในสารเคมีด้วยวิธี Inductively coupled plasma – Optical emission spectroscopy (ICP-OES) เพื่อวัดโลหะปนเปื้อนได้แก่ ทองแดง (Copper, Cu) และเหล็ก (Iron, Fe) ในสารเคมี deflash และสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เพื่อควบคุมอายุการใช้งานของสารเคมี โดยกำหนดปริมาณปนเปื้อนที่ยอมรับได้และกำหนดแผนการควบคุมเมื่อพบค่าสิ่งปนเปื้อนสูงเกินที่กำหนด ดังนี้

1. สารเคมี Deflash บริษัทผู้ผลิตกำหนดให้มีสารปนเปื้อนประเภททองแดงได้สูงสุด 10 PPM และ กำหนดให้มีสารปนเปื้อนประเภทเหล็กได้สูงสุด 20 PPM
2. สารเคมี Plating บริษัทผู้ผลิตกำหนดให้มีสารปนเปื้อนประเภททองแดงได้สูงสุด 50 PPM และ กำหนดให้มีสารปนเปื้อนประเภทเหล็กได้สูงสุด 100 PPM

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากไม่สามารถวัดค่าสารปนเปื้อนได้ตลอดเวลา ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดค่าควบคุมที่มีค่าน้อยกว่าค่าที่บริษัทผู้ผลิตสารเคมีกำหนด เพื่อป้องกันไม่ให้ค่าสิ่งปนเปื้อนเกินค่าที่กำหนดในระหว่างช่วงเวลาที่สารเคมีไม่ถูกสุ่มมาวิเคราะห์ ซึ่งหากตรวจพบว่าปริมาณสารปนเปื้อนสูงกว่าค่าควบคุม จะต้องดำเนินการเจือจางเพื่อลดปริมาณสารปนเปื้อนลงและปรับค่าความเข้มข้นสารเคมีใหม่ให้ได้ความเข้มข้นอยู่ในช่วงที่ควบคุมและมีปริมาณสารปนเปื้อนน้อยลงในระดับที่ยอมรับได้ โดยมีการกำหนดค่าควบคุมดังนี้

1. สารเคมี Deflash กำหนดให้ควบคุมสารปนเปื้อนประเภททองแดงได้สูงสุด 7 PPM และ กำหนดให้ควบคุมสารปนเปื้อนประเภทเหล็กได้สูงสุด 17 PPM
2. สารเคมี Plating กำหนดให้ควบคุมสารปนเปื้อนประเภททองแดงได้สูงสุด 45 PPM และ กำหนดให้ควบคุมสารปนเปื้อนประเภทเหล็กได้สูงสุด 85 PPM

นอกจากนั้น ได้มีการกำหนดขั้นตอนให้เป็นมาตรฐานการทำงานสำหรับพนักงานตรวจสอบคุณภาพในการวิเคราะห์โลหะปนเปื้อนทองแดง และเหล็ก ในสารเคมี deflash และสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ด้วยเครื่อง ICP โดยมีเครื่องมือวิเคราะห์ สารเคมีและขั้นตอนการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

เครื่องมือวิเคราะห์ที่ใช้ได้แก่เครื่อง ICP-OES ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น Optima 2100DV

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. สารละลายมาตรฐานทองแดง 1000 PPM (Copper standard solution 1000 PPM)
2. สารละลายมาตรฐานเหล็ก 1000 PPM (Iron standard solution 1000 PPM)
3. กรดไนตริก (Nitric acid)
4. น้ำที่ไม่มีไอออน (De-ionized water)

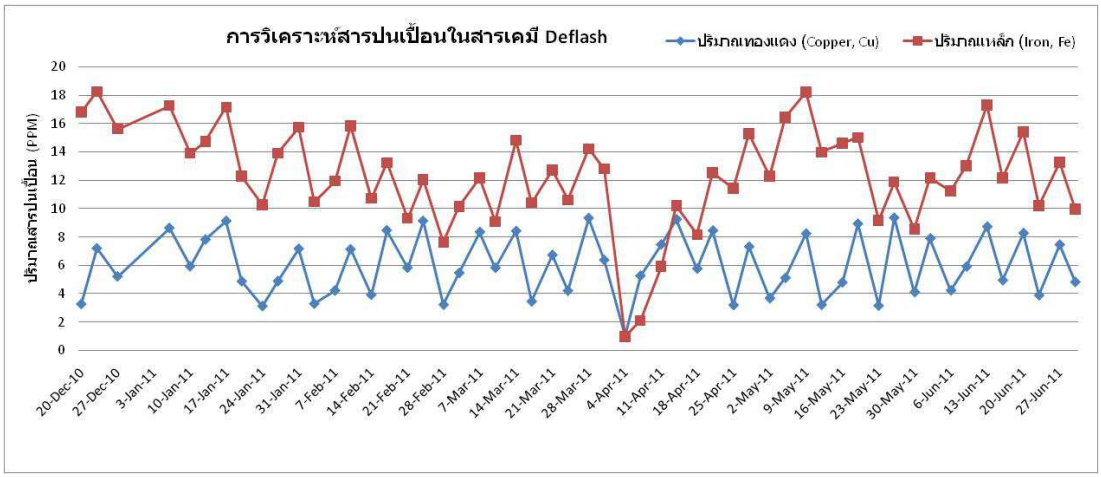
วิธีการเตรียมสารตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ทองแดงและเหล็ก ในสารเคมี deflash

1. ปิเปตสารเคมี Deflash ที่ต้องการวัดค่า 5 มล. ลงในขวดระบุปริมาตร 100 มล.
2. เติมกรดไนตริกเข้มข้น 15% ลงไปจนถึงขีดบอกปริมาตร 100 มล.
3. นำสารละลายตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP

วิธีการเตรียมสารตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ทองแดงและเหล็ก ในสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating)

1. เตรียมสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ที่ต้องการวัดค่าในบีกเกอร์ขนาด 50 มล.
2. กรองสารเคมีที่ใช้เคลือบด้วยกระดาษกรองที่มีรูพรุนขนาดเท่ากับหรือเล็กกว่า 10 ไมครอน
3. นำสารละลายตัวอย่างที่กรองแล้วไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP

หลังที่ได้มีการกำหนดค่าปนเปื้อนในสารเคมีที่ยอมรับได้และแผนการดำเนินการควบคุมเมื่อค่าสารปนเปื้อนสูงเกินค่าควบคุมที่กำหนด รวมทั้งการกำหนดขั้นตอนวิเคราะห์สารปนเปื้อนด้วยเครื่อง ICP ให้เป็นมาตรฐานในการทำงานสำหรับพนักงานแล้ว ผู้วิจัยและทีมงานได้เฝ้าติดตามผลการวิเคราะห์และควบคุมสารปนเปื้อนทองแดง และเหล็ก ในสารเคมี Deflash และสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ดังแสดงในภาพที่ 6.1 และ 6.2 ตามลำดับ โดยพบว่าการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขสามารถควบคุมปริมาณสารปนเปื้อนทองแดงและเหล็กให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดไว้ได้



ภาพที่ 6.1 ค่าสารปนเปื้อนทองแดงและเหล็กในสารเคมี Deflash

ภาพที่ 6.2 ค่าสารปนเปื้อนทองแดงและเหล็กในสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการควบคุมปริมาณสารปนเปื้อนจะช่วยช่วยควบคุมสภาวะของสารเคมีให้เหมาะสมกับการดำเนินการผลิตด้วยประสิทธิภาพที่ดีตลอดอายุการใช้งาน และลดการเกิดข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ที่เกิดจากสารปนเปื้อนประเภททองแดงและเหล็กกลับไปปนเปื้อนบนชิ้นงานและมีดีบุกมาเคลือบทับได้ก็ตาม แต่การควบคุมอายุการใช้งานสารเคมีโดยใช้ระยะเวลาในการกำหนด คืออายุการใช้งานสารเคมี Deflash เท่ากับ 6 เดือน และอายุการใช้งานสารเคมีที่ใช้เคลือบ เท่ากับ 3 ปี ตามข้อกำหนดของบริษัทผู้ผลิตตามเดิมนั้นยังคงต้องดำเนินการควบคู่ไปด้วยกัน เพื่อป้องกันสารเคมีเสื่อมสภาพเนื่องจากเกิดการสลายตัวหรือเกิดการใช้หมดไปขององค์ประกอบหลักในเนื้อสารเคมีส่วนอื่นๆ ดังจะเห็นได้ว่าเมื่อวันที่ 4 เมษายน 2554 ปริมาณปนเปื้อนทองแดงและเหล็กในสารเคมี Deflash ในภาพที่ 6.1 มีค่าต่ำกว่า 1 PPM เนื่องจากเป็นค่าที่วัดหลังจากที่เปลี่ยนสารเคมี Deflash ใหม่ทั้งหมดตามกำหนดอายุการใช้งานครบ 6 เดือน เป็นต้น

ข) การวิเคราะห์ปริมาณปนเปื้อนทองแดง (Copper, Cu) ในสารเคมี Activation และการปรับปรุงวิธีการควบคุมอายุการใช้งานสารเคมี Activation

ผลการศึกษาในส่วนก่อนหน้าพบว่า เมื่อชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่ผ่านเข้าสู่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีเศษทองแดงที่แตกออกบนพื้นผิวลีดเฟรมจากกระบวนการผลิตก่อนหน้า จะทำให้มีดีบุกส่วนหนึ่งเข้าไปเคลือบบนเศษทองแดงที่แตกออกเกินพื้นที่ที่ต้องการบนชิ้นงานและเกิดเป็นข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกินได้ ซึ่งการดำเนินการแก้ไขความ

ผิดปกติที่กระบวนการผลิตส่วนหน้า อยู่นอกเหนือขอบข่ายของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานจึงเลือกกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุง โดยมุ่งเน้นที่การกัดทองแดงส่วนเกินออกจากลีดเฟรมที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีด้วยสารเคมี Activation ซึ่ง เป็นสารเคมีที่มีคุณสมบัติในการละลายสนิมทองแดงบางส่วนออกจากลีดเฟรมก่อนกระบวนการเคลือบดีบุก เพื่อช่วยให้การทำความสะอาดเศษทองแดงบนชิ้นงานก่อนการเคลือบดีบุกมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งข้อมูลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมี Activation จากบริษัทผู้ผลิตสารเคมีแสดงให้เห็นว่าค่าอัตราการกัดทองแดง (Etch rate) ของสารเคมี Activation จะแปรผกผันกับปริมาณทองแดงที่ละลายอยู่ในสารเคมีเอง โดยค่าอัตราการกัดทองแดง (Etch rate) บนชิ้นงานจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อมีปริมาณทองแดงที่ละลายอยู่ในสารเคมี Activation มีค่ามากกว่า 10g/L

ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานจึงดำเนินการปรับปรุงการควบคุมสารเคมี Activation โดยการกำหนดให้มีการวิเคราะห์ปริมาณปนเปื้อนทองแดง (Copper, Cu) ในสารเคมี Activation เพื่อควบคุมอายุการใช้งานของสารเคมี Activation ซึ่งมีการกำหนดสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทองแดง จัดทำขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงโดยการไตเตรท (Titration) และแผนการดำเนินการเมื่อตรวจพบค่าทองแดงเกินปริมาณควบคุมให้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานของพนักงาน ดังนี้

สารเคมีที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณทองแดง (Copper, Cu) ในสารเคมี Activation

1. Ammonium Fluoride
2. Triethanolamine
3. Hydrogen peroxide
4. PAN indicator 0.1% in ethanol (0.2 g in 100 ml Ethanol)
5. 0.05M EDTA solution (20 g in 1 L. solution)
6. Ammonium hydroxide

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณทองแดง (Copper, Cu) ในสารเคมี Activation โดยการไตเตรท (Titration)

1. ปิเปตสารเคมี Activation ที่ต้องการวัดค่า 2 มล. ลงในขวดรูปชมพู่
2. เติม Hydrogen peroxide 12 หยดและเติมน้ำ DI ลงไป 50 มล.
3. ต้มสารตัวอย่างเป็นเวลา 1 นาทีและตั้งทิ้งไว้รอให้เย็น
4. เติม 1 กรัม Ammonium Fluoride และเติม Triethanolamine 6 หยด

5. ค่อยๆเติม Ammonium hydroxide ทีละหยดจนสารละลายเปลี่ยนสี (ระดับความเข้มของสีขึ้นกับปริมาณทองแดงที่เจือปนอยู่)
    a. ถ้าตอนแรกไม่มีสี (ใส) ให้เติมจนเปลี่ยนเป็นสีฟ้าอ่อนๆ
    b. ถ้าตอนแรกมีสีฟ้าใส ให้เติมจนเปลี่ยนเป็นสีฟ้าเข้มขึ้น ออกน้ำเงิน
6. หยด PAN indicator 10-12 หยด แล้วไตเตรทด้วยสารละลาย 0.05M EDTA จนได้จุดยุติเป็นสีเขียว
7. สูตรการคำนวณปริมาณทองแดง Cu (g/L) = ml EDTA ที่ใช้ไป X 1.58875

โดยบริษัทผู้ผลิตสารเคมีได้กำหนดปริมาณทองแดงที่ยอมรับได้ให้มีปริมาณทองแดงเจือปนในสารเคมี Activation ได้สูงสุดไม่เกิน 10 g/L อย่างไรก็ตาม เนื่องจากไม่สามารถวัดค่าสารปนเปื้อนได้ตลอดเวลา ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดค่าควบคุมที่มีค่าน้อยกว่าค่าที่บริษัทผู้ผลิตสารเคมีกำหนด เพื่อป้องกันไม่ให้ค่าสิ่งปนเปื้อนเกินค่าที่กำหนดในระหว่างระยะเวลาที่สารเคมีไม่ถูกสุ่มมาวิเคราะห์ ดังนั้นจึงกำหนดค่าควบคุมสำหรับสารปนเปื้อนทองแดงในสารเคมี Activation ไว้ที่ปริมาณสูงสุด 8 g/l ซึ่งหากมีการตรวจพบปริมาณทองแดงเกินค่าควบคุม จะต้องมีการเปลี่ยนสารเคมี Activation ใหม่ทันที เนื่องจากเดิมสารเคมีประเภทนี้มีอายุการใช้งานสั้นอยู่แล้วเพียง 1 สัปดาห์และประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมีแปรผกผันโดยตรงกับปริมาณทองแดงที่เจือปนลงไป ดังนั้นจึงเปลี่ยนการควบคุมอายุการใช้งานจากการใช้ระยะเวลาเป็นตัวกำหนดมาเป็นการควบคุมโดยใช้ปริมาณทองแดงที่ละลายอยู่ในสารเคมีแทน

หลังที่ได้มีการกำหนดค่าทองแดงในสารเคมี Activation ที่ยอมรับได้และแผนการดำเนินการควบคุมเมื่อค่าสารปนเปื้อนสูงเกินค่าควบคุมที่กำหนด รวมทั้งการกำหนดขั้นตอนวิเคราะห์สารปนเปื้อนด้วยเครื่อง ICP ให้เป็นมาตรฐานในการทำงานสำหรับพนักงานแล้ว ผู้วิจัยและทีมงานได้เฝ้าติดตามผลการวิเคราะห์และควบคุมปริมาณทองแดงในสารเคมี Activation ดังแสดงในภาพที่ 6.3 โดยพบว่าการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขสามารถควบคุมปริมาณทองแดงในสารเคมี Activation ให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดไว้ได้

ภาพที่ 6.3 ค่าปริมาณทองแดง (Copper, Cu) ในสารเคมี Activation

ค) การควบคุมอายุการใช้งานสารเคมี Deflash และสารเคมี Belt stripper ตามกำลังการผลิต

ผลการศึกษาในส่วนก่อนหน้าพบว่า กำลังการผลิตที่มากขึ้นในปัจจุบัน มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของสารเคมี Deflash ซึ่งมีหน้าที่หลักในการทำความสะอาดคราบพลาสติกสีดำ (Mold flash) ส่วนเกินบนชิ้นงาน และสามารถละลายคราบกาวบางส่วนจากชิ้นงาน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน และประสิทธิภาพในการทำงานของสารเคมี Belt stripper ที่มีหน้าที่ในการทำความสะอาดสายพานโดยการดึงดีบุกที่ตกค้างออกจากสายพานก่อนที่สายพานจะวนเข้าสู่กระบวนการเริ่มต้นใหม่

โดยแนวทางการควบคุมอายุการใช้งานสารเคมีตามกำลังการผลิตในส่วนของสารเคมี Deflash จะช่วยควบคุมสภาวะของสารเคมีให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการดำเนินการและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาดชิ้นงานของสารเคมีให้ดียิ่งขึ้นได้ ในขณะเดียวกัน การควบคุมอายุการใช้งานสารเคมีตามกำลังการผลิตสำหรับสารเคมี Belt stripper จะช่วยควบคุมสภาวะของสารเคมีให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการดำเนินการ เพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาดสายพานและลดปริมาณเศษดีบุกตกค้างบนสายพานและเข้าไปปนเปื้อนการผลิตส่วนอื่นทำให้เกิดเป็นปัญหาข้อบกพร่องบนชิ้นงานได้

ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงาน จึงได้ดำเนินการกำหนดให้มีการควบคุมอายุการใช้งานสารเคมี Deflash และสารเคมี Belt stripper ตามกำลังการผลิต (จำนวนชิ้นงานที่ผ่านเข้าไปในกระบวนการ) ควบคู่ไปกับการควบคุมตามกำหนดอายุการใช้งานเดิม เพื่อควบคุมและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของสารเคมีให้เหมาะกับการผลิตในปัจจุบัน โดยมีการติดตั้งเซ็นเซอร์

ตรวจจับและนับจำนวนชิ้นงานที่ผ่านเข้าเครื่องหรือเรียกว่า Strip counter ดังภาพที่ 6.4 เพื่อตรวจสอบจำนวนชิ้นงานที่ผ่านเข้าไปในกระบวนการ และเตือนให้พนักงานทราบเมื่อจำนวนชิ้นงานถึงระดับที่กำหนด

ภาพที่ 6.4 เครื่องนับจำนวนชิ้นงานที่ผ่านเข้าไปในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี

นอกจากนั้น ผู้วิจัยและทีมงานได้ดำเนินการกำหนดมาตรฐานควบคุมปริมาณชิ้นงานที่ผ่านเข้าสู่กระบวนการสูงสุดที่ยอมรับได้สำหรับสารเคมีแต่ละส่วนและกำหนดแผนการดำเนินการในกรณีที่กำลังการผลิตถึงระดับที่ต้องดำเนินการจัดการกับสารเคมีให้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานของพนักงานในสายการผลิต ดังนี้

จากผลการศึกษาทดลองเรื่องประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมี Deflash ที่ผ่านมา พบว่า ที่กำลังการผลิต 24,722 แผ่นชิ้นงาน ประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมี Deflash เริ่มลดลง และทำให้เกิดปริมาณของเสียที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของสารเคมีมีแนวโน้มสูงขึ้นจนเกิน 50,000 PPM หรือ 5% ของชิ้นงานทั้งหมด ที่กำลังการผลิตประมาณ 50,000 แผ่นชิ้นงาน ดังนั้นจึงกำหนดมาตรฐานการทำงานให้มีการเจือจางสารเคมี deflash ลงครึ่งหนึ่งและปรับค่าความเข้มข้นใหม่ให้ได้ตามที่กำหนดเพื่อลดปริมาณสิ่งปนเปื้อน ทุกๆกำลังการผลิตที่ 50,000 แผ่น และเปลี่ยนใหม่ทั้งถังเมื่อครบ 6 เดือนตามอายุการใช้งานเดิม

ในส่วนของสารเคมี Belt stripper ผลการทดลองที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมี Belt stripper จะไม่สามารถล้างสายพานได้สะอาด (พบว่ามีคราบดีบุก

หลงเหลืออยู่หลังผ่านกระบวนการล้าง) ที่จำนวนแผ่นลีดเฟรมที่ผ่านกระบวนการไปแล้วประมาณ 25,000 แผ่น ดังนั้นจึงกำหนดมาตรฐานการทำงานให้มีการเปลี่ยนสารเคมี Belt stripper ทุกๆ กำลังการผลิตที่ 25,000 แผ่น หรือเปลี่ยนใหม่ทั้งถังเมื่อครบ 1 สัปดาห์ตามอายุการใช้งานเดิม

ง) การปรับเพิ่มค่าความเข้มข้นสารเคมี Belt stripper

ผลการศึกษาในส่วนก่อนหน้าพบว่า ปัญหาเรื่องสารเคมี Belt stripper ไม่สามารถทำความสะอาดสายพานได้มีประสิทธิภาพเพียงพอ ทำให้มีปริมาณเศษดีบุกตกค้างบนสายพานและเข้าไปปนเปื้อนการผลิตส่วนอื่นทำให้เกิดเป็นปัญหาข้อบกพร่องบนชิ้นงานได้นั้น สามารถดำเนินการแก้ไขเชิงป้องกันได้โดยการควบคุมอายุการให้งานของสารเคมี Belt stripper ตามกำลังการผลิตเพื่อช่วยรักษาสภาวะของสารเคมีให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการดำเนินการ และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาดสายพานของสารเคมีให้ดียิ่งขึ้นได้ ซึ่งนอกจากการดำเนินการปรับปรุงดังกล่าว ยังมีแนวทางการแก้ไขปรับปรุงในส่วนของการปรับเพิ่มความเข้มข้นสารเคมี Belt stripper เพื่อให้สามารถล้างทำความสะอาดสายพานได้ดียิ่งขึ้นเช่นเดียวกัน

โดยผู้วิจัยและทีมงานได้ดำเนินการเพิ่มค่าความเข้มข้นสารเคมี Belt stripper จาก 200-300 ml/l เป็น 300-400 ml/l ดังตัวอย่างการดำเนินการแก้ไขช่วงควบคุมความเข้นข้นสารเคมีในภาพที่ 6.5 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการล้างเศษดีบุกออกจากสายพานได้ดียิ่งขึ้น โดยไม่มีผลกระทบต่อการสึกกร่อนของชิ้นส่วนเครื่องจักร (อ้างอิงจากผลการทดลองที่ผ่านมา)

SPECS AND CONTROL LIMITS OF CHEMICAL CONCENTRATION

3. Machine : Meco# 1, 2, 3, 4, 5

Process	Chemical	Spec.
Deflash	Mecodeflash 100 ml/l	625 – 750
	pH	7.0 – 9.0
Electroclean	Surclean 201, g/li	40 – 60
	NaOH, g/li	15 – 25
Activation / Descale	Pyra Etch CE, g/li	Copper tank : 200 - 250
		Alloy tank : 140 - 220
Predip	MSA acid or Solderon Acid HC, ml/li	200 – 280
Matte Tin PLating	MSA acid, ml/li	160 – 240
	Tin MSA, g/li	50 – 70
	Pyra Tinlux HS Additive, ml/li	90 – 120
Neutralizer	Neutra-Rinse 40, g/li	5 – 15
Belt Stripper	Becastrip EL A, ml/li	300 – 400

ภาพที่ 6.5 ค่าความเข้มข้นสารเคมี Belt stripper ใหม่ที่กำหนดให้ใช้งาน

นอกจากการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานในการวิเคราะห์ตรวจสอบและควบคุมสารเคมี ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีการดำเนินการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องประเภทนี้ที่เกี่ยวข้องกับการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของเครื่องจักรและชิ้นส่วนเครื่องจักร รวมไปถึงการปรับปรุงมาตรฐานในการบำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนี้

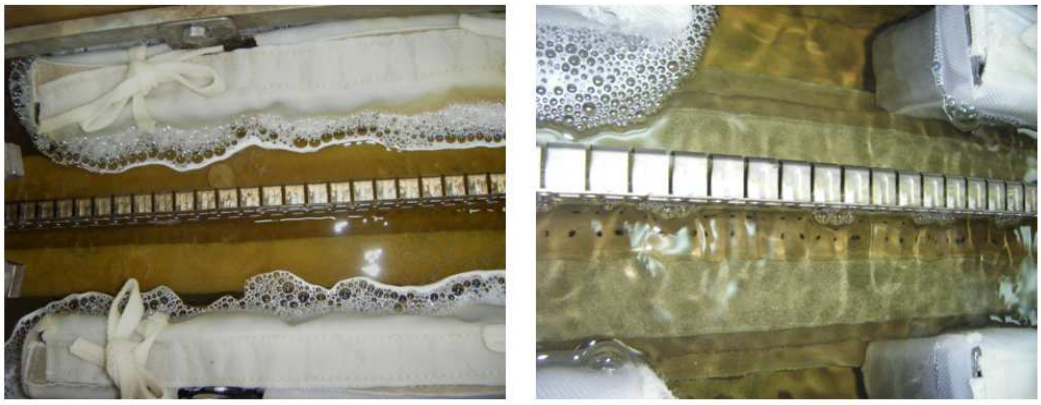
จ) การติดตั้งระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เป็นแบบกรองสารเคมีขณะสูบขึ้น Processing cell หรือแบบ Inline filter และปรับปรุงระบบท่อเพื่อลดการกระแทกของสารเคมี

ผลการศึกษาในส่วนก่อนหน้าพบว่า การเกิดตะกอนดีบุกในสารเคมีที่ใช้เคลือบเนื่องจากการทำปฏิกิริยาของไอออนดีบุกในสารเคมีกับออกซิเจนในอากาศ จะก่อให้เกิดการเกาะติดของตะกอนดีบุกบนชิ้นงานมากเกินความต้องการและกลายเป็นปัญหาข้อบกพร่องทางด้านคุณภาพได้ ดังนั้นจึงได้มีการแก้ไขปรับปรุงเครื่องจักรและชิ้นส่วนของเครื่องจักรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองตะกอนดีบุกและลดการเกิดตะกอนดีบุกในสารเคมีที่ใช้เคลือบ ดังนี้

ดำเนินการติดตั้งระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เป็นแบบกรองสารเคมีขณะสูบขึ้น Processing cell หรือแบบ Inline filter เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองตะกอนดีบุกในระบบการไหลเวียนของสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ดังภาพที่ 6.6 และปรับปรุงระบบท่อให้ลดการกระแทกของการไหลของสารเคมีในระบบของสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เพื่อลดการเกิดตะกอนดีบุกในสารเคมี ซึ่งตัวอย่างสภาพสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ในภาพที่ 6.7 แสดงให้เห็นสภาพสารเคมีที่ใช้เคลือบก่อนการปรับปรุงจะมีฟองในระบบมาก สารเคมีมีสีเข้มเนื่องจากมีตะกอนหมุนเวียนอยู่ในสารเคมี ซึ่งหลังการดำเนินการปรับปรุงพบว่ามีฟองในสารเคมีน้อยลง สารเคมีมีสีอ่อนลง และใสขึ้นเนื่องจากมีตะกอนลดลงตามลำดับ

ก) ข)

ภาพที่ 6.6 ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating)
ก) ระบบเดิม Offline Filter ข) ระบบใหม่ Inline Filter



ก) ข)

ภาพที่ 6.7 สารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ก) ก่อนการปรับปรุง ข) หลังการปรับปรุง

ฉ) การปรับปรุงขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษาตัวจ่ายไฟที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี

นอกจากการดำเนินการแก้ไขปัญหาในการออกแบบเครื่องจักรและชิ้นส่วนของเครื่องจักรไม่เหมาะสมจนเป็นสาเหตุให้เกิดข้อบกพร่องบนชิ้นงาน ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว สาเหตุสำคัญอีกสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน เกิดจากตัวจ่ายไฟที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีความผิดปกติเพราะวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ ทำให้เกิดการจ่ายค่ากระแสไฟฟ้าที่ผิดปกติบนชิ้นงาน ทำให้การกระจายตัวของชั้นดีบุกบน

พื้นที่ที่ต้องการเคลือบมีความสม่ำเสมอไม่เท่ากัน และก่อให้เกิดปัญหาการมีเศษดีบุกยึดเกาะบนชิ้นงานมากเกินความต้องการ

ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานได้ดำเนินการปรับปรุงขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษาตัวจ่ายไฟที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีให้ โดยกำหนดให้มีการตรวจสอบตัวจ่ายไฟให้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานของพนักงานในสายการผลิตและกำหนด Check list ดังตัวอย่างในภาพที่ 6.8 ให้พนักงานบันทึกผลการดำเนินการตรวจสอบและบำรุงรักษา ดังนี้

1. การตรวจสอบและบำรุงรักษาประจำสัปดาห์ ให้ทำความสะอาดหน้าสัมผัสของตัวจ่ายไฟ และหน้าสัมผัสทองแดงที่เป็นจุดผ่านของกระแสไฟฟ้าทุกตัว หรือเปลี่ยนใหม่ถ้าหากเกิดการชำรุดหรือเสื่อมสภาพ

2. การตรวจสอบและบำรุงรักษาประจำเดือน กำหนดให้มีการทำการตรวจเช็คและทำความสะอาดจุดต่อของสายไฟที่ต่อภายในของตู้ตัวจ่ายไฟ และทำการเปลี่ยนจุดต่อที่เกิดสนิมหรือเสียรูป ทำการเปลี่ยนหัวน็อตหรือเกลียวตัวใหม่ และหมุนให้แน่นเพื่อความมั่นคงถาวร

PREVENTIVE MAINTENANCE WORK ORDER FOR MECO MACHINE

STRIP PLATING MACHINE NO.	PROPERTY NO.		DATE ISSUED	FREQ.CODE	
				2Y	96 WEEKS
				1	48 WEEKS
				2	24 WEEKS
SECTION/DEPARTMENT	**DUE DATE**	**NEXT DUE DATE**	**DATE COMPLETED**	3	16 WEEKS
EOL / PLASTIC				4	12 WEEKS
				6	8 WEEKS
				12	4 WEEKS

ITEM	FREQ.CODE	PREVENTIVE MAINTENANCE OPERATION	STATUS
1	12	CHECK AND CLEAN IN-EFFECTIVE BRAKE.	
2	12	TOP-UP AIR BLOWER OIL AND LUBRICATE.	
3	12	CLEAN AIR BLOWER FILTER.	
4	12	CHECK AND SERVICE MAGAZINE HOLDER.	
5	12	CLEAN PRODUCT DETECTION LEVEL (PDL) SWITCH.	
6	12	CHECK HIGH PRESSURE OIL.	
7	12	CHECK EMERGENCY STOP SYSTEM.	
8	12	CHECK ALL BEARING U-TURN WHEEL AND REPLACE IF NECESSARY.	
9	12	CHECK IN-LINE PLATING FILTRATION SYSTEM.	
10	12	REPLACE P.M. PERFORMED STICKER.	
11	12	REPLACE THE CATHODE PLATE AT THE BELT STRIPPER CELLS.	
12	12	CHECK COPPER CONTACTS OR REPLACE IF NECESSARY.	
13	12	CHECK THE AIR BLOW STRIP OF QFN PACKAGE OR REPLACE IF NECESSARY.	
14	12	CLEAN ACTIVATION PROCESS PIPE.	
15	12	FILL DATA OF THICKNESS AND COMPOSITION BUY OFF WITH ATTACH FILE. LEAD TYPE ..... PLATING THICKNESS (MICRO-INCH) : MIN . = ...• , MAX. = ... COMPOSITION ; Sn = ... % , Pb = ...%	
16	12	CHECK TEMPERATURE CONTROL FUNCTIONS OF CHECMICAL PROCESS.	
17	12	CHECK CONDITION 'S JOINT BELT AND REPLACE OR REPAIR IF NECESSARY.	
18	6	CHECK AND TIGHTEN WIRE CABLE OF RECTIFIER CABINET.	
19	6	INSPECT ALL ELECTRONIC DEVICE TO ENSURE PROPERLY OR GOOD CONDITION.	
20	6	INSPECT IMMERSION HEATER FOR CORROSION.	
21	6	CHECK ENCODER UNIT OR REPLACE IF NECESSARY.	
22	6	CHECK ALL SOLINOID COIL AND SWITCH CONNECTORS.	
23	6	CHECK ALL THE CONDITION OF SHIELD HEIGHT COUPLING OR REPLACE IF NECESSARY.	

ภาพที่ 6.8 Check list สำหรับตรวจสอบและบำรุงรักษาตัวจ่ายไฟรายเดือน

6.1.2 การปรับปรุงแก้ไขปัญหาค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด

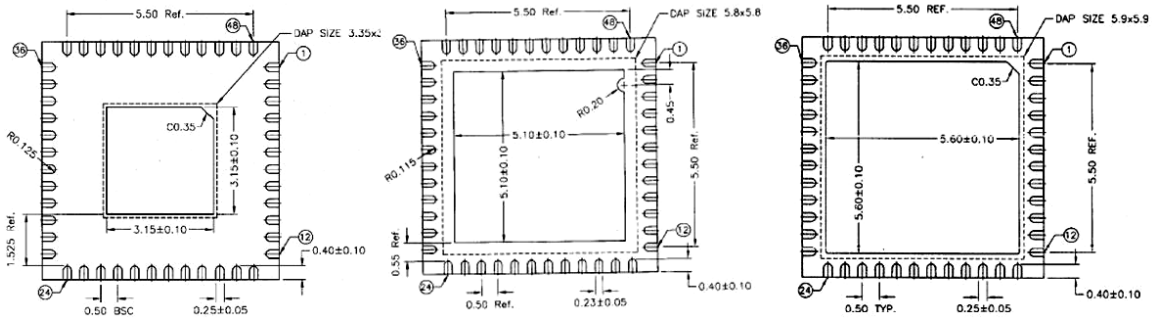
จากการศึกษาในบทก่อนหน้าได้กำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงสาเหตุสำคัญที่ทำให้ชิ้นงานมีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด ได้แก่ ปัญหาการกำหนดค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความเร็วสายพานที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน และลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมีผิดปกติ (ติดค้าง) เนื่องจาก วิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ โดยแนวทางการแก้ไขปรับปรุง ได้มุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาเชิงป้องกัน โดยดำเนินการศึกษาการออกแบบการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีพื้นที่ต้องการเคลือบแตกต่างกัน และกำหนดชุดพารามิเตอร์ได้แก่ค่าความเร็วสายพานและค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลือบดีบุกใหม่ ให้เหมาะสมกับความหลากหลายของผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น และ ดำเนินการปรับปรุงมาตรฐานในการบำรุงรักษาชิ้นส่วนของเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังรายละเอียดการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงต่อไปนี้

ก) การศึกษาการออกแบบการทดลอง (DOE) และกำหนดชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมใหม่สำหรับการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี

ผลการศึกษาในส่วนก่อนหน้าพบว่า ปัจจัยหลักในการดำเนินการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีต่อค่าความหนาของชั้นดีบุกที่เคลือบบนชิ้นงานโดยตรง ได้แก่ ค่าความเร็วสายพานและค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลือบดีบุก โดยค่าความหนาของชั้นดีบุกจะแปรผกผันกับค่าความเร็วสายพานที่ใช้พาชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการเคลือบ เมื่อค่าความเร็วสายพานมากขึ้น (มีความเร็วมาก) จะทำให้เกิดชั้นดีบุกที่มีความหนาลดลง ในทางกลับกันค่าความหนาของชั้นดีบุกจะแปรผันตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่ชิ้นงานในส่วนที่มีการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี โดยค่ากระแสไฟฟ้าสูงจะทำให้เกิดชั้นดีบุกที่มีความหนามากขึ้น ซึ่งการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของชุดพารามิเตอร์เหล่านี้และกำหนดให้ใช้ที่เครื่องจักรตามกลุ่มย่อยของผลิตภัณฑ์ที่แบ่งตามขนาดของวงจรไฟฟ้ารวม (กว้าง X ยาว) และจำนวนขาที่ต้องการนำไปเชื่อมต่อกับแผงวงจรไฟฟ้าไม่มีความเหมาะสมต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันที่ในกลุ่มย่อยผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันในด้านการออกแบบและมีพื้นที่ที่ต้องการเคลือบด้วยดีบุกแตกต่างกัน ซึ่งค่าความเร็วสายพานและค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลือบดีบุก ที่มีค่าสูงหรือต่ำเกินไป จะทำให้เกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกบนชิ้นงานออกนอกช่วงที่กำหนดได้

ดังนั้น ผู้วิจัยและทีมงานจึงได้ดำเนินการศึกษา ทบทวนการออกแบบการทดลองหรือ DOE และกำหนดชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมใหม่สำหรับการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ตามสต็อคของ

ลีดเฟรมที่มีความแตกต่างกันของพื้นที่ที่ต้องการเคลือบด้วยดีบุก ดังตัวอย่างการออกแบบการทดลองหรือ DOE สำหรับศึกษาผลของพารามิเตอร์การเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี สำหรับกลุ่มย่อยผลิตภัณฑ์ประเภท QFN 7X7 48L ใหม่ โดยแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลองตามสต็อคลีดเฟรม XX1, XX2 และ XX3 ที่มีขนาดของพื้นที่ที่ต้องการเคลือบด้วยดีบุกแตกต่างกัน ดังภาพที่ 6.9



Lead frame stock # XX1 Lead frame stock # XX2 Lead frame stock # XX3

ภาพที่ 6.9 ตัวอย่างของการออกแบบขนาดและพื้นที่ที่ต้องทำการเคลือบดีบุกที่แตกต่างกับในกลุ่มผลิตภัณฑ์ประเภท QFN 7X7 48L

โดย จากการทดลองเดิมใช้ ระดับของปัจจัยที่สนใจ ที่ค่าความเร็วสายพาน 2.8 m/min – 3.3 m/min และกระแสไฟฟ้าในการเคลือบดีบุก 80 A – 105 A ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าความหนาของชั้นโดยตรง ในส่วนของค่าพารามิเตอร์หรือปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องในกระบวนการ เช่น ระดับสารเคมี และค่าความเข้มข้นสารเคมี จะถูกควบคุมให้มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด โดยไม่นำระดับของปัจจัยมาพิจารณาในการทดลองเหมือนปัจจัยหลัก

โดยผลการทดลองของปัจจัยที่ออกแบบไว้ดังกล่าว สามารถให้ค่าความหนาของชั้นดีบุกอยู่ในช่วงที่กำหนด (400-800 micro-inch) ดังตารางที่ 6.1 ชิ้นงานผ่านการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพด้วยสายตาและการทดสอบ Solderability test ตามที่กำหนด แต่ค่าความหนาของชั้นดีบุกในแต่ละชุดการทดลองของลีดเฟรมแต่ละสต็อค ยังคงมีค่าความแปรปรวนของข้อมูลบางชุดสูง ให้ค่า CpK ต่ำ และมีโอกาสที่จะเกิดค่าความหนาออกนอกช่วงที่กำหนดหากใช้ค่าของกระแสไฟฟ้าหรือสายพานที่ระดับสูงสุดหรือต่ำสุดของช่วงที่กำหนด

ตารางที่ 6.1 ค่าความหนาของชั้นดีบุกเปรียบเทียบสำหรับ QFN 7X7 48L ลีดเฟรมสต็อค XX1, XX2 และ XX3

Stock XX1	Parameters		Tin Plating Thickness on Lead (Micro-Inch)				
Leg #	Belt Speed (m/min)	Plating Current (A)	Mean	Max.	Min.	Std. deviation	Cpk
1	2.8 (-)	80 (-)	538.67	562.04	499.45	23.00	2.01
2	2.8 (-)	105 (+)	763.31	797.72	717.28	20.16	0.61
3	3.3 (+)	80 (-)	477.27	512.21	452.31	14.88	1.73
4	3.3 (+)	105 (+)	744.61	768.47	716.02	14.39	1.28
5	3.0 (0)	90 (0)	605.69	694.63	545.70	32.00	2.02
Stock XX2	Parameters		Tin Plating Thickness on Lead (Micro-Inch)				
Leg #	Belt Speed (m/min)	Plating Current (A)	Mean	Max.	Min.	Std. deviation	Cpk
1	2.8 (-)	80 (-)	518.67	561.00	450.15	21.19	1.81
2	2.8 (-)	105 (+)	767.21	799.56	700.33	21.94	0.50
3	3.3 (+)	80 (-)	457.87	489.84	424.82	14.53	1.33
4	3.3 (+)	105 (+)	697.67	780.83	625.53	32.67	1.04
5	3.0 (0)	90 (0)	581.24	625.67	523.12	21.64	2.79
Stock XX3	Parameters		Tin Plating Thickness on Lead (Micro-Inch)				
Leg #	Belt Speed (m/min)	Plating Current (A)	Mean	Max.	Min.	Std. deviation	Cpk
1	2.8 (-)	80 (-)	492.69	543.26	434.94	22.41	1.38
2	2.8 (-)	105 (+)	765.05	592.47	725.01	18.13	0.64
3	3.3 (+)	80 (-)	470.42	512.21	420.88	19.00	1.24
4	3.3 (+)	105 (+)	587.85	659.85	522.55	37.07	1.69
5	3.0 (0)	90 (0)	495.05	530.23	456.23	18.69	1.70

ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานจึงทำการออกแบบการทดลองใหม่แยกตามสต็อคลีดเฟรม โดยบีบช่วงระดับของปัจจัยให้แคบลงกว่าเดิมเพื่อลดความแปรปรวนและพิจารณาถึงความแตกต่างของพื้นที่ที่ต้องการเคลือบด้วยดีบุกของลีดเฟรมทั้ง 3 สต็อคนี้ ได้ผลดังต่อไปนี้

<u>การทดลองใหม่สำหรับลีดเฟรมสต็อค XX1</u>

จากชุดการทดลองเดิมในตารางที่ 6.1 และผลการทดลองเดิมในตารางที่ 6.2 สำหรับลีดเฟรมสต็อค XX1 จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่มีค่า CpK ต่ำกว่า 1.67 ได้แก่ชุดการทดลองที่ 2 และ 4 ซึ่งเป็นชุดการทดลองที่ใช้กระแสไฟฟ้า 105 Amp ซึ่งอาจสูงเกินไปสำหรับลีดเฟรมสต็อคนี้ซึ่งมีพื้นที่ที่ต้องการเคลือบดีบุกไม่มากนัก ดังนั้นจึงปรับระดับค่ากระแสไฟฟ้าใหม่ดังนี้

ระดับของปัจจัยที่สนใจ สำหรับลีดเฟรมสต็อค XX1 เพื่อทำ DOE ใหม่ ได้แก่ ค่าความเร็วสายพาน 2.8 m/min – 3.3 m/min และกระแสไฟฟ้าในการเคลือบดีบุก 80 A – 96 A โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลองเพื่อศึกษาผลของปัจจัยที่มีต่อค่าความหนาของชั้นดีบุกที่ค่าสูงสุดและต่ำสุดของระดับปัจจัย โดยมีชุดควบคุม (Control leg) ซึ่งเป็นค่าที่ต้องการใช้จริงในการผลิตที่ค่ากลางของความเร็วสายพานและค่ากระแสไฟฟ้า ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในชุดการทดลองสำหรับ QFN 7X7 48L ลีดเฟรมสต็อค XX1

Leg #	Belt Speed (m/min)	Plating Current (A)
1	2.8 (-)	80(-)
2 (Max)	2.8 (-)	96 (+)
3 (Min)	3.3 (+)	80 (-)
4	3.3 (+)	96 (+)
5 (Confirm)	3.0 (0)	88 (0)

จากผลการทดลองพบว่าชุดพารามิเตอร์ใหม่สามารถให้ค่าความหนาของชั้นดีบุกอยู่ในช่วงที่กำหนด (400-800 micro-inch) ชิ้นงานผ่านการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพด้วยสายตาและการทดสอบ Solderability test ตามที่กำหนด แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาชั้นดีบุกที่ได้จากชุดพารามิเตอร์เดิมและชุดพารามิเตอร์ใหม่ในตารางที่ 6.3 จะเห็นได้ว่าค่า CpK ในชุดการทดลองที่เปลี่ยนระดับค่ากระแสไฟฟ้าใหม่ให้ค่าความหนาของชั้นดีบุกอยู่ในช่วงที่กำหนดเช่นเดิม แต่สามารถให้ค่า CpK ของชุดการทดลองนั้นๆสูงกว่าค่า CpK เดิมก่อนการปรับปรุง และค่าความหนาของชั้นดีบุกมีความเสี่ยงที่จะออกนอกช่วงที่กำหนดน้องลงหากมีการใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ระดับต่ำสุดหรือสูงสุดเมื่อเทียบกับชุดพารามิเตอร์เดิม

ตารางที่ 6.3 การเปรียบเทียบค่าความหนาของชั้นดีบุกของลีดเฟรมสต็อค XX1 ก่อนและหลังทำ DOE ใหม่

Stock XX1	Parameters (Before)		Tin Plating Thickness on Lead (Micro-Inch)				
Leg #	Belt Speed (m/min)	Plating Current (A)	Mean	Max.	Min.	Std. deviation	Cpk
1	2.8 (-)	80 (-)	538.67	562.04	499.45	23.00	2.01
2	2.8 (-)	105 (+)	763.31	797.72	717.28	20.16	0.61
3	3.3 (+)	80 (-)	477.27	512.21	452.31	14.88	1.73
4	3.3 (+)	105 (+)	744.61	768.47	716.02	14.39	1.28
5	3.0 (0)	90 (0)	605.69	694.63	545.70	32.00	2.02
Stock XX1	**Parameters (New DOE)**		Tin Plating Thickness on Lead (Micro-Inch)				
Leg #	Belt Speed (m/min)	Plating Current (A)	Mean	Max.	Min.	Std. deviation	Cpk
1	2.8 (-)	80 (-)	513.84	575.57	478.13	18.56	2.04
2	2.8 (-)	96 (+)	711.73	759.64	670.15	21.78	1.35
3	3.3 (+)	80 (-)	474.98	507.18	454.28	13.58	1.84
4	3.3 (+)	96 (+)	705.81	743.21	664.19	19.87	1.58
5	3.0 (0)	88 (0)	593.44	692.58	536.44	29.04	2.22

การทดลองใหม่สำหรับลีดเฟรมสต็อค XX2

จากชุดการทดลองเดิมและผลการทดลองเดิมในตารางที่ 6.1 สำหรับลีดเฟรมสต็อค XX2 จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่มีค่า CpK ต่ำกว่า 1.67 ได้แก่ชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งเป็นชุดการทดลองที่ใช้กระแสไฟฟ้า 105 Amp หรือความเร็วสายพาน 3.3 m/min ซึ่งค่าปัจจัยทั้ง 2 ที่ค่าสูงอาจมีค่าสูงเกินไปสำหรับลีดเฟรมสต็อคนี้ และควรปรับระดับปัจจัยด้านต่ำเพิ่มขึ้นเพื่อป้องกันค่าออกนอนช่วงที่กำหนดด้านต่ำเนื่องจากลีดเฟรมสต็อค XX2 มีพื้นที่ที่ต้องการเคลือบมากกว่าลีดเฟรมสต็อค XX1 ดังนั้นจึงปรับระดับค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความเร็วสายพานใหม่ดังนี้

ระดับของปัจจัยที่สนใจ สำหรับลีดเฟรมสต็อค XX2 เพื่อทำ DOE ใหม่ ได้แก่ ค่าความเร็วสายพาน 2.9 m/min – 3.2 m/min และกระแสไฟฟ้าในการเคลือบดีบุก 84 A – 100 A โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลองเพื่อศึกษาผลของปัจจัยที่มีต่อค่าความหนาของชั้นดีบุกที่ค่าสูงสุดและต่ำสุดของระดับปัจจัย โดยมีชุดควบคุม (Control leg) ซึ่งเป็นค่าที่ต้องการใช้จริงในการผลิตที่ค่ากลางของความเร็วสายพานและค่ากระแสไฟฟ้า ดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในชุดการทดลองสำหรับ QFN 7X7 48L ลีดเฟรมสต็อค XX2

Leg #	Belt Speed (m/min)	Plating Current (A)
1	2.9 (-)	84 (-)
2 (Max)	2.9 (-)	100 (+)
3 (Min)	3.2 (+)	84 (-)
4	3.2 (+)	100 (+)
5 (Confirm)	3.0 (0)	92 (0)

จากผลการทดลองพบว่าชุดพารามิเตอร์ใหม่สามารถให้ค่าความหนาของชั้นดีบุกอยู่ในช่วงที่กำหนด (400-800 micro-inch) ชิ้นงานผ่านการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพด้วยสายตาและการทดสอบ Solderability test ตามที่กำหนด แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาชั้นดีบุกที่ได้จากชุดพารามิเตอร์เดิมและชุดพารามิเตอร์ใหม่ในตารางที่ 6.5 จะเห็นได้ว่าค่า CpK ในชุดการทดลองที่เปลี่ยนระดับค่ากระแสไฟฟ้าและความเร็วสายพานใหม่ให้ค่าความหนาของชั้นดีบุกอยู่ในช่วงที่กำหนดเช่นเดิม แต่สามารถให้ค่า CpK ของชุดการทดลองนั้นๆสูงกว่าค่า CpK เดิมก่อนการปรับปรุง และค่าความหนาของชั้นดีบุกมีความเสี่ยงที่จะออกนอกช่วงที่กำหนดน้องลงหากมีการใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ระดับต่ำสุดหรือสูงสุดเมื่อเทียบกับชุดพารามิเตอร์เดิม

ตารางที่ 6.5 การเปรียบเทียบค่าความหนาของชั้นดีบุกของลีดเฟรมสต็อค XX2 ก่อนและหลังทำ DOE ใหม่

Stock XX2	Parameters (Before)		Tin Plating Thickness on Lead (Micro-Inch)				
Leg #	Belt Speed (m/min)	Plating Current (A)	Mean	Max.	Min.	Std. deviation	Cpk
1	2.8 (-)	80 (-)	518.67	561.00	450.15	21.19	1.81
2	2.8 (-)	105 (+)	767.21	799.56	700.33	21.94	0.50
3	3.3 (+)	80 (-)	457.87	489.84	424.82	14.53	1.33
4	3.3 (+)	105 (+)	697.67	780.83	625.53	32.67	1.04
5	3.0 (0)	90 (0)	581.24	625.67	523.12	21.64	2.79
Stock XX2	**Parameters (New DOE)**		Tin Plating Thickness on Lead (Micro-Inch)				
Leg #	Belt Speed (m/min)	Plating Current (A)	Mean	Max.	Min.	Std. deviation	Cpk
1	2.9 (-)	84 (-)	511.29	571.21	486.32	18.64	1.99
2	2.9 (-)	100 (+)	720.44	765.02	681.64	18.55	1.43
3	3.2 (+)	84 (-)	526.48	588.13	500.23	21.57	1.95
4	3.2 (+)	100 (+)	696.25	731.58	632.12	24.29	1.42
5	3.0 (0)	92 (0)	593.12	635.49	534.17	19.60	3.29

การทดลองใหม่สำหรับลีดเฟรมสต็อค XX3

จากชุดการทดลองเดิมและผลการทดลองเดิมในตารางที่ 6.1 สำหรับลีดเฟรมสต็อค XX3 จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่มีค่า CpK ต่ำกว่า 1.67 ได้แก่ชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งเป็นชุดการทดลองที่ใช้กระแสไฟฟ้า 90 Amp หรือความเร็วสายพาน 2.8 m/min ซึ่งค่าปัจจัยทั้ง 2 ที่ค่าต่ำอาจมีค่าต่ำเกินไปสำหรับลีดเฟรมสต็อคนี้ เนื่องจากลีดเฟรมสต็อค XX3 มีพื้นที่ที่ต้องการเคลือบมากที่สุดใน 3 สต็อคที่ทำการศึกษา และควรปรับระดับปัจจัยด้านสูงของกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามเพื่อไม่ให้ช่วงควบคุมแคบเกินไปซึ่งอาจทำให้ควบคุมได้ยากเมื่อนำไปใช้งานจริง ดังนั้นจึงปรับระดับค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความเร็วสายพานใหม่ดังนี้

ระดับของปัจจัยที่สนใจ สำหรับลีดเฟรมสต็อค XX3 เพื่อทำ DOE ใหม่ ได้แก่ ค่าความเร็วสายพาน 2.9 m/min – 3.2 m/min และกระแสไฟฟ้าในการเคลือบดีบุก 90 A – 106 A โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลองเพื่อศึกษาผลของปัจจัยที่มีต่อค่าความหนาของชั้นดีบุกที่ค่าสูงสุดและต่ำสุดของระดับปัจจัย โดยมีชุดควบคุม (Control leg) ซึ่งเป็นค่าที่ต้องการใช้จริงในการผลิตที่ค่ากลางของความเร็วสายพานและค่ากระแสไฟฟ้า ดังตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6.6 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในชุดการทดลองสำหรับ QFN 7X7 48L ลีดเฟรมสต็อค XX3

Leg #	Belt Speed (m/min)	Plating Current (A)
1	2.9 (-)	90 (-)
2 (Max)	2.9 (-)	106 (+)
3 (Min)	3.2 (+)	90 (-)
4	3.2 (+)	106 (+)
5 (Confirm)	3.0 (0)	98 (0)

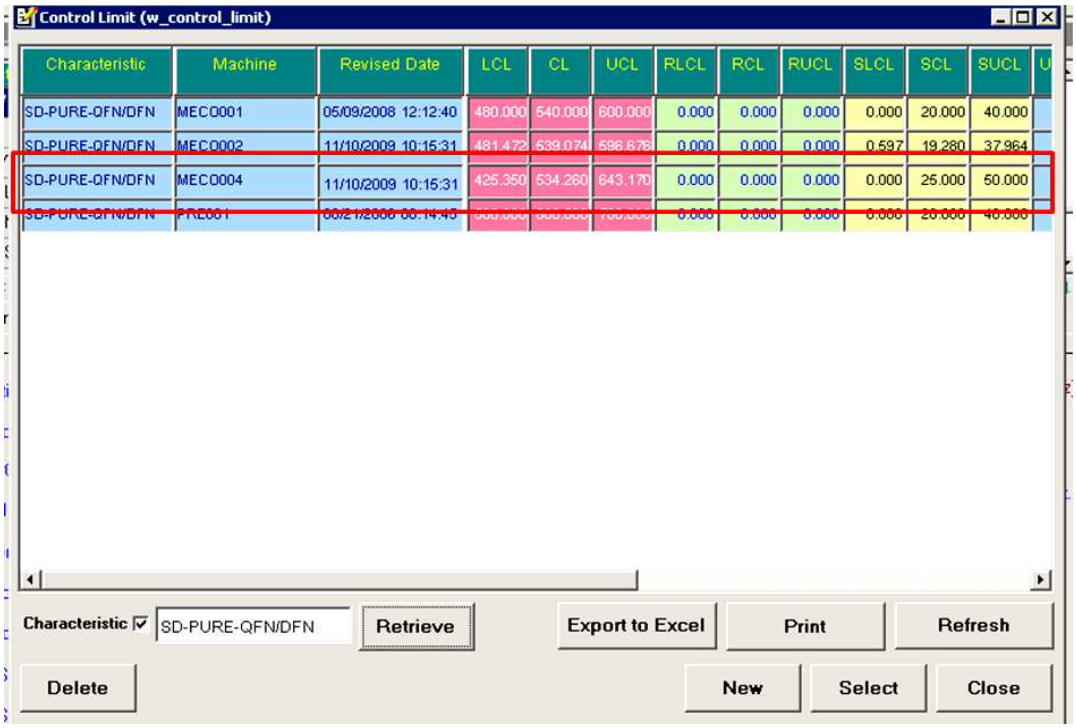
จากผลการทดลองพบว่าชุดพารามิเตอร์ใหม่สามารถให้ค่าความหนาของชั้นดีบุกอยู่ในช่วงที่กำหนด (400-800 micro-inch) ชิ้นงานผ่านการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพด้วยสายตาและการทดสอบ Solderability test ตามที่กำหนด แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาชั้นดีบุกที่ได้จากชุดพารามิเตอร์เดิมและชุดพารามิเตอร์ใหม่ในตารางที่ 6.7 จะเห็นได้ว่าค่า CpK ในชุดการทดลองที่เปลี่ยนระดับค่ากระแสไฟฟ้าและความเร็วสายพานใหม่ให้ค่าความหนาของชั้นดีบุกอยู่ในช่วงที่กำหนดเช่นเดิม แต่สามารถให้ค่า CpK ของชุดการทดลองนั้นๆสูงกว่าค่า CpK เดิมก่อนการปรับปรุง และค่าความหนาของชั้นดีบุกมีความเสี่ยงที่จะออกนอกช่วงที่กำหนดน้อยลงหากมีการใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ระดับต่ำสุดหรือสูงสุดเมื่อเทียบกับชุดพารามิเตอร์เดิม

ตารางที่ 6.7 การเปรียบเทียบค่าความหนาของชั้นดีบุกของลีดเฟรมสต็อค XX3 ก่อนและหลังทำ DOE ใหม่

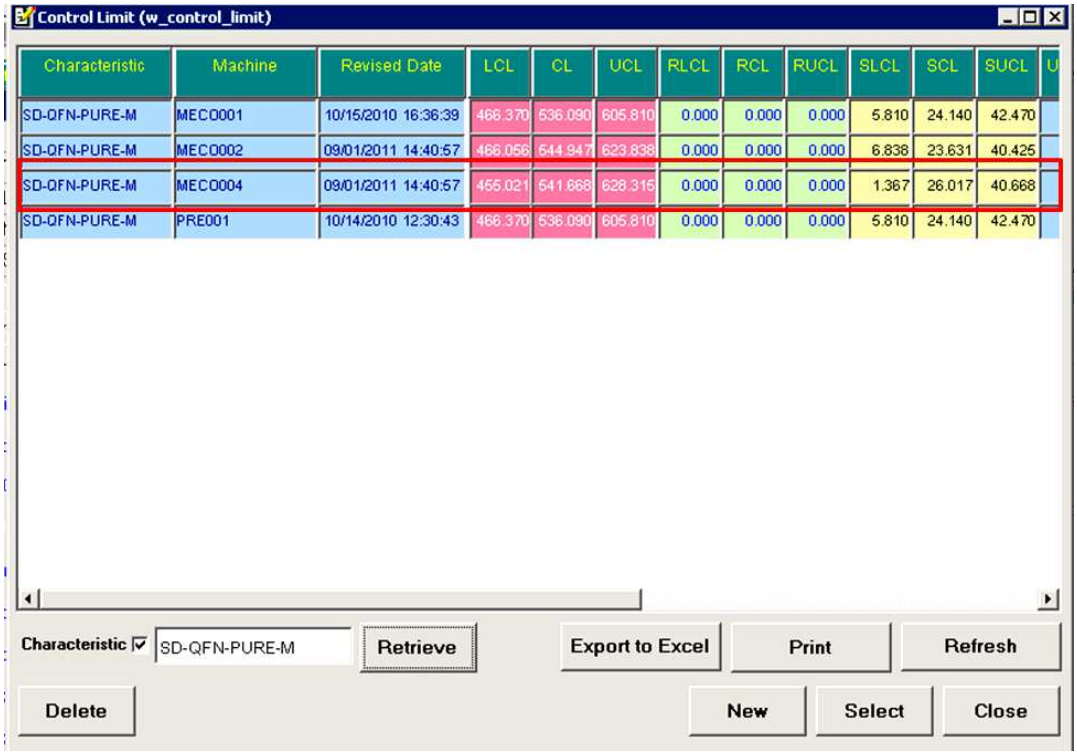
Stock XX3	**Parameters (Before)**		Tin Plating Thickness on Lead (Micro-Inch)				
Leg #	Belt Speed (m/min)	Plating Current (A)	Mean	Max.	Min.	Std. deviation	Cpk
1	2.8 (-)	80 (-)	492.69	543.26	434.94	22.41	1.38
2	2.8 (-)	105 (+)	765.05	592.47	725.01	18.13	0.64
3	3.3 (+)	80 (-)	470.42	512.21	420.88	19.00	1.24
4	3.3 (+)	105 (+)	587.85	659.85	522.55	37.07	1.69
5	3.0 (0)	90 (0)	495.05	530.23	456.23	18.69	1.70
Stock XX3	**Parameters (New DOE)**		Tin Plating Thickness on Lead (Micro-Inch)				
Leg #	Belt Speed (m/min)	Plating Current (A)	Mean	Max.	Min.	Std. deviation	Cpk
1	2.9 (-)	90 (-)	532.07	586.44	491.73	24.31	1.81
2	2.9 (-)	106 (+)	739.07	767.77	711.56	14.16	1.43
3	3.2 (+)	90 (-)	523.42	578.46	461.89	22.80	1.80
4	3.2 (+)	106 (+)	602.23	685.41	542.16	30.82	2.14
5	3.0 (0)	98 (0)	573.29	628.34	520.40	30.82	1.87

ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานจึงดำเนินการศึกษาออกแบบการทดลองที่เหมาะสมและกำหนดชุดพารามิเตอร์ใหม่แยกตามสต็อคของลีดเฟรมที่มีความแตกต่างกันของพื้นที่ที่ต้องการเคลือบด้วยดีบุกให้ใช้ในสายการผลิตแทนชุดพารามิเตอร์เดิม

การประเมินผลการปรับปรุงแก้ไขค่าพารามิเตอร์ในช่วงแรกจะพิจารณาจากข้อมูลค่าความหนาของชั้นดีบุกที่ถูกป้อนเข้าสู่ระบบการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control, SPC) ของโรงงานตัวอย่าง โดยได้มีเฝ้าติดตามผลและทำการคำนวณค่าควบคุมของ SPC chart ใหม่ทุกเดือนเพื่อปรับค่าควบคุมให้เหมาะสมกับลักษณะข้อมูลค่าความหนาของชั้นดีบุกที่ได้จากกระบวนการ โดยเมื่อพิจารณาค่าควบคุมที่ได้จากข้อมูลค่าความหนาของชั้นดีบุกก่อนการปรับปรุง ดังภาพที่ 6.10 เปรียบเทียบกับค่าควบคุมที่คำนวณใหม่จากข้อมูลค่าความหนาของชั้นดีบุกที่ได้จากการเปลี่ยนพารามิเตอร์ชุดใหม่ ดังภาพที่ 6.11 พบว่า ช่วงค่าควบคุมที่คำนวณจากข้อมูลค่าความหนาชั้นดีบุก สำหรับเครื่อง Meco 4 ก่อนการปรับปรุงมีค่าควบคุมด้านต่ำที่ 426.35 และ ค่าควบคุมด้านสูงที่ 643.17 ในขณะที่ ช่วงค่าควบคุมที่คำนวณจากข้อมูลค่าความหนาชั้นดีบุกหลังการปรับปรุงมีช่วงที่แคบลง คือมีค่าควบคุมด้านต่ำที่ 455.02 และค่าควบคุมด้านสูงที่ 628.32 นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาช่วงค่าควบคุมของค่าความแปรปรวนของข้อมูล (Standard deviation, S) พบว่าช่วงค่าควบคุมของค่าความแปรปรวนของข้อมูล สำหรับเครื่อง Meco 4 ก่อนการปรับปรุงมีค่าควบคุมด้านต่ำที่ 0 และ ค่าควบคุมด้านสูงที่ 50 ในขณะที่ ช่วงค่าควบคุมของค่าความแปรปรวนของข้อมูลหลังการปรับปรุงมีช่วงที่แคบลง คือมีค่าควบคุมด้านต่ำที่ 1.37 และค่าควบคุมด้านสูงที่ 40.67 ตามลำดับ



ภาพที่ 6.10 ค่าควบคุมของ SPC chart สำหรับข้อมูลค่าความหนาของชั้นดีบุกก่อนการปรับปรุง



ภาพที่ 6.11 ค่าควบคุมของ SPC chart สำหรับข้อมูลค่าความหนาของชั้นดีบุกหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 6.10 และ 6.11 สามารถสรุปได้ว่า ช่วงค่าควบคุมที่คำนวณจากข้อมูลค่าความหนาของชั้นดีบุกหลังการปรับปรุงชุดพารามิเตอร์ใหม่มีค่าแคบลง และค่าควบคุมของค่าความแปรปรวนของข้อมูลที่คำนวณได้หลังการปรับปรุงมีค่าแคบลงเช่นกัน แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลค่าความหนาของชั้นดีบุกที่ได้จากกระบวนการภายหลังการปรับปรุงโดยเฉลี่ยมีการกระจายตัวแคบเข้าใกล้ค่ากลางมากขึ้นและมีความแปรปรวนของข้อมูลลดลง ซึ่งจากการเฝ้าติดตามผลการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขดังกล่าว ผู้วิจัยและทีมงานจึงได้กำหนดมาตรฐานการทำงานใหม่สำหรับกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีของโรงงานตัวอย่าง โดยกำหนดให้มีการศึกษาออกแบบการทดลองเพื่อกำหนดชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีตามสต็อคของลีดเฟรมที่มีความแตกต่างกันของพื้นที่ที่ต้องการเคลือบทุกครั้ง ก่อนที่จะนำค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวไปใช้ในกระบวนการผลิตจริง

ข) การปรับปรุงขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษาลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมี

นอกจากการดำเนินการแก้ไขปัญหาในการศึกษาออกแบบการทดลองเพื่อกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายในปัจจุบัน จนเป็นสาเหตุให้เกิดข้อบกพร่องบนชิ้นงาน ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว สาเหตุสำคัญอีกสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทชิ้นงานมีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด เกิดจากลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมีมีคราบสกปรก เกิดการติดค้างทำให้ระดับสารเคมีที่ใช้ในการผลิตเกิดความผิดปกติไปจากค่าที่กำหนดเพราะวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานได้ดำเนินการปรับปรุงขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษาลูกลอยที่ใช้ที่ใช้วัดระดับสารเคมี โดยกำหนดให้มีการตรวจสอบลูกลอยวัดระดับสารเคมีหรือ Level switch ประจำกะดำเนินการทุกต้นกะก่อนเริ่มต้นการผลิต และกำหนดให้มีการทำความสะอาดเป็นประจำทุกเดือนให้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานของพนักงานในสายการผลิตและกำหนด Check list ดังตัวอย่างในภาพที่ 6.12 ให้พนักงานบันทึกผลการดำเนินการตรวจสอบและบำรุงรักษา

PREVENTIVE MAINTENANCE WORK ORDER FOR MECO MACHINE

STRIP PLATING MACHINE NO.	PROPERTY NO.		DATE ISSUED	FREQ.CODE	
				2Y	TWO YEAR
				1	ANNUAL
				2	SEMI-ANNUAL
SECTION/DEPARTMENT	**DUE DATE**	**NEXT DUE DATE**	**DATE COMPLETED**	3	FOUR MONTH
EOL / PLASTIC				4	QUARTERLY
				6	BI-MONTHLY
				12	MONTHLY

ITEM	FREQ.CODE	PREVENTIVE MAINTENANCE OPERATION	STATUS
		MONTHLY-ROUTINE	
1	12	CHECK AND CLEAN IN-EFFECTIVE BRAKE.	
2	12	CLEAN AIR BLOWER FILTER.	
3	12	CHECK AND SERVICE MAGAZINE HOLDER.	
4	12	CLEAN ALL FLOAT LEVEL SWITCH.	
5	12	CHECK HIGH PRESSURE OIL.	
6	12	CHECK EMERGENCY STOP.	
7	12	OFF-LINE PLATING FILTRATION.	
8	12	IN-LINE PLATING FILTRATION.	
9	12	REPLACE P.M. PERFORMED STICKER.	
10	12	CHANGE DUST FILTER OF BLOWER.	
11	12	CHECK/REPLACE CONTACTS.	
12	12	CHECK AND REPLACE THE AIR BLOW STRIP OF QFN PACKAGE.	
13	12	CLEAN VACUUM SYSTEM AT UNLOADING FOR SMD PKG.	
14	12	CLEAN ACTIVATION PROCESS PIPE.	
15	12	FILL DATA OF THICKNESS AND COMPOSITION BUY OFF WITH ATTACH FILE. LEAD TYPE ..... PLATING THICKNESS (MICRO-INCH) : MIN . = ... , MAX. = ... COMPOSITION ; Sn = ... % , Pb = ...%	

ภาพที่ 6.12 Check list สำหรับตรวจสอบและบำรุงรักษาลูกลอยรายเดือน

6.1.3 การปรับปรุงแก้ไขปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน

จากการศึกษาในบทก่อนหน้าได้กำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทการทดสอบ Solderability ของชิ้นงานไม่ผ่าน ได้แก่ ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นสารเคมีผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง วิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม อุณหภูมิที่เครื่องสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากสายวัดและควบคุมอุณหภูมิชำรุด จากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ ชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่ผ่านเข้าสู่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีสิ่งปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตส่วนหน้ามากเกินกว่าที่กระบวนการล้างชิ้นงานในกระบวนการเคลือบจะล้างออกได้หมด และหัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ โดยแนวทางการแก้ไขปรับปรุง ได้มุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาเชิงป้องกัน โดยการปรับปรุงมาตรฐานในการปฏิบัติงานของพนักงาน และมาตรฐานในการบำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังรายละเอียดการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงต่อไปนี้

ก) การปรับปรุงแก้ไขวิธีการวิเคราะห์ปริมาณดีบุกในสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating)

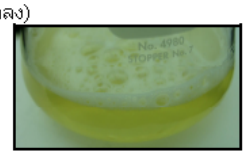
ผลการศึกษาในส่วนก่อนหน้าพบว่า ในส่วนของวิธีในการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ในการผลิต ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์แบบไตเตรท (Titration) นั้น การวิเคราะห์สารเคมีที่ดูสีที่จุด

ยุติยากและก่อให้เกิดกระบวนการวิเคราะห์ค่าสารเคมีที่ผิดพลาดได้ง่าย คือ การวิเคราะห์ปริมาณดีบุกในสารเคมีที่ใช้เคลือบ (plating) และเนื่องจากสารเคมีที่ใช้ในการเคลือบจะส่งผลต่อคุณสมบัติในการยึดเกาะกับโซลเดอร์ของผิวเคลือบ (Solderability) ดังนั้นค่าความเข้มข้นของดีบุกในสารเคมีที่ใช้เคลือบที่ผิดปกติจะทำให้เกิดการเคลือบผิวที่ไม่สมบูรณ์บนชิ้นงานและเกิดปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่านได้

ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขวิธีการวิเคราะห์ปริมาณดีบุกใหม่ให้เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานสำหรับพนักงานโดยปรับให้มีความชัดเจนเหมาะกับการทำงานของพนักงานมากขึ้น โดยมีการเพิ่มรูปภาพตัวอย่างสำหรับควบคุมการทำงานด้วยสายตา (Visual control) เพื่อบอกสีของจุดยุติของการวิเคราะห์แบบไตเตรท (Titration) ให้ชัดเจนยิ่งขึ้นดังภาพที่ 6.13 และดำเนินการอบรมพนักงานใหม่ โดยใช้ตัวอย่างการสอนจากวิดีโอต้นแบบก่อนที่จะให้พนักงานทดลองวิเคราะห์ด้วยตนเอง เพื่อลดโอกาสผิดพลาดที่เกิดจากการวิเคราะห์ความเข้มข้นสารเคมี

Tin
ดีบุก

1. Pipette 4 mls. of plating solution into Erlenmeyer flask and add 100 ml. of DI water.
ปิเปตสารละลายเพลตติ้งจำนวน 4 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่และเติมน้ำดีไอจำนวน 100 มิลลิลิตร
2. Add 10 ml. of 20% Hydrochloric acid
เติมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 20% จำนวน 10 มิลลิลิตร
3. Dissolved 2 g. of Sodiumbicarbonate in solution.
ละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 2 กรัมในสารละลาย
4. Add 5 ml of starch indicator
เติมน้ำแป้งจำนวน 5 มล.
5. Put magnetic bar into Erlenmeyer flask and put on the automatic stirrer
ใส่แท่งแม่เหล็กในขวดรูปชมพูและวางบนเครื่องกวนอัตโนมัติ
6. Titrate the solution with 0.1N. Iodine solution until solution change to yellow end point
ไตเตรทสารละลายด้วยไอโอดีนความเข้มข้น 0.1 นอร์โมลจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเป็นจุดยุติ
(Note : Turn on the automatic stirrer level 10 and open the maximum cork of burette until show brown color then slightly titrate)
(เพิ่มเติม : เปิดเครื่องกวนอัตโนมัติที่ระดับ 10 และปล่อยไอโอดีนแรงสุดจนเห็นสีน้ำตาลแล้วจึงค่อยปล่อยช้าลง)



7. Calculation :
การคำนวณ :

$$\text{Tin} = \frac{\text{Normality } (I_2) \times (\text{mls. used}) \times 0.0594 \times 1000}{4} \text{ or}$$

$$\text{Normality } (I_2) \times (\text{mls. used}) \times 14.85$$

$$\text{ดีบุก} = \frac{\text{นอร์มอลลิตี้ (ไอโอดีน)} \times (\text{มิลลิลิตรที่ใช้ไป}) \times 0.0594 \times 1000}{4} \text{ หรือ}$$

$$\text{นอร์มอลลิตี้ (ไอโอดีน) } 0.1 \times (\text{มิลลิลิตรที่ใช้ไป}) \times 14.85$$

ภาพที่ 6.13 ขั้นตอนการวิเคราะห์ดีบุกในสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ฉบับแก้ไขใหม่

ข) การปรับปรุงแก้ไขวิธีการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานสำหรับการเคลือบดีบุกใหม่

ผลการศึกษาในส่วนก่อนหน้าพบว่า สาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้เกิดการทดสอบ Solderability ของชิ้นงานไม่ผ่าน ได้แก่ ปัญหาชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่ผ่านเข้าสู่กระบวนการมีความสกปรก เนื่องจากลีดเฟรมนั้นผ่านการดึงเอาดีบุกที่เคลือบอยู่เดิมออกไม่สะอาดเพียงพอ ซึ่งวิธีการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานนั้น เป็นการดำเนินการเมื่อพบปัญหาข้อบกพร่องบนชิ้นงานที่เกี่ยวกับพื้นผิวเคลือบผิดปกติในการเคลือบผิวครั้งแรก จะสามารถนำมาทำการเคลือบดีบุกใหม่ได้โดยการนำชิ้นงานไปผ่านสารเคมีเพื่อดึงชั้นดีบุกเดิมออกเสียก่อน แต่เนื่องจากในปัจจุบันไม่มีการกำหนดวิธีการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานที่ชัดเจนเพียงพอ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ไม่ใช่ขั้นตอนหลักของการดำเนินการผลิต จึงทำให้เกิดการปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่ไม่ได้มาตรฐานและเกิดปัญหาข้อบกพร่องขึ้นได้

ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานให้มีความชัดเจนเหมาะกับพนักงานมากขึ้น เช่น การกำหนดระยะเวลาชัดเจนในการแช่ชิ้นงานในสารเคมี หรือระยะเวลาในการล้างชิ้นงานก่อนตรวจสอบ เป็นต้น ดังภาพที่ 6.14 และมีรูปตัวอย่างสำหรับควบคุมการทำงานด้วยสายตา (Visual control) ดังภาพที่ 6.15 เพื่อให้พนักงานสามารถทำการตรวจสอบชิ้นงานก่อนนำมาผ่านกระบวนการเคลือบใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

7.10.1 Remove solder procedure
วิธีการดึงดีบุก

7.10.1.1 Hold every lot needed to remove solder. PE or supervisor who disposition and release the lot have to define quantity of strips that removed solder in TNR.
โฮลด์ทุกล็อตที่จำเป็นต้องดึงดีบุก PE หรือ ซุปเปอร์ไวเซอร์ ที่ปล่อยล็อตนั้นต้องกำหนดจำนวนสตริปที่ดึงตะกั่วในใบ TNR

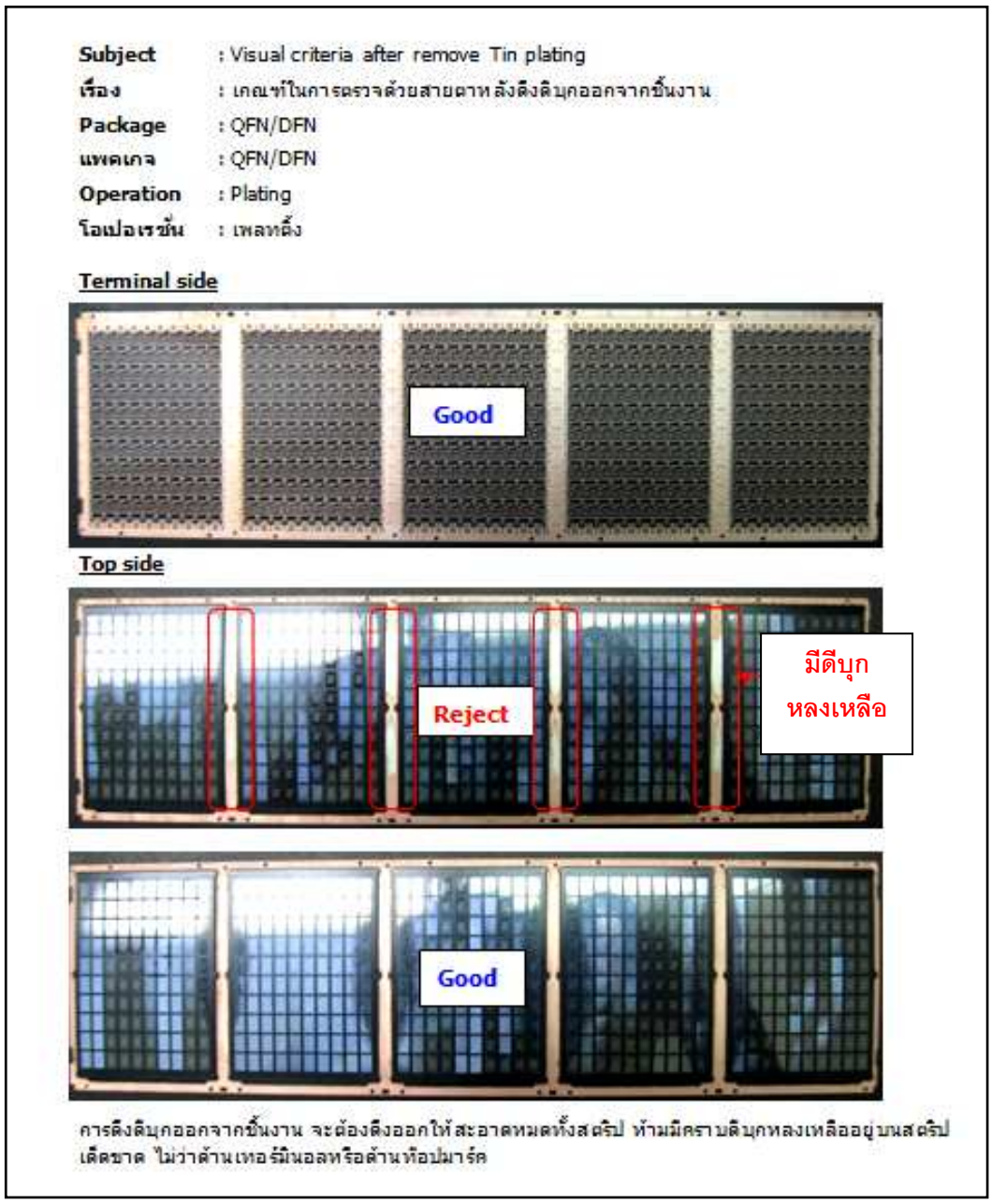
7.10.1.2 If need to perform solder removal process more than 1 lot per time, all activities must be done lot by lot to prevent mixing strip problem.
ถ้าจำเป็นต้องทำการดึงดีบุกมากกว่า 1 ล็อตต่อครั้ง ทุก ๆ ขั้นตอนจะต้องกระทำให้เสร็จทีละล็อต เพื่อป้องกันปัญหาสตริปปะปน/สลับล็อตกัน

7.10.1.4 Immerse strips in tin stripper chemical carefully 1 – 4 min. A little bit shaking the strips in order to more effectiveness.
จุ่มสตริปลงในน้ำยาดึงดีบุกอย่างระมัดระวังเป็นเวลา 1 – 4 นาที พร้อมทั้งเขย่าสตริปเล็กน้อยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดึงดีบุก

7.10.1.5 Rinse chemical on the strips with overflow DI water at least 3 minutes.
ล้างสตริปด้วยน้ำดีไอที่มีการไหลเวียนอย่างน้อย 3 นาทีจนสะอาด

7.10.1.6 Perform 100% visual inspection on strips both top and bottom side to ensure remove solder totally. If still found some solder remain on strips, separate the strips and remove solder and perform visual inspection again as above procedure.
ตรวจสตริป 100% ด้วยสายตา ทั้งด้านบนและด้านล่างของสตริปเพื่อให้แน่ใจว่าดีบุกหลุดหมดแล้ว หากยังพบดีบุกเหลือบนสตริป ให้แยกสตริปที่มีดีบุกเหลือเพื่อดึงดีบุกและตรวจด้วยสายตาอีกครั้งตามวิธีการข้างต้น

ภาพที่ 6.14 ขั้นตอนการดึงดีบุกออกจากชิ้นงาน ฉบับแก้ไขใหม่



ภาพที่ 6.15 รูปตัวอย่างสำหรับพนักงานใช้ตรวจสภาพชิ้นงานหลังการดึงดีบุกออกจากชิ้นงาน

ค) การปรับปรุงขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษาหัวสเปรย์น้ำที่ใช้ฉีดล้างทำความสะอาดชิ้นงาน

ผลการศึกษาในส่วนก่อนหน้าพบว่า สาเหตุสำคัญอีกสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทชิ้นงานทดสอบ Solderability test ไม่ผ่าน เกิดจากชิ้นงานมีความสกปรกเนื่องจากหัวสเปรย์น้ำที่ใช้ฉีดล้างทำความสะอาดชิ้นงานในส่วนรอยต่อของถังสารเคมีแต่ละถังในกระบวนการ

เคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี เกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานได้ดำเนินการปรับปรุงขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษาหัวสเปรย์น้ำที่ใช้ฉีดล้างทำความสะอาดชิ้นงานในส่วนรอยต่อของถังสารเคมีแต่ละถังให้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานของพนักงานในสายการผลิต โดยกำหนดให้มีการตรวจสอบ ทำความสะอาดและปรับตำแหน่งหัวสเปรย์น้ำให้เหมาะสมเป็นประจำทุกสัปดาห์ และกำหนด Check list ดังตัวอย่างในภาพที่ 6.16 ให้พนักงานบันทึกผลการดำเนินการตรวจสอบและบำรุงรักษา

WEEKLY CHECK LIST FOR STRIP PLATING M/C (MECO M/C)

STRIP PLATING M/C No. _____ (UTL 1) WW : _____ CY: _____

ITEM NO	JOB DESCRIPTION	STATUS	REMARK
1	CHECK OR REPLACE INEFFECTIVE CLIPS		
2	CHECK OR REPLACE INEFFECTIVE SPROCKET WHEELS		
3	CHECK LOAD/UNLOAD SYSTEM,POLISH EVERY CORRODED PATRS		
4	CHECK ROTATING AND SLIDING PARTS		
5	CHECK PISTON RODS OF PNEUMATIC CYLINDER		
6	CHECK ALL GRIPPER PLATES FOR MOSTURE OR DAMAGE SECTION CUPS		
7	CHECK/ALIGNMENT AND SERVICE THE SPROCKET ROLLER		
8	CHECK BELT TENSION STRENGTH		
9	CHECK WORN OUT WATER PUMP FILTER CHECK PUMP CONDITION AND WORN OUT OF PART		
10	CHECK AND SERVICE PIPE LEAKAGE		
11	CHECK PROXIMITY SENSORS, REED SWITCHES AND OPTIC SENSORS		
12	CHECK OR REPLACE PNEUMATIC LEAKAGES		
13	LUBRICATE ALL CYLIDER RODS AND PISTONS		
14	CHECK CONVERSION KITS AND WORN OUT OF PARTS		
15	CHECK OR REPLACE DAMAGE AIR FILTERS (LOADING/UNLOADING)		
16	CHECK OR CHANGE HIGH PRESSURES OIL		
17	CHECKOR REPLACE MISSING PROUDUCT SENSOR CHECK OR REPLACE LEADFRAME DETECTION SENSOR		
18	CHECK OR REPLACE THE HANDLING PRODUCT SENSOR		
19	CHECK THROTTLE VALVE EXHAUST AS TO ALL OPEN.		
20	CHECK AND CLEAN ALL SPRAY RINSING NOZZLE		
21	CHECK THE POSITION OF ALL SPRAY RINSING NOZZLE TO CORRECT OR NOT CHECK OR RE- ADJUSTING THE SPRAY RINSING NOZZLE TO CORRECT POSITION (REFER TO POST MATERIAL ATTACH)		
22	CHECK OR CHANGE UPDATING TIME AND DATE, IT THAT SHOWN ON MONITOR		
23	CHECK ALL ANODE PLATES/ANODE BASKETS/ANODE BAGS/ ANODE BALLS		

ภาพที่ 6.16 Check list สำหรับตรวจสอบและบำรุงรักษาหัวสเปรย์น้ำรายสัปดาห์

ง) การปรับปรุงแก้ไขวิธีการตรวจสอบอุณหภูมิของเครื่อง Solder test และกำหนดความถี่ในการตรวจสอบและบำรุงรักษาสายวัดและควบคุมอุณหภูมิ

นอกจากสาเหตุสำคัญในการเกิดปัญหาการทดสอบ Solderability บนชิ้นงานไม่ผ่านเนื่องจากขั้นตอนการปฏิบัติงานไม่ได้มาตรฐานทำให้พนักงานปฏิบัติงานผิดพลาดและการกำหนดมาตรฐานในการตรวจสอบและบำรุงรักษาชิ้นส่วนเครื่องจักรไม่เหมาะสม ดังที่กล่าวถึงการ

ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงไปแล้วนั้น ยังมีสาเหตุที่ทำให้ผลการทดสอบ Solderability บนชิ้นงานผิดพลาดเนื่องจากปัญหาที่เครื่องทดสอบ Solderability test เอง ที่มีการรายงานค่าอุณหภูมิของโลหะหลอมเหลวหรือโซลเดอร์ที่ใช้ในการทดสอบผิดปกติไปจากค่าที่แท้จริง โดยจากผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการรายงานค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบของเครื่องผิดพลาดเนื่องจาก สายวัดอุณหภูมิในเครื่องเกิดการเสื่อมสภาพเพราะมีการใช้เกินอายุการใช้งาน ซึ่งเมื่อตรวจสอบมาตรฐานการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษาที่มีอยู่เดิมพบว่า สายวัดอุณหภูมิอยู่ภายในเครื่อง ซึ่งสามารถถอดออกตรวจสอบได้ยาก และวิธีการบำรุงรักษาในปัจจุบันมีการกำหนดการตรวจสอบสภาพสายวัดและควบคุมอุณหภูมิเพียงปีละ 1 ครั้ง ซึ่งไม่เหมาะสมต่อสภาพการใช้งานของเครื่อง

ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขความถี่ในการตรวจสอบและบำรุงรักษาสายวัดอุณหภูมิใหม่ให้เหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้นโดยเปลี่ยนจากการตรวจสอบและบำรุงรักษารายปีเป็นรายเดือน ดังภาพที่ 6.17 และเพิ่มมาตรการในการตรวจสอบอุณหภูมิของโซลเดอร์ที่ใช้ในการทดสอบ ด้วยการกำหนดจุดวัดอุณหภูมิในบ่อโซลเดอร์และกำหนดให้พนักงานใช้อุปกรณ์ Digital thermometer วัดค่าอุณหภูมิจริงที่ใช้ทำการทดสอบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่แสดงด้านหน้าเครื่องก่อนเริ่มการทดสอบทุกต้นกะ เพื่อให้ทราบอุณหภูมิที่ใช้จริงในการทดสอบและสามารถทราบปัญหาได้ก่อนการทดสอบหากสายวัดและควบคุมอุณหภูมิของเครื่องเกิดการชำรุดหรือสึกหรอและอ่านค่าอุณหภูมิผิดพลาด โดยมีการจัดทำเป็นมาตรฐานขั้นตอนการปฏิบัติงานสำหรับพนักงานและมีรูปตัวอย่างสำหรับควบคุมการทำงานด้วยสายตา (Visual control) เพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้นดังแสดงในภาพที่ 6.18

หัวข้อเรื่อง : การตรวจสอบสภาพของ Thermo Couple Wire ที่ใช้ตรวจวัดอุณหภูมิของโซลเดอร์ | นายทะเบียน Date | AM Aditor

เครื่องจักร ID_MC 202TL Model 202TL MC_Type Solderability Tester | รหัสเรื่อง : S U G - 6 0 8 | Accept Date :

ประเภท	ผู้นำเสนอ	หัวหน้างาน	ที่ปรึกษากลุ่ม	ผู้จัดการแผนก
P เพิ่มผลผลิต Productivity; C ลดต้นทุนการผลิต Cost; E สิ่งแวดล้อม Environment; M ขวัญ Morale; Q ลดของเสีย Quality; D ลด Cycle Time Delivery; S ความปลอดภัย Safety; X Downtime	☐ เป็นเรื่องใหม่ ☐ ปรับปรุงเรื่องเดิม (แนบเรื่องเดิมที่แก้ไขด้วย) Team No. A M Q 1 9 9 Name : Wilunda R. E/N 203883 Date : 10/13/10	Name : Thanaphark I. E/N : 209096 Date : 10/13/10	Name : Wilunda R. E/N : 203883 Date : 10/13/10	Name : Supachai P. E/N : 131407 Date : 10/13/10

ปัญหา หรือสภาพก่อนการปรับปรุง Refer ปัญหาจาก AMKW052

การกำหนดการตรวจสอบสภาพของ Thermo Couple Wire กำหนดให้ทำทุกปี ซึ่งช่วงเวลานานเกินไปอาจเกิดการชำรุดระหว่างการใช้งานได้

ข้อเสนอแนะการปรับปรุง

UTAC Thai Limited. CONFIDENTIAL THIS DOCUMENT IS UNCONTROLLED UNLESS IT IS VIEWED ON-LINE OR STAMPED CONTROLLED WITH RED INK

MS-SOL-002 REVISION E PAGE 11 OF 12

ATTACHMENT 2

REF. : MS-SOL-002
SERIAL : 03

PREVENTIVE MAINTENANCE WORK ORDER

MACHINE NO.	PROPERTY NO.	DATE ISSUED

SECTION/DEPARTMENT	DUE DATE	NEXT DUE DATE	DATE COMPLETED
EOL/ PLASTIC			

FREQ. CODE	
2Y	TWO YEAR
1	ANNUAL
2	SEMI-ANNUAL
4	QUARTERLY
6	BI-MONTHLY
12	MONTHLY

ITEM	FREQ. CODE	PREVENTIVE MAINTENANCE OPERATION	STATUS
1	12	CHANGE NEW SOLDER IN POT CHAMBER.	
2	12	CLEAN THE HORIZONTAL SLIDES/LEAD SCREWS.	
3	12	LIMIT SWITCHES FUNCTION TEST.	
4	4	CLEAN/REMOVE FOR FLUX AND DROSS.	
5	4	CHECK SET SCREWS ON MOTOR AND LEAD PULLEYS.	
6	4	MEASURE TEMPERATURE SOLDER IN POT. CALIBRATE OFFSET VAULE IF TEMPERTURE MORE OVER THAN ± 3°C OF SV	
7	1	CHECK HEATER, REPLACE IF NECESSARY.	
8	12	CHECK TC WIRE, (K TYPE) REPLACE IF NECESSARY.	

ปรับมาตรฐานการตรวจสอบสภาพของ Thermo Couple Wire ในสเปคของการทำ Preventive Maintenance เครื่อง Solderability Test (MS-SOL-002) เพื่อให้มีการตรวจสอบทุกครั้งเมื่อมีการทำ PM หรือเปลี่ยนความถี่จากทุกปี เป็นทุกเดือน เพื่อให้สามารถตรวจจับปัญหาได้ดีขึ้นและป้องกันไม่ให้เกิดการชำรุดระหว่างใช้งาน

ตัวอย่างการเปลี่ยนความถี่บน PM Check list จากทุกปี (code 1) เป็นทุกเดือน (code 12)

ประโยชน์ หรือผลที่คาดว่าจะได้รับ สามารถตรวจจับปัญหาได้ดีขึ้นและป้องกันไม่ให้เกิดการชำรุดระหว่างใช้งาน

ผลการทดลองนำไปปฏิบัติ Thermo Couple Wire ยังอยู่ในสภาพดี ใช้งานได้ปกติ

งบประมาณการดำเนินการ N/A

หน่วยงานที่แนะนำให้นำไปปฏิบัติใช่ หน่วยงานที่ต้องใช้ TC wire

ภาพที่ 6.17 การกำหนดความถี่ใหม่ในการตรวจสอบและบำรุงรักษาสายวัดและควบคุมอุณหภูมิ

หัวข้อเรื่อง : วิธีการวัดอุณหภูมิของโซลเดอร์			นายทะเบียน Date	AM Aditor
เครื่องจักรที่ทำการปรับปรุง : Model 202TL MC_Type Solderability Tester			รหัสเรื่อง : OPL-587	Accept Date :
ID_MC : 202TL	ผู้นำเสนอ		หัวหน้างาน	ที่ปรึกษากลุ่ม / ผู้จัดการแผนก
ประเภท [X] [1] ความรู้พื้นฐาน [ ] [3] ตัวอย่างปัญหา / ความยุ่งยาก [ ] [2] การแก้ไขปรับปรุง [ ] [4] ความปลอดภัยและสภาพแวดล้อม	[X] เป็นเรื่องใหม่ [ ] ปรับปรุงเรื่องเดิม (แนบเรื่องเดิมที่แก้ไขด้วย)	Team No. AMQ-199 Name : Wilunda R. E/N 203863 Date : 10/13/10	Name : Thanaphark I. E/N : 209096 Date : 10/13/10	Name : Wilunda R. / Name : Supachai P. E/N : 203863 / E/N : 131407 Date : 10/13/10 / Date : 10/13/10

อุปกรณ์สำหรับใช้วัดอุณหภูมิโซลเดอร์

Refer ปัญหาจาก AMKW052

ก่อนใช้ต้องมีการตรวจสอบสติ๊กเกอร์แคลิเบรชั่น ว่าอุปกรณ์ทั้ง 2 ชิ้นยังอยู่ในช่วงเวลาที่สามารถใช้งานได้ ไม่ over due

ก้านวัดอุณหภูมิ

ดิจิตอล เทอร์โมมิเตอร์

วิธีการวัดอุณหภูมิโซลเดอร์

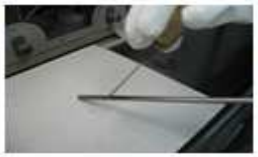
1. ต่อสายก้านวัดอุณหภูมิเข้ากับดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์ ขยับให้แน่นพอดี

2. เปิดเครื่องดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์ โดยกดปุ่มด้านหน้าเครื่อง

3. จุ่มก้านวัดลงตรงกลางของบ่อโซลเดอร์ โดยให้ความยาวของก้านตั้งฉากกับผิวโซลเดอร์

4. ระดับความลึกของก้านวัดให้จุ่มจมลงไปประมาณ 1 ใน 4 ของความยาวก้าน โดยไม่ให้ปลายก้านชนกับก้นบ่อโซลเดอร์ด้านล่าง

5. ถือก้านวัดค้างไว้อยู่นิ่งและรอให้ตัวเลขบนหน้าจอดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์หยุดนิ่งแล้วอ่านค่าที่วัดได้



6. หลังใช้งาน ปิดเครื่องดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์และถอดก้านวัดออก หากมีคราบโซลเดอร์ติดมาให้ใช้ เหล็กขูดฉาบขูดออกบนกระดาษลินซ์ฟรี

7. เก็บดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์และก้านวัดเข้าในกล่องเก็บให้เรียบร้อย

การถ่ายทอดความรู้ให้บุคคลที่เกี่ยวข้องจะต้องแนบ Attendance training

ภาพที่ 6.18 วิธีการวัดอุณหภูมิของเครื่อง Solder Test ด้วย Digital thermometer

6.2 ผลการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) จนเสร็จสิ้นขั้นตอนการประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (RPN) และการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุการเกิดข้อบกพร่อง นำไปสู่การดำเนินการแก้ปรับปรุงที่เหมาะสมดังที่กล่าวมาแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายในการทำ FMEA ได้แก่ การเฝ้าติดตามและประเมินผลการปรับปรุงแก้ไขที่ได้กำหนดไว้ โดยการประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (RPN) หลังจากดำเนินการแก้ไข โดยการดำเนินการแก้ไขที่กำจัดหรือควบคุมสาเหตุในการเกิดข้อบกพร่อง เช่นการปรับปรุงมาตรฐานการทำงาน หรือการปรับปรุงวิธีการในการควบคุมปัจจัยต่างในกระบวนการ จะสามารถลดโอกาสหรือความถี่ในการเกิดข้อบกพร่องหรือลดค่าคะแนนความถี่ในการเกิดข้อบกพร่องลงได้ สำหรับการประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (RPN) หลังการดำเนินการปรับปรุง ในขณะเดียวกันการดำเนินการแก้ไขที่ปรับปรุงมาตรฐานในการตรวจจับความผิดปกติของระบบ หรือการปรับปรุงพัฒนาเครื่องจักรให้ตรวจจับปัญหาได้ก่อนการเกิดข้อบกพร่องบนชิ้นงาน จะช่วยลดค่าคะแนนการตรวจจับลงได้ สำหรับการประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (RPN) หลังการดำเนินการปรับปรุง ซึ่งผลการประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (RPN) หลังการดำเนินการปรับปรุง สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

6.2.1 การประเมินคะแนน RPN สำหรับการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) หลังการดำเนินการปรับปรุง

ก) การประเมินค่าความรุนแรงหลังการปรับปรุง

เนื่องจากการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงดังที่ได้กล่าวไปแล้วก่อนหน้า ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการดำเนินการผลิตหรือเพิ่มกระบวนการผลิตใหม่ ดังนั้น คะแนนค่าความรุนแรงสำหรับปัญหาข้อบกพร่องหลักที่เกิดจากกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมียังคงมีค่าเท่าเดิมจากที่ได้กล่าวไปแล้วในการศึกษาในบทที่ 4 ได้แก่ การเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกินกำหนดค่าความรุนแรงเท่ากับ 5 คะแนน การเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด กำหนดค่าความรุนแรงเท่ากับ 5 คะแนน และการทดสอบ Solderability บนชิ้นงานไม่ผ่าน กำหนดค่าความรุนแรงเท่ากับ 8 คะแนน ตามลำดับ

ข) การประเมินค่าความถี่ของแต่ละสาเหตุหลังการปรับปรุง

จากการเฝ้าติดตามผลการดำเนินการหลังการปรับปรุง โดยการเก็บข้อมูลชิ้นงานที่ผ่านการตรวจสอบและข้อมูลการเกิดข้อบกพร่อง โดยพิจารณาข้อมูลหลังการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงแล้วเสร็จสมบูรณ์ เริ่มต้นที่เดือนมกราคม พ.ศ. 2554 - เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2554 พบว่ามีจำนวนล็อตที่ผ่านการตรวจสอบทางกายภาพด้วยสายตาให้กล้องกำลังขยายต่ำทั้งสิ้น 24,328 ล็อต ซึ่งจะมีชิ้นงานหรือวงจรไฟฟ้ารวมที่ถูกตรวจสอบประมาณ 450 ตัวต่อล็อต คิดเป็นชิ้นงานที่ถูกตรวจจำนวนทั้งสิ้น 10,947,600 ตัว ชิ้นงานที่ผ่านการสุ่มวัดค่าความหนาชั้นดีบุก 9 ตัวต่อล็อต คิดเป็นชิ้นงานที่ถูกตรวจวัดจำนวนทั้งสิ้น 218,952 ตัว และ มีชิ้นงานที่ผ่านการสุ่มทดสอบ Solderability 11 ตัวต่อล็อต คิดเป็นชิ้นงานที่ถูกทดสอบ จำนวนทั้งสิ้น 267,608 ตัว จากนั้นนำจำนวนของชิ้นงานที่ตรวจพบปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดจากแต่สาเหตุมาคำนวณเทียบชิ้นงานที่ตรวจทั้งหมดล้านส่วนเป็นค่า DPM และนำไปประเมินคะแนนค่าความถี่หลังการปรับปรุงได้ ดังตารางที่ 6.8-6.10

ตารางที่ 6.8 ค่าความถี่ในการเกิดของสาเหตุในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกิน หลังการปรับปรุง

สาเหตุของปัญหาเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกิน	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	DPM	คะแนนความถี่ในการเกิดปัญหา
สารปนเปื้อนที่เป็นโลหะ (Cu, Fe) จากลีดเฟรม	0	0.00	1
สารปนเปื้อนที่เป็นคราบกาวจากลีดเฟรม	1592	145.42	4
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากปัจจัยด้านความเข้มข้น Belt stripper ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน	0	0.00	1
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากการกำหนดอายุการใช้งานของ Belt stripper ไม่เหมาะสม	0	0.00	1
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากดัมมี่ลีดเฟรม			
วิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม			
เครื่องจักรออกแบบมาให้เริ่มต้นที่กระบวนการ Deflash เลย ไม่มีการล้างชิ้นงานก่อนเข้าถังสารเคมี			
มีเศษทองแดงที่แตกออกบนลีดเฟรมจากกระบวนการก่อนหน้า	218	19.91	3
มีเศษวัสดุที่นำไฟฟ้าเช่น อีพอกซี่ที่ใช้ดิดไดบางประเภท			
มีเศษโลหะบางประเภทติดมาบนชิ้นงานจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต			
ตัวจ่ายไฟมีความผิดปกติเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	0	0.00	1
เลือกใช้ตัวจ่ายไฟไม่เหมาะกับค่ากระแสที่ต้องการ			
ค่ากระแสไฟฟ้าที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน			
พนักงานเลือกใช้ค่ากระแสไฟฟ้าไม่ถูกต้อง			
มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องอ่านค่าผิดพลาดเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ			
เลือกใช้มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องไม่เหมาะสม			
ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เป็นแบบ Offline กรองเฉพาะสารเคมีในถังพักไม่ได้กรองขณะสูบขึ้น processing cell	0	0.00	1
การออกแบบข้อต่อ ระบบท่อต่างๆไม่ดีพอ มีจุดหักงอมากทำให้เกิดตะกอนได้ง่าย	0	0.00	1
แรงกระแทกจากปั๊มทำให้เกิดฟองอากาศในระบบเนื่องจาก กำหนดให้ใช้แรงดันของปั๊มมากเกินไป			
เกิดความผิดปกติ/ชำรุดในระบบปั๊ม เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ			
เกิดความผิดปกติ/ชำรุดในระบบปั๊ม เนื่องจากเลือกใช้ปั๊มไม่เหมาะกับแรงดันที่ต้องการ			
มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ			
มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากเลือกใช้มอเตอร์ไม่เหมาะสม			
ค่าความเร็วสายพานที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน			
พนักงานเลือกใช้ความเร็วสายพานไม่ถูกต้อง			
มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ			
มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากเลือกใช้มิเตอร์ไม่เหมาะสม			
ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนกั้นเกิดการชำรุด สึกหรอทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลง เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ			
ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนถูกออกแบบไว้ไม่เหมาะสม ทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลงได้ง่าย			
หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ			
หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากมีสิ่งสกปรก ตะกอนปนมากับน้ำ DI			
แรงดันน้ำที่กำหนดให้ใช้ไม่เหมาะสม			
หัวลมเป่าเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ			
หัวลมเป่าเกิดการอุดตัน เนื่องจากมีสิ่งสกปรกปนมากับอากาศ			
ความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสม			
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง			
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ไม่ถูกต้อง			
การกำหนดอายุการใช้งานของสารเคมีที่ใช้เวลาเป็นตัวกำหนดไม่เหมาะสม			
ช่างเคมีเทคนิคลืมเปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด			
ช่างเคมีเทคนิคไม่เปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด เนื่องจากการจัดตารางและขั้นตอนการทำงานไม่ชัดเจน ทำให้พนักงานสับสน			

ตารางที่ 6.9 ค่าความถี่ในการเกิดของสาเหตุในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนดหลังการปรับปรุง

สาเหตุของปัญหาค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	DPM	คะแนนความถี่ในการเกิดปัญหา
ตัวจ่ายไฟมีความผิดปกติเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ			
เลือกใช้ตัวจ่ายไฟไม่เหมาะกับค่ากระแสที่ต้องการ			
ค่ากระแสไฟฟ้าที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน	0	0.00	1
พนักงานเลือกใช้ค่ากระแสไฟฟ้าไม่ถูกต้อง			
มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องอ่านค่าผิดพลาดเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ			
เลือกใช้มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องไม่เหมาะสม			
มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ			
มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานมีความผิดปกติ เนื่องจากเลือกใช้มอเตอร์ไม่เหมาะสม			
ค่าความเร็วสายพานที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน	0	0.00	1
พนักงานเลือกใช้ความเร็วสายพานไม่ถูกต้อง			
มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ			
มิเตอร์วัดค่าความเร็วสายพานของเครื่องอ่านค่าผิดพลาด เนื่องจากเลือกใช้มิเตอร์ไม่เหมาะสม			
ลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมีผิดปกติ (ติดค้าง) เนื่องจาก วิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	0	0.00	1
การปรับตั้งระดับลูกลอยไม่เหมาะสมเนื่องจากพนักงานปรับค่าไม่ถูกต้อง			
ระดับลูกลอยที่กำหนดให้ใช้ไม่เหมาะสม			
พนักงานไม่ได้ตรวจสอบ/เติมดีบุกรูปครึ่งวงกลมตามกำหนด			
ดีบุกรูปครึ่งวงกลมมีความผิดปกติ (รูปร่าง/ปนเปื้อน) จากผู้ผลิต			
ความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสม			
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง			
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ไม่ถูกต้อง			
พนักงานใช้เครื่อง X-Ray ไม่ถูกต้องตามวิธีที่กำหนด			
วิธีการใช้เครื่อง X-Ray ที่กำหนดให้ไม่ถูกต้อง			
วิธีการตรวจสอบ บำรุงรักษา หรือสอบเทียบมาตรฐานเครื่อง X-Ray ไม่เหมาะสม			
พนักงานไม่ทำการสอบเทียบมาตรฐานเครื่อง X-Ray ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้			

ตารางที่ 6.10 ค่าความถี่ในการเกิดของสาเหตุในการทดสอบ Solderability ไม่ผ่านหลังการปรับปรุง

สาเหตุของปัญหาการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	DPM	คะแนนความถี่ในการเกิดปัญหา
ความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสม			
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง	0	0.00	1
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ไม่ถูกต้อง			
สารปนเปื้อนที่เป็นโลหะ (Cu, Fe) จากลีดเฟรม			
สารปนเปื้อนที่เป็นคราบกาวจากลีดเฟรม			
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากปัจจัยด้านความเข้มข้น Belt			
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากการกำหนดอายุการใช้งานของ Belt stripper ไม่เหมาะสม			
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากดัมมี่ลีดเฟรม			
วิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม	0	0.00	1
เครื่องจักรออกแบบมาให้เริ่มต้นที่กระบวนการ Deflash เลย ไม่มีการล้างชิ้นงานก่อนเข้าถังสารเคมี			
อุณหภูมิที่เครื่องสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากสายวัดและควบคุมอุณหภูมิชำรุด จากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	0	0.00	1
สายวัดและควบคุมอุณหภูมิชำรุดเนื่องจากการเลือกใช้สายวัดอุณหภูมิไม่เหมาะสม			
อุณหภูมิสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากพนักงานไม่รอให้อุณหภูมิได้ตามที่กำหนด			
สภาวะที่กำหนดให้ใช้ในการทดสอบไม่เหมาะสม			
สิ่งปนเปื้อนบนลีดเฟรมมากเกินกว่าที่กระบวนการล้างชิ้นงานในกระบวนการเคลือบจะล้างออกได้หมด			
สิ่งปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตส่วนหน้ามากเกินกว่าที่กระบวนการล้างชิ้นงานในกระบวนการเคลือบจะล้างออกได้หมด	0	0.00	1
ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนกันเกิดการชำรุด สึกหรอทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลง เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ			
ตัวกั้นสารเคมีหรือน้ำล้นข้ามส่วนถูกออกแบบไว้ไม่เหมาะสม ทำให้มีน้ำเข้าไปเจือจางให้ความเข้มข้นสารเคมีลดลงได้ง่าย			
หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	0	0.00	1
หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากมีสิ่งสกปรก ตะกอนปนมากับน้ำ DI			
แรงดันน้ำที่กำหนดให้ใช้ไม่เหมาะสม			
การกำหนดอายุการใช้งานของ solder ที่ใช้ในการทดสอบไม่เหมาะสม			
มีสิ่งปนเปื้อนใน solder มาจากบริษัทผู้ผลิต			
มีสิ่งปนเปื้อนใน solder มาจากงานทดลองอื่นๆ			
การกำหนดอายุการใช้งานของสารเคมีที่ใช้เวลาเป็นตัวกำหนดไม่เหมาะสม			
ช่างเคมีเทคนิคลืมเปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด			
ช่างเคมีเทคนิคไม่เปลี่ยนสารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด เนื่องจากการจัดตารางและขั้นตอนการทำงานไม่ชัดเจน ทำให้พนักงานสับสน			

ค) การประเมินค่าการตรวจจับ

การดำเนินการแก้ไขที่ปรับปรุงมาตรฐานในการตรวจจับความผิดปกติของระบบ หรือการปรับปรุงพัฒนาเครื่องจักรหรือวิธีการตรวจสอบให้ตรวจจับปัญหาได้ก่อนการเกิดข้อบกพร่องบนชิ้นงาน จะช่วยลดค่าคะแนนการตรวจจับหลังการดำเนินการแก้ไขลงได้ โดยสามารถประเมินค่าการตรวจจับสำหรับปัญหาข้อบกพร่องหลักที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี โดยพิจารณาความสามารถในการตรวจจับปัญหาที่เกิดในสายการผลิตหรือสาเหตุที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องบนชิ้นงาน (Detection of cause of failure mode) ดังแสดงในตารางที่ 6.11-6.13

ตารางที่ 6.11 ค่าการตรวจจับในการเกิดของสาเหตุในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกินหลังการปรับปรุง

สาเหตุการเกิดข้อบกพร่อง	มาตรฐานการตรวจจับก่อนการปรับปรุง	มาตรฐานการตรวจจับหลังการปรับปรุง	คะแนนค่าการตรวจจับหลังการปรับปรุง
สารปนเปื้อนที่เป็นโลหะ (Cu, Fe) จากลีดเฟรม	ไม่มีมาตรฐานในการตรวจสอบตรวจวัดค่าปนเปื้อนโลหะทองแดงและเหล็กในสารเคมี โดยสามารถตรวจพบสารปนเปื้อนได้โดยห้องปฏิบัติการทางเคมีภายนอกหากพบปัญหาการเกิดโลหะส่วนเกินบนชิ้นงานหลังกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี	การตรวจวัดค่าปนเปื้อนโลหะทองแดงและเหล็กในสารเคมี deflash และสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) โดยสารมารถตรวจจับความผิดปกติได้ที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี	5
สารปนเปื้อนที่เป็นคราบกาวจากลีดเฟรม	สามารถตรวจพบปัญหาคราบกาวบนชิ้นงานได้โดยการตรวจด้วยสายตาใต้กล้องกำลังขยายต่ำที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี	ไม่เปลี่ยนแปลง	7
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาดจากปัจจัยด้านความเข้มข้น Belt stripper ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน	สามารถตรวจพบว่าค่าความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ไม่เหมาะสมกับการใช้งานหลังเกิดข้อบกพร่องบนชิ้นงานไปแล้ว	ไม่เปลี่ยนแปลง	8
สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาดจากการกำหนดอายุการใช้งานของ Belt stripper ไม่เหมาะสม	ไม่สามารถตรวจสอบสภาวะและประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมีได้โดยง่าย ต้องส่งสารเคมีให้บริษัทผู้ผลิตทำการตรวจสอบหรือทำการทดลองเพิ่มเติม	ไม่เปลี่ยนแปลง	9
มีเศษทองแดงที่แตกออกบนลีดเฟรมจากกระบวนการก่อนหน้า	สามารถตรวจพบปัญหาเศษทองแดงบนชิ้นงานได้โดยการตรวจด้วยสายตาใต้กล้องกำลังขยายต่ำที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี	ไม่เปลี่ยนแปลง	7
ตัวจ่ายไฟมีความผิดปกติเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	สามารถตรวจจับได้จากมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่เครื่องจักร หากพบค่ากระแสไฟฟ้าผิดปกติเครื่องจะหยุดทำงาน	ไม่เปลี่ยนแปลง	3
ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เป็นแบบ Offline กรองเฉพาะสารเคมีในถังพัก ไม่ได้กรองขณะสูบขึ้น processing cell	ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานระบบการกรองได้โดยการตรวจสอบสภาพการเกิดตะกอนของสารเคมีเบื้องต้นเท่านั้น	ระบบการกรองแบบใหม่ (Inline filter) ออกแบบให้สามารถกรองตะกอนดีบุกได้อย่างมีประสิทธิสูงและสามารถป้องกันการเกิดตะกอนดีบุกมาติดบนชิ้นงานได้	2
การออกแบบข้อต่อ ระบบท่อต่างๆไม่ดีพอ มีจุดหักงอมากทำให้เกิดตะกอนได้ง่าย	ตรวจสอบความผิดปกติได้โดยการตรวจสอบสภาพการเกิดตะกอนของสารเคมีเบื้องต้นเท่านั้น	ไม่เปลี่ยนแปลง (การเดินระบบท่อแบบใหม่ ช่วยลดการเกิดตะกอนและไม่สามารถป้องกันการเกิดตะกอนได้)	8

ตารางที่ 6.12 ค่าการตรวจจับในการเกิดของสาเหตุในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนดหลังการปรับปรุง

สาเหตุการเกิดข้อบกพร่อง	มาตรฐานการตรวจจับก่อนการปรับปรุง	มาตรฐานการตรวจจับหลังการปรับปรุง	คะแนนค่าการตรวจจับหลังการปรับปรุง
ค่ากระแสไฟฟ้าที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน	สามารถตรวจสอบค่าที่ใช้จริงสำหรับเคลือบดีบุกบนชิ้นงานขณะที่ทำการผลิตชิ้นงานล็อตนั้นๆจากหน้าจอมอนิเตอร์ของเครื่องจักรเอง ระหว่างดำเนินการผลิต	ไม่เปลี่ยนแปลง	5
ค่าความเร็วสายพานที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน	สามารถตรวจสอบค่าที่ใช้จริงสำหรับเคลือบดีบุกบนชิ้นงานขณะที่ทำการผลิตชิ้นงานล็อตนั้นๆจากหน้าจอมอนิเตอร์ของเครื่องจักรเอง ระหว่างดำเนินการผลิต	ไม่เปลี่ยนแปลง	5
ลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมีผิดปกติ (ติดค้าง) เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	ไม่มีการกำหนดมาตรฐานในการตรวจสอบลูกลอย สามารถตรวจพบได้หลังเกิดปัญหาแล้ว	มีการตรวจสอบลูกลอยทุกต้นกะ ทำให้สามารถตรวจพบปัญหาได้ที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี	5

ตารางที่ 6.13 ค่าการตรวจจับในการเกิดของสาเหตุในการทดสอบ Solderability ไม่ผ่านหลังการปรับปรุง

สาเหตุการเกิดข้อบกพร่อง	มาตรฐานการตรวจจับก่อนการปรับปรุง	มาตรฐานการตรวจจับหลังการปรับปรุง	คะแนนค่าการตรวจจับหลังการปรับปรุง
ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง	สามารถตรวจสอบชื่อพนักงานที่วิเคราะห์ค่าความเข้มข้นสารเคมีนั้น การสอบถามข้อมูลจากพนักงานและค่าความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยดีบุกไปแล้วย้อนหลังได้เมื่อเกิดปัญหาบนชิ้นงานแล้ว	ไม่เปลี่ยนแปลง	7
วิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม	สามารถตรวจพบปัญหาความสกปรกบนลีดเฟรมหลังการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานได้โดยการตรวจด้วยสายตาได้กล้องกำลังขยายต่ำที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี	ไม่เปลี่ยนแปลง	7
อุณหภูมิที่เครื่องสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากสายวัดอุณหภูมิชำรุด จากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	มีการตรวจสอบสภาพสายวัดอุณหภูมิทุกปี	มีการตรวจสอบสภาพสายวัดอุณหภูมิทุกเดือน และมีการตรวจสอบค่าอุณหภูมิจริงโดยใช้ Digital thermometer วัดค่าเทียบกับค่าที่แสดงโดยเครื่องทดสอบเองทุกกะก่อนเริ่มทำการทดสอบ	3
สิ่งปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตส่วนหน้ามากเกินกว่าที่กระบวนการล้างชิ้นงานในกระบวนการเคลือบจะล้างออกได้หมด	สามารถตรวจพบปัญหาสิ่งบนเปื้อนบนลีดเฟรมจากกระบวนการผลิตส่วนหน้าได้โดยการตรวจด้วยสายตาได้กล้องกำลังขยายต่ำที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี	ไม่เปลี่ยนแปลง	7
หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตันเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ	ไม่มีการกำหนดมาตรฐานในการตรวจสอบหัวสเปรย์น้ำ สามารถตรวจพบได้หลังเกิดปัญหาแล้ว	มีการตรวจสอบหัวสเปรย์น้ำทุกสัปดาห์ทำให้สามารถตรวจพบปัญหาได้ที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี	5

จากการเฝ้าติดตามผลการดำเนินการ และประเมินค่าความรุนแรง ค่าความถี่ในการเกิดข้อบกพร่องและค่าการตรวจจับหลังการปรับปรุง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วสามารถประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (RPN) หลังการดำเนินการปรับปรุง ซึ่งมีค่าเท่ากับ ค่าความรุนแรง X ค่าความถี่ X ค่าการตรวจจับ หลังการปรับปรุง (S X O X D) สำหรับสาเหตุของปัญหาที่มีการดำเนินการแก้ไข ซึ่งมีค่าลดลงจากค่า RPN ก่อนการปรับปรุงอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากผลการดำเนินการแก้ไขปรับปรุง

ลดโอกาสในการเกิดหรือป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาข้อบกพร่องและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับปัญหา เป็นสาเหตุทำให้ค่าโอกาสในการเกิดและค่าการตรวจจับมีค่าลดลง โดยสามารถสรุปค่า RPN ก่อนและหลังการปรับปรุงสำหรับสาเหตุที่สำคัญของการเกิดข้อบกพร่องแต่ละประเภท ได้ดังต่อไปนี้

สรุปค่าคะแนน RPN ก่อนและหลังการปรับปรุงของสาเหตุสำคัญในการเกิดเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกิน

1. สารเคมีมีสารปนเปื้อนที่เป็นโลหะ (Cu, Fe) จากลีดเฟรม มีค่าคะแนน RPN หลังการปรับปรุง เท่ากับ 25 คะแนน ลดลงจากคะแนน RPN ก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 400 คะแนน
2. ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เป็นแบบ Offline filter กรองเฉพาะสารเคมีในถังพัก ไม่ได้กรองขณะสูบขึ้น processing cell มีค่าคะแนน RPN หลังการปรับปรุง เท่ากับ 10 คะแนน ลดลงจากคะแนน RPN ก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 240 คะแนน
3. การออกแบบข้อต่อ ระบบท่อต่างๆไม่ดีพอ มีจุดหักงอมากทำให้เกิดตะกอนได้ง่าย มีค่าคะแนน RPN หลังการปรับปรุง เท่ากับ 40 คะแนน ลดลงจากคะแนน RPN ก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 240 คะแนน
4. สารเคมีมีสารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากการกำหนดอายุการใช้งานของ Belt stripper ไม่เหมาะสม มีค่าคะแนน RPN หลังการปรับปรุง เท่ากับ 45 คะแนน ลดลงจากคะแนน RPN ก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 180 คะแนน
5. ชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่ผ่านเข้าสู่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีคราบกาวตกค้างบนพื้นผิวลีดเฟรม มีค่าคะแนน RPN หลังการปรับปรุง เท่ากับ 140 คะแนน ลดลงจากคะแนน RPN ก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 175 คะแนน
6. ชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่ผ่านเข้าสู่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีเศษทองแดงที่แตกออกบนพื้นผิวลีดเฟรมจากกระบวนการผลิตก่อนหน้า มีค่าคะแนน RPN หลังการปรับปรุง เท่ากับ 105 คะแนน ลดลงจากคะแนน RPN ก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 175 คะแนน
7. สารเคมีมีสารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากปัจจัยด้านความเข้มข้น Belt stripper ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน มีค่าคะแนน RPN หลังการปรับปรุง

เท่ากับ 40 คะแนน ลดลงจากคะแนน RPN ก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 160 คะแนน

8. ตัวจ่ายไฟที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีความผิดปกติเนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ มีค่าคะแนน RPN หลังการปรับปรุง เท่ากับ 15 คะแนน ลดลงจากคะแนน RPN ก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 105 คะแนน

สรุปค่าคะแนน RPN ก่อนและหลังการปรับปรุงของสาเหตุสำคัญในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด

1. ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน มีค่าคะแนน RPN หลังการปรับปรุง เท่ากับ 25 คะแนน ลดลงจากคะแนน RPN ก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 250 คะแนน
2. ค่าความเร็วสายพานที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน มีค่าคะแนน RPN หลังการปรับปรุง เท่ากับ 25 คะแนน ลดลงจากคะแนน RPN ก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 250 คะแนน
3. ลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมีผิดปกติ (ติดค้าง) เนื่องจาก วิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ มีค่าคะแนน RPN หลังการปรับปรุง เท่ากับ 25 คะแนน ลดลงจากคะแนน RPN ก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 240 คะแนน

สรุปค่าคะแนน RPN ก่อนและหลังการปรับปรุงของสาเหตุสำคัญในการทดสอบ Solderability ไม่ผ่าน

1. ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นสารเคมีผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง มีค่าคะแนน RPN หลังการปรับปรุง เท่ากับ 56 คะแนน ลดลงจากคะแนน RPN ก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 560 คะแนน
2. วิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม มีค่าคะแนน RPN หลังการปรับปรุง เท่ากับ 56 คะแนน ลดลงจากคะแนน RPN ก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 560 คะแนน
3. อุณหภูมิที่เครื่องสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากสายวัดและควบคุมอุณหภูมิชำรุด จากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ มีค่าคะแนน RPN

หลังการปรับปรุง เท่ากับ 24 คะแนน ลดลงจากคะแนน RPN ก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 512 คะแนน

4. ชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่ผ่านเข้าสู่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีสิ่งปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตส่วนหน้ามากเกินกว่าที่กระบวนการล้างชิ้นงานในกระบวนการเคลือบจะล้างออกได้หมด มีค่าคะแนน RPN หลังการปรับปรุง เท่ากับ 56 คะแนน ลดลงจากคะแนน RPN ก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 392 คะแนน
5. หัวสเปรย์น้ำเกิดการอุดตัน เนื่องจากวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ มีค่าคะแนน RPN หลังการปรับปรุง เท่ากับ 40 คะแนน ลดลงจากคะแนน RPN ก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 192 คะแนน

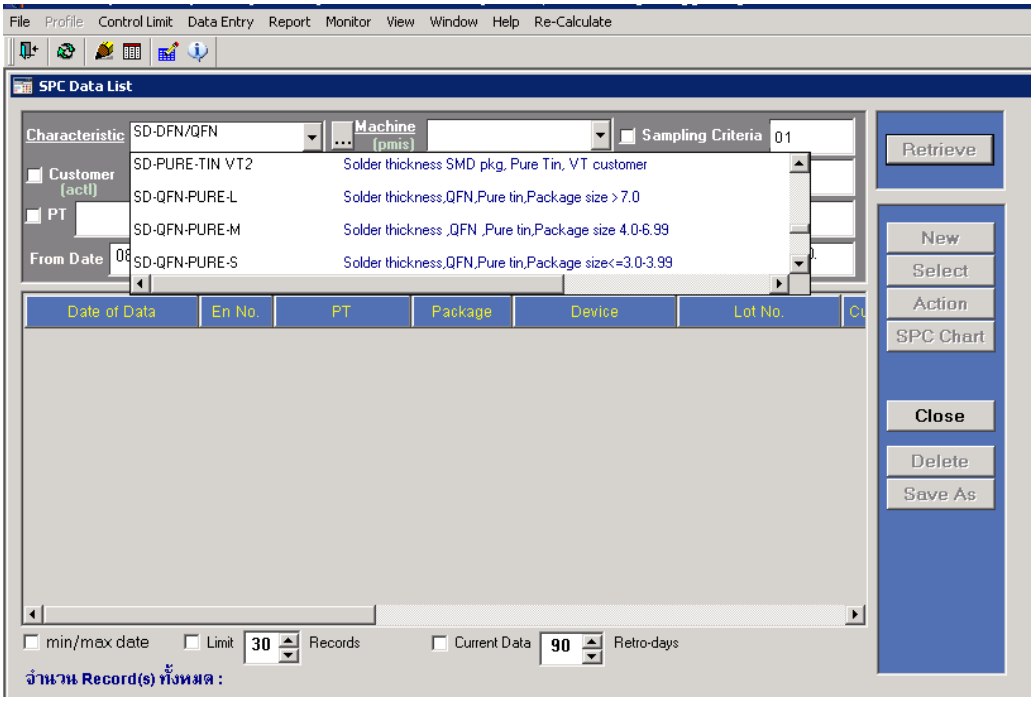
6.2.2 การควบคุมกระบวนการและปริมาณของเสียหลังการดำเนินการปรับปรุง

จากการดำเนินการศึกษาวิจัย โดยการวิเคราะห์กระบวนการและวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ทั้งในส่วนของการประยุกต์ใช้ผังก้างปลาและการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) พบว่า ในกระบวนการผลิตทางเคมีที่มีความแปรปรวนในกระบวนการสูงกว่ากระบวนการผลิตอื่น มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการการควบคุมดูแลที่เป็นมาตรฐานและมีประสิทธิภาพมากกว่ากระบวนการผลิตโดยทั่วไป ซึ่งปัญหาที่เกิดในกระบวนการผลิตทางเคมี นอกจากจะมีปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำงานของพนักงาน ปัญหาจากขั้นตอนการทำงานและการควบคุมกระบวนการที่ไม่เหมาะสม และปัญหาจากเครื่องจักรแล้ว ยังมีปัญหาที่เกิดจากวัตถุดิบทั้งในส่วนของชิ้นงานที่เข้าสู่กระบวนการผลิตเองและสารเคมีที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในกระบวนการผลิตด้วย ซึ่งจำเป็นต้องมีมาตรฐานการตรวจวัดและควบคุมคุณภาพของสารเคมีให้สามารถใช้ในการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพตามหน้าที่การทำงานตลอดอายุการใช้งาน

โดยหลังจากที่ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีแล้ว มาตรฐานของการควบคุมกระบวนการได้ถูกปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมควบคู่ไปกับการดำเนินการแก้ไขปัญหาด้วย เช่น การเพิ่มการควบคุมการทำงานด้วยสายตาเข้าไปในมาตรฐานขั้นตอนการปฏิบัติงานสำหรับพนักงาน เพื่อให้พนักงานสามารถแยกแยะสิ่งผิดปกติออกจากสิ่งปกติ หรือระบุสภาพที่ถูกต้องได้ โดยการตรวจจับด้วยสายตาและสามารถตัดสินใจได้ในเวลาสั้นๆ และแม่นยำขึ้น ในด้านการตรวจวัดและควบคุมสารเคมี ก็ได้มีการดำเนินการเพิ่มการตรวจสอบคุณภาพของสารเคมีที่ใช้ในการผลิต เช่น การวิเคราะห์สารปนเปื้อนในสารเคมี ซึ่งเป็น

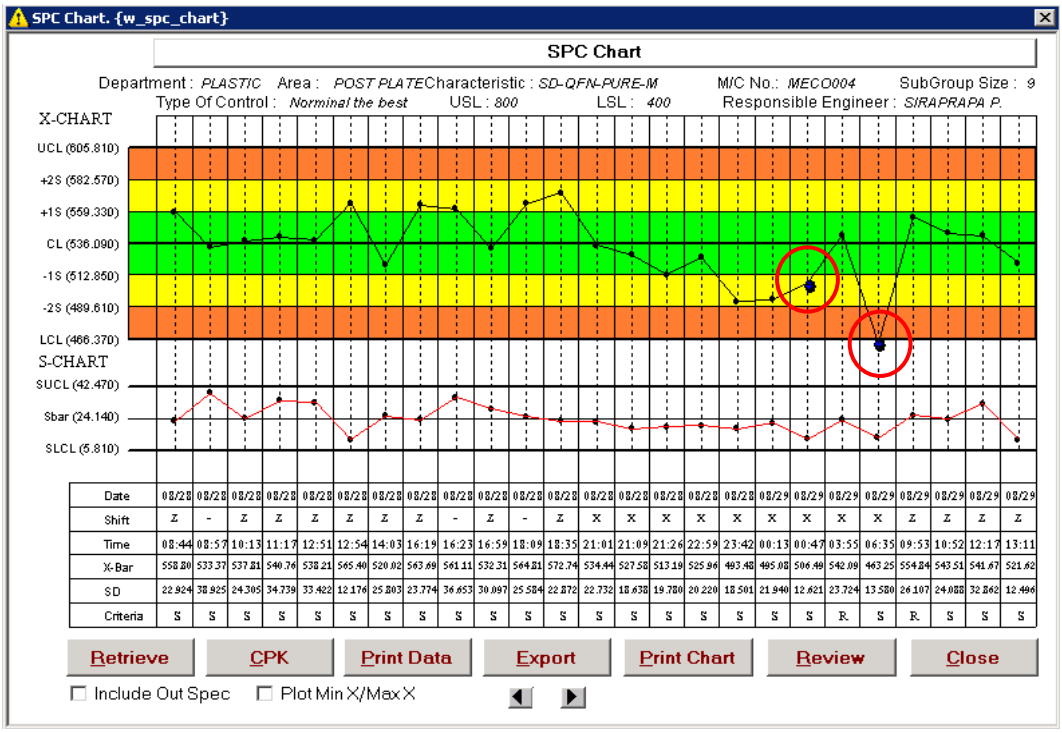
การตรวจสอบคุณภาพแบบครั้งคราวหรือ Spot check โดยมีการสุ่มวัดค่าสารปนเปื้อน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เข้ามาช่วยในการควบคุมสารเคมีให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพตลอดอายุการใช้งาน เป็นต้น

นอกจากนี้ ยังมีการดำเนินการปรับปรุงการควบคุมกระบวนการโดยอาศัยสถิติ หรือ Statistical Process Control (SPC) ที่ใช้ควบคุมค่าความหนาของชั้นดีบุกสำหรับกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีควบคู่ไปกับการดำเนินการศึกษาและกำหนดชุดพารามิเตอร์ใหม่ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายมากขึ้น ซึ่งเดิมมีการใช้ SPC เพื่อควบคุมค่าความหนาของชั้นดีบุกโดยแบ่งประเภทของ SPC chart ตามเครื่องจักรที่ใช้ในการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีและแบ่งแยกตามลูกค้า ซึ่งอาจเป็นการควบคุมกระบวนการโดยภาพรวมทำให้ไม่สามารถแยกแยะลักษณะของข้อมูลค่าความหนาของชั้นดีบุกสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแตกต่างกันได้ ซึ่งในปัจจุบันพบว่าผลิตภัณฑ์ประเภท QFN มีกำลังการผลิตมากขึ้นและมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์มากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยและทีมงานจึงได้ปรับปรุงให้มีการแบ่งประเภทของ SPC chart ตามขนาดของผลิตภัณฑ์เพิ่มเติมด้วย ดังตัวอย่างในภาพที่ 6.19 เพื่อให้สามารถติดตามแนวโน้มข้อมูล ตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการเพื่อดำเนินการแก้ไข และสามารถควบคุมค่าความหนาของชั้นดีบุกให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 6.19 การใช้ SPC ในการควบคุมค่าความหนาของชั้นดีบุกตามขนาดผลิตภัณฑ์

โดยตัวอย่างของ SPC chart ดังภาพที่ 6.20 แสดงให้เห็นข้อมูลของค่าความหนาของชั้นดีบุกที่เครื่อง Meco#4 หลังการดำเนินการปรับปรุง ซึ่ง SPC chart จะแสดงขอบเขตของความแปรปรวนของข้อมูลเป็นสีต่างๆ คือ สีเขียวแทนช่วง +/- 1 sigma สีเหลืองแทนช่วง +/- 2 sigma และสีแดงแทนช่วง +/- 3 sigma ตามลำดับ และมีการเตือนเป็นจุดที่มีขนาดใหญ่ พร้อมข้อความเตือนขณะที่พนักงานป้อนข้อมูลนั้นให้ดำเนินการแก้ไข เมื่อพบความผิดปกติของข้อมูลตามกฎที่ตั้งไว้ เช่น ข้อมูลที่ต่อเนื่องกันเป็นจุดที่ 7 อยู่เหนือหรือต่ำกว่าค่ากลาง หรือข้อมูลที่ออกนอกค่าควบคุม (Control limit) เป็นต้น

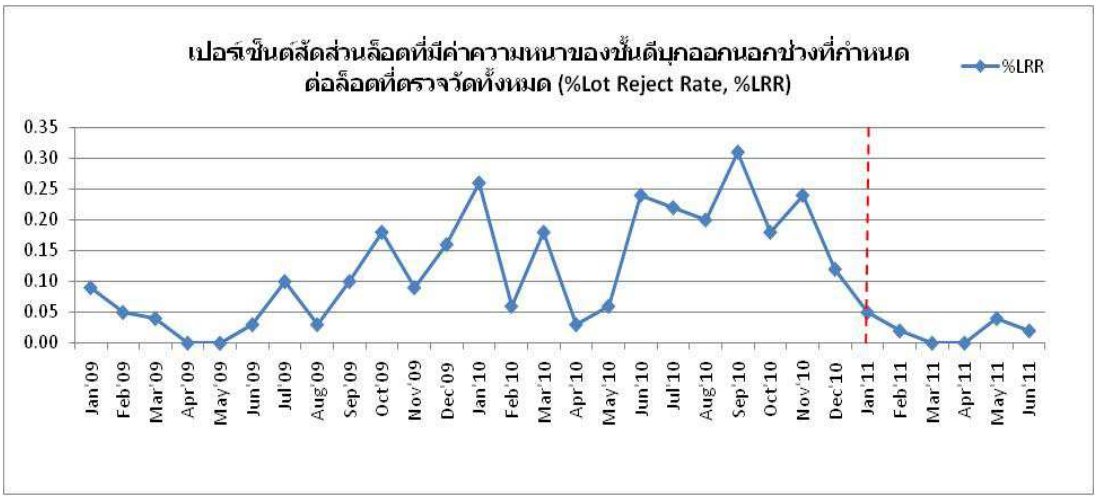


ภาพที่ 6.20 ตัวอย่าง SPC chart สำหรับกลุ่มผลิตภัณฑ์ขนาดกลาง
(ขนาดใหญ่กว่า 3x3 มม. แต่เล็กกว่า 7x7 มม.)

จากการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงทั้งหมดในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ใช้งบประมาณทั้งสิ้นประมาณ 75,000 บาท สำหรับการลงทุนในส่วนการติดตั้งระบบ Inline filter และปรับปรุงระบบท่อของส่วนที่มีการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีเท่านั้น โดยไม่มีการลงทุนเพิ่มในการดำเนินการแก้ไขส่วนอื่นๆ ซึ่งเมื่อพิจารณาผลการดำเนินการปรับปรุงจากปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี โดยใช้ข้อมูลหลังการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงแล้วเสร็จสมบูรณ์ เริ่มต้นที่

เดือนมกราคม พ.ศ. 2554 - เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2554 พบว่าหลังการดำเนินการปรับปรุง สัดส่วนร้อยละของปริมาณล็อตที่ตรวจพบของเสียเทียบกับล็อตที่ผ่านการตรวจสอบทั้งหมด (Lot Reject Rate, LRR) สำหรับของเสียประเภทเศษดีบุกส่วนเกินหรือเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนลดลงจากเดิม 46% เป็น 5%LRR จากข้อมูลปริมาณสัดส่วนล็อตที่ตรวจพบปัญหาสูงสุด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 จนถึงปัจจุบัน และสามารถควบคุมให้มีระดับของเสียนี้ได้ในระดับที่ต่ำกว่า 5%LRR ดังแสดงในภาพที่ 6.21 สำหรับของเสียประเภทชิ้นงานที่มีค่าความหนาไม่ได้ตามที่กำหนด มีปริมาณสัดส่วนร้อยละของปริมาณล็อตที่ตรวจพบของเสียเทียบกับล็อตที่ผ่านการตรวจสอบทั้งหมดลดลงจากเดิม 0.3% เป็น 0.05%LRR และสามารถควบคุมให้มีระดับของเสียนี้ได้ในระดับที่ต่ำกว่า 0.05%LRR ดังแสดงในภาพที่ 6.22 นอกจากนี้ หลังการดำเนินการปรับปรุง ไม่มีการตรวจพบของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test และไม่ได้รับการร้องเรียนจากลูกค้าสำหรับของเสียทั้ง 3 ประเภทข้างต้นนี้ ตั้งแต่ต้นปี พ.ศ. 2554 จนถึงปัจจุบัน

ภาพที่ 6.21 แนวโน้ม%LRR ของเสียที่มีเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือโลหะส่วนเกินก่อนและหลังการปรับปรุง



ภาพที่ 6.22 แนวโน้ม %LRR ของเสียที่มีค่าความหนาชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด ก่อนและหลังการปรับปรุง

นอกจากการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงจะช่วยลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีให้มีค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้แล้ว ยังทำให้การดำเนินการผลิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยจากข้อมูล CpK ที่คำนวณจากข้อมูลค่าความหนาของชั้นดีบุกในแต่ละเดือน ดังแสดงในตารางที่ 6.14-6.16 พบว่า ก่อนการดำเนินการปรับปรุงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2553 ค่า CpK โดยเฉลี่ยรวมของค่าความหนาของชั้นดีบุก สามารถได้ค่าตามเป้าหมายคือมีค่าสูงกว่า 1.67 แต่ก็ยังมีค่า CpK ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ย่อยบางกลุ่มที่มีค่าน้อยกว่าเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ ซึ่งเป็นผลมาจากความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในการผลิต แต่หลังการปรับปรุงแก้ไขสาเหตุสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด รวมทั้งการปรับปรุงมาตรฐานการควบคุมกระบวนการในด้านอื่นๆดังที่ได้กล่าวมาแล้ว พบว่าสามารถควบคุมให้ค่า CpK ของค่าความหนาของชั้นดีบุก ได้ตามเป้าหมายที่กำหนดอย่างต่อเนื่อง โดยมีค่า CpK โดยเฉลี่ยรวม มากกว่า 2.0 และค่า CpK ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ย่อยมีค่ามากกว่า 1.67

ตารางที่ 6.14 ค่า CpK ของค่าความหนาของชั้นดีบุกในปี พ.ศ. 2552

เดือน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
Avg. Cpk	2.45	2.65	2.25	1.78	1.77	1.89	1.82	1.94	1.96	1.97	2.09	2.12
Min. Cpk	1.86	1.79	1.71	1.69	1.72	1.67	1.68	1.61	1.60	1.58	1.78	1.77

ตารางที่ 6.15 ค่า CpK ของค่าความหนาของชั้นดีบุกในปี พ.ศ. 2553

เดือน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
Avg. Cpk	2.18	2.15	2.17	2.12	2.25	2.50	1.91	1.96	2.15	1.87	1.91	2.22
Min. Cpk	1.75	1.89	1.74	1.48	1.82	1.75	1.67	1.76	1.83	1.55	1.72	1.81

ตารางที่ 6.16 ค่า CpK ของค่าความหนาของชั้นดีบุกในปี พ.ศ. 2554

เดือน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน
Avg. Cpk	2.16	2.36	2.27	2.41	2.24	2.23
Min. Cpk	1.75	1.82	1.87	1.92	1.84	1.79

โดยผลของการปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน การเพิ่มการตรวจสอบและควบคุมสารเคมีและกระบวนการทำงานในสายการผลิต เช่น การตรวจวัดค่าสิ่งเจือปนในสารเคมี การปรับค่าความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ การควบคุมอายุการใช้งานของสารเคมีตามกำลังการผลิต การปรับปรุงเครื่องจักรหรือชุดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี และการปรับปรุงมาตรฐานการควบคุมกระบวนการ เช่นการปรับปรุงการใช้ SPC และ การควบคุมด้วยสายตา ดังที่ได้กล่าวมาแล้วส่งผลให้สามารถควบคุมปริมาณของเสียให้อยู่ในอัตราที่ยอมรับได้อย่างต่อเนื่อง และจากปริมาณของเสียที่ลดลง ทำให้เกิดการ rework ชิ้นงานที่มีปัญหาข้อบกพร่องทางคุณภาพลดลง และทำให้ต้นทุนทางอ้อมในด้านปริมาณสารเคมีที่ถูกใช้ไปมากขึ้นในขั้นตอนการเคลือบผิวซ้ำ ต้นทุนด้านแรงงานคนที่เสียไปในการทำงานซ้ำโดยไม่ได้ผลผลิตเพิ่ม รวมถึงค่าน้ำ ค่าไฟต่างๆที่ใช้ขณะทำการ rework นั้นลดลงตามลำดับ

บทที่ 7

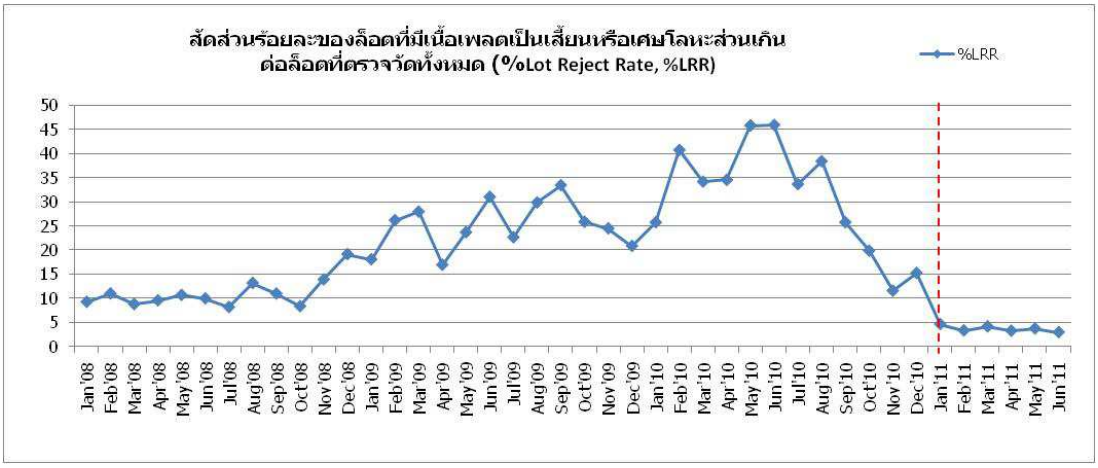
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการศึกษาวิจัยพบว่า กระบวนการวิเคราะห์ปัญหาที่มีประสิทธิภาพและการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงปัญหาการเกิดข้อบกพร่องในสายการผลิตของกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีตามแนวทางการแก้ไขปรับปรุงและแผนงานที่กำหนดไว้ รวมทั้งการดำเนินการปรับปรุงมาตรฐานการทำงานและการควบคุมกระบวนการ สามารถลดปริมาณการเกิดข้อบกพร่องหรือของเสียที่เกิดขึ้นให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้อย่างต่อเนื่อง โดยสามารถนำมาสรุปผลการวิจัย ระบุถึงปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน และข้อเสนอแนะสำหรับเป็นแนวทางในการดำเนินการศึกษาปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตอื่นๆต่อไป ได้ดังนี้

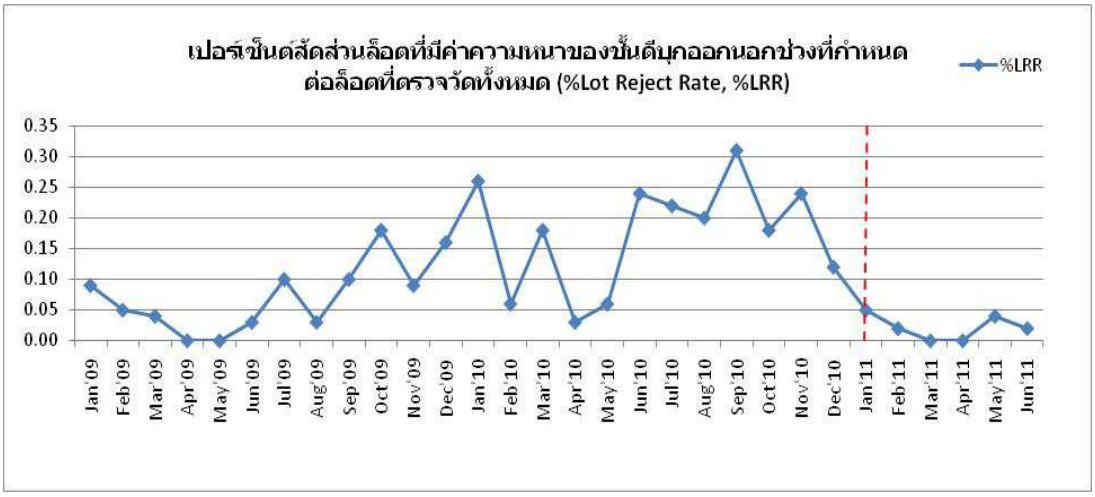
7.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสีย และปรับปรุงมาตรฐานในการควบคุมกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีของโรงงานผลิตวงจรไฟฟ้ารวมให้มีประสิทธิภาพ โดยได้ทำการศึกษากระบวนการและปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความแปรปรวนมากกว่าการผลิตในส่วนอื่น ซึ่งจากการศึกษาพบว่าของเสียหลักที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ได้แก่ ของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ชิ้นงานมีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด และของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test ตามลำดับ โดยจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยผังก้างปลาและการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ ทำให้ทราบถึงสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องทางคุณภาพ เช่น ปัญหาการกำหนดมาตรฐานการวิเคราะห์และควบคุมสารเคมีซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการดำเนินการผลิตได้ไม่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับกำลังการผลิตเพียงพอ การกำหนดค่าพารามิเตอร์สำคัญที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีไม่เหมาะสมต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายมากขึ้นในปัจจุบัน และปัญหาอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องจักร ชิ้นส่วนของเครื่องและวิธีการในการบำรุงรักษาชิ้นส่วนของเครื่องจักรไม่เหมาะสมกับการใช้งาน รวมไปถึงการปฏิบัติงานที่ผิดพลาดของพนักงาน เป็นต้น ดังนั้น ผู้วิจัยและทีมงานจึงได้กำหนดแนวทางและวางแผนงานในการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงซึ่งมีการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการโดยสรุปดังต่อไปนี้

การปรับปรุงระยะแรกในช่วง 2 เดือนแรกของการดำเนินการ (กันยายน พ.ศ.2554 - ตุลาคม พ.ศ. 2554) จะเป็นการดำเนินการตามแนวทางการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการหรือการปรับปรุงมาตรฐานการทำงานที่สามารถดำเนินการได้ทันที ได้แก่ การปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนการปฏิบัติงานให้เป็นมาตรฐานสำหรับพนักงานทั้งในส่วนของฝ่ายผลิต ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ และฝ่ายช่างเทคนิค รวมทั้งปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนการตรวจสอบบำรุงรักษาเครื่องจักร ให้เหมาะสมกับการใช้งานเครื่องจักร และเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานของพนักงาน โดยมีการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานให้มีความชัดเจนได้มาตรฐาน มีการใช้การควบคุมด้วยสายตา และมีการฝึกอบรมพนักงานเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติงานและลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องจากการทำงานที่ผิดพลาดลงได้ ซึ่งผลจากการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงในระยะ 2 เดือนแรกพบว่า สัดส่วนร้อยละของปริมาณล็อตที่ตรวจพบของเสียเทียบกับล็อตที่ผ่านการตรวจสอบทั้งหมดสำหรับของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน ในเดือนกันยายนและตุลาคม มีค่าลดลงดังภาพที่ 7.1 แต่ในขณะเดียวกันการดำเนินการปรับปรุงในระยะแรกนี้ ไม่สามารถลดปริมาณของเสียประเภทชิ้นงานที่มีค่าความหนาไม่ได้ตามที่กำหนดลงได้ ดังภาพที่ 7.2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในเดือนกันยายนและตุลาคม ยังคงมีปริมาณสัดส่วนร้อยละของปริมาณล็อตที่ตรวจพบของปัญหาชิ้นงานมีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนดในสัดส่วนที่สูงอยู่ ซึ่งเป็นผลมาจากการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงในระยะแรกนั้นไม่ได้เป็นการแก้ไขปัญหาที่ตรงสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องดังกล่าวนั่นเอง



ภาพที่ 7.1 แนวโน้ม%LRR ของเสียที่มีเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือโลหะส่วนเกิน ก่อนและหลังการปรับปรุง



ภาพที่ 7.2 แนวโน้ม %LRR ของเสียที่มีค่าความหนาชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด ก่อนและหลังการปรับปรุง

อย่างไรก็ตาม ได้มีการดำเนินการปรับปรุงตามแนวทางการแก้ไขและแผนงานที่ได้กำหนดไว้ส่วนที่เหลือทั้งหมดในระยะหลัง ซึ่งดำเนินการแล้วเสร็จครบถ้วนในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 ได้แก่ การดำเนินการเพิ่มการตรวจสอบและปรับปรุงมาตรฐานการควบคุมกระบวนการใหม่ในสายการผลิต เช่น กำหนดให้มีการตรวจวัดค่าสิ่งเจือปนในสารเคมี การปรับค่าความเข้มข้นสารเคมีที่ใช้ในการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน การควบคุมอายุการใช้งานของสารเคมีตามกำลังการผลิต รวมไปถึงการดำเนินการปรับปรุงเครื่องจักรหรือชุดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี เป็นต้น ซึ่งจากข้อมูลสัดส่วนร้อยละของปริมาณล็อตที่ตรวจพบของเสียเทียบกับล็อตที่ผ่านการตรวจสอบทั้งหมดในช่วงเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม พ.ศ. 2554 ดังภาพที่ 7.1 และ 7.2 แสดงให้เห็นว่าของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน และชิ้นงานมีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด มีแนวโน้มลดลง

โดยหลังจากการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามแผนงานที่กำหนดไว้ครบถ้วนทั้งหมด สามารถนำมาสรุปจัดทำเป็นมาตรฐานการทำงานใหม่เพื่อการควบคุมกระบวนการที่มีประสิทธิภาพ ดังแสดงเปรียบเทียบมาตรฐานในการควบคุมกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุงในตารางที่ 7.1 และทำการระบุดัชนีชี้วัดความเสี่ยง (Key Risk Indicator, KRI) ประเภทชี้นำความเสี่ยง (Leading KRI) เพิ่มเติม เพื่อใช้ในการเฝ้าติดตามกระบวนการและเตือนก่อนเกิดปัญหาข้อบกพร่องดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.1 มาตรฐานในการควบคุมกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุง

มาตรฐานในการควบคุมกระบวนการก่อนการปรับปรุง	มาตรฐานในการควบคุมกระบวนการหลังการปรับปรุง
การตรวจสอบวัดค่าความเข้มข้นของสารเคมี อย่างน้อย 1 ครั้งต่อกะ	การตรวจสอบวัดค่าความเข้มข้นของสารเคมี อย่างน้อย 1 ครั้งต่อกะ และมีการตรวจวัดสารปนเปื้อนในสารเคมี ได้แก่ การตรวจวัดค่าทองแดงและเหล็กในสารเคมี Deflash และสารเคมีที่ใช้ในการเคลือบ (Plating) และการวัดค่าทองแดงในสารเคมี Activation ด้วยความถี่ 2 ครั้งต่อสัปดาห์
การปรับค่าสารเคมีจะดำเนินการเมื่อตรวจพบค่าความเข้มข้นของสารเคมีออกนอกช่วงที่กำหนด	การปรับค่าสารเคมีจะดำเนินการเมื่อตรวจพบค่าความเข้มข้นของสารเคมีออกนอกช่วงที่กำหนด หรือตรวจพบค่าสารปนเปื้อนสูงเกินค่าควบคุมที่กำหนด
การควบคุมอายุการใช้งานสารเคมี จะใช้เวลาในการกำหนด เช่น สารเคมี Belt stripper และ Activation มีอายุการใช้งาน 1 สัปดาห์ สารเคมี Deflash มีอายุการใช้งาน 6 เดือนและสารเคมีใช้เคลือบ (Plating) มีอายุการใช้งาน 3 ปี เป็นต้น	การควบคุมอายุการใช้งานสารเคมี จะใช้เวลาในการกำหนดตามเดิม ควบคู่ไปกับการควบคุมอายุการใช้งานตามกำลังการผลิต สำหรับสารเคมี Deflash และ Belt stripper และเปลี่ยนวิธีการควบคุมอายุการใช้งานของสารเคมี Activation จากอายุการใช้งาน 1 สัปดาห์ เป็นการควบคุมด้วยปริมาณทองแดงในสารเคมีที่ค่าสูงสุด 8 g/l
การควบคุมค่าความเข้มข้นสารเคมี Belt stripper ที่ค่า 200-300 ml/l	การควบคุมค่าความเข้มข้นสารเคมี Belt stripper ที่ค่า 300-400 ml/l
ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) แบบ Offline filter คือทำการกรองตะกอนสารเคมีในส่วนถังพักสารเคมี	ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) แบบ Inline filter คือทำการกรองตะกอนสารเคมีในขณะที่สูบสารเคมีให้ไหลผ่านขึ้นส่วนที่ทำการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี (Processing cell)
การทำการศึกษาการทดลองและกำหนดค่าพารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีตามกลุ่มย่อยของผลิตภัณฑ์	การทำการศึกษาการทดลองและกำหนดค่าพารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีตามหมายเลขสต็อคของลีดเฟรมในแต่ละกลุ่มย่อยของผลิตภัณฑ์ ที่มีความแตกต่างกันของการออกแบบพื้นที่ที่ต้องการเคลือบด้วยดีบุก
การแบ่งประเภทของ SPC chart ตามเครื่องจักรที่ใช้ในการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีและแบ่งแยกตามลูกค้า	การแบ่งประเภทของ SPC chart ตามเครื่องจักรที่ใช้ในการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี แบ่งแยกตามลูกค้าและแบ่งแยกตามขนาดของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สามารถติดตามแนวโน้มข้อมูล ตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
กำนดให้มีตรวจสอบสภาพตัวจ่ายไฟที่ใช้ในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี และทำการซ่อมแซมเมื่อพบสิ่งผิดปกติ	กำนดให้มีรายละเอียดในการดำเนินการตรวจสอบและบำรุงรักษาตัวจ่ายไฟที่ชัดเจน ได้แก่การกำหนดให้ทำความสะอาดหน้าสัมผัสของตัวจ่ายไฟและหน้าสัมผัสทองแดงที่เป็นจุดผ่านของกระแสไฟฟ้าทุกตัว หรือเปลี่ยนใหม่ถ้าหากเกิดการชำรุดหรือเสื่อมสภาพเป็นประจำทุกสัปดาห์ และกำหนดให้มีการทำการตรวจเช็คและทำความสะอาดจุดต่อของสายไฟที่ต่อภายในของตู้ตัวจ่ายไฟ และทำการเปลี่ยนจุดต่อที่เกิดสนิมหรือเสียรูป ทำการเปลี่ยนหัวน๊อตหรือเกลียวตัวใหม่ และหมุนให้แน่นเพื่อความมั่นคงถาวรเป็นประจำทุกเดือน
ไม่มีมาตรฐานในการตรวจสอบและบำรุงรักษาลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมี	กำหนดให้มีการตรวจสอบลูกลอยวัดระดับสารเคมี ประจำกะดำเนินการทุกต้นกะก่อนเริ่มต้นการผลิต และกำหนดให้มีการทำความสะอาดเป็นประจำทุกเดือน
ไม่มีมาตรฐานในการตรวจสอบและบำรุงรักษาหัวสเปรย์น้ำที่ใช้ฉีดล้างทำความสะอาดชิ้นงานในส่วนรอยต่อของถังสารเคมีแต่ละถัง	กำหนดให้มีการตรวจสอบ ทำความสะอาดและปรับตำแหน่งหัวสเปรย์น้ำให้เหมาะสมเป็นประจำทุกสัปดาห์
การกำหนดให้มีการตรวจสอบสภาพสายวัดและควบคุมอุณหภูมิของเครื่องทดสอบ Solderability และเปลี่ยนเมื่อชำรุดเป็นประจำทุกปี	การกำหนดให้มีการตรวจสอบสภาพสายวัดและควบคุมอุณหภูมิของเครื่องทดสอบ Solderability และเปลี่ยนเมื่อชำรุดเป็นประจำทุกเดือน และกำหนดให้พนักงานใช้อุปกรณ์ Digital thermometer วัดค่าอุณหภูมิจริงที่ใช้ทำการทดสอบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่แสดงด้านหน้าเครื่องก่อนเริ่มการทดสอบทุกต้นกะ
การกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานและตรวจสอบชิ้นงานโดยการระบุขั้นตอนการทำงานและตรวจสอบเป็นข้อๆ	การกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานและตรวจสอบชิ้นงานโดยการระบุขั้นตอนการทำงานและตรวจสอบเป็นข้อๆ และเพิ่มการควบคุมการทำงานด้วยด้วยสายตา (Visual control) เพื่อให้พนักงานสามารถแยกแยะสิ่งผิดปกติได้ง่ายรวดเร็ว ปฏิบัติงานได้ถูกต้องตามขั้นตอนและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 7.2 ดัชนีชี้วัดความเสี่ยงหลังการปรับปรุง

ดัชนีชี้วัดความเสี่ยงหลังการปรับปรุง	ความเสี่ยงในการเกิดข้อบกพร่อง	มาตรฐานการควบคุม
กำหนดให้ควบคุมสารปนเปื้อนประเภททองแดงในสารเคมี Deflash ได้สูงสุด 7 PPM	เมื่อมีชิ้นงานหรือลีดเฟรมผ่านเข้าสู่ถังสารเคมีที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จะเกิดการเหนี่ยวนำโลหะทองแดงที่ละลายอยู่ในสารเคมีกลับเข้าไปเกาะบนพื้นผิวของชิ้นงาน และการเคลือบดีบุกลงบนโลหะส่วนเกินเหล่านี้จะทำให้ชิ้นงานมีเศษดีบุกยื่นออกมาเกินตำแหน่งที่ต้องการเกิดเป็นข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน	กำหนดให้มีการเจือจางสารเคมี Deflash เพื่อลดปริมาณสารปนเปื้อนลงและปรับค่าความเข้มข้นสารเคมีใหม่ให้ได้ความเข้มข้นอยู่ในช่วงที่ควบคุมและมีปริมาณสารปนเปื้อนน้อยลงในระดับที่ยอมรับได้
กำหนดให้ควบคุมสารปนเปื้อนประเภทเหล็กในสารเคมี Deflash ได้สูงสุด 17 PPM	เมื่อมีชิ้นงานหรือลีดเฟรมผ่านเข้าสู่ถังสารเคมีที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จะเกิดการเหนี่ยวนำโลหะเหล็กที่ละลายอยู่ในสารเคมีกลับเข้าไปเกาะบนพื้นผิวของชิ้นงาน และการเคลือบดีบุกลงบนโลหะส่วนเกินเหล่านี้จะทำให้ชิ้นงานมีเศษดีบุกยื่นออกมาเกินตำแหน่งที่ต้องการเกิดเป็นข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน	กำหนดให้มีการเจือจางสารเคมี Deflash เพื่อลดปริมาณสารปนเปื้อนลงและปรับค่าความเข้มข้นสารเคมีใหม่ให้ได้ความเข้มข้นอยู่ในช่วงที่ควบคุมและมีปริมาณสารปนเปื้อนน้อยลงในระดับที่ยอมรับได้
กำหนดให้ควบคุมสารปนเปื้อนประเภททองแดงในสารเคมี Plating ได้สูงสุด 45 PPM	เมื่อมีชิ้นงานหรือลีดเฟรมผ่านเข้าสู่ถังสารเคมีที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จะเกิดการเหนี่ยวนำโลหะทองแดงที่ละลายอยู่ในสารเคมีกลับเข้าไปเกาะบนพื้นผิวของชิ้นงาน และการเคลือบดีบุกลงบนโลหะส่วนเกินเหล่านี้จะทำให้ชิ้นงานมีเศษดีบุกยื่นออกมาเกินตำแหน่งที่ต้องการเกิดเป็นข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน	กำหนดให้มีการเจือจางสารเคมี Plating เพื่อลดปริมาณสารปนเปื้อนลงและปรับค่าความเข้มข้นสารเคมีใหม่ให้ได้ความเข้มข้นอยู่ในช่วงที่ควบคุมและมีปริมาณสารปนเปื้อนน้อยลงในระดับที่ยอมรับได้
กำหนดให้ควบคุมสารปนเปื้อนประเภทเหล็กในสารเคมี Plating ได้สูงสุด 85 PPM	เมื่อมีชิ้นงานหรือลีดเฟรมผ่านเข้าสู่ถังสารเคมีที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จะเกิดการเหนี่ยวนำโลหะเหล็กที่ละลายอยู่ในสารเคมีกลับเข้าไปเกาะบนพื้นผิวของชิ้นงาน และการเคลือบดีบุกลงบนโลหะส่วนเกินเหล่านี้จะทำให้ชิ้นงานมีเศษดีบุกยื่นออกมาเกินตำแหน่งที่ต้องการเกิดเป็นข้อบกพร่องประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกิน	กำหนดให้มีการเจือจางสารเคมี Plating เพื่อลดปริมาณสารปนเปื้อนลงและปรับค่าความเข้มข้นสารเคมีใหม่ให้ได้ความเข้มข้นอยู่ในช่วงที่ควบคุมและมีปริมาณสารปนเปื้อนน้อยลงในระดับที่ยอมรับได้
กำหนดอายุการใช้งานของสารเคมี Activation จากปริมาณสารปนเปื้อนทองแดงที่ปริมาณสูงสุด 8 g/l	สารเคมี Activation เกิดการเสื่อมสภาพ ประสิทธิภาพในการกัดสนิมทองแดงออกจากชิ้นงานลดลงและทำให้ชิ้นงานที่เข้าสู่กระบวนการมีความสะอาดไม่เพียงพอ ก่อให้เกิดข้อบกพร่องประเภทอื่นได้เช่น ของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกินจากปัญหาเศษทองแดงที่แตกจากกระบวนการผลิตก่อนหน้าบนชิ้นงาน	กำหนดให้ทำการเปลี่ยนสารเคมี Activation ใหม่เมื่อตรวจพบปริมาณสารปนเปื้อนทองแดงสูงเกิน 8 g/l
กำหนดให้มีการปรับสารเคมี Deflash ทุกๆ กำลังการผลิตที่ 50,000 แผ่น	สารเคมี Deflash เกิดการเสื่อมสภาพ ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดชิ้นงานลดลงและทำให้ชิ้นงานที่เข้าสู่กระบวนการมีความสะอาดไม่เพียงพอ ก่อให้เกิดข้อบกพร่องประเภทอื่นได้เช่น ของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกินจากปัญหาคราบกาวที่หลงเหลือบนชิ้นงาน	กำหนดให้มีการเจือจางสารเคมี deflash ลงครึ่งหนึ่งและปรับค่าความเข้มข้นใหม่ให้ได้ตามที่กำหนดเพื่อลดปริมาณสิ่งปนเปื้อน ทุกๆกำลังการผลิตที่ 50,000 แผ่น
กำหนดอายุการใช้งานของสารเคมี Belt stripper ตามกำลังการผลิตที่ค่าสูงสุด 25,000 แผ่น	สารเคมี Belt stripper เกิดการเสื่อมสภาพ ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดสายพานลดลงและทำให้มีเศษดีบุกตกค้างเข้าไปปนเปื้อนในสารเคมีอื่นๆได้เมื่อสายพานวนกลับเข้าสู่กระบวนการเริ่มต้นใหม่ ซึ่งเศษดีบุกปนเปื้อนเหล่านี้จะกลับเข้ามาติดบนพื้นผิวชิ้นงานและกลายเป็นเศษดีบุกส่วนเกินได้	กำหนดให้ทำการเปลี่ยนสารเคมี Belt stripper ใหม่ที่กำลังการผลิตสูงสุด 25,000 แผ่น หรือเปลี่ยนใหม่ทั้งถังเมื่อครบ 1 สัปดาห์ตามอายุการใช้งานเดิม

ซึ่งผลจากการปรับปรุงมาตรฐานในการควบคุมกระบวนการให้มีประสิทธิภาพดังกล่าว สามารถทำให้ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นมีค่าลดลงอยู่ในอัตราที่ยอมรับได้อย่างต่อเนื่อง ดังภาพที่ 7.1 และ 7.2 ที่แสดงปริมาณของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษโลหะส่วนเกินตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2554 จนถึงปัจจุบัน มีค่าต่ำกว่า 5%LRR และของเสียประเภทชิ้นงานมีค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนด มีปริมาณสัดส่วนล็อตที่พบปัญหาต่ำกว่า 0.05%LRR นอกจากนี้ยังไม่มีการตรวจพบของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test ตามลำดับ

นอกจากนี้ ปริมาณของเสียที่ลดลงยังส่งผลให้เกิดประโยชน์ในการลดเวลาสูญเปล่าที่เกิดจากการตรวจสอบชิ้นงานซ้ำ การคัดแยกชิ้นงานที่มีปัญหาทางด้านคุณภาพ การแก้ไขชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพตามที่กำหนด ลดเวลาหยุดของเครื่องจักร และจำนวนล็อตที่ไม่สามารถผลิตและส่งให้ลูกค้าได้ทันตามระยะเวลาที่กำหนดลดลง อีกทั้งยังช่วยยกระดับความเชื่อมั่นทางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่อลูกค้าภายนอก ซึ่งภายหลังการปรับปรุง ทางโรงงานไม่ได้รับข้อร้องเรียนด้านคุณภาพเกี่ยวกับของเสียประเภทเศษดีบุกส่วนเกิน ค่าความหนาชั้นดีบุกไม่ได้ตามที่กำหนดหรือชิ้นงานไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test จากลูกค้าภายนอกเพิ่มเติมจากที่ผ่านมา

7.2 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย

จากการศึกษาวิเคราะห์กระบวนการและการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงปัญหาการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีของงานวิจัยในครั้งนี้ พบว่ามีประเด็นปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการดำเนินการศึกษาวิจัย ได้แก่ ปัญหาในการดำเนินการควบคุมค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการดำเนินงานจริงโดยแบ่งแยกใช้ชุดพารามิเตอร์ตามความแตกต่างของผลิตภัณฑ์สามารถดำเนินการได้ยากในสายการผลิตจริง เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านลักษณะการดำเนินงานสายการผลิตของกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี เป็นแบบสายพานที่มีการผลิตงานเป็นชุดอย่างต่อเนื่องทำให้ การหยุดสายพานเพื่อปรับเลือกค่าพารามิเตอร์ของชิ้นงานแต่ละประเภทนั้นทำให้การผลิตหยุดชะงักและส่งผลกระทบต่ออัตราการผลิตของกระบวนการได้ และเนื่องจากโรงงานตัวอย่างมีการดำเนินการผลิตและใช้งานเครื่องจักรในการดำเนินการผลิตเกือบตลอด 24 ชั่วโมง จึงมีข้อจำกัดในด้านเครื่องจักรที่มีในสายการผลิตและระยะเวลาดำเนินการ ทำให้การทำการศึกษาออกแบบการทดลอง (DOE) เพื่อศึกษาผลกระทบของพารามิเตอร์หลักและกำหนดชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมใหม่ ต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษาเก็บข้อมูลนานขึ้น เพราะต้องทำการทดลองที่เครื่องจักรที่ใช้ในสายการผลิตจริง ในขณะเดียวกัน ยังมีข้อจำกัดในด้านงบประมาณในการจัดซื้อเครื่องมือและเทคโนโลยีที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจวัดและควบคุมสารเคมี ทำให้ไม่สามารถดำเนินการวิเคราะห์สารเคมีให้ทราบค่าความเข้มข้นหรือค่าปริมาณสิ่งเจือปนซึ่ง

เป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาข้อบกพร่องได้ตลอดเวลาที่ดำเนินการผลิต โดยสามารถดำเนินการแก้ไขปรับปรุงได้เพียงการกำหนดการสุ่มตรวจวิเคราะห์โดยพนักงานตรวจสอบคุณภาพหรือการสุ่มตรวจแบบ Spot check เท่านั้น

นอกจากข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีแล้ว ในการศึกษาวิจัยยังพบว่า ปัญหาสำคัญในการเกิดข้อบกพร่องทางคุณภาพที่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีส่วนหนึ่ง เกิดจากความผิดปกติของกระบวนการผลิตส่วนหน้า ทำให้ลักษณะของชิ้นงานหรือลีดเฟรมที่เข้ามาสู่กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีมีความผิดปกติเกิดขึ้นและส่งผลให้กลายเป็นข้อบกพร่องทางคุณภาพในภายหลัง ซึ่งการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีนั้นสามารถช่วยลดปริมาณการเกิดของเสียลงได้เพียงส่วนหนึ่ง แต่ไม่สามารถกำจัดปัญหาให้หมดไปได้

7.3 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการศึกษาวิจัยกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีของโรงงานผลิตวงจรไฟฟ้ารวม เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ และปรับปรุงมาตรฐานในการควบคุมกระบวนการให้มีประสิทธิภาพ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น สามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

1. สำหรับกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ที่มีสารเคมีเป็นวัตถุดิบหลักและเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของชิ้นงานโดยตรงนั้น ควรมีการศึกษาวิธีการวิเคราะห์และการควบคุมสารปนเปื้อนอื่นๆที่มีโอกาสเจือปนในสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตเพิ่มเติม และมีการขยายผลการวิเคราะห์และการควบคุมสารปนเปื้อนสำหรับสารเคมีส่วนอื่นนอกเหนือจากที่ได้ดำเนินการไปแล้วตามความเหมาะสม รวมทั้งมีการปรับเปลี่ยนการควบคุมอายุการใช้งานของสารเคมีตามกำลังการผลิตและอัตราการปนเปื้อนที่อาจมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของสารเคมีในทุกส่วนโดยไม่ใช้เวลาเป็นตัวกำหนดไว้เพียงอย่างเดียว

2. การดำเนินการแก้ไขโดยการการศึกษาวิธีการวิเคราะห์และการควบคุมสารปนเปื้อนนั้นเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจจับและป้องกันหรือลดโอกาสในการเกิดปัญหาคุณภาพบนชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตาม แนวทางการแก้ไขปรับปรุงในส่วนนี้อาจส่งผลกระทบให้มีปริมาณการใช้สารเคมีมากขึ้นในอนาคต ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาแนวทางป้องกันการปนเปื้อนในกระบวนการผลิตอื่นเพิ่มเติมควบคู่ไปกับการปรับปรุงการวิธีตรวจจับ เช่น การศึกษาทดลองเพื่อเลือกสารเคมีชนิดใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดชิ้นงานมากขึ้นจาก

สารเคมีเดิม การเพิ่มกระบวนการทำความสะอาดชิ้นงานด้วยน้ำล้างหรือสารเคมีอื่นๆก่อนกระบวนการ Deflash ซึ่งเป็นกระบวนการแรกของการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี เพื่อป้องกันการปนเปื้อนที่จะเกิดขึ้นในสารเคมีส่วนอื่นๆ เป็นต้น ซึ่งหากสามารถลงทุนเพิ่มและดำเนินการป้องกันการปนเปื้อนได้แล้ว ก็ควรมีการพิจารณาลดขั้นตอนการตรวจจับและปริมาณการใช้สารเคมีลง

3. การศึกษาออกแบบการทดลองและกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตที่ถูกดำเนินการโดยพิจารณาจากความเหมาะสมต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์และความต้องการทางคุณภาพนั้น ควรมีการพิจารณาถึงข้อจำกัดในการนำไปใช้งานจริงในสายการผลิตด้วย เช่น กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีจะมีการผลิตตามระบบสายพานอย่างต่อเนื่อง ทำให้การหยุดเครื่องเพื่อปรับเปลี่ยนชุดพารามิเตอร์ เช่นค่าความเร็วสายพานที่แตกต่างกันบ่อยครั้ง จะทำให้ความสามารถในการผลิตและอัตราการผลิตลดลง เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาปรับปรุงพารามิเตอร์หลักของแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์จึงต้องคำนึงถึงข้อจำกัดในส่วนนี้ด้วยตามความเหมาะสม

4. การดำเนินการศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาหรือปรับปรุงกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีที่มีความซับซ้อนและมีความแปรปรวนในกระบวนการผลิตสูงนั้น โดยส่วนมากต้องอาศัยการดำเนินการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลค่อนข้างมากและใช้เวลานาน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ ถูกต้องและเชื่อถือได้ ดังนั้น จึงควรมีการลงทุนสร้างเครื่องจักรทดลองขนาดเล็กเพื่อจำลองการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบที่ใช้ในการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี โดยสามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ เช่นค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการจำลองการดำเนินการผลิตได้จริงและบรรจุสารเคมีได้ตามเครื่องจักรต้นแบบ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการดำเนินการศึกษาทดลองต่อในอนาคต โดยจะมีผลกระทบต่อสารเคมีที่ใช้ทดลองในปริมาณน้อย ทำการทดลองได้หลากหลายโดยไม่มีข้อจำกัดด้านเครื่องจักรและเวลาในการผลิต ช่วยลดเวลาในการดำเนินการศึกษาทดลอง และสามารถดำเนินการได้โดยไม่มีผลกระทบต่อการดำเนินการผลิตจริงและคุณภาพของผลิตภัณฑ์

5. การดำเนินการศึกษาวิจัยในครั้งนี้พบว่าการวิเคราะห์สาตุของปัญหาโดยเทคนิคผังก้างปลาและประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพหรือ FMEA เป็นเครื่องมือทางคุณภาพที่มีความสำคัญและเป็นประโยชน์ในการศึกษาวิเคราะห์กระบวนการเพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ไขที่เหมาะสมและควบคุมกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นควรมีการขยายผลการศึกษาไปยังกระบวนการผลิตส่วนอื่นของโรงงานตัวอย่าง หรือขยายผลไปสู่กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอื่นๆต่อไป

6. การดำเนินการผลิต การดำเนินการตรวจสอบชิ้นงาน การใช้งานและการควบคุมเครื่องจักรในระบบการผลิตของโรงงานยังคงขึ้นอยู่กับการปฏิบัติงานของพนักงานในสายการผลิตเป็นหลัก ดังนั้นเมื่อมีการขยายผลการดำเนินการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการไปยังส่วนอื่นของกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี หรือการผลิตส่วนอื่นของโรงงานในอนาคต บุคคลากรที่ทำหน้าที่ฝึกอบรมพนักงานควรต้องให้ความสำคัญกับการฝึกอบรมพนักงาน การทดสอบความรู้ความเข้าใจก่อนการปฏิบัติงานจริง และการเฝ้าติดตามผลการปฏิบัติงานอย่างใกล้ชิดจนกว่าสามารถมั่นใจว่าพนักงานปฏิบัติงานได้ตามมาตรฐาน นอกจากนี้ยังควรมีการกำหนดให้มีการทบทวนข้อกำหนดและขั้นตอนการทำงานให้พนักงานอย่างน้อยทุก 3 เดือน เพื่อช่วยเน้นย้ำขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ได้มาตรฐานให้แก่พนักงาน เพื่อให้มีการปฏิบัติงานอย่างถูกต้องตามข้อกำหนดและลดโอกาสการเกิดข้อผิดพลาดในการทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

อรรถพล ฤทธิภักดี. การปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

เขมิกา วันทอง. การลดของเสียในกระบวนการพ่นสีโช้คอัพรถจักรยานยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

มัณยาภรณ์ ภูริปัญญาคุณ. การปรับปรุงกระบวนการชุบไฟฟ้าเครื่องประดับ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

กริ่งทิพย์ ศรีธรรม. การวิเคราะห์เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

สุวิมล จันทร์แก้ว. การลดของเสียในกระบวนการผลิตล้ออลูมิเนียมอัลลอยด์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

ณัฐพล บัวกล่ำ. การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการผลิตท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์โดยใช้เทคนิค FMEA. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

อรรถรัตน์ บุญเกตุ. การวิเคราะห์เพื่อลดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมเซรามิก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

สุพรรณิการ์ ธรรมนิทัศนา. การพัฒนามาตรฐานการบริหารความเสี่ยง สำหรับอุตสาหกรรมการผลิต. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

หทัยรัตน์ สงวนไทร. การปรับปรุงและเฝ้าติดตามคุณภาพในกระบวนการก่อสร้างบ้านโดยประยุกต์ใช้หลักการ QFD และ FMEA. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

อุรคินทร์ พลนิกร. การลดของเสียจากกระบวนการรีดขึ้นรูปเย็นในอุตสาหกรรมท่อสเตนเลส เกรด 304. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

นันทเดช ยุทธารักษ์. การลดของเสียในกระบวนการประกอบตู้เย็นขั้นสุดท้าย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

อรวรรณ พิทักษ์เกียรติกุล. การปรับปรุงกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสงใน โรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

หทัยวงศ์ งามวุฒิวงศ์. การปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ชุดห้องครัวแบบถอด- ประกอบ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

จินต์จิรา อเนกบุณย์. การลดและควบคุมความสูญเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วน พลาสติก โดยใช้กรอบแนวทางการบริหารความเสี่ยง กรณีศึกษา : โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

วีรวิชญ์ อัครจิรไพศาล. การลดข้อบกพร่องของสภาพรถภายนอกสำหรับระบบการขนส่งรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552

เทพประสิทธิ์ ไพฑูรย์วิสุทธิญาณ. การลดของเสียกระบวนการผลิตผ้าหลังคารถยนต์โดยเทคนิคการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย. การควบคุมคุณภาพสำหรับนักบริหารและกรณีศึกษา (Q.C. for executive and cases study). กรุงเทพมหานคร : เอ็มแอนด์อี, 2540.

เสรี ยูนิพันธ์, จรูญ มหิทธาฟองกุล และดำรง ทวีแสงสกุลไทย. เทคนิคการควบคุมคุณภาพ (Technical quality control). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย และประเสริฐ อัครประถมพงศ์. เอกสารประกอบการสอนวิชา การควบคุมคุณภาพขั้นสูง (Advance quality control). ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

ภาษาอังกฤษ

Ching-Chow Yang, Wen-Tsaan Lin, Ming-Yi Lin and Jui-Tang Huang. A study on applying FMEA to improving ERP introduction: An example of semiconductor related industries in Taiwan. International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 23, No. 3 (2006): 298-322

Frank, Rath. M.S.I.E. Tool for developing a quality management program : Proactive tools (Process mapping, Value stream mapping, Fault tree analysis, and Failure mode and effects analysis). Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., Vol. 71, No. 1, Supplement (2008): S187–S190

Aymen, Mili., Samuel, Bassetto., Ali, Siadat and Michel, Tollenaere. Dynamic risk management unveil productivity improvements. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 22 (2009): 25–34

Roger, G., Schroeder., Kevin, Linderman., Charles, Liedtke and Adrian, S. Choo. Six Sigma: Definition and underlying theory. Journal of Operations Management 26 (2008): 536–554

Chao-Ton Su and Chia-Jen Chou. A systematic methodology for the creation of Six Sigma projects: A case study of semiconductor foundry. Expert Systems with Applications 34 (2008): 2693–270

J.F. van Leeuwen, M.J. Nauta, D. de Kaste, Y.M.C.F. Odekerken-Rombouts, M.T. Oldenhof, M.J. Vredenbregt and D.M. Barends. Risk analysis by FMEA as an element of analytical validation. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis 50 (2009): 1085–1087

Amir Saeed Nooramin, Vahid Reza Ahouei and Jafar Sayareh. A Six Sigma framework for marine container terminals. International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 2, No. 3 (2011): 241-253

Chrysler LCC, Ford Motor Company, General Motors Corporation. Potential failure mode and effects analysis (FMEA). Reference manual, Fourth edition, 2008.

A.C., Tan. Senior chemical engineer, Texas Instrument, Singapore. Tin and solder plating in the semiconductor industry : A Technical guide. First edition. United Kingdom: Chapman & Hall, 1993.

ภาคผนวก

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ สำหรับกระบวนการผลิต
Process Failure Mode and Effects Analysis
(PFMEA)

หมายเลข PFMEA : _____
วันที่เริ่มต้นออก PFMEA : _____
วันที่ทบทวนล่าสุด PFMEA : _____ Rev. # : _____

ชื่อกระบวนการ : _____
กลุ่มผลิตภัณฑ์ : _____
แผนก/ฝ่าย : _____

ผู้รับผิดชอบกระบวนการ : _____ ผู้จัดทำ : _____

หน้าที่ของกระบวนการ/ความต้องการ	ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบที่เป็นไปได้จากข้อบกพร่อง	S	สาเหตุที่เป็นไปได้/กลไกการเกิดข้อบกพร่อง	O	การควบคุม ป้องกันในปัจจุบัน	การควบคุม ตรวจจับ ในปัจจุบัน		D	RPN	การแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ	วันเสร็จสิ้น	ผลการแก้ไข			
							ตรวจจับสาเหตุ	ตรวจจับข้อบกพร่อง						S	O	D	RPN

แบบฟอร์มสำหรับการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพสำหรับกระบวนการผลิต (PFMEA)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววิลันดา เริงโรจน์สรากุล เกิดวันที่ 21 กันยายน พ.ศ.2525 ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2548 หลังจบการศึกษาได้เข้าทำงานกับบริษัทรับจ้างผลิตและทดสอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และ จึงได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2551